

**Aufgabe 1:****Dampfkraftwerk (35 Punkte)**

Ein Kraftwerk arbeite nach dem Clausius-Rankine-Prozess:

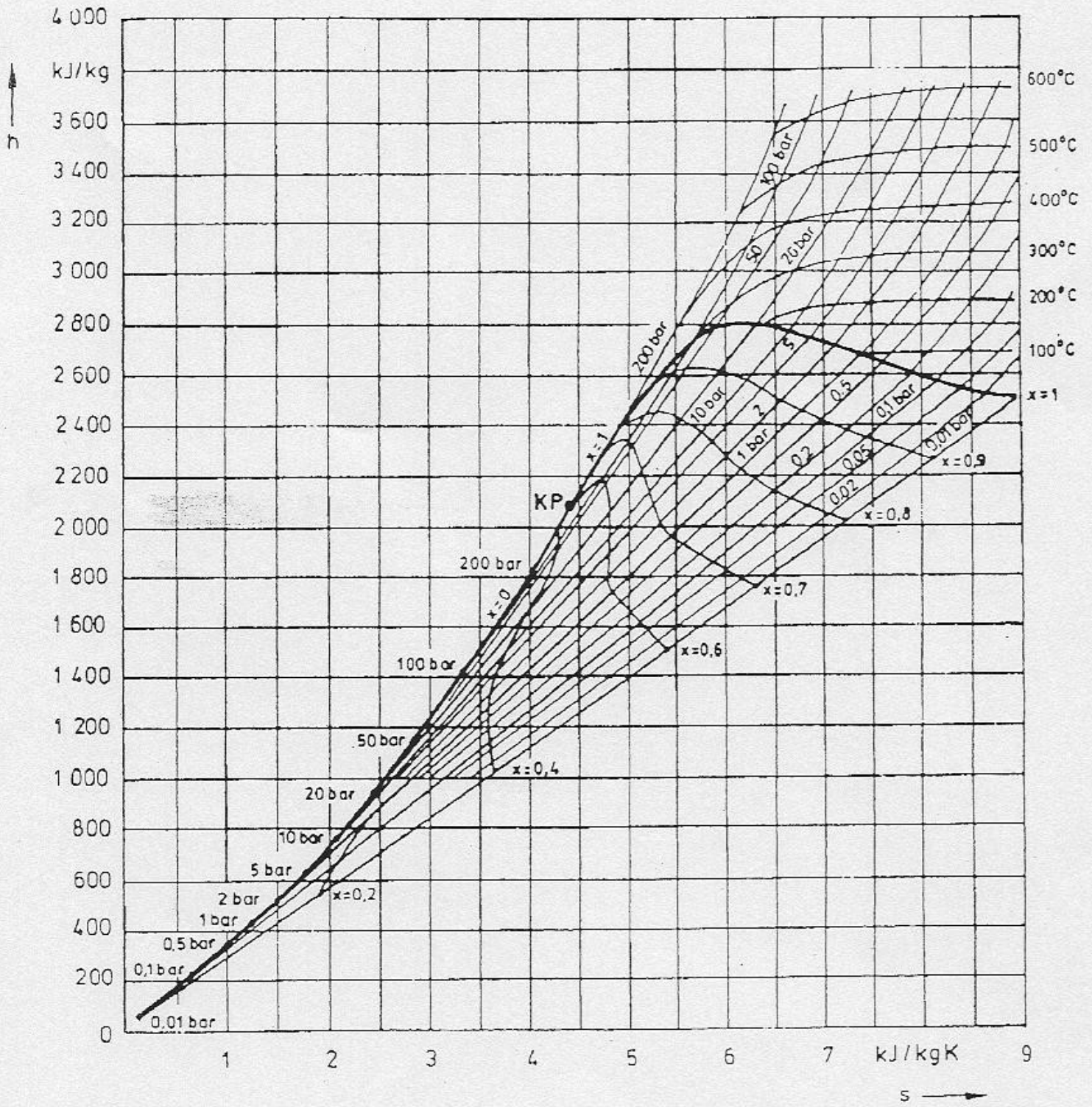
- Im Kessel werde Frischdampf mit dem Druck  $p = 50 \text{ bar}$  bei  $\vartheta = 500 \text{ °C}$  erzeugt.
- Der anschließende Hochdruckprozess entspanne den Dampf bis  $p = 5 \text{ bar}$ .
- Die 1. Zwischenüberhitzung erreiche  $\vartheta = 300 \text{ °C}$ .
- Im Mitteldruckprozess werde der Dampf bis  $\vartheta = 100 \text{ °C}$  abgearbeitet.
- Eine 2. Zwischenüberhitzung erreiche nochmals  $\vartheta = 300 \text{ °C}$ .
- Der Niederdruckprozess ende bei einem Dampfgehalt von 95%.
- Ein Wärmetauscher führe das Arbeitsmedium auf der unteren Prozesstemperatur zurück.

Die als ideal anzunehmenden Turbinen arbeiten auf eine gemeinsame Generatorwelle ( $\eta_G = 97 \%$ ); die ebenfalls ideale Speisewasserpumpe werde elektrisch betrieben.

- a) Skizzieren Sie den Kreisprozess im h-s-Diagramm des anliegenden Beiblattes (Seite 3) und ermitteln Sie für alle Eckpunkte des Kreisprozesses Druck, Temperatur und Enthalpie.
- b) Wie groß ist die spezifische technische Arbeit  $w_{tp}$  der Speisewasserpumpe?
- c) Wie groß sind die Leistungen  $P_{HD}$  der Hochdruckturbinen,  $P_{MD}$  der Mitteldruckturbine und  $P_{ND}$  der Niederdruckturbinen, wenn ein Wassermassenstrom von  $50 \text{ kg/s}$  zirkuliert?
- d) Berechnen Sie die im Wärmetauscher abzuführende Wärme und den Gesamtwirkungsgrad des Kraftwerks.

Wegen eines technischen Defekts müssen 2. Zwischenüberhitzung und Niederdruckturbinen überbrückt und das Arbeitsmedium von der Mitteldruckturbine unmittelbar dem Wärmetauscher zugeleitet werden.

- e) Skizzieren Sie die Veränderung und die nun nicht nutzbare technische Arbeit gegenüber dem Normalbetrieb im h-s-Diagramm. Welcher Gesamtwirkungsgrad wird nun erreicht?



## Tabellen

TAFELN DER EIGENSCHAFTEN VON WASSER UND WASSERDAMPF  
Temperaturtafel für den Sättigungszustand (Auszüge)

t	T	p	v'	v''	h'	h''	r	s'	s''
°C	K	bar	$\frac{m^3}{kg}$	$\frac{m^3}{kg}$	$\frac{kJ}{kg}$	$\frac{kJ}{kg}$	$\frac{kJ}{kg}$	$\frac{kJ}{kg K}$	$\frac{kJ}{kg K}$
0.00	273.15	.006108	.0010002	206.3	-0.04	2501.6	2501.6	-.0002	9.1577
0.01	273.16	.006112	.0010002	206.2	0.00	2501.6	2501.6	.0000	9.1575
1	274.15	.006566	.0010001	192.6	4.17	2503.4	2499.2	.0152	9.1311
2	275.15	.007055	.0010001	179.9	8.39	2505.2	2496.8	.0306	9.1047
3	276.15	.007575	.0010001	168.2	12.60	2507.1	2494.5	.0459	9.0785
4	277.15	.008129	.0010000	157.3	16.80	2508.9	2492.1	.0611	9.0526
5	278.15	.008718	.0010000	147.2	21.01	2510.7	2489.7	.0762	9.0269
6	279.15	.009345	.0010000	137.8	25.21	2512.6	2487.4	.0913	9.0015
7	280.15	.010012	.0010001	129.1	29.41	2514.4	2485.0	.1063	8.9762
8	281.15	.010720	.0010001	121.0	33.60	2516.2	2482.6	.1213	8.9513
9	282.15	.011472	.0010002	113.4	37.80	2518.1	2480.3	.1361	8.9265
10	283.15	.012270	.0010003	106.4	41.99	2519.9	2477.9	.1510	8.9020
11	284.15	.013116	.0010003	99.91	46.19	2521.7	2475.5	.1658	8.8776
12	285.15	.014014	.0010004	93.84	50.38	2523.6	2473.2	.1805	8.8536
13	286.15	.014965	.0010006	88.18	54.57	2525.4	2470.8	.1952	8.8297
14	287.15	.015973	.0010007	82.90	58.75	2527.2	2468.5	.2098	8.8060
15	288.15	.017039	.0010008	77.98	62.94	2529.1	2466.1	.2243	8.7826
16	289.15	.018168	.0010010	73.38	67.13	2530.9	2463.8	.2388	8.7593
17	290.15	.01936	.0010012	69.09	71.31	2532.7	2461.4	.2533	8.7363
18	291.15	.02062	.0010013	65.09	75.50	2534.5	2459.0	.2677	8.7135
19	292.15	.02196	.0010015	61.34	79.68	2536.4	2456.7	.2820	8.6908
20	293.15	.02337	.0010017	57.84	83.86	2538.2	2454.3	.2963	8.6684
21	294.15	.02485	.0010019	54.56	88.04	2540.0	2452.0	.3105	8.6462
22	295.15	.02642	.0010022	51.49	92.23	2541.8	2449.6	.3247	8.6241
23	296.15	.02808	.0010024	48.62	96.41	2543.6	2447.2	.3389	8.6023
24	297.15	.02982	.0010026	45.93	100.59	2545.5	2444.9	.3530	8.5806
25	298.15	.03166	.0010029	43.40	104.77	2547.3	2442.5	.3670	8.5592
26	299.15	.03360	.0010032	41.03	108.95	2549.1	2440.2	.3810	8.5379
27	300.15	.03564	.0010034	38.81	113.13	2550.9	2437.8	.3949	8.5168
28	301.15	.03778	.0010037	36.73	117.31	2552.7	2435.4	.4088	8.4959
29	302.15	.04004	.0010040	34.77	121.48	2554.5	2433.1	.4227	8.4751
30	303.15	.04241	.0010043	32.93	125.66	2556.4	2430.7	.4365	8.4546
31	304.15	.04491	.0010046	31.20	129.84	2558.2	2428.3	.4503	8.4342
32	305.15	.04753	.0010049	29.57	134.02	2560.0	2425.9	.4640	8.4140
33	306.15	.05029	.0010053	28.04	138.20	2561.8	2423.6	.4777	8.3939
34	307.15	.05318	.0010056	26.60	142.38	2563.6	2421.2	.4913	8.3740
35	308.15	.05622	.0010060	25.24	146.56	2565.4	2418.8	.5049	8.3543
36	309.15	.05940	.0010063	23.97	150.74	2567.2	2416.4	.5184	8.3348
37	310.15	.06274	.0010067	22.76	154.91	2569.0	2414.1	.5319	8.3154
38	311.15	.06624	.0010070	21.63	159.09	2570.8	2411.7	.5453	8.2962
39	312.15	.06991	.0010074	20.56	163.27	2572.6	2409.3	.5588	8.2772
40	313.15	.07375	.0010078	19.55	167.45	2574.4	2406.9	.5721	8.2583
45	318.15	.09582	.0010099	15.28	188.35	2583.3	2394.9	.6383	8.1661
50	323.15	.12335	.0010121	12.05	209.26	2592.2	2382.9	.7035	8.0776
55	328.15	.15741	.0010145	9.579	230.17	2601.0	2370.8	.7677	7.9926
60	333.15	.1992	.0010171	7.679	251.09	2609.7	2358.6	.8310	7.9108
65	338.15	.2501	.0010199	6.202	272.02	2618.4	2346.3	.8933	7.8322
70	343.15	.3116	.0010228	5.046	292.97	2626.9	2334.0	.9548	7.7565
75	348.15	.3855	.0010259	4.134	313.94	2635.4	2321.5	1.0154	7.6835
80	353.15	.4736	.0010292	3.409	334.92	2643.8	2308.8	1.0753	7.6132
85	358.15	.5780	.0010328	2.829	355.92	2652.0	2296.5	1.1343	7.5454
90	363.15	.7011	.0010361	2.361	376.94	2660.1	2283.2	1.1925	7.4799
95	368.15	.8453	.0010399	1.982	397.99	2668.1	2270.2	1.2501	7.4166
100	373.15	1.0133	.0010437	1.673	419.06	2676.0	2256.9	1.3069	7.3554
110	383.15	1.4327	.0010519	1.210	461.32	2691.3	2230.0	1.4185	7.2388
120	393.15	1.9854	.0010606	.8915	503.72	2706.0	2202.2	1.5276	7.1293
130	403.15	2.7013	.0010700	.6681	546.31	2719.9	2173.6	1.6344	7.0261
140	413.15	3.614	.0010801	.5085	589.10	2733.1	2144.0	1.7390	6.9284
150	423.15	4.760	.0010908	.3924	632.15	2745.4	2113.2	1.8416	6.8358
160	433.15	6.181	.0011022	.3068	675.47	2756.7	2081.3	1.9425	6.7475
170	443.15	7.920	.0011145	.2426	719.12	2767.1	2047.9	2.0416	6.6630
180	453.15	10.027	.0011275	.1938	763.12	2776.3	2013.1	2.1393	6.5819
190	463.15	12.551	.0011415	.1563	807.52	2784.3	1976.7	2.2356	6.5036
200	473.15	15.549	.0011565	.1272	852.37	2790.9	1938.6	2.3307	6.4278
210	483.15	19.077	.0011726	.1042	897.74	2796.2	1898.5	2.4247	6.3539
220	493.15	23.198	.0011900	.08604	943.67	2799.9	1856.2	2.5178	6.2817
230	503.15	27.976	.0012087	.07145	990.26	2802.0	1811.7	2.6102	6.2107
240	513.15	33.478	.0012291	.05965	1037.6	2802.2	1764.6	2.7020	6.1406
250	523.15	39.776	.0012513	.05004	1085.8	2800.4	1714.6	2.7935	6.0708
260	533.15	46.943	.0012756	.04213	1134.9	2796.4	1661.5	2.8848	6.0010
270	543.15	55.058	.0013025	.03559	1185.2	2789.9	1604.6	2.9763	5.9304
280	553.15	64.202	.0013324	.03013	1236.8	2780.4	1543.6	3.0683	5.8586
290	563.15	74.461	.0013659	.02554	1290.0	2767.6	1477.6	3.1611	5.7848
300	573.15	85.927	.0014041	.02165	1345.0	2751.0	1406.0	3.2552	5.7081
310	583.15	98.700	.0014480	.01833	1402.4	2730.0	1327.6	3.3512	5.6278
320	593.15	112.89	.0014995	.01548	1462.6	2703.7	1241.1	3.4500	5.5423
330	603.15	128.63	.0015615	.01299	1526.5	2670.2	1143.6	3.5528	5.4490
340	613.15	146.05	.0016387	.01078	1595.5	2626.2	1030.7	3.6616	5.3427
350	623.15	165.35	.0017411	.008799	1671.9	2567.7	895.7	3.7800	5.2177
360	633.15	186.75	.0018959	.006940	1764.2	2485.4	721.3	3.9210	5.0600
370	643.15	210.54	.0022136	.004973	1890.2	2342.8	452.6	4.1108	4.8144
374.15	647.30	221.20	.00317	.00317		2107.4	.0		4.4429

## Drucktafel für den Sättigungszustand (Auszüge)

p	t	v'	v''	h'	h''	r	s'	s''
bar	°C	$\frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$	$\frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$
0.010	6.9828	0.0010001	129.20	29.34	2514.4	2485.0	0.1060	8.9767
0.015	13.036	0.0010006	87.98	54.71	2525.5	2470.7	0.1957	8.8288
0.020	17.513	0.0010012	67.01	73.46	2533.6	2460.2	0.2607	8.7246
0.025	21.096	0.0010020	54.26	88.45	2540.2	2451.7	0.3119	8.6440
0.030	24.100	0.0010027	45.67	101.00	2545.6	2444.6	0.3544	8.5785
0.035	26.694	0.0010033	39.48	111.85	2550.4	2438.5	0.3907	8.5232
0.040	28.983	0.0010040	34.80	121.41	2554.5	2433.1	0.4225	8.4755
0.045	31.035	0.0010046	31.14	129.99	2558.2	2428.2	0.4507	8.4335
0.050	32.898	0.0010052	28.19	137.77	2561.6	2423.8	0.4763	8.3960
0.060	36.183	0.0010064	23.74	151.50	2567.5	2416.0	0.5209	8.3312
0.070	39.025	0.0010074	20.53	163.38	2572.6	2409.2	0.5591	8.2767
0.080	41.534	0.0010084	18.10	173.86	2577.1	2403.2	0.5925	8.2296
0.090	43.787	0.0010094	16.20	183.28	2581.1	2397.9	0.6224	8.1881
0.10	45.833	0.0010102	14.67	191.83	2584.8	2392.9	0.6493	8.1511
0.12	49.446	0.0010119	12.36	206.94	2591.2	2384.3	0.6963	8.0872
0.14	52.574	0.0010133	10.69	220.02	2596.7	2376.7	0.7367	8.0334
0.16	55.341	0.0010147	9.433	231.59	2601.6	2370.0	0.7721	7.9869
0.18	57.826	0.0010160	8.445	241.99	2605.9	2363.9	0.8036	7.9460
0.20	60.086	0.0010172	7.650	251.45	2609.9	2358.4	0.8321	7.9094
0.22	62.162	0.0010183	6.995	260.14	2613.5	2353.3	0.8581	7.8764
0.24	64.082	0.0010194	6.447	268.18	2616.8	2348.6	0.8820	7.8464
0.26	65.871	0.0010204	5.980	275.67	2619.9	2344.2	0.9041	7.8188
0.28	67.547	0.0010214	5.579	282.69	2622.7	2340.0	0.9248	7.7933
0.30	69.124	0.0010223	5.229	289.30	2625.4	2336.1	0.9441	7.7695
0.32	70.615	0.0010232	4.922	295.55	2628.0	2332.4	0.9623	7.7474
0.34	72.029	0.0010241	4.650	301.48	2630.4	2328.9	0.9795	7.7266
0.36	73.374	0.0010249	4.408	307.12	2632.6	2325.5	0.9958	7.7070
0.38	74.658	0.0010257	4.190	312.50	2634.8	2322.3	1.0113	7.6884
0.40	75.886	0.0010265	3.993	317.65	2636.9	2319.2	1.0261	7.6709
0.50	81.345	0.0010301	3.240	340.56	2646.0	2305.4	1.0912	7.5947
0.60	85.954	0.0010333	2.732	359.93	2653.6	2293.6	1.1454	7.5327
0.70	89.959	0.0010361	2.365	376.77	2660.1	2283.3	1.1921	7.4804
0.80	93.512	0.0010387	2.087	391.72	2665.8	2274.0	1.2330	7.4352
0.90	96.713	0.0010412	1.869	405.21	2670.9	2265.6	1.2696	7.3954
1.0	99.632	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
1.6	113.32	0.0010547	1.091	475.38	2696.2	2220.9	1.4550	7.2017
1.7	115.17	0.0010563	1.031	483.22	2699.0	2215.7	1.4752	7.1813
1.8	116.93	0.0010579	0.9772	490.70	2701.5	2210.8	1.4944	7.1622
1.9	118.62	0.0010594	0.9290	497.85	2704.0	2206.1	1.5127	7.1440
2.0	120.23	0.0010608	0.8854	504.70	2706.3	2201.6	1.5301	7.1268
2.2	123.27	0.0010636	0.8098	517.62	2710.6	2193.0	1.5627	7.0949
2.4	126.09	0.0010663	0.7465	529.64	2714.5	2184.9	1.5929	7.0657
2.6	128.73	0.0010688	0.6925	540.87	2718.2	2177.3	1.6209	7.0389
2.8	131.20	0.0010712	0.6460	551.44	2721.5	2170.1	1.6471	7.0140
3.0	133.54	0.0010735	0.6056	561.43	2724.7	2163.2	1.6716	6.9909
3.2	135.75	0.0010757	0.5700	570.90	2727.6	2156.7	1.6948	6.9693
3.4	137.86	0.0010779	0.5385	579.92	2730.3	2150.4	1.7168	6.9489
3.6	139.86	0.0010799	0.5103	588.53	2732.9	2144.4	1.7376	6.9297
3.8	141.78	0.0010819	0.4851	596.77	2735.3	2138.6	1.7574	6.9116
4.0	143.62	0.0010839	0.4622	604.67	2737.6	2133.0	1.7764	6.8943
4.2	145.39	0.0010858	0.4415	612.27	2739.8	2127.5	1.7945	6.8779
4.4	147.09	0.0010876	0.4226	619.60	2741.9	2122.3	1.8120	6.8623
4.6	148.73	0.0010894	0.4053	626.67	2743.9	2117.2	1.8287	6.8473
4.8	150.31	0.0010911	0.3894	633.50	2745.7	2112.2	1.8448	6.8330
5.0	151.84	0.0010928	0.3747	640.12	2747.5	2107.4	1.8604	6.8192
6.0	158.84	0.0011009	0.3155	670.42	2755.5	2085.0	1.9308	6.7575
7.0	164.96	0.0011082	0.2727	697.06	2762.0	2064.9	1.9918	6.7052
8.0	170.41	0.0011150	0.2403	720.94	2767.5	2046.5	2.0457	6.6596
9.0	175.36	0.0011213	0.2148	742.64	2772.1	2029.5	2.0941	6.6192
10	179.88	0.0011274	0.1943	762.61	2776.2	2013.6	2.1382	6.5828
12	187.96	0.0011386	0.1632	798.43	2782.7	1984.3	2.2161	6.5194
14	195.04	0.0011489	0.1407	830.08	2787.8	1957.7	2.2837	6.4651
16	201.37	0.0011586	0.1237	858.56	2791.7	1933.2	2.3436	6.4175
18	207.11	0.0011678	0.1103	884.58	2794.8	1910.3	2.3976	6.3751
20	212.37	0.0011766	0.09954	908.59	2797.2	1888.6	2.4469	6.3367
22	217.24	0.0011850	0.09065	930.95	2799.1	1868.1	2.4922	6.3015
24	221.78	0.0011932	0.08320	951.93	2800.4	1848.5	2.5343	6.2690
26	226.04	0.0012011	0.07686	971.72	2801.4	1829.6	2.5736	6.2387
28	230.05	0.0012088	0.07139	990.48	2802.0	1811.5	2.6106	6.2104
30	233.84	0.0012163	0.06663	1008.4	2802.3	1793.9	2.6455	6.1837
35	242.54	0.0012345	0.05703	1049.8	2802.0	1752.2	2.7253	6.1228
40	250.33	0.0012521	0.04975	1087.4	2800.3	1712.9	2.7965	6.0685
45	257.41	0.0012691	0.04404	1122.1	2797.7	1675.6	2.8612	6.0191
50	263.91	0.0012858	0.03943	1154.5	2794.2	1639.7	2.9206	5.9735
55	269.93	0.0013023	0.03563	1184.9	2789.9	1605.0	2.9757	5.9309
60	275.55	0.0013187	0.03244	1213.7	2785.0	1571.3	3.0273	5.8908
65	280.82	0.0013350	0.02972	1241.1	2779.5	1538.4	3.0759	5.8527
70	285.79	0.0013513	0.02737	1267.4	2773.5	1506.0	3.1219	5.8162
75	290.50	0.0013677	0.02533	1292.7	2766.9	1474.2	3.1657	5.7811
80	294.97	0.0013842	0.02353	1317.1	2759.9	1442.8	3.2076	5.7471
85	299.23	0.0014009	0.02193	1340.7	2752.5	1411.7	3.2479	5.7141
90	303.31	0.0014179	0.02050	1363.7	2744.6	1380.9	3.2867	5.6820
95	307.21	0.0014351	0.01921	1386.1	2736.4	1350.2	3.3242	5.6506
100	310.96	0.0014526	0.01804	1408.0	2727.7	1319.7	3.3605	5.6198
110	318.05	0.0014887	0.01601	1450.6	2709.3	1258.7	3.4304	5.5595
120	324.65	0.0015268	0.01428	1491.8	2689.2	1197.4	3.4972	5.5002
130	330.83	0.0015672	0.01280	1532.0	2667.0	1135.0	3.5616	5.4408
140	336.64	0.0016106	0.01150	1571.6	2642.4	1070.7	3.6242	5.3803
150	342.13	0.0016579	0.01034	1611.0	2615.0	1004.0	3.6859	5.3178
160	347.33	0.0017103	0.009308	1650.5	2584.9	934.3	3.7471	5.2531
170	352.26	0.0017696	0.008371	1691.7	2551.6	859.9	3.8107	5.1855
180	356.96	0.0018399	0.007498	1734.8	2513.9	779.1	3.8765	5.1128
190	361.43	0.0019260	0.006678	1778.7	2470.6	692.0	3.9429	5.0332
200	365.70	0.0020370	0.005877	1826.5	2418.4	591.9	4.0149	4.9412
210	369.78	0.0022015	0.005023	1886.3	2347.6	461.3	4.1048	4.8223
220	373.69	0.0026714	0.003728	2011.1	2195.6	184.5	4.2947	4.5799
221.20	374.15	0.00317			2107.4	0.0		4.4429

**Musterlösung Aufgabe 1:**

a) h-s-Diagramm s.u.

Punkt	p / bar	$\vartheta$ / °C	h / (kJ/kg)	Erläuterung (Die schrittweise Entwicklung der Tabelle kann – der Beschreibung folgend – im Punkt 2 beginnen)
1	<u>50</u>	17,5	73,5 (78,5)	Fluid wird zunächst als inkompressibel angenommen: keine Enthalpieerhöhung mit dem Druck: Punkte 1 und 8 sind näherungsweise identisch (tatsächliche technische Arbeit der Pumpe s. Aufgabenteil b)
2	50	500	<u>3450</u>	h-s-Diagramm: Schnittpunkt der 50 bar-Isobaren mit der 500 °C-Isothermen
3	5	<u>160</u>	<u>2800</u>	h-s-Diagramm: ideale Turbine, Entspannung entlang der Isentropen
4	5	300	<u>3070</u>	h-s-Diagramm: Schnittpunkt der 5 bar-Isobaren mit der 300 °C-Isothermen
5	<u>0,8</u>	100	<u>2700</u>	h-s-Diagramm: ideale Turbine, isentrope Entspannung bis zur 100 °C-Isothermen
6	0,8	300	<u>3080</u>	h-s-Diagramm: isobare Erwärmung bis 300 °C
7	<u>0,02</u>	<u>17,5</u>	<u>2410</u>	h-s-Diagramm: ideale Turbine, isentrope Entspannung bis $x=0,95 \Rightarrow$ Schnittpunkt etwa auf der 0,02 bar-Isobaren  Tabelle: $\vartheta _{p=0,02 \text{ bar}} = 17,613 \text{ °C}$ , $h(x=0,95) _{p=0,02 \text{ bar}} = [h' + (h'' - h') \cdot 0,95]_{p=0,02 \text{ bar}} \approx 2410 \text{ kJ/kg}$
8	0,02	17,5	<u>73,5</u>	Tabelle: Kondensation bei konstanter Temperatur bis $x=0$ , $h' _{p=0,02 \text{ bar}} = 73,46 \text{ kJ/kg}$

$$b) \quad w_{IP} = v \cdot \Delta p = 1 \frac{\text{l}}{\text{kg}} \cdot (50 - 0,02) \text{ bar} = 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \cdot 49,98 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \approx \underline{\underline{5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}}, \text{ vgl. EA 3 der Kurseinheit 2}$$

Hier wird deutlich, warum die Enthalpieerhöhung durch die Speisewasserpumpe im h-s-Diagramm gegenüber den weiteren Prozessschritten praktisch nicht darstellbar ist.

$$c) \quad P_{HD} = (h_2 - h_3) \cdot \dot{m} = (3450 - 2800) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot 50 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = \underline{\underline{32,5 \text{ MW}}}$$

$$P_{MD} = (h_4 - h_5) \cdot \dot{m} = (3070 - 2700) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot 50 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = \underline{\underline{18,5 \text{ MW}}}$$

$$P_{ND} = (h_6 - h_7) \cdot \dot{m} = (3080 - 2410) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot 50 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = \underline{\underline{33,5 \text{ MW}}}$$

$$d) \quad P_{WT} = (h_7 - h_8) \cdot \dot{m} = (2410 - 73,5) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot 50 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = \underline{\underline{116,8 \text{ MW}}}$$

Wegen der als ideal angenommenen Maschinen kann  $P_{auf} = \sum P_{ab}$  gesetzt werden:

$$\eta_{th} = \frac{P_{nutz}}{P_{auf}} = \frac{\sum P_T}{\sum P_{ab}} = \frac{P_{HD} + P_{MD} + P_{ND}}{P_{HD} + P_{MD} + P_{ND} + P_{WT}} = \frac{32,5 + 18,5 + 33,5}{84,5 + 116,8} = \underline{\underline{42\%}}$$

$$\eta_{ges} = \eta_{th} \cdot \eta_G = 0,42 \cdot 0,97 = \underline{\underline{40,7\%}}$$

Zusatzüberlegung:

Wenn die (elektrisch bezogene) Pumpenleistung berücksichtigt werden soll, muss sie (über die Wirkungsgradkette) von der Nutzleistung abgezogen werden. In diesem Fall ist:

$$\eta_{ges} = \frac{\eta_G \cdot \sum P_T - P_P}{\sum P_{ab}} = \frac{\eta_G \cdot (P_{HD} + P_{MD} + P_{ND}) - w_{IP} \cdot \dot{m}}{P_{HD} + P_{MD} + P_{ND} + P_{WT}} = \frac{0,97 \cdot (32,5 + 18,5 + 33,5) - 0,25}{84,5 + 116,8} = \underline{\underline{40,6\%}}$$

e) Der Prozess führt nun von Punkt 5 direkt zu Punkt 8' bei  $p_5 = 0,8 \text{ bar}$  :

$$P_{WT,e} = (h_5 - h_{8e}) \cdot \dot{m} = (2700 - 391,72) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot 50 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 115,4 \text{ MW}$$

$$\eta_{ges,e} = \eta_G \frac{P_{HD} + P_{MD}}{P_{HD} + P_{MD} + P_{WT}} = \frac{32,5 + 18,5}{51 + 115,4} = \underline{\underline{30,6\%}}$$

