

Datum:

Name:

Matr.-Nr.:

Seite:

Klausur TH1

Aufgabe:Gewichtsanteile

Stoff	μ_i	R_i $\left[\frac{J}{kg \cdot K} \right]$	$R_i \cdot \mu_i$ $\left[\frac{J}{kg \cdot K} \right]$	c_{pi} $\left[\frac{kJ}{kg \cdot K} \right]$	c_{pi} $\left[\frac{kJ}{kg \cdot K} \right]$	c_{pi} $\left[\frac{kJ}{kg \cdot K} \right]$	$\mu_i \cdot c_{pi}$ $\left[\frac{kJ}{kg \cdot K} \right]$
$R_m =$				$C_{pm} =$			
			$\left[\frac{J}{kg \cdot K} \right]$				$\left[\frac{kJ}{kg \cdot K} \right]$

$$c_{pi} \Big|_{t_1}^{t_2} = \frac{\left(c_{pi} \Big|_0^{t_2} \cdot t_2 - c_{pi} \Big|_0^{t_1} \cdot t_1 \right)}{t_2 - t_1}$$

$$c_v = c_p - R_m = \dots \frac{J}{kg \cdot K}$$

$$\kappa = \frac{c_p}{c_v} = \dots$$

Klausur TH1

Aufgabe:Volumenanteile

<i>Stoff</i>	r_i	M_i $\left[\frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \right]$	$r_i \cdot M_i$ $\left[\frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \right]$	μ_i $= \frac{r_i \cdot M_i}{M_m}$	c_{pi} $\left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right]$	c_{pi} $\left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right]$	c_{pi} $\left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right]$	$\mu_i \cdot c_{pi}$ $\left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right]$
$M_m =$				$\left[\frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \right]$	$\sum (\mu_i \cdot c_{pi}) = c_{pm} =$			$\left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right]$
					$c_{vm} =$			$\left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right]$
					$\kappa =$			

$$c_{pi} \Big|_{t_1}^{t_2} = \frac{(c_{pi} \Big|_0^{t_2} \cdot t_2 - c_{pi} \Big|_0^{t_1} \cdot t_1)}{t_2 - t_1}$$

$$R = \frac{\Re}{M_m} = \frac{8315 \frac{\text{J}}{\text{kmol} \cdot \text{K}}}{\dots \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}} = \dots \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$c_v = c_p - R_m = \dots \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$\kappa = \frac{c_p}{c_v} = \dots$$

Datum:

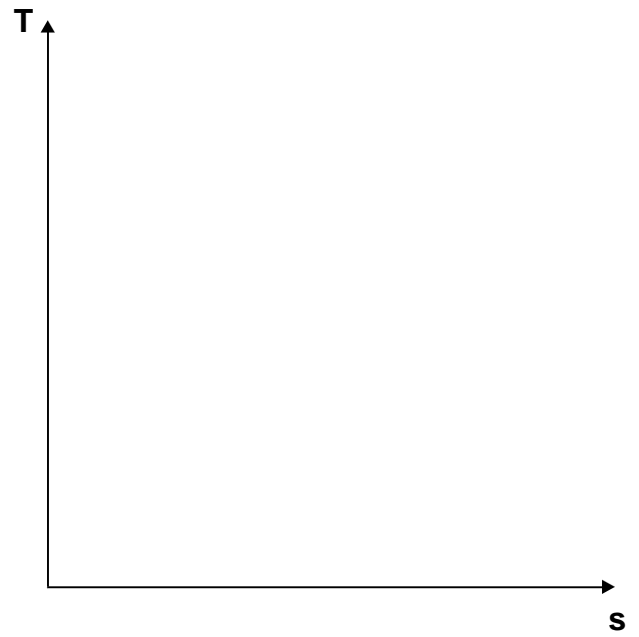
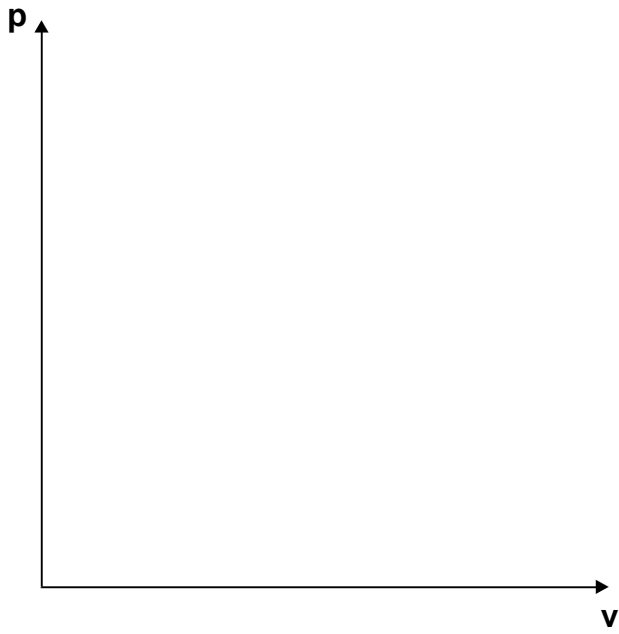
Name:

Matr.-Nr.:

Seite:

Klausur TH1

Aufgabe:



Datum:

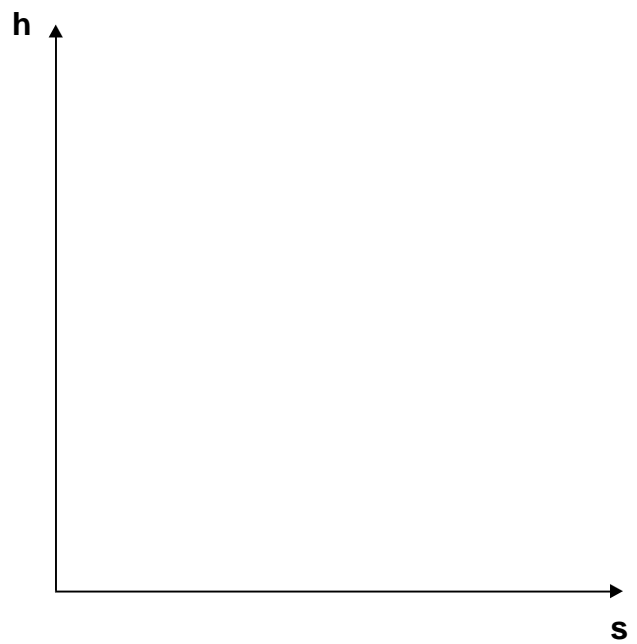
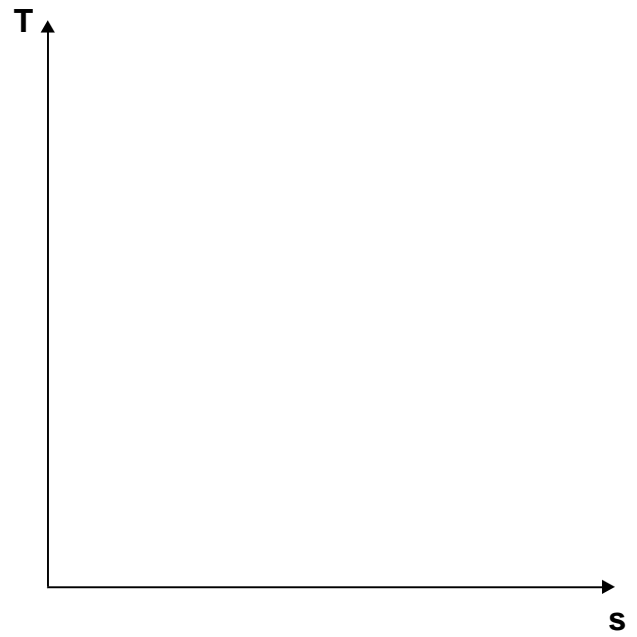
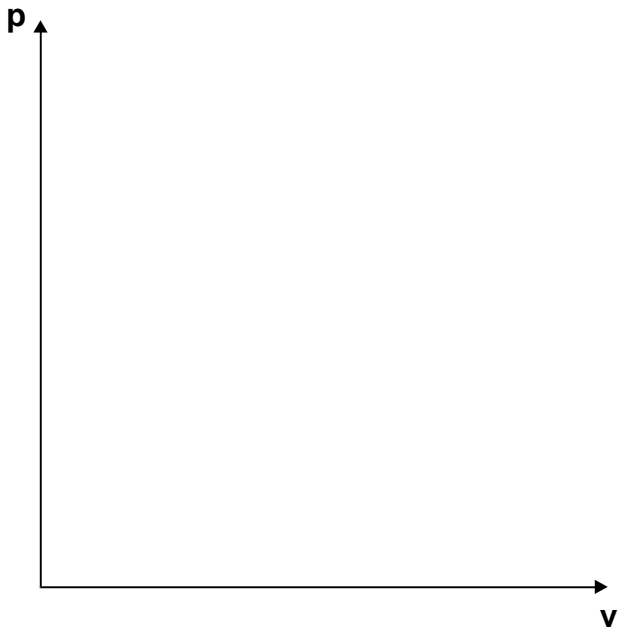
Name:

Matr.-Nr.:

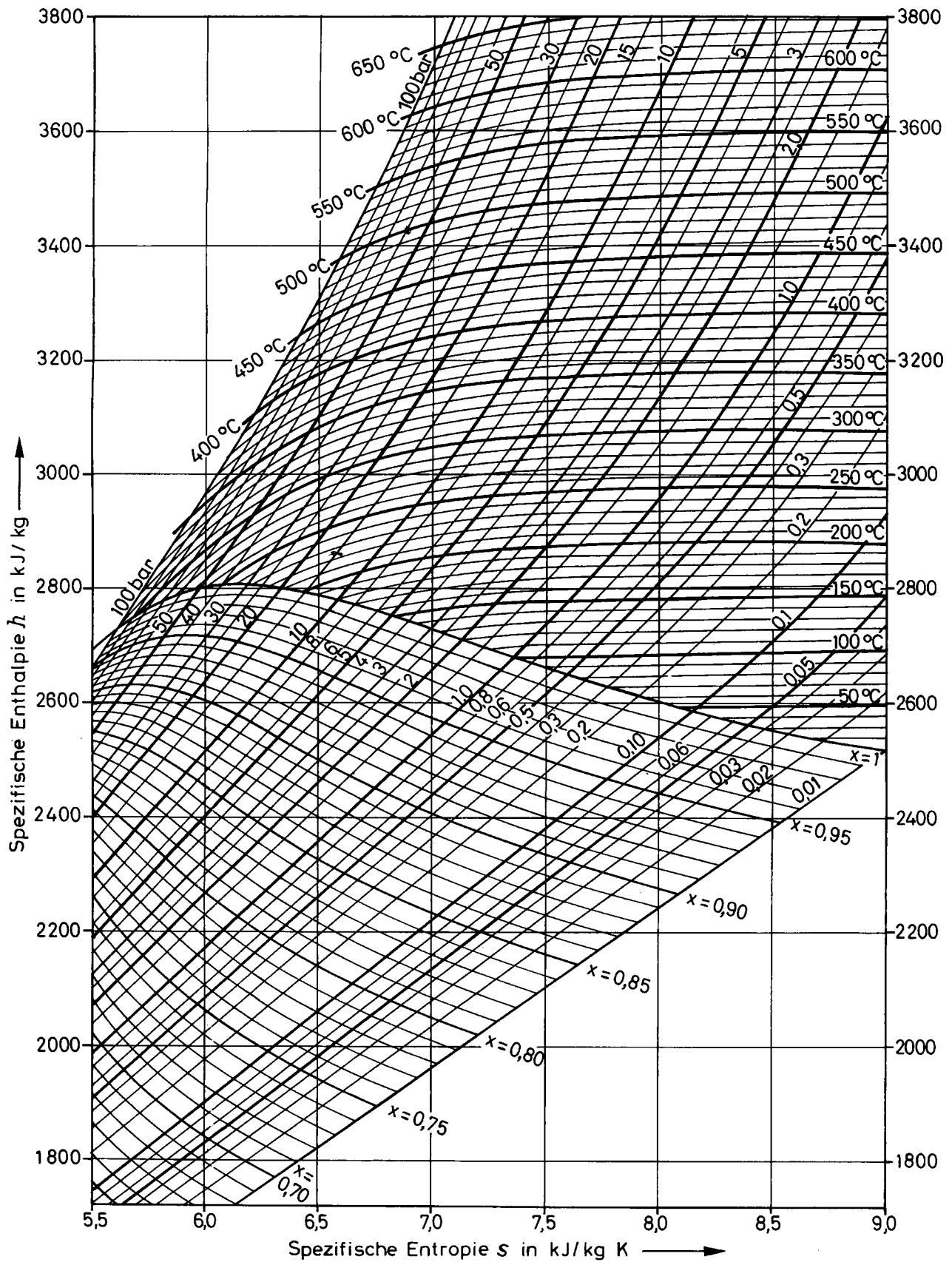
Seite:

Klausur TH1

Aufgabe:



Klausur TH1

Aufgabe:

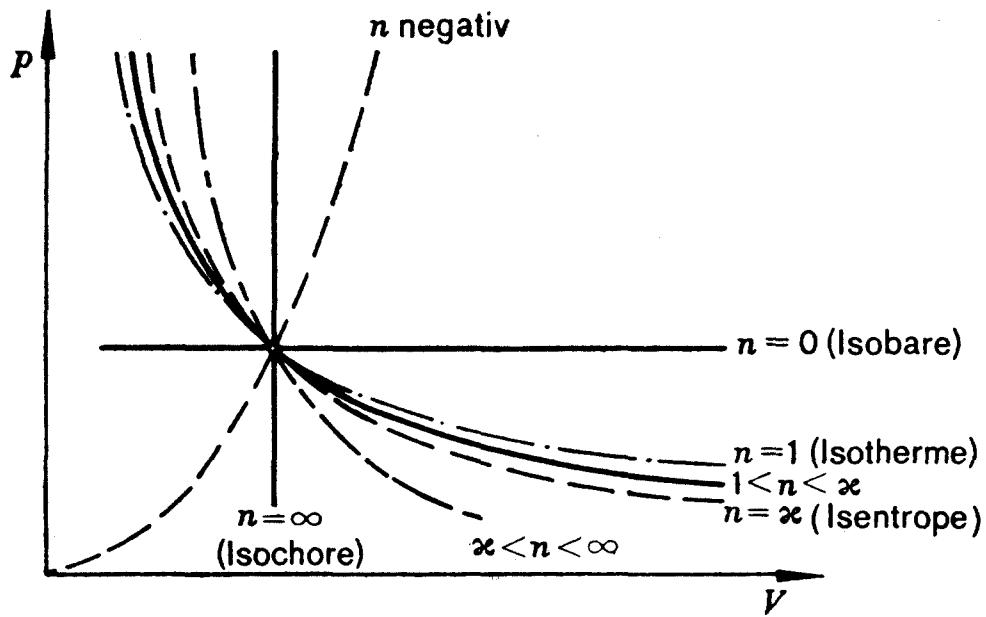
	ISOCHORE	ISOBARE	ISOTHERME	ISENTROPE	POLYTROPE
p - V - Diagr.					
T, S - Diagr.					
Besonderh.	V = konstant $V_1 = V_2$	p = konstant $p_1 = p_2$	t = konstant $T_1 = T_2$	$p \cdot V^\chi = konst.$	$p \cdot V^n = konst \quad -\infty < n$
Grund gleichungen	$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$	$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$	$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$	$\frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\chi$ $\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\chi-1} = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{\chi-1}{\chi}}$	$\frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^n$ $\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{n-1} = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{n-1}{n}}$
Exponenten				$\chi = \frac{1}{1 - \frac{\ln(T_1/T_2)}{\ln(p_1/p_2)}}$ $\chi = 1 + \frac{\ln(T_1/T_2)}{\ln(V_2/V_1)}$ $\chi = \frac{\ln(p_1/p_2)}{\ln(V_2/V_1)}$	$n = \frac{1}{1 - \frac{\ln(T_1/T_2)}{\ln(p_1/p_2)}}$ $n = 1 + \frac{\ln(T_1/T_2)}{\ln(V_2/V_1)}$ $n = \frac{\ln(p_1/p_2)}{\ln(V_2/V_1)}$

	ISOCHORE	ISOBARE	ISOTHERME	ISENTROPE	POLYTROPE
Wärme	$Q_{12} = U_2 - U_1$ $Q_{12} = m \cdot \int_{T_1}^{T_2} c_v \cdot dT$ $Q_{12} = m \cdot c_{vm} \Big _{T_1}^{T_2} \cdot (T_2 - T_1)$	$Q_{12} = H_2 - H_1$ $Q_{12} = m \cdot \int_{T_1}^{T_2} c_p \cdot dT$ $Q_{12} = m \cdot c_{pm} \Big _{T_1}^{T_2} \cdot (T_2 - T_1)$	$Q_{12} = W_{e12}$	$Q_{12} = 0;$	$Q_{12} = m \cdot c_{vm} \Big _{T_1}^{T_2} \cdot \frac{\chi - n}{n - 1} \cdot (T_1 - T_2)$ $\frac{Q_{12}}{W_{e12}} = \frac{\chi - n}{\chi - 1}$
Volumen- änderungs- Arbeit	$W_{e12} = 0$	$W_{e12} = m \cdot R_i \cdot (T_2 - T_1)$ $W_{e12} = p \cdot (V_2 - V_1)$	$W_{e12} = m \cdot R \cdot T \cdot \ln \frac{V_2}{V_1}$ $W_{e12} = m \cdot R \cdot T \cdot \ln \frac{p_1}{p_2}$ $W_{e12} = p_1 \cdot V_1 \cdot \ln \frac{V_1}{V_2}$ $W_{e12} = p_1 \cdot V_1 \cdot \ln \frac{p_2}{p_1}$ $R_{\text{Luft}} = 287,2 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$	$W_{e12} = \frac{p_1 \cdot V_1}{R \cdot T_1} \cdot \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\chi-1} \right]$ $W_{e12} = \frac{p_1 \cdot V_1}{\chi - 1} \cdot \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\chi-1} \right]$ $W_{e12} = \frac{p_1 \cdot V_1}{\chi - 1} \cdot \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\chi-1}{\chi}} \right]$ $W_{e12} = \frac{p_1 \cdot V_1}{\chi - 1} \cdot \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right)$ $W_{e12} = \frac{m \cdot R \cdot T_1}{\chi - 1} \cdot \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\chi-1}{\chi}} \right]$ $W_{e12} = \frac{m \cdot R \cdot T_1}{\chi - 1} \cdot \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right)$ $W_{e12} = \frac{m}{\chi - 1} \cdot (R \cdot T_1 - R \cdot T_2)$ $W_{e12} = \frac{1}{\chi - 1} \cdot (p_1 \cdot V_1 - p_2 \cdot V_2)$ $W_{e12} = \frac{m \cdot R \cdot T_1}{\chi - 1} \cdot \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right)$ $W_{e12} = \frac{m \cdot R}{\chi - 1} \cdot (T_1 - T_2)$ $W_{e12} = \frac{m}{\chi - 1} \cdot (R \cdot T_1 - R \cdot T_2)$ $W_{e12} = U_1 - U_2 = m \cdot \int_1^2 c_v \cdot dT$ $W_{e12} = m \cdot c_{vm} \Big _{T_1}^{T_2} \cdot (T_1 - T_2)$	$W_{e12} = \frac{p_1 \cdot V_1}{n - 1} \cdot \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right)$ $W_{e12} = \frac{m \cdot R \cdot T_1}{n - 1} \cdot \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right]$ $W_{e12} = \frac{m \cdot R \cdot T_1}{n - 1} \cdot \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right)$ $W_{e12} = \frac{m \cdot R}{n - 1} \cdot (T_1 - T_2)$ $W_{e12} = \frac{m}{n - 1} \cdot (R \cdot T_1 - R \cdot T_2)$ $W_{e12} = \frac{1}{n - 1} \cdot (p_1 \cdot V_1 - p_2 \cdot V_2)$ $W_{e12} = \frac{p_1 \cdot V_1}{R \cdot T_1} \cdot \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{n-1} \right]$ $W_{e12} = \frac{p_1 \cdot V_1}{n - 1} \cdot \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{n-1} \right]$ $W_{e12} = \frac{p_1 \cdot V_1}{n - 1} \cdot \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right]$ $W_{e12} = m \cdot c_{vm} \Big _{T_1}^{T_2} \cdot \frac{\chi - 1}{n - 1} \cdot (T_1 - T_2)$ $\frac{Q_{12}}{W_{e12}} = \frac{\chi - n}{\chi - 1}$
Technische Arbeit	$W_{t12} = V \cdot (p_2 - p_1)$	$W_{t12} = 0$	$W_{t12} = W_{e12} = Q_{12}$	$W_{t12} = \chi \cdot W_{e12}$	$W_{t12} = n \cdot W_{e12}$
Entropie	$S_2 - S_1 = m \cdot c_{vm} \Big _{T_1}^{T_2} \cdot \ln \frac{T_2}{T_1}$ $S_2 - S_1 = m \cdot c_{vm} \Big _{T_1}^{T_2} \cdot \ln \frac{p_2}{p_1}$	$S - S_1 = m \cdot c_{pm} \Big _{T_1}^T \cdot \ln \frac{T_2}{T_1}$ $S - S_1 = m \cdot c_{pm} \cdot \chi \cdot \ln \frac{T_2}{T_1}$ $S - S_1 = m \cdot c_{pm} \Big _{T_1}^T \cdot \ln \frac{V_2}{V_1}$	$S_2 - S_1 = m \cdot R \cdot \ln \frac{p_1}{p_2}$ $S_2 - S_1 = R \cdot \ln \frac{V_1}{V_2}$	$S_2 - S_1 = 0$	$S_2 - S_1 = m \cdot c_{vm} \Big _{T_1}^{T_2} \cdot \frac{n - \chi}{n - 1} \cdot \ln \frac{T_2}{T_1}$ $S_{12} = m \cdot c_v \cdot \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right) + R \cdot \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$ $S_{12} = m \cdot c_v \cdot \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right) + m \cdot R \cdot \ln \left(\frac{p_2}{p_1} \right)$

Nutzarbeit

 $S \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right]$

20



B 2.9 Polytropen im p, V -Diagramm

Isochore	$V = \text{konst.}, p^0 V = \text{konst.} \rightarrow p V^{\frac{1}{0}} = p V^{\infty} = \text{konst.};$	$n = \infty$
Isobare	$p = \text{konst.} \rightarrow p V^0 = \text{konst.};$	$n = 0$
Isotherme	$p V = \text{konst.} \rightarrow p V^1 = \text{konst.};$	$n = 1$
Isentrope	$p V^{\gamma} = \text{konst.} \rightarrow p V^{\gamma} = \text{konst.};$	$n = \gamma$

T 2.1 Stoffwerte von Gasen*

* M , R_i , $C_{m,p}$ und c_p nach Stephan/Mayinger [6], für

Gas	Chemisches Symbol	Molares Normvolumen V_{mn} bei 0°C, 1,01325 bar $\frac{\text{m}^3}{\text{kmol}}$	Molare Masse M $\frac{\text{kg}}{\text{kmol}}$	Spezielle Gaskonstante R_i $\frac{\text{J}}{\text{kg K}}$
Helium	He	22,426	4,0026	2077,3
Argon	Ar	22,392	39,948	208,1
Wasserstoff	H ₂	22,428	2,0159	4124,5
Stickstoff	N ₂	22,403	28,0134	296,8
Sauerstoff	O ₂	22,392	31,9988	259,8
Luft (trocken)	—	22,400	28,953	287,2
Kohlenmonoxid	CO	22,400	28,0104	296,8
Kohlendioxid	CO ₂	22,261	44,0098	188,9
Schwefeldioxid	SO ₂	21,856	64,0588	129,8
Ammoniak	NH ₃	22,065	17,0305	488,2
Methan	CH ₄	22,360	16,043	518,3
Ethin (Acetylen)	C ₂ H ₂	22,226	26,038	319,3
Ethen (Ethylen)	C ₂ H ₄	22,245	28,053	296,4
Ethan	C ₂ H ₆	22,191	30,070	276,5

Helium nach Baehr [1]. V_{mn} und ϱ_n nach DIN 1871 (5.80), $C_{m,v}$, c_v und κ nach Gl 2.21 und Gl 2.22 berechnet.

Dichte im Normzustand ϱ_n bei 0°C, 1,01325 bar $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	Molare und spezifische Wärmekapazität bei 0°C und idealem Gaszustand				$\kappa = \frac{c_p}{c_v}$ bei 0°C und idealem Gaszustand	Gas
	$C_{m,p}$ $\frac{\text{kJ}}{\text{kmol K}}$	c_p $\frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$	$C_{m,v}$ $\frac{\text{kJ}}{\text{kmol K}}$	c_v $\frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$		
0,17848	20,7859	5,1931	12,4714	3,1158	1,667	Helium
1,7840	20,7858	0,5203	12,4713	0,3122	1,667	Argon
0,08988	28,6228	14,2003	20,3083	10,0758	1,409	Wasserstoff
1,2504	29,0967	1,0389	20,7823	0,7421	1,400	Stickstoff
1,4290	29,2722	0,9150	20,9578	0,6552	1,397	Sauerstoff
1,2930	29,0743	1,0043	20,7598	0,7171	1,401	Luft
1,2505	29,1242	1,0403	20,8097	0,7435	1,399	Kohlenmonoxid
1,9770	35,9336	0,8169	27,6191	0,6280	1,301	Kohlendioxid
2,9310	38,9666	0,6092	30,6521	0,4794	1,271	Schwefeldioxid
0,7718	35,0018	2,0557	26,6873	1,5675	1,312	Ammoniak
0,7175	34,5667	2,1562	26,2522	1,6379	1,316	Methan
1,1715	39,3536	1,5127	31,0391	1,1934	1,268	Ethin(Acetylen)
1,2611	45,1842	1,6119	36,8697	1,3155	1,225	Ethen(Ethylen)
1,3550	51,9556	1,7291	43,6411	1,4526	1,190	Ethan

T 2.2: Mittlere isobare molare und isobare spezifische Wärmekapazität von Gasen für den

Temp. in °C	H ₂		N ₂		O ₂		CO	
	$C_{mp} _{0^\circ\text{C}}$	$c_{pm} _{0^\circ\text{C}}$	$C_{mp} _{0^\circ\text{C}}$	$c_{pm} _{0^\circ\text{C}}$	$C_{mp} _{0^\circ\text{C}}$	$c_{pm} _{0^\circ\text{C}}$	$C_{mp} _{0^\circ\text{C}}$	$c_{pm} _{0^\circ\text{C}}$
	$\frac{\text{kJ}}{\text{kmol K}}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{kmol K}}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{kmol K}}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{kmol K}}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$
0	28,62	14,20	29,10	1,039	29,27	0,9150	29,12	1,040
100	28,94	14,36	29,12	1,039	29,53	0,9227	29,16	1,041
200	29,07	14,42	29,20	1,042	29,92	0,9351	29,29	1,046
300	29,14	14,45	29,35	1,048	30,39	0,9496	29,50	1,053
400	29,19	14,48	29,56	1,055	30,87	0,9646	29,77	1,063
600	29,32	14,54	30,11	1,075	31,75	0,9922	30,41	1,086
800	29,52	14,64	30,69	1,096	32,49	1,0154	31,05	1,109
1000	29,79	14,78	31,25	1,116	33,11	1,0347	31,65	1,130
1200	30,12	14,94	31,77	1,134	33,62	1,0508	32,17	1,149
1400	30,47	15,12	32,22	1,150	34,07	1,0648	32,63	1,165
1600	30,84	15,30	32,62	1,164	34,47	1,0772	33,03	1,177
1800	31,21	15,48	32,97	1,177	34,83	1,0885	33,38	1,192
2000	31,58	15,66	33,28	1,188	35,17	1,0990	33,69	1,203
2200	31,93	15,84	33,55	1,198	35,48	1,1089	33,96	1,212
2500	32,44	16,09	33,91	1,210	35,93	1,1229	34,31	1,225
3000	33,22	16,48	34,40	1,228	36,62	1,1443	34,79	1,242
M in $\frac{\text{kg}}{\text{kmol}}$	2,0158		28,0134		31,9988		28,0104	
ϱ_n in $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	0,08988		1,2504		1,4290		1,2505	
Anmerkungen zu T 2.2:								
Isochore spezifische Wärmekapazität $c_{vm} _{0^\circ\text{C}}$ nach (Gl 2.21 a): $c_{vm} _{0^\circ\text{C}} = c_{pm} _{0^\circ\text{C}} - R_i$								
Isochore molare Wärmekapazität $C_{mv} _{0^\circ\text{C}}$ nach (Gl 2.21 b): $C_{mv} _{0^\circ\text{C}} = C_{mp} _{0^\circ\text{C}} - R_m$								
Mittelwert $\kappa_m _{0^\circ\text{C}}$ nach (Gl 2.22): $\kappa_m _{0^\circ\text{C}} = \frac{c_{pm} _{0^\circ\text{C}}}{c_{vm} _{0^\circ\text{C}}} = \frac{C_{mp} _{0^\circ\text{C}}}{C_{mv} _{0^\circ\text{C}}}$								

idealen Gaszustand¹ $C_{mp}|_{0^\circ\text{C}}$ in $\frac{\text{kJ}}{\text{kmol K}}$ $c_{pm}|_{0^\circ\text{C}}$ in $\frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$

Temp. in °C	H ₂ O		CO ₂		SO ₂		Luft	
	$C_{mp} _{0^\circ\text{C}}$	$c_{pm} _{0^\circ\text{C}}$	$C_{mp} _{0^\circ\text{C}}$	$c_{pm} _{0^\circ\text{C}}$	$C_{mp} _{0^\circ\text{C}}$	$c_{pm} _{0^\circ\text{C}}$	$C_{mp} _{0^\circ\text{C}}$	$c_{pm} _{0^\circ\text{C}}$
	$\frac{\text{kJ}}{\text{kmol K}}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{kmol K}}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{kmol K}}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{kmol K}}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$
0	33,47	1,858	35,93	0,8169	38,97	0,6092	29,07	1,004
100	33,71	1,871	38,17	0,8673	40,71	0,6355	29,15	1,007
200	34,08	1,892	40,13	0,9118	42,43	0,6624	29,30	1,012
300	34,54	1,917	41,83	0,9505	43,99	0,6868	29,52	1,019
400	35,05	1,945	43,33	0,9846	45,35	0,7079	29,79	1,029
600	36,15	2,007	45,85	1,0417	47,55	0,7423	30,41	1,050
800	37,34	2,073	47,86	1,0875	49,20	0,7680	31,03	1,071
1000	38,56	2,140	49,50	1,1248	50,47	0,7879	31,60	1,091
1200	39,76	2,207	50,85	1,1555	51,49	0,8038	32,11	1,109
1400	40,91	2,271	51,98	1,1811	52,31	0,8167	32,57	1,124
1600	42,00	2,332	52,93	1,2027	53,00	0,8273	32,97	1,138
1800	43,03	2,388	53,74	1,2211	53,59	0,8365	33,32	1,150
2000	43,97	2,441	54,44	1,2370	54,09	0,8444	33,64	1,161
2200	44,86	2,490	55,06	1,2510	54,54	0,8514	33,93	1,171
2500	46,07	2,557	55,85	1,2690	55,13	0,8606	34,31	1,185
3000	47,82	2,654	56,91	1,2932	55,95	0,8734	34,84	1,203
M in $\frac{\text{kg}}{\text{kmol}}$	18,0152		44,0098		64,059		28,963	
ϱ_n in $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	0,8038		1,9770		2,9310		1,2930	

T 5.4 Wasserdampf tabel, Sättigungszustand (Drucktabel)¹

p bar	t °C	v' m ³ /kg	v'' m ³ /kg	h' kJ/kg	h'' kJ/kg	r kJ/kg	s' kJ/kg K	s'' kJ/kg K
0,0061	0	0,0010002	206,3	-0,04	2501,6	2501,6	-0,0002	9,1577
0,01	6,98	0,0010001	129,20	29,34	2514,4	2485,0	0,1060	8,9767
0,02	17,51	0,0010012	67,01	73,46	2533,6	2460,3	0,2607	8,7246
0,03	24,10	0,0010027	45,67	101,00	2545,6	2444,6	0,3544	8,5785
0,04	28,98	0,0010040	34,80	121,41	2554,5	2433,1	0,4225	8,4755
0,05	32,90	0,0010052	28,19	137,77	2561,6	2423,8	0,4763	8,3960
0,06	36,18	0,0010064	23,74	151,50	2567,5	2416,0	0,5209	8,3312
0,07	39,03	0,0010074	20,53	163,38	2572,6	2409,2	0,5591	8,2767
0,08	41,53	0,0010084	18,10	173,86	2577,1	2403,2	0,5925	8,2296
0,09	43,79	0,0010094	16,20	183,28	2581,1	2397,9	0,6224	8,1881
0,1	45,83	0,0010101	14,67	191,83	2584,8	2392,9	0,6493	8,1511
0,2	60,09	0,0010172	7,650	251,45	2609,9	2358,4	0,8321	7,9094
0,3	69,12	0,0010223	5,229	289,30	2625,4	2336,1	0,9441	7,7695
0,4	75,89	0,0010265	3,993	317,65	2636,9	2319,2	1,0261	7,6709
0,5	81,35	0,0010301	3,240	340,56	2646,0	2305,4	1,0912	7,5947
0,6	85,95	0,0010333	2,732	359,93	2653,6	2293,6	1,1454	7,5327
0,7	89,96	0,0010361	2,365	376,77	2660,1	2283,3	1,1921	7,4804
0,8	93,51	0,0010387	2,087	391,72	2665,8	2274,0	1,2330	7,4352
0,9	96,71	0,0010412	1,869	405,21	2670,9	2265,6	1,2696	7,3954
1,0	99,63	0,0010434	1,694	417,51	2675,4	2257,9	1,3027	7,3598
1,1	102,32	0,0010455	1,549	428,84	2679,6	2250,8	1,3330	7,3277
1,2	104,81	0,0010476	1,428	439,36	2683,4	2244,1	1,3609	7,2984
1,3	107,13	0,0010495	1,325	449,19	2687,0	2237,8	1,3868	7,2715
1,4	109,32	0,0010513	1,236	458,42	2690,3	2231,9	1,4109	7,2465
1,5	111,37	0,0010530	1,159	467,13	2693,4	2226,2	1,4336	7,2234
2,0	120,23	0,0010608	0,8854	504,70	2706,3	2201,6	1,5301	7,1268
3,0	133,54	0,0010735	0,6056	561,43	2724,7	2163,2	1,6716	6,9909
4,0	143,62	0,0010839	0,4622	604,67	2737,6	2133,0	1,7764	6,8943
6,0	158,84	0,0011009	0,3155	670,42	2755,5	2085,0	1,9308	6,7575
8,0	170,41	0,0011150	0,2403	720,94	2767,5	2046,5	2,0457	6,6594
10	179,88	0,0011274	0,1943	762,6	2776,2	2013,6	2,1382	6,5828
15	198,29	0,0011539	0,1317	844,7	2789,9	1945,2	2,3145	6,4406
20	212,37	0,0011766	0,0995	908,6	2797,2	1888,6	2,4469	6,3367
30	233,84	0,0012163	0,0666	1007,4	2802,3	1793,9	2,6455	6,1837
40	250,33	0,0012521	0,0498	1087,4	2800,3	1712,9	2,7965	6,0685
50	263,91	0,0012858	0,0394	1154,5	2794,2	1639,7	2,9206	5,9735
60	275,55	0,0013187	0,0324	1213,7	2785,0	1517,3	3,0273	5,8908
70	285,79	0,0013513	0,0274	1267,4	2773,5	1506,0	3,1219	5,8162
80	294,97	0,0013842	0,0235	1317,1	2759,9	1442,8	3,2076	5,7471
90	303,31	0,001418	0,0205	1363,7	2744,6	1380,9	3,2867	5,6820
100	310,96	0,001453	0,0180	1408,0	2727,7	1319,7	3,3605	5,6198
110	318,05	0,001489	0,0160	1450,6	2709,3	1258,7	3,4304	5,5595
120	324,65	0,001527	0,0143	1491,8	2689,2	1197,4	3,4972	5,5002
130	330,83	0,001567	0,0128	1532,0	2667,0	1135,0	3,5616	5,4408
140	336,64	0,001611	0,0115	1571,6	2642,4	1070,7	3,6242	5,3803
150	342,13	0,001658	0,0103	1611,0	2615,0	1004,0	3,6859	5,3178
160	347,34	0,001710	0,0093	1650,5	2584,9	934,3	3,7471	5,2531
180	356,96	0,001840	0,0075	1734,8	2513,9	779,1	3,8765	5,1128
200	365,70	0,002037	0,0059	1826,5	2418,4	591,9	4,0149	4,9412
210	369,78	0,002202	0,0050	1886,3	2347,6	461,3	4,1048	4,8223
220	373,69	0,002671	0,0037	2011,1	2195,6	184,5	4,2947	4,5799
221,2	374,15	0,00317		2107,4		0	4,429	

¹ Auszug aus den Wasserdampf tabeln [18]. Bei Berechnung von h'' nach Gl 5.10 ($h'' = h' + r$) treten gegenüber den Tabellenwerten z.T. rundungsbedingte Abweichungen auf. Temperaturtabel s. T 6.1.

T 5.5 Wasserdampf-tafel, überhitzer Dampf¹

p bar	t °C	v m ³ /kg	h kJ/kg	s kJ/kg K	t °C	v m ³ /kg	h kJ/kg	s kJ/kg K
0,2	100	8,585	2686,3	8,1261	350	14,374	3177,1	9,1303
	150	9,748	2782,3	8,3676	400	15,529	3279,4	9,2882
	200	10,907	2879,2	8,5839	450	16,684	3383,4	9,4372
	250	12,064	2977,1	8,7806	500	17,838	3489,0	9,5784
	300	13,219	3076,4	8,9618	600	20,146	3705,4	9,8416
0,4	100	4,279	2683,8	7,8009	350	7,185	3176,8	8,8100
	150	4,866	2780,9	8,0450	400	7,763	3279,1	8,9680
	200	5,448	2878,2	8,2625	450	8,340	3383,1	9,1170
	250	6,028	2976,5	8,4598	500	8,918	3488,8	9,2583
	300	6,607	3075,9	8,6413	600	10,07	3705,3	9,5216
0,6	100	2,844	2681,3	7,6085	350	4,788	3176,4	8,6224
	150	3,238	2779,4	7,8551	400	5,174	3278,8	8,7806
	200	3,628	2877,3	8,0738	450	5,559	3382,9	8,9296
	250	4,016	2975,8	8,2718	500	5,944	3488,6	9,0701
	300	4,402	3075,4	8,4536	600	6,714	3705,1	9,3343
1,0	100	1,696	2676,2	7,3618	350	2,871	3175,6	8,3858
	150	1,936	2776,3	7,6137	400	3,102	3278,2	8,5442
	200	2,172	2875,4	7,8349	450	3,334	3382,4	8,6939
	250	2,406	2974,5	8,0342	500	3,565	3488,1	8,8348
	300	2,639	3074,5	8,2166	600	4,028	3704,8	9,0982
1,2	150	1,611	2774,8	7,5267	400	2,585	3277,9	8,4597
	200	1,808	2874,4	7,7492	450	2,778	3382,1	8,6090
	250	2,004	2973,9	7,9491	500	2,971	3487,9	8,7505
	300	2,198	3074,0	8,1319	550	3,163	3595,4	8,8852
	350	2,391	3175,3	8,3012	600	3,356	3704,6	9,0140
1,5	150	1,285	2772,5	7,4194	400	2,067	3277,5	8,3562
	200	1,444	2872,9	7,6439	450	2,222	3381,7	8,5056
	250	1,601	2972,9	7,8447	500	2,376	3487,6	8,6472
	300	1,757	3073,3	8,0280	550	2,530	3595,1	8,7819
	350	1,912	3174,7	8,1976	600	2,684	3704,4	8,9108
2,0	150	0,9595	2768,5	7,2794	400	1,549	3276,7	8,2226
	200	1,080	2870,5	7,5072	450	1,665	3381,1	8,3722
	250	1,199	2971,2	7,7096	500	1,781	3487,0	8,5139
	300	1,316	3072,1	7,8937	550	1,897	3594,7	8,6487
	350	1,433	3173,8	8,0638	600	2,013	3704,0	8,7776
4,0	150	0,4707	2752,0	6,9285	400	0,7725	3273,6	7,8994
	200	0,5343	2860,4	7,1708	450	0,8309	3378,5	8,0497
	250	0,5952	2964,5	7,3800	500	0,8892	3484,9	8,1919
	300	0,6549	3067,2	7,5675	550	0,9474	3592,8	8,3271
	350	0,7139	3170,0	7,7395	600	1,0054	3702,3	8,4563
6,0	200	0,3520	2849,7	6,9662	450	0,5528	3376,0	7,8600
	250	0,3939	2957,6	7,1829	500	0,5918	3482,7	8,0027
	300	0,4344	3062,3	7,3740	550	0,6308	3590,9	8,1383
	350	0,4742	3166,2	7,5479	600	0,6696	3700,7	8,2678
	400	0,5136	3270,6	7,7090	650	0,7084	3812,1	8,3919
8,0	200	0,2608	2838,6	6,8148	450	0,4137	3373,4	7,7246
	250	0,2932	2950,4	7,0397	500	0,4432	3480,5	7,8678
	300	0,3241	3057,3	7,2348	550	0,4725	3589,0	8,0038
	350	0,3543	3162,4	7,4107	600	0,5017	3699,1	8,1336
	400	0,3842	3267,5	7,5729	650	0,5309	3810,7	8,2579

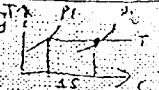
¹ Auszug aus den Wasserdampf-tafeln [18].

T 5.5 Wasserdampf-tafel, überhitzer Dampf (Fortsetzung)¹

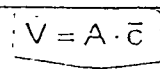
p bar	t °C	v m ³ /kg	h kJ/kg	s kJ/kg K	t °C	v m ³ /kg	h kJ/kg	s kJ/kg K	t °C	v m ³ /kg	h kJ/kg	s kJ/kg K
10	200	0,2059	2826,8	6,6922	450	0,3303	3370,8	7,6190	500	0,3540	3478,3	7,7627
	250	0,2327	2943,0	6,9259	500	0,3775	3587,1	7,8991	550	0,4010	3697,4	8,0292
	300	0,2580	3052,1	7,1251	600	0,4244	3809,3	8,1537	650	0,4488	3959,9	8,3999
	350	0,2824	3158,5	7,3031	700	0,5077	4217,7	8,7421	750	0,5477	4577,2	9,0547
	400	0,3065	3264,4	7,4665	800	0,6094	4811,0	9,5409	850	0,6518	5161,6	9,7919
15	200	0,1324	2794,7	6,4508	450	0,2191	3364,3	7,4253	500	0,2350	3472,8	7,5703
	250	0,1520	2923,5	6,7099	500	0,2509	3582,4	7,7077	550	0,2667	3693,3	7,8385
	300	0,1697	3038,9	6,9207	600	0,2824	3805,7	7,9636	650	0,2982	3959,9	8,2013
	350	0,1865	3148,7	7,1044	700	0,3540	4217,7	8,7421	750	0,3842	4577,2	9,0547
	400	0,2029	3256,6	7,2709	800	0,4488	4811,0	9,5409	850	0,4888	5161,6	9,7919
20	250	0,1114	2902,4	6,5454	500	0,1756	3467,1	7,4323	550	0,1876	3577,6	7,5706
	300	0,1255	3025,0	6,7696	600	0,1995	3689,2	7,7022	650	0,2114	3802,1	7,8279
	350	0,1386	3138,6	6,9596	700	0,2232	3916,5	7,9485	750	0,2350	4033,0	8,1537
	400	0,1511	3248,7	7,1296	800	0,2982	4577,2	9,0547	850	0,3241	4811,0	9,5409
	450	0,1634	3357,8	7,2859	900	0,3540	5077,2	9,7919	950	0,3842	5321,1	10,0385
30	250	0,07055	2854,8	6,2857	500	0,11608	3456,2	7,2345	550	0,12426	3567,2	7,3748
	300	0,08116	2995,1	6,5422	600	0,13234	3681,0	7,5079	650	0,14036	3795,0	7,6349
	350	0,09053	3117,5	6,7471	700	0,14832	3910,3	7,7564	750	0,15689	4033,0	8,0292
	400	0,09931	3232,5	6,9246	800	0,1995	4577,2	9,0547	850	0,2191	4811,0	9,5409
	450	0,10779	3344,6	7,0854	900	0,2509	5077,2	9,7919	950	0,2709	5321,1	10,0385
40	300	0,05883	2962,0	6,3642	550	0,09260	3558,6	7,2333	600	0,09876	3672,8	7,3680
	350	0,06645	3095,5	6,5870	650	0,10486	3787,9	7,4961	700	0,11090	3904,1	7,6187
	400	0,07338	3215,7	6,7733	750	0,11689	4021,4	7,7363	800	0,12426	4142,0	7,9485
	450	0,07996	3331,2	6,9388	850	0,15689	4577,2	9,0547	900	0,1634	4698,8	9,2859
	500	0,08634	3445,0	7,0909	950	0,1995	5077,2	9,7919	1000	0,2191	5321,1	10,0385
60	300	0,03614	2885,0	6,0692	550	0,06094	3539,3	7,0285	600	0,06518	3656,2	7,1664
	350	0,04222	3045,8	6,3386	650	0,06936	3773,5	7,2971	700	0,07348	3891,7	7,4217
	400	0,04738	3180,1	6,5462	750	0,07755	4010,7	7,5409	800	0,08332	4131,3	7,7421
	450	0,05210	3303,5	6,7230	850	0,10486	4577,2	9,0547	900	0,11090	4698,8	9,2859
	500	0,05659	3422,2	6,8818	950	0,15689	5077,2	9,7919	1000	0,1634	5299,9	10,0385
80	300	0,02426	2786,8	5,7942	550	0,04510	3519,7	6,8778	600	0,04839	3639,5	7,0191
	350	0,02995	2989,9	6,1349	650	0,05161	3759,2	7,1523	700	0,05477	3879,2	7,2790
	400	0,03431	3141,6	6,3694	750	0,05788	3999,9	7,3999	800	0,06094	4021,4	7,5409
	450	0,03814	3274,3	6,5597	850	0,08332	4577,2	9,0547	900	0,08888	4700,0	9,3000
	500	0,04170	3398,8	6,7262	950	0,10486	4811,0	9,5409	1000	0,11090	4931,6	9,7421
100	350	0,02242	2925,8	5,9489	600	0,03832	3622,7	6,9013	650	0,04096	3744,7	7,0373
	400	0,02641	3099,9	6,2182	700	0,04355	3866,8	7,1660	750	0,04608	3989,1	7,2886
	450	0,02974	3243,6	6,4243	800	0,05077	4112,0	7,4058	850	0,05477	4232,6	7,5942
	500	0,03276	3374,6	6,5994	900	0,06094	4577,2	9,0547	950	0,06518	4698,8	9,2859
	550	0,03560	3499,8	6,7564	1000	0,06936	4811,0	9,5409	1050	0,07348	4931,6	9,7421
150	350	0,01146	2694,8	5,4467	600	0,02488	3579,8	6,6764	650	0,02677	3708,3	6,8195
	400	0,01566	2979,1	5,8876	700	0,02859	3835,4	6,9536	750	0,03036	3962,1	7,0806
	450	0,01845	3159,7	6,1468	800	0,03209	4088,6	7,2013	850	0,03431	4217,7	7,3680
	500	0,02080	3310,4	6,3487	900	0,03832	4577,2	9,0547	950	0,04096	4698,8	9,2859
	550	0,02291	3448,3	6,5213	1000	0,04510	4811,0	9,5409	1050	0,04839	4931,6	9,7421
200	400	0,00995	2820,5	5,5485	650	0,02111	3671,1	6,6554	700	0,02250	3759,2	6,7953
	450	0,01271	3064,3	5,9089	750	0,02509	3935,0	6,9267	800	0,02709	4057,8	7,0511
	500	0,01477	3241,1	6,1456	850	0,03036	4232,6	7,2886	900	0,03241	4354,2	7,4217
	550	0,01655	3394,1	6,3374	950	0,03540	4577,2	9,0547	1000	0,03748	4698,8	9,2859
	600	0,01816	3535,5	6,5043	1050	0,04096	4811,0	9,5409	1100	0,04355	4931,6	9,7421

zustandsänderung	Isobar $p = \text{const.}$	Isobar $p = \text{const.}$	Isotherm $T = \text{const.}$	Isentrop $s = \text{const.}$	Isenthalpe $h = \text{const.}$
	-Kondensator -Verdampfer -Überhitzer	-Dampfkessel <i>viele Wärmegewinnung</i> <i>Wenig Wasser, viel Dampf</i>	<i>gleichzeitige Dampf- und Wassergewinnung</i>	-Dampfturbine <i>komprimiert expandiert</i> -Kompressor -plötzliche Vol.-Änderung	-Drosselung -Strömungsverluste
V-Diagramm					
T-s-Diagramm					
h-s-Diagramm					
Volumenänderungs-Arbeit	$w_{e12} = p \cdot (v_2 - v_1)$ $w_{e12} = p \cdot (v_2 - v_1) \cdot x$ <i>x = Dampfanteil</i>	$w_{e12} = 0$ $u_1 = h_1 - p_1 \cdot v_1$ $u_2 = h_2 - p_2 \cdot v_2$	$w_{e12} = p \cdot (v_2 - v_1)$ $w_{e12} = p \cdot (v_2 - v_1)$	$w_{e12} = u_1 - u_2$ $w_e = h_1 - h_2$	$w_{e12} = 0$
Wärme	$q_{12} = T \cdot (s_2 - s_1)$ $q_{12} = r \cdot (x_2 - x_1)$ $q_{12} = h_2 - h_1$	$q_{12} = u_2 - u_1$ <i>spez. innere Energie</i> $q_{12} = m \cdot (u_2 - u_1)$	$q_{12} = T \cdot (s_2 - s_1)$ $q_{12} = r \cdot (x_2 - x_1)$ $q_{12} = h_2 - h_1$ <i>Enthalpie</i>	$q_{12} = 0$ <i>x = 1,135 Maßzahl</i> <i>x = 1,135 ähnl. Maßzahl</i>	$q_{12} = 0$
Technische Arbeit	$w_{t12} = 0$	$w_{t12} = v \cdot (p_2 - p_1)$	$w_{t12} = 0$	$w_{t12} = h_1 - h_2$	$w_{t12} = 0$
Dampfgehalt = x	$h = h' + x \cdot r = h' + x(h'' - h')$ $r = \text{Verdampfungswärme}$	$x_2 = \frac{v_1 - v_2}{v_2 - v_2}$ <i>spez. Volumen Dampfkessel</i> $v_1 = \text{spez. Volumen Dampfkessel}$	$x = \frac{s_2 - s'}{s'' - s'}$ <i>(Abdampfgehalt)</i>	$x = \frac{h_2 - h'}{h'' - h'}$	$x = \frac{h_2 - h'}{h'' - h'}$
Leistung	Wärmeleistung	$P_{12} = (u_2 + x_2 \cdot h_2) - (u_1 + x_1 \cdot h_1)$		$P = \dot{m}_D \cdot (h_1 - h_2)$	

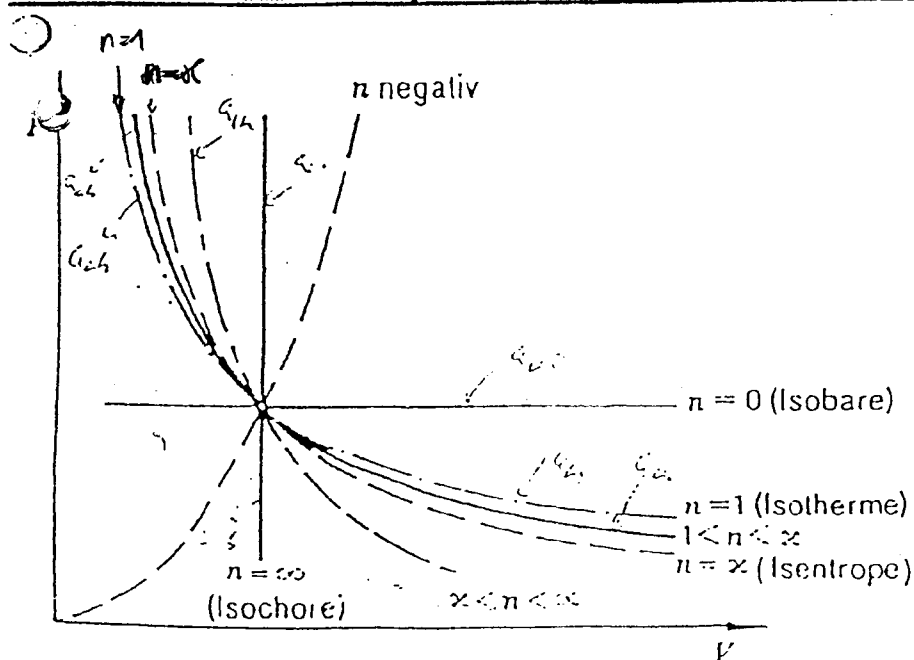
Drosselung (Druck wird vermindert, T bleibt const.)

Drosselung des Idealgases $T = \text{const.}$	$H_1 = H_2 = \text{const.}$	Enthalpie H bleibt gleich
Entropieänderung Idealgas } $T = \text{const.}$ 	$S_2 - S_1 = m \cdot R \cdot \ln\left(\frac{p_1}{p_2}\right) = -m R \ln\left(\frac{p_2}{p_1}\right)$	es geht keine Wärmeenergie verloren
Drosselung des Realgases $T_1 = T_2$	$H_1 = H_2 = \text{const.}$	
Entleeren des Behälters	$U_1 - U_2 = p_b \cdot (V_2 - V_1)$ $u_1 - u_2 = p_b \cdot (v_2 - v_1)$	
	$u_1 - u_2 = c_{vm} \cdot (T_1 - T_2)$	
	$v = \frac{R \cdot T}{p}$	

Der Dampf

Dampfgehalt	$x = \frac{m_D}{m_D + m_W} = \frac{m_D}{m_{\text{ges}}}$ <small>m_D und m_W siehe Massenbilanz nächste Seite</small>	x Dampfgehalt des Naßdampfes m_D Masse an Dampf m_W Masse an Wasser
Verdampfungswärme	$r = h'' - h'$ $r = (u'' - u') + p \cdot (v'' - v')$	r Verdampfungswärme T 5.4 h' Enthalpie siedende Fl. T 5.4 h'' Enthalpie Sattdampf T 5.4 u' innere Energie sied. Flüssigkeit u'' innere Energie Sattdampf v' spez. Vol. sied. Flüssigkeit T 5.4 v'' spez. Vol. Sattdampf T 5.4 p Druck
spez. Volumen Naßdampf	$v_x = v' + x \cdot (v'' - v')$ $x = \frac{v - v'}{v'' - v'}$	v_x spez. Vol. Naßdampf v' spez. Vol. sied. Flüssigkeit T 5.4 v'' spez. Vol. Sattdampf T 5.4 x Dampfgehalt des Naßdampfes
spez. Enthalpie des Naßdampfes	$h_x = h' + x \cdot (h'' - h')$ $h_x = u + p \cdot v$ $h_x = h' + x \cdot r$ <small>T 5.4 S. 456</small>	h_x spez. Enthalpie Naßdampf h' spez. Enthalpie sied. Fl. T 5.4 h'' spez. Enthalpie Sattdampf T 5.4 x Dampfgehalt des Naßdampfes p Druck v spez. Volumen u spez. innere Energie r Verdampfungswärme
spez. Entropie des Naßdampfes	$s_x = s' + x \cdot (s'' - s')$ $x = \frac{s_x - s'}{s'' - s'}$	s_x spez. Entropie Naßdampf s' spez. Entropie sied. Fl. T 5.4 s'' spez. Entropie Sattdampf T 5.4 x Dampfgehalt des Naßdampfes
spez. Innere Energie des Naßdampfes	$u_x = u' + x \cdot (u'' - u')$ $u_x = h' + x \cdot (h'' - h') - p \cdot [v' + x \cdot (v'' - v')]$ $u_x = h - p \cdot v$ <small>inn. Energie</small>	u_x spez. inn. Energie Naßdampf u' spez. inn. Energie sied. Fl. T 5.4 u'' spez. inn. Energie Sattdampf T 5.4 x Dampfgehalt des Naßdampfes p Druck
Wärmeleistung	$\dot{Q} = \dot{m} \cdot q$	\dot{Q} Wärmeleistung \dot{m} Massenstrom q spez. Wärme auf Masse bez.
Volumenstrom	$\dot{V} = \dot{m} \cdot v$ 	\dot{V} Volumenstrom \dot{m} Massenstrom v spez. Volumen A Fläche Rohrdurchmesser c mittlere Geschw.
spez. Volumen	$v = \frac{V}{m} \Rightarrow V = m \cdot v$	v spez. Volumen V Volumen m Masse

Enthalpie Wasser	$h_W = c_W \cdot t_W$ $c_W = 4,2$	h_W Enthalpie Wasser	kJ/kg
		c_W spez. Wärmekap. Wasser	kJ/kg
		t_W Temperatur Wasser	
Massenbilanz	$m_{ges} = m_D + m_W$	m_{ges} Gesamtmasse	kg
		m_D Masse Dampf	kg
		m_W Masse Wasser	kg
Masse des Dampfanteils	$m_D = \frac{V_D}{v''}$; $m_D = x \cdot m_{ges}$	m_D Masse des Dampfanteils	kg
		V_D Volumen des Dampfanteils	m³
		v'' spez. Vol. Sattdampf T 5,4	m³/kg
Masse des Siedewasseranteils	$m_W = \frac{V_W}{v'}$	m_W Masse des Siedewasseranteils	kg
		V_W Volumen des Siedewasseranteils	m³
		v' spez. Vol. Siedewasser T 5,4	m³/kg
Enthalpiebilanz	$h''(m_D + m_W) = m_D \cdot h_D + m_W \cdot h_W$	m_{ges} Gesamtmasse	kg
$p = const.$	$m_D = \frac{m_W \cdot (h_W - h'')}{(h'' - h_D)}$	m_D Masse Dampf	kg
		m_W Masse Wasser	kg
		h'' Enthalpie Endzustand Sattdampf	kJ/kg
		h_D Enthalpie Dampf	kJ/kg
		h_W Enthalpie Wasser	kJ/kg
Überhitzer bekommt vom Kessel Sattdampf und muß dann daraus überhitzten Dampf machen.	$\dot{Q}_{Üb} = \dot{m}_D \cdot (h_x - h'')$	$\dot{Q}_{Üb}$ Wärmeleistung Überhitzer	kW
		\dot{m}_D Massenstrom Sattdampf	kg/s
		h_x Enthalpie Endzustand bei Temp. x	kJ/kg
		h'' Enthalpie Sattdampf	kJ/kg
Kessel bekommt Siedewasser von der Speisepumpe, daraus wird Sattdampf für den Überhitzer gemacht.	$\dot{Q}_{Ke} = \dot{m}_D \cdot (h'' - h')$ $= \dot{m}_D \cdot \Delta h_{ev}$	\dot{Q}_{Ke} Wärmeleistung Kessel	kW
		\dot{m}_D Massenstrom Siedewasser	kg/s
		h' Enthalpie Siedewasser	kJ/kg
		h'' Enthalpie Sattdampf	kJ/kg
Abdampf nach Dampfturbine			
$S = const.$			
Dampfstrom	\dot{m}_D [kg/s]		
vollständige Kondensation	d.h. nur noch Siedewasser vorhanden		
Frischdampfdaten sind:	Druck und Temperatur		
Dampfzustand ist:	Druck und Temperatur		
Kondensatmenge	\dot{m}_W [kg/h]		



Polytropen im p, V -Diagramm

Isochore	pV^∞	$n = \infty$
Isobare	pV^0	$n = 0$
Isotherme	pV^1	$n = 1$
Isentrope	pV^κ	$n = \kappa$



TH1 - 6 -

Themengebiet	Formeln	Bemerkungen
spezifische Wärmekapazität	$c_{vm} = c_{pm} - R$ $\kappa = \frac{c_{pm}}{c_{vm}}$ $c_{pm} \Big _{t_1}^{t_2} = \frac{c_{pm} \Big _0^{t_2} t_2 - c_{pm} \Big _0^{t_1} t_1}{(t_2 - t_1)}$	c_{vm} = isochore spez. Wärmekapazität c_{pm} = isobare spez. Wärmekapazität κ = Isentropenexponent
Mischungstemperatur	$T_m = \frac{m_a c_{va} T_a + m_b c_{vb} T_b + m_c c_{vc} T_c}{m_a c_{va} + m_b c_{vb} + m_c c_{vc}}$	a, b, c = Gase
ideales Gas	$pV = mRT$ $\rho = \frac{m}{V}$ $v = \frac{V}{m}$	$R_D = 461,5 \frac{J}{kg}$ $R_L = 287,2 \frac{J}{kg}$
Leistung	$P = \dot{m} \cdot w_t$ $P = \dot{m} \cdot \Delta h$	
Volumenänderungsarbeit	$W_{e12} = \int_1^2 p(V) dV$ $w_{e12} = \int_1^2 p(v) dv$	beim Kreisprozess zw. 2 Isochoren Fläche über der x-Achse im p,v-Diagr.
technische Arbeit	$W_{t12} = \int_1^2 v(p) dp$ $w_{t12} = \int_1^2 v(p) dp$ $W_{t12} = H_1 - H_2 + Q_{12}$ $w_{t12} = h_1 - h_2 + q_{12}$	beim Kreisprozess zw. 2 Isobaren Fläche über der y-Achse im p,v-Diagr.
Wärmeenergie	$Q_{t12} = \int_{t_1}^{t_2} C(t) dt$ $q_{t12} = \int_{t_1}^{t_2} c(t) dt = c_m \Big _{t_1}^{t_2} (t_2 - t_1)$	
thermischer Wirkungsgrad	$\eta_{th} = \frac{ w_k }{q_{zu}} = \frac{\sum w_t}{q_{zu}} = \frac{\sum w_e}{q_{zu}} = \frac{\sum q}{q_{zu}}$ $\eta_{th} \stackrel{i.a.}{<} 1 - \frac{T_{min}}{T_{max}}$	Nicht verwechseln mit Carnot-Prozess!
Carnot-Prozess	$\eta_{car} = \eta_{th} = 1 - \frac{T_{min}}{T_{max}} = \frac{ w_{car} }{q_{zu}}$ $w_{car} = \sum q_{isotherm} = q_{zu} \left(1 - \frac{T_{min}}{T_{max}} \right)$	= Kreisprozess zwischen 2 Isothermen und 2 Isentropen η_{car} = Carnot-Faktor = maximal möglicher thermischer Wirkungsgrad
Massen(-strom)-bilanz	$H = H_1 + H_2 \Rightarrow \dot{m}h = \dot{m}_1 h_1 + \dot{m}_2 h_2$ mit $\dot{m} = \dot{m}_1 + \dot{m}_2$	= Glgs.-System mit 2 Gln.!
innere Energie	$u_1 - u_2 = p_2 (v_2 - v_1)$ mit $u_1 - u_2 = c_{vm} (T_1 - T_2)$	
spezifische Nassdampf-Enthalpie	$h_i = h'_i + x_i (h''_i - h'_i) \Rightarrow x_i = \frac{h_i - h'_i}{h''_i - h'_i}$	
spezifische Nassdampf-Entropie	$s_i = s'_i + x_i (s''_i - s'_i) \Rightarrow x_i = \frac{s_i - s'_i}{s''_i - s'_i}$	
spezifisches Nassdampf-Volumen	$v_i = v'_i + x_i (v''_i - v'_i) \Rightarrow x_i = \frac{v_i - v'_i}{v''_i - v'_i}$	
spezifische innere Nassdampf-Energie	$u_i = u'_i + x_i (u''_i - u'_i) \Rightarrow x_i = \frac{u_i - u'_i}{u''_i - u'_i}$	
spezifische Verdampfungswärme	$r = \int_1^2 T(s) ds = T_s (s'' - s')$	T_s = Siedetemperatur
spezifische (Überhitzungs-) Energie und Entropie	$q_{(ub)} = \int_1^2 T(s) ds$ $\Delta s = \int_1^2 \frac{dq}{T} \Rightarrow s_{(ub)}(T) = c_p \cdot \ln \frac{T}{T_s} + s''$	T_s = Siedetemperatur gilt auch für andere ideale Gase!
spezifische Wärmezufuhr	$q_{12} = u_2 - u_1 \Rightarrow q_{12} = (h_2 - p_2 v_2) - (h_1 - p_1 v_1)$	$[h] = \frac{J}{kg}$ $[p] = Pa$ z.B. Druckerhöhung bei überh. Dampf