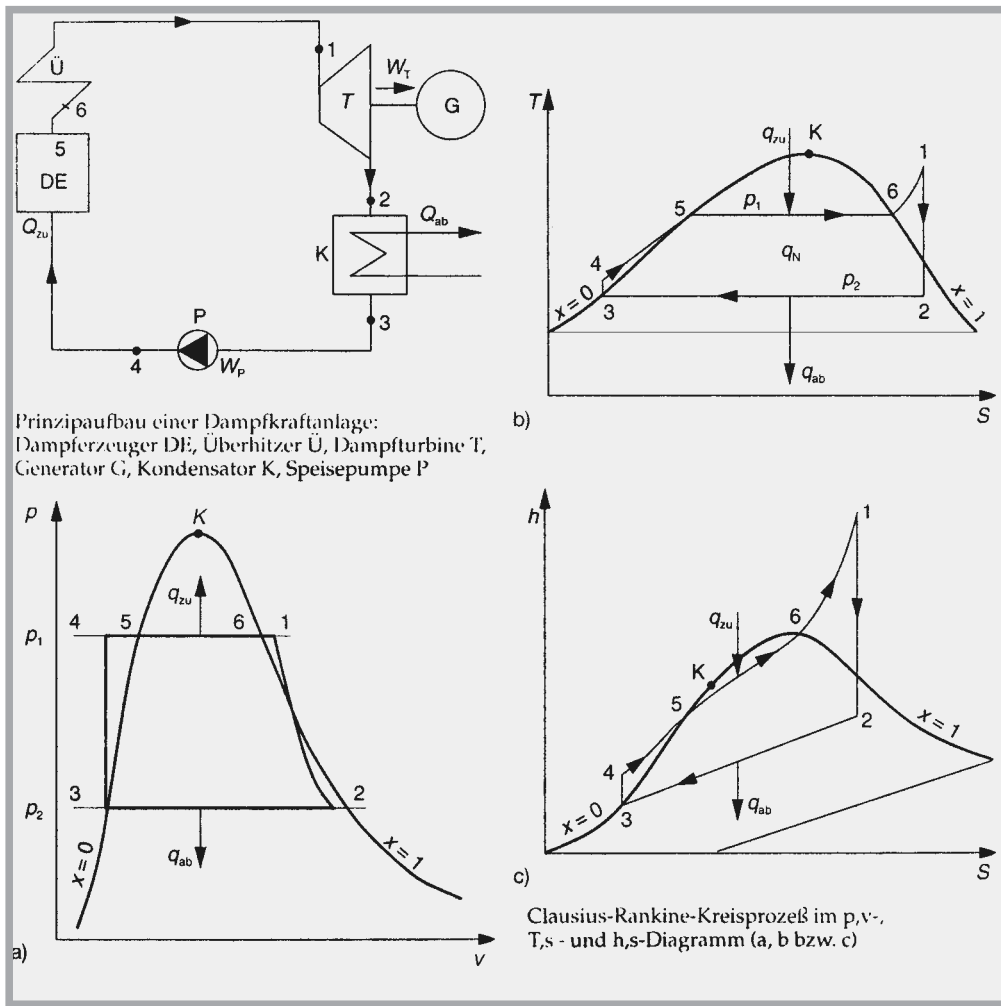


Dampfkraft-Anlagen

Zustandsänderungen im Clausius-Rankine-Kreisprozess:



Zustandsänderungen bei einstufiger Prozessführung:

- *Isentrope Expansion* des Dampfes in der Turbine (1...2),
- *Isobare Verflüssigung* des Dampfes im Kondensator (2...3) bei gleich bleibendem Druck p_2 und Temperatur t_2 ,
- *Isentrope Verdichtung* des Wassers in der Speisepumpe (3...4),
- *Isobare Wärmezufuhr* zum Arbeitsmittel (4...1) bei gleich bleibendem Druck im Dampferzeuger (4...5 Wasservorwärmung im Economiser, 5...6 Verdampfung im Kessel und 6...1 Überhitzung des Dampfes im Überhitzer).

Zustandsgrößen:

Eckdaten (t , p , v , h und s) soweit möglich aus Tabelle oder h,s -Diagramm:

γ' $\hat{=}$ physikalische Größe am Siedepunkt der Flüssigkeit (Diagramm: Grenzkurve links bis K)

γ'' $\hat{=}$ physikalische Größe am Kondensationspunkt des Dampfes (Sattdampf-Punkt, Grenzkurve rechts)

Spezifische innere Energie: $u_i = h_i - p_i \cdot v_i$

$$[u] = \frac{kJ}{kg}$$

Spezifisches Volumen des Nassdampfes:

$$v_i = (1 - x_i) \cdot v_i' + x_i \cdot v_i'' \quad [v] = \frac{m^3}{kg}$$

Dampf- und Wassergehalt des Nassdampfes:

Dampf: $x_i = \frac{h_i - h_i'}{h_i'' - h_i'}$

Wasser: $1 - x_i$

$$[x] = 1$$

Kritischer Punkt für Wasserdampf:
 $p_{kr} = 221,2 \text{ bar}$, $t_{kr} = 374,15 \text{ °C}$.

Energiezufuhr zum Dampf-Kreisprozesses:

Spezifischer Arbeitsaufwand in der Speisepumpe = isentrope Verdichtung des Wassers:

$$w_p = v_3 \cdot (p_1 - p_2) = h_4 - h_3$$

$$[w_p] = \frac{kJ}{kg}$$

$$[q_{zu}] = \frac{kJ}{kg}$$

Spezifische zugeführte Wärme im Dampferzeuger:

$$q_{zu} = c_{pW} \cdot (t_5 - t_4) + \Delta h_{5 \rightarrow 6} + c_{pD} \cdot (t_1 - t_6)$$

$$q_{zu} = h_1 - h_4$$

$$t_5 = t_6 = t_{s,p1} = \text{Sättigungstemperatur beim Druck } p_1$$

$$\Delta h_{5 \rightarrow 6} = \text{spezifische Verdampfungsenthalpie}$$

Energieabfuhr vom Dampf-Kreisprozesses:

Spezifische technische Arbeit
= Enthalpie-Gefälle des Dampfes:

$$w_T = \Delta h_T = h_1 - h_2$$

$$[w_T] = \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Abgeführte Wärme = Enthalpie-Differenz der Kondensation:

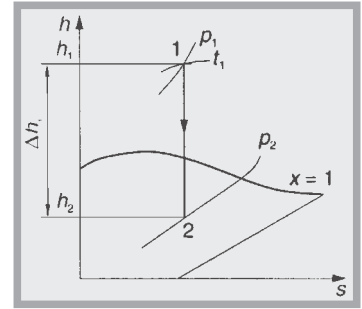
$$q_{ab} = h_2 - h_3$$

$$[q_{ab}] = \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Spezifische Nutzarbeit
des Kreisprozesses:

$$w_N = w_T - w_P$$

$$[w_N] = [w_T] = [w_P] = \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$



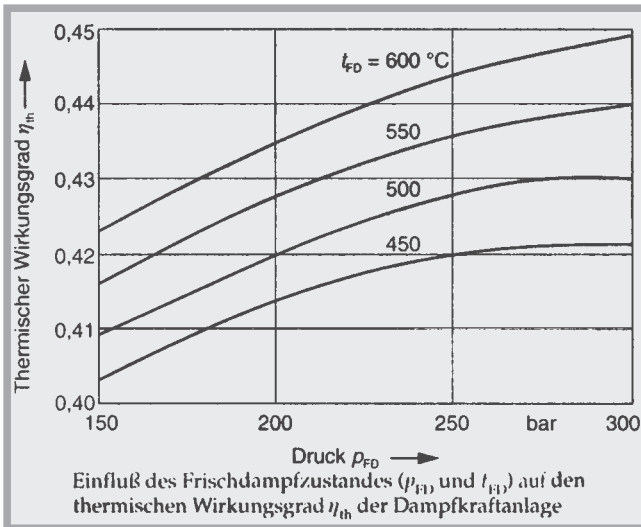
Effizienz des Dampf-Kreisprozesses:

Energiebilanz der
Dampfkraft-Anlage:

$$q_{zu} + w_P = w_T + q_{ab}$$

mit: $h_4 = h_3 + w_P \approx h_3 = h'_2$

$$\Rightarrow q_{zu} \approx h_1 - h'_2; \quad q_{ab} = h_2 - h'_2$$



Thermischer Wirkungsgrad:

$$\eta_{th} = \frac{w_N}{q_{zu}}$$

$$\Rightarrow \eta_{th} \approx \frac{w_T}{q_{zu}} = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h'_2}$$

mit: $w_N = w_T - w_P \approx w_T$

Thermischer Wirkungsgrad nach Carnot:

Mittlere (theoretische) Temperatur der Wärme-Zufuhr:

$$\bar{T}_{zu} = \frac{q_{zu}}{\Delta s_{zu}} = \frac{q_{zu}}{s_1 - s_3}$$

Mittlere (theoretische) Temperatur der Wärme-Abfuhr:

$$\bar{T}_{ab} = T'_2 \text{ (Sättigungstemperatur bei Kondensatordruck)}$$

Carnot-Wirkungsgrad:

$$\eta_{th} = 1 - \frac{\bar{T}_{ab}}{\bar{T}_{zu}}$$

$$[\bar{T}_{zu}] = [\bar{T}_{ab}] = \text{K}$$

Leistung der Dampfturbine:

Theoretische (maximale) Turbinenleistung bei reversibler adiabater (isentropen) Expansion:

$$P_T = \dot{m}_D \cdot w_T = \dot{m}_D \cdot (h_1 - h_2)$$

Tatsächliche spezifische Turbinenarbeit bei irreversibler Expansion:

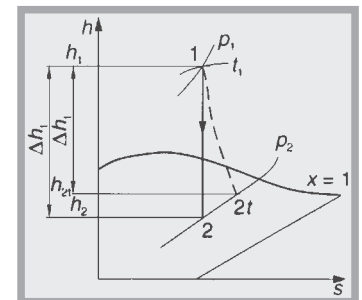
$$w_{T,t} = h_1 - h_{2,t}$$

$$[w_{T,t}] = \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Tats. Turbinenleistung unter Berücksichtigung des inneren Wirkungsgrades:

$$P_{T,t} = P_T \cdot \eta_{iT} = \dot{m}_D \cdot (h_1 - h_2) \cdot \eta_{iT} = \dot{m}_D \cdot (h_1 - h_{2,t})$$

$$[P_T] = [P_{T,t}] = \text{kW}$$



Dampfprozess mit Zwischenüberhitzung (ZÜ):

Wahl der Druckstufen:
Einfach:

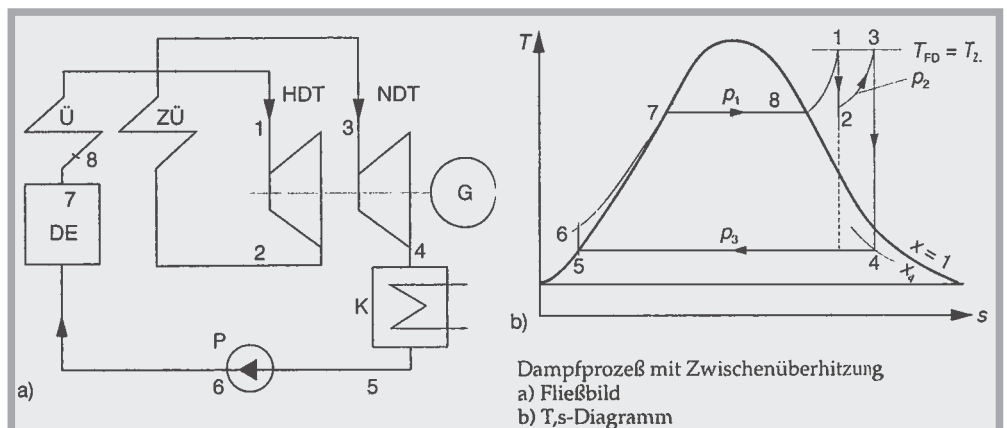
$$p_{ZÜ} \approx [3 \cdot \sqrt{p_1}] \text{ bar}$$

Zweifach:

$$p_{ZÜ1} \approx [4,5 \cdot \sqrt{p_1}] \text{ bar}$$

$$p_{ZÜ2} \approx [1,5 \cdot \sqrt{p_1}] \text{ bar}$$

mit: $[p_1] = \text{bar (!)}$



Spezifische Nutzarbeit (einfache ZÜ):

$$w_N \approx w_T = (h_1 - h_2) + (h_3 - h_4)$$

Spezifische zugeführte Wärme (einfache ZÜ):

$$q_{zu} \approx q_{zu} + w_P = (h_1 - h'_5) + (h_3 - h_2)$$

Dampfprozess mit regenerativer Speisewasservorwärmung (SWV):

Mischvorwärmer (Erwärmung des Speisewassers bis zum Siedepunkt des Anzapfdampfes):

Mischungsenthalpie:

$$h_6 = \alpha_m \cdot h_2 + (1 - \alpha_m) \cdot h_5$$

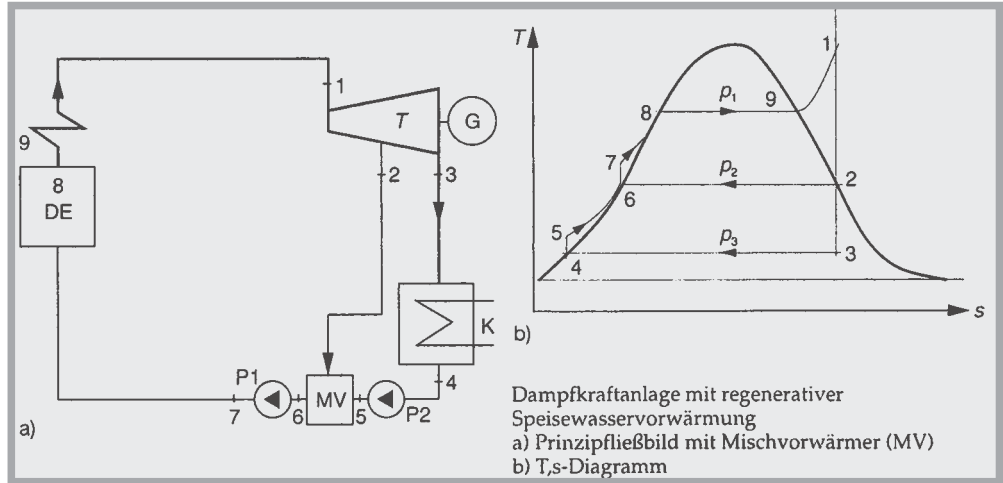
mit: und:

$$h_6 \approx h'_2$$

$$h_5 \approx h'_3$$

$$[\alpha_m] = 1$$

Misch-Verh.:
$$\alpha_m = \frac{h'_2 - h'_3}{h_2 - h'_3}$$



Energiebilanz:
$$\alpha_m \cdot (h_2 - h'_2) = (1 - \alpha_m) \cdot (h'_2 - h'_3)$$

Spezif. Gesamt-Arbeitsaufwand bei 2 Pumpen:
$$w_p = (1 - \alpha_m) \cdot v'_3 \cdot (p_2 - p_3) + v'_2 \cdot (p_1 - p_2)$$

Spezif. techn. Arbeit d. Turbine(n):

$$w_T = (h_1 - h_3) - \alpha_m \cdot (h_2 - h_3)$$

Spezif. Nutzarbeit d. Kreisproz.:

$$w_N = w_T - w_p \approx w_T \quad (w_p \ll w_T)$$

Spezif. zugef. Wärme:

$$q_{zu} = h_1 - h_7 \approx h_1 - h'_2 \quad (w_p \ll w_T)$$

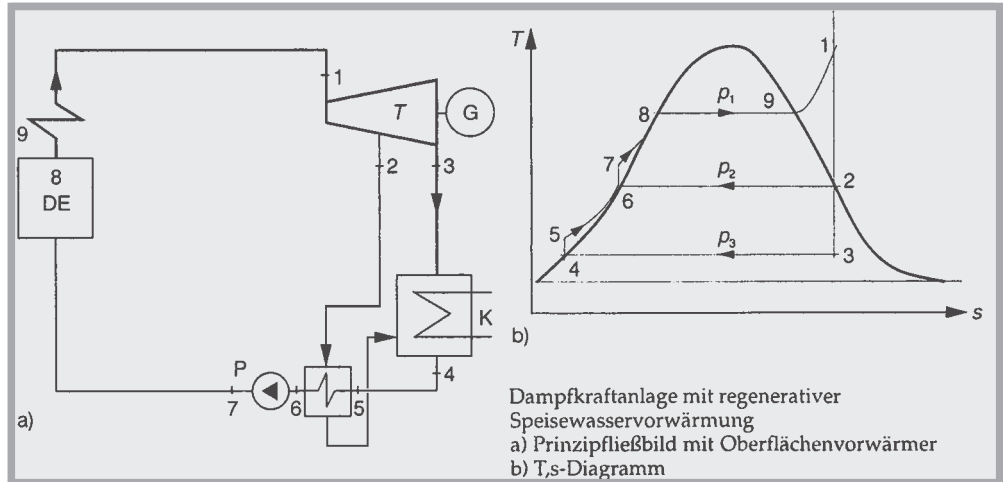
Oberflächenvorwärmer (Wärmeabgabe des Anzapfdampfes bis auf seinen Siedepunkt):

Massenbilanz für Anzapfdampf und Kondensat aus mehreren Vorwärmstufen:

$$\dot{m}_{Ka} = \dot{m}_D + \dot{m}_{Ke}$$

Massenbilanz für den gesamten Dampfstrom (einstufige SWV):

$$\dot{m} = \dot{m}_W + \dot{m}_D$$

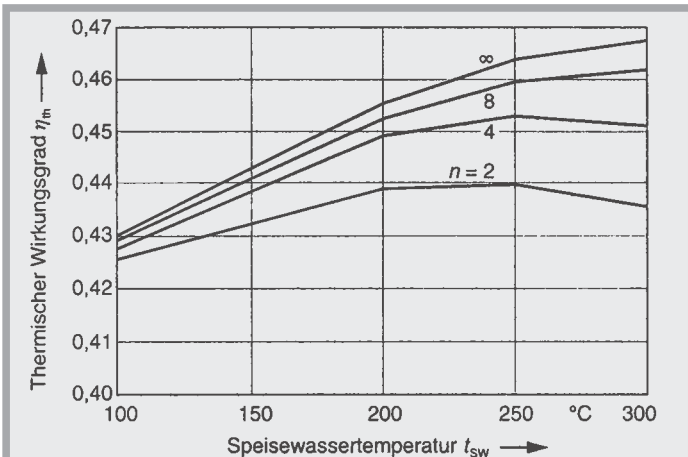


Leistung des Oberflächenvorwärmers:

Abgegebene Leistung:
$$\dot{Q}_{OV} = \dot{m}_W \cdot c_{pW} \cdot (t_{Wa} - t_{We})$$

$$[\dot{Q}_{OV}] = kW$$

Zugeführte Leistung:
$$\dot{Q}_{OV} = \dot{m}_D \cdot (h_D - h_{Ka}) + \dot{m}_{Ke} \cdot (h_{Ke} - h_{Ka})$$



Einfluss der Anzahl der Vorwärmer auf den Wirkungsgrad des Dampfprozesses

Massenverhältnis der Dampfströme (einstufige SWV):

$$\alpha_m = \frac{\dot{m}_D}{\dot{m}_W + \dot{m}_D}$$

Spezifische zugeführte Wärme (einstufige SWV):

$$[\alpha_m] = 1$$

$$q_{zu} = h_1 - h_7 \approx h_1 - h_6 \quad (w_p \ll w_T)$$

Spezifische Nutzarbeit des Kreisprozesses (einstufige SWV):

$$w_N \approx w_T = (h_1 - h_3) - \alpha_m \cdot (h_2 - h_3) \quad (w_p \ll w_T)$$

Kombination aus Zwischenüberhitzung und regenerativer Speisewasservorwärmung:

Spezifischer Arbeitsaufwand in den Pumpen:

$$w_p = \underbrace{(1-\alpha_m) \cdot v_5 \cdot (p_3 - p_4)}_{\text{Kondensatpumpe}} + \underbrace{v'_4 \cdot (p_1 - p_3)}_{\text{Speisepumpe}}$$

$$w_p = \underbrace{(1-\alpha_m) \cdot (h_7 - h_6)}_{\text{Kondensatpumpe}} + \underbrace{(h_9 - h_8)}_{\text{Speisepumpe}}$$

Spezif. techn. Arbeit der Turbinen:

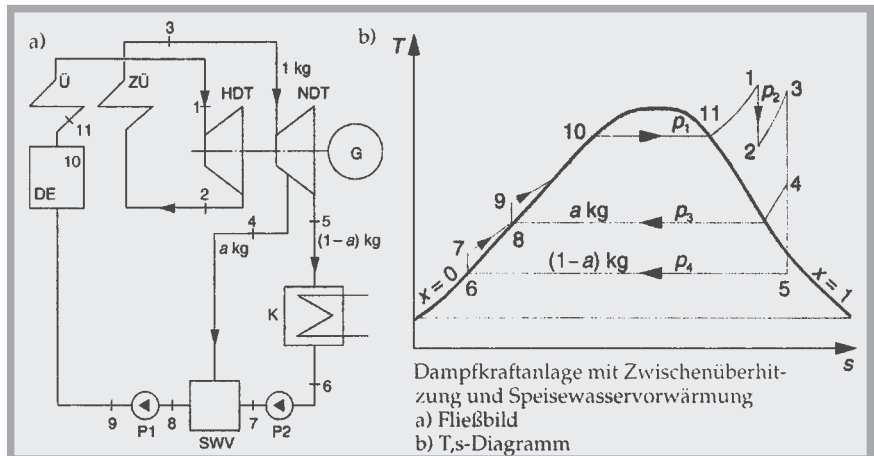
$$w_T = \underbrace{(h_1 - h_2)}_{\text{HD-Turbine}} + \underbrace{(h_3 - h_5)}_{\text{ND-Turbine}} - \underbrace{\alpha_m \cdot (h_4 - h_5)}_{\text{Anzapfdampf}}$$

Spezifische Nutzarbeit des Kreisprozesses:

$$w_N = w_T - w_p \approx w_T \quad (w_p \ll w_T)$$

Spezifische zugeführte Wärme:

$$q_{zu} = \underbrace{(h_1 - h_9)}_{\text{DE+Ü}} + \underbrace{(h_3 - h_2)}_{\text{ZÜ}}$$



Gesamtwirkungsgrad eines Dampfkraftwerks:

Einzelwirkungsgrade:

Kupplungswirkungsgrad der Turbine(n):

$$\eta_T = \eta_{IT} \cdot \eta_m$$

Effektiver Kupplungswirkungsgrad des Kraftwerks:

$$\eta_K = \eta_{th} \cdot \eta_{IT} \cdot \eta_m$$

Gesamtwirkungsgrad - Ausnutzung der Brennstoffenergie:

$$\eta_{KW} = \prod_i \eta_i = \eta_{th} \cdot \eta_{DE} \cdot \eta_{IT} \cdot \eta_m \cdot \eta_G \cdot \eta_{Tr} \cdot \eta_{EB}$$

Wirkungsgrad	Formelzeichen	Wertebereich
Kreisprozess, thermisch	η_{th}	40...46 %
Dampferzeuger	η_{DE}	90...93 %
Turbine, innen	η_{IT}	90...92 %
Turbine, mechanisch (evtl. Getriebe)	η_m	97...99 %
Generator	η_G	98,5...99 %
Transformator	η_{Tr}	≈ 98 %
Eigenbedarf des Kraftwerks	η_{EB}	92...95 %
Kraftwerk, insgesamt	η_{KW}	38...43 %

Klemmenleistung eines Dampfkraftwerks:

Klemmenleistung - an den Generatorklemmen abgegebene Leistung:

$$P_{KI} = \dot{m} \cdot \sum \Delta h_T \cdot \eta_{IT} \cdot \eta_m \cdot \eta_G$$

$$[P_{KI}] = \text{kW}$$

Elektrische (Netto-) Leistung - Berücksichtigung des Eigenbedarfs:

$$P_{el} = P_{KI} - P_{EB}$$

Frischdampf-Wärmeleistung:

$$\dot{Q}_{FD} = \dot{m} \cdot h_{FD} \quad [\dot{Q}_{FD}] = \text{kW}$$

Kupplungsleistung des Kraftwerks:

$$P_K = \eta_K \cdot \dot{Q}_{FD} \quad [P_K] = \text{kW}$$

Spezifischer Brennstoffverbrauch eines Dampfkraftwerks:

Spezifischer Brennstoffverbrauch - Beurteilung der Effizienz eines Dampfkraftwerks:

$$b = \frac{3600 \text{ s/h} \cdot \dot{m}_{BS}}{P_{el}}$$

$$[b] = \frac{\text{kg}_{BS}}{\text{kWh}_{el}}$$

Spezifischer Brennstoff-Wärme-Verbrauch:

$$q_{KW} = \frac{3600 \text{ s/h} \cdot \dot{Q}_{BS}}{P_{el}} = \frac{3600 \text{ s/h} \cdot \dot{m}_{BS} \cdot H_u}{P_{el}} = \frac{3600 \text{ s/h}}{\eta_{KW}}$$

$$[q_{KW}] = \frac{\text{kJ}_{BS}}{\text{kWh}_{el}}$$

Spezifischer Dampf-Wärme-Verbrauch der Turbine(n), evtl. mit ZÜ:

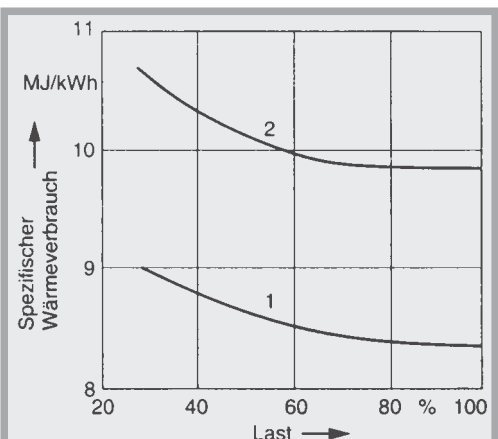
$$q_T = \frac{3600 \text{ s/h} \cdot (\dot{m} \cdot (h_{FD} - h_{SW}) + \dot{m}_{ZÜ} \cdot \sum \Delta h_{ZÜ})}{P_{el}}$$

$$[q_T] = \frac{\text{kJ}_{FD}}{\text{kWh}_{el}}$$

Spezifischer Dampf-Verbrauch der Turbine(n):

$$d = \frac{3600 \text{ s/h} \cdot \dot{m}}{P_{el}}$$

$$[d] = \frac{\text{kg}_{FD}}{\text{kWh}_{el}}$$



Spezifischer Wärmeverbrauch q_{KW} der Dampfturbine (1) und des -kraftwerks (2) bei Teillast

Eigenbedarf eines Dampfkraftwerks:

Brennstoffaufbereitung:	Kohle-Mühlen: ca. 0,5 % der Feuerungsleistung
Feuerungseinrichtungen:	Frischluftgebläse: ca. 0,3 % der Feuerungsleistung Saugzuggebläse: ca. 0,5 % der Feuerungsleistung
Umweltschutzanlagen:	Rauchgasentschwefelung: 0,7...1,3 % der Feuerungsleistung
Kühlsystem:	Kühlturbetrieb: 0,3...0,6 % der Feuerungsleistung

Pumpenleistung:

Geforderter

$$[p_{Stutz}] = Pa$$

Pumpendruck

am Druckst.:

$$p_{Stutz} = p_D + \Delta p_{VW} + \Delta p_{DE} + \Delta p_{DR}$$

Vorhandener Zulauf-Druck
der Flüssigkeitssäule
(z.B. im Speisewasserbeh.):

$$[\Delta p_{zu}] = Pa$$

$$\Delta p_{zu} = \frac{H_{zu} \cdot g}{v}$$

$$[H_{zu}] = m$$

Statischer Flüssigkeits-
druck am Saugstutzen:

$$[p_{stat}] = Pa$$

Förderhöhe bzw. Totaldruck-
erhöhung einer Pumpe:

$$H = \frac{\Delta p_t \cdot v}{g}$$

$$\Delta p_t = p_{Stutz} - \Delta p_{zu} - p_{stat}$$

Wirkungsgrade von Pumpe und Antriebsmotor:

$$\eta_p = 65...85 \%$$

$$\eta_M \approx 90 \%$$

$$[H] = m$$

$$[\Delta p_t] = Pa$$

Volumenstrom
einer Pumpe:

$$\dot{V} = \dot{m}_{FI} \cdot v$$

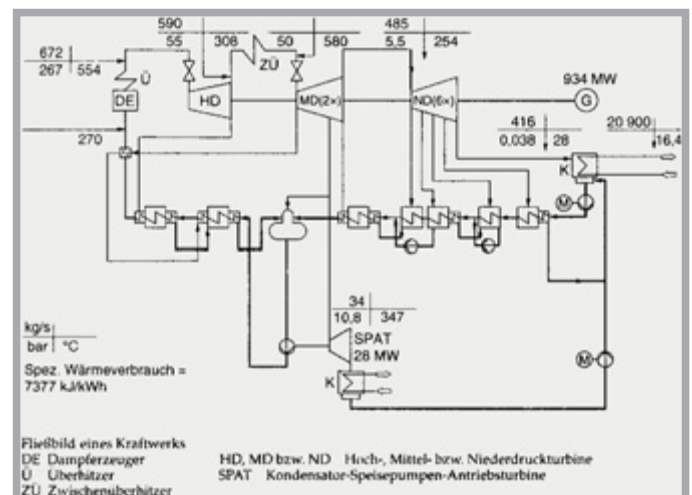
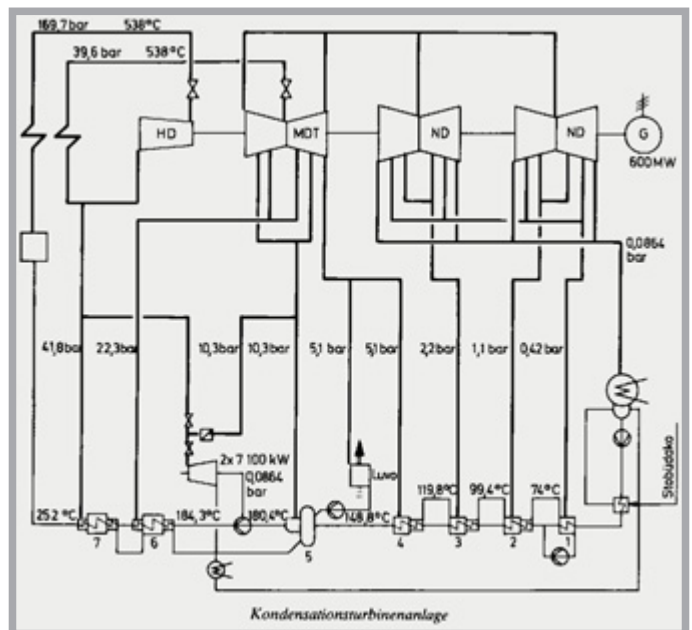
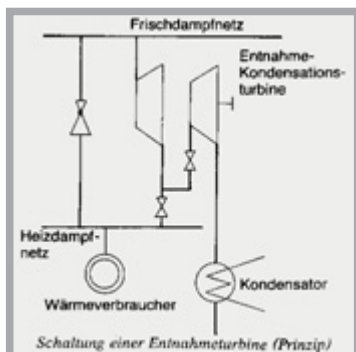
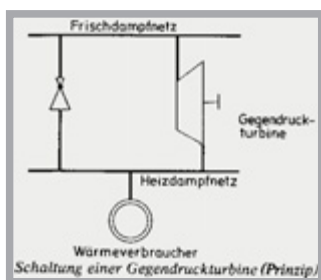
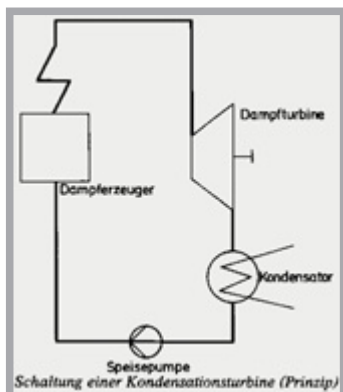
$$[\dot{V}] = \frac{m^3}{s}$$

Erforderliche Antriebsleistung
(Kupplungsleistung) einer Pumpe:

$$P_{K,P} = \frac{\dot{V} \cdot p_t}{\eta_p \cdot \eta_M}$$

$$[P_{K,P}] = kW$$

Schaltbilder von Dampfkraft-Anlagen:



Temperaturtafel von Wasser und Dampf:

Temperatur <i>t</i> °C	Druck <i>p</i> bar	spez. Volumen		Dichte <i>ρ</i> m ³ /kg	spez. Enthalpie		Verdampfungswärme <i>r</i> kJ/kg	spez. Entropie	
		<i>v'</i> m ³ /kg	<i>v''</i> m ³ /kg		<i>h'</i> kJ/kg	<i>h''</i> kJ/kg		<i>s'</i> kJ/kgK	<i>s''</i> kJ/kgK
200	15,549	0,0011565	0,1272	7,864	852,37	2790,9	1938,6	2,3307	6,4278
205	17,243	0,0011644	0,1150	8,694	874,99	2793,8	1918,8	2,3778	6,3906
210	19,077	0,0011726	0,1042	9,593	897,74	2796,2	1898,5	2,4247	6,3539
215	21,060	0,0011811	0,09463	10,57	920,63	2798,3	1877,6	2,4713	6,3176
220	23,198	0,0011900	0,08604	11,62	943,67	2799,9	1856,2	2,5178	6,2817
225	25,501	0,0011992	0,07835	12,76	966,89	2801,2	1834,3	2,5641	6,2461
230	27,976	0,0012087	0,07145	14,00	990,26	2802,0	1811,7	2,6102	6,2107
235	30,632	0,0012187	0,06525	15,33	1013,8	2802,3	1788,5	2,6562	6,1756
240	33,478	0,0012291	0,05965	16,76	1037,2	2802,2	1764,6	2,7020	6,1406
245	36,523	0,0012399	0,05461	18,31	1061,6	2801,6	1740,0	2,7478	6,1057
250	39,776	0,0012513	0,05004	19,99	1085,8	2800,4	1714,6	2,7935	6,0708
255	43,246	0,0012632	0,04590	21,79	1110,2	2798,7	1688,5	2,8392	6,0359
260	46,943	0,0012756	0,04213	23,73	1134,9	2796,4	1661,5	2,8848	6,0010
265	50,877	0,0012887	0,03871	25,83	1159,9	2793,5	1633,6	2,9306	5,9658
270	55,058	0,0013025	0,03559	28,10	1185,2	2789,9	1604,6	2,9763	5,9304
275	59,496	0,0013170	0,03274	30,55	1210,9	2785,5	1574,7	3,0223	5,8947
280	64,202	0,0013324	0,03013	33,19	1236,8	2780,4	1543,6	3,0683	5,8586
285	69,186	0,0013487	0,02773	36,06	1263,2	2774,5	1511,3	3,1146	5,8220
290	74,461	0,0013659	0,02554	39,16	1290,0	2767,6	1477,6	3,1611	5,7848
295	80,037	0,0013844	0,02351	42,53	1317,3	2759,8	1442,6	3,2079	5,7469
300	85,927	0,0014041	0,02165	46,19	1345,0	2751,0	1406,0	3,2552	5,7081
305	92,144	0,0014252	0,01993	50,18	1373,4	2741,1	1367,7	3,3029	5,6685
310	98,700	0,0014480	0,01833	54,54	1402,4	2730,0	1327,6	3,3512	5,6278
315	105,61	0,0014726	0,01686	59,33	1432,1	2717,6	1285,5	3,4002	5,5858
320	112,89	0,0014995	0,01548	64,60	1462,6	2703,7	1241,1	3,4500	5,5423
325	120,56	0,0015289	0,01419	70,45	1494,0	2688,0	1194,0	3,5008	5,4969
330	128,63	0,0015615	0,01299	76,99	1526,5	2670,2	1143,6	3,5528	5,4490
335	137,12	0,0015978	0,01185	84,36	1560,3	2649,7	1089,5	3,6063	5,3979
340	146,05	0,0016387	0,01078	92,76	1595,5	2626,2	1030,7	3,6616	5,3427
345	155,45	0,0016858	0,009763	102,4	1632,5	2598,9	966,4	3,7193	5,2828
350	165,35	0,0017411	0,008799	113,6	1671,9	2567,7	895,7	3,7800	5,2177
355	175,77	0,0018085	0,007859	127,2	1716,6	2530,4	813,8	3,8489	5,1442
360	186,75	0,0018959	0,006940	144,1	1764,2	2485,4	721,3	3,9210	5,0600
365	198,33	0,0020160	0,006012	166,3	1818,0	2428,0	610,0	4,0021	4,9579
370	210,54	0,0022136	0,004973	291,1	1890,2	2342,8	452,6	4,1108	4,8144
374,15	221,20	0,00317	0,00317	315,5	2107,4		0,0		4,4429

Zustandsgrößen von siedendem Wasser und Sattedampf nach der Temperatur

Temperatur <i>t</i> °C	Druck <i>p</i> bar	spez. Volumen		Dichte <i>ρ</i> m ³ /kg	spez. Enthalpie		Verdampfungswärme <i>r</i> kJ/kg	spez. Entropie	
		<i>v'</i> m ³ /kg	<i>v''</i> m ³ /kg		<i>h'</i> kJ/kg	<i>h''</i> kJ/kg		<i>s'</i> kJ/kgK	<i>s''</i> kJ/kgK
0,00	0,006108	0,0010002	206,3	0,004847	-0,04	2501,6	2501,6	-0,0002	9,1577
5	0,008718	0,0010000	147,2	0,006795	21,01	2510,7	2489,7	0,0762	9,0269
10	0,012270	0,0010003	106,4	0,009396	41,99	2519,9	2477,9	0,1510	8,9026
15	0,017039	0,0010008	77,98	0,01282	62,94	2529,1	2466,1	0,2243	8,7836
20	0,02337	0,0010017	57,84	0,01729	83,86	2538,2	2454,3	0,2963	8,6684
25	0,03166	0,0010029	43,40	0,02304	104,77	2547,3	2442,5	0,3670	8,5592
30	0,04241	0,0010043	32,93	0,03037	125,66	2556,4	2430,7	0,4365	8,4546
35	0,05622	0,0010060	25,24	0,03961	146,56	2565,4	2418,8	0,5049	8,3543
40	0,07375	0,0010078	19,55	0,05116	167,45	2574,4	2406,9	0,5721	8,2583
45	0,09582	0,0010099	15,28	0,06546	188,35	2583,3	2394,9	0,6383	8,1661
50	0,12335	0,0010121	12,05	0,08302	209,26	2592,2	2382,9	0,7035	8,0776
55	0,15741	0,0010145	9,579	0,1044	230,17	2601,0	2370,8	0,7677	7,9926
60	0,19920	0,0010171	7,679	0,1302	251,09	2609,7	2358,6	0,8310	7,9108
65	0,2501	0,0010199	6,202	0,1612	272,02	2618,4	2346,3	0,8933	7,8322
70	0,3116	0,0010228	5,046	0,1982	292,97	2626,9	2334,0	0,9548	7,7565
75	0,3855	0,0010259	4,134	0,2419	313,94	2635,4	2321,5	1,0154	7,6835
80	0,4736	0,0010292	3,409	0,2933	334,92	2643,8	2308,8	1,0753	7,6132
85	0,5780	0,0010326	2,829	0,3535	355,92	2652,5	2296,5	1,1343	7,5454
90	0,7011	0,0010361	2,361	0,4235	376,94	2660,1	2283,2	1,1925	7,4799
95	0,8453	0,0010399	1,982	0,5045	397,99	2668,1	2270,2	1,2501	7,4166
100	1,0133	0,0010437	1,673	0,5977	419,06	2676,0	2256,9	1,3069	7,3554
105	1,2080	0,0010477	1,419	0,7046	440,17	2683,7	2243,6	1,3630	7,2962
110	1,4327	0,0010519	1,210	0,8265	461,32	2691,3	2230,0	1,4185	7,2388
115	1,6906	0,0010562	1,036	0,9650	482,50	2698,7	2216,2	1,4733	7,1832
120	1,9854	0,0010606	0,8915	1,122	503,72	2706,0	2202,2	1,5276	7,1293
125	2,3210	0,0010652	0,7702	1,298	524,99	2713,0	2188,0	1,5813	7,0769
130	2,7013	0,0010700	0,6681	1,497	546,31	2719,9	2173,6	1,6344	7,0261
135	3,131	0,0010750	0,5818	1,719	567,68	2726,6	2158,9	1,6869	6,9766
140	3,614	0,0010801	0,5085	1,967	589,10	2733,1	2144,0	1,7390	6,9284
145	4,155	0,0010853	0,4460	2,242	610,60	2739,3	2128,7	1,7906	6,8815
150	4,760	0,0010908	0,3924	2,548	632,15	2745,4	2113,2	1,8416	6,8358
155	5,433	0,0010964	0,3464	2,886	653,78	2751,2	2097,4	1,8923	6,7911
160	6,181	0,0011022	0,3068	3,260	675,47	2756,7	2081,3	1,9425	6,7475
165	7,008	0,0011082	0,2724	3,671	697,25	2762,0	2064,8	1,9923	6,7048
170	7,920	0,0011145	0,2426	4,123	719,12	2767,1	2047,9	2,0416	6,6630
175	8,924	0,0011209	0,2165	4,618	741,07	2771,8	2030,7	2,0906	6,6221
180	10,027	0,0011275	0,1938	5,160	763,12	2776,3	2013,1	2,1393	6,5819
185	11,233	0,0011344	0,1739	5,752	785,26	2780,4	1995,2	2,1876	6,5424
190	12,551	0,0011415	0,1563	6,397	807,52	2784,3	1976,7	2,2356	6,5036
195	13,987	0,0011489	0,1408	7,100	829,88	2787,8	1957,9	2,2833	6,4654

Temperaturtafeln von Wasser:

Spezifische Enthalpie von Wasser nach der Temperatur bei bestimmtem Druck:

Temperatur °C	Druck in bar																		
	2	5	10	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	400
100	419,1	419,4	419,7	420,5	422,0	423,5	425,0	426,5	428,0	429,5	431,0	432,5	434,0	435,6	437,1	438,6	440,1	441,6	449,2
120	503,7	503,9	504,3	505,0	506,4	507,8	509,2	510,6	512,1	513,5	514,9	516,3	517,7	519,2	520,6	522,0	523,5	524,9	532,1
140		589,2	589,5	590,2	591,5	592,8	594,1	595,4	596,7	598,0	599,4	600,7	602,0	603,4	604,7	606,0	607,4	608,7	615,5
160			675,7	676,3	677,5	678,6	679,8	681,0	682,2	683,4	684,6	685,9	687,1	688,2	689,5	690,8	692,0	693,3	699,6
180				763,6	764,6	765,1	766,7	767,8	768,8	769,9	771,0	772,0	773,1	774,2	775,3	776,4	777,6	778,7	784,4
200				852,6	853,4	854,2	855,1	855,9	856,8	858,6	859,5	860,4	861,4	862,3	863,3	864,2	865,2	865,2	870,2
220					944,1	944,7	945,3	945,9	946,6	947,2	947,9	948,6	949,3	950,0	950,8	951,5	952,3	953,1	957,2
240					1037,7	1037,9	1038,1	1038,4	1038,7	1039,1	1039,4	1039,8	1040,3	1040,7	1041,2	1041,7	1042,2	1042,8	1045,8
260						1134,7	1134,5	1134,2	1134,1	1134,0	1133,9	1133,9	1134,0	1134,0	1134,1	1134,3	1134,5	1134,7	1136,3
280							1236,0	1235,0	1234,1	1233,3	1232,6	1232,0	1230,9	1231,4	1230,5	1230,2	1229,9	1229,7	1229,2
300								1343,4	1341,2	1339,2	1337,4	1335,7	1334,3	1332,9	1331,7	1330,6	1329,6	1328,7	1325,4
320									1460,8	1456,3	1452,4	1448,8	1445,6	1442,7	1440,1	1437,8	1435,6	1433,6	1425,9
340											1588,3	1579,7	1572,5	1566,2	1560,8	1555,9	1551,6	1547,7	1532,9
360													1742,9	1722,0	1707,2	1695,6	1686,1	1678,0	1650,5

Dichte und spezifische Wärmekapazität von Wasser nach der Temperatur unterhalb des Siedepunkts:

t	p	ρ	c _p
°C	bar	kg/m ³	kJ/(kg·K)
0	0,9807	999,8	4,218
10		999,7	4,192
20		998,2	4,182
30		995,7	4,178
40		992,2	4,178
50		988,0	4,181
60		983,2	4,184
70		977,8	4,190
80		971,8	4,196
90		965,3	4,205
100	1,0132	958,4	4,216
120	1,9854	943,1	4,245
140	3,6136	926,1	4,287
160	6,1804	907,4	4,324
180	10,027	886,9	4,409
200	15,550	864,7	4,497
220	23,202	840,3	4,610
240	33,480	813,6	4,760
260	46,491	784,0	4,978
280	64,191	750,7	5,309
300	85,917	712,5	5,86
320	112,89	667,0	6,62
340	146,08	609,5	8,37
360	186,74	524,5	13,4
374,3	221,24	326	∞

h,s-Diagramm von MOLIER:

