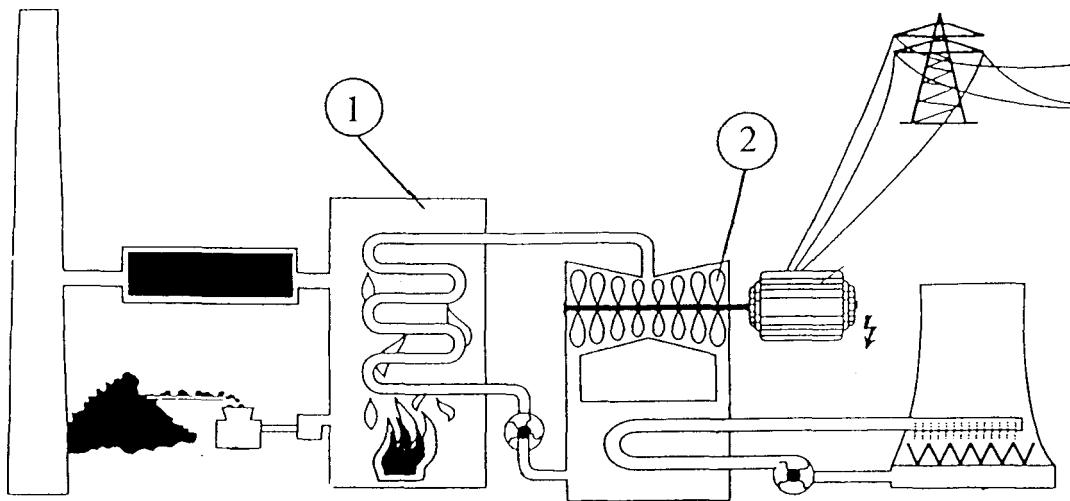




tgt HP 1999/00-3: Wärmekraftwerk

In einem Wärmekraftwerk wird mittels eines Kreisprozesses durch den Einsatz von Primärenergie elektrische Energie erzeugt.



Teilaufgaben:		Punkte
1	Das obige Bild zeigt die Darstellung eines Wärmekraftwerks. Benennen Sie die Baugruppen 1 und 2 und beschreiben Sie deren Aufgaben.	3,0
2	Zeichnen Sie die Kette der einzelnen Baugruppen eines Wärmekraftwerks in Form von Blockschaltbildern, und geben Sie die dabei auftretenden Energieformen an (Energiewandlungskette).	2,5
3	Von dem Dampfkraftprozess sind folgende Daten bekannt: Druck im Kondensator: $p_{\text{Kond}} = 0,04 \text{ bar}$ Druck im Dampferzeuger $p_{\text{DE}} = 180 \text{ bar}$ Temperatur beim Turbineneintritt: $T_{\text{TE}} = 800 \text{ K}$ Entropie beim Turbinenaustritt: $s_{\text{TA}} = 7,2 \text{ kJ/(kgK)}$	
3.1	Tragen Sie den Prozess im T-s-Diagramm (siehe Arbeitsblatt) ein.	2,5
3.2	Ermitteln Sie mit Hilfe des T-s-Diagramms die im Dampferzeuger zugeführte und die im Kondensator abgeführte spezifische Wärmemenge in kJ/kg näherungsweise.	3,5
3.3	Berechnen Sie die spezifische Nutzarbeit in kJ/kg und den thermischen Wirkungsgrad des Prozesses.	2,0



- 4 Gesamtwirkungsgrad und Brennstoffmenge
- 4.1 Von den einzelnen Teilen des Wärmekraftwerks sind folgende Wirkungsgrade gegeben 1,5
- der thermische Wirkungsgrad des Kreisprozesses beträgt 37%
 - bei der Dampferzeugung im Kessel werden nur 91% der chemischen Energie als Wärme an den Dampf übertragen
 - in den Dampfleitungen treten 2% Verluste auf
 - die Turbine arbeitet mit einem Wirkungsgrad $\eta_T = 0,87$
 - der Generator arbeitet mit $\eta_G = 0,98$.
- Bestimmen Sie den Gesamtwirkungsgrad des Wärmekraftwerks.
- 4.2 Wie viele Tonnen Steinkohle müssen in 24 h verbrannt werden, wenn die abgegebene elektrische Leistung 300 MW beträgt? (1 kgSKE = 29,3MJ) 2,5
- 5 Welches Kühlwasservolumen muss den Kondensator in einer Sekunde durchfließen, wenn das einem Fluss entnommene Wasser sich maximal um 3°C erwärmen darf und die abgeführte Wärmemenge 600 MJ/s beträgt. ($c_{H_2O} = 4,18 \text{ kJ/kgK}$) 5,0
- 6 In einem Bericht der Süddeutschen Zeitung vom 10.11.1999 heißt es sinngemäß: „Die Regierung will Stromerzeugung durch Kraft-Wärme-Kopplung steuerlich begünstigen.“ 3,0
Erläutern Sie diese Maßnahme aus energietechnischer Sicht.
-
- Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar. $\Sigma=30,0$

Anlagen:

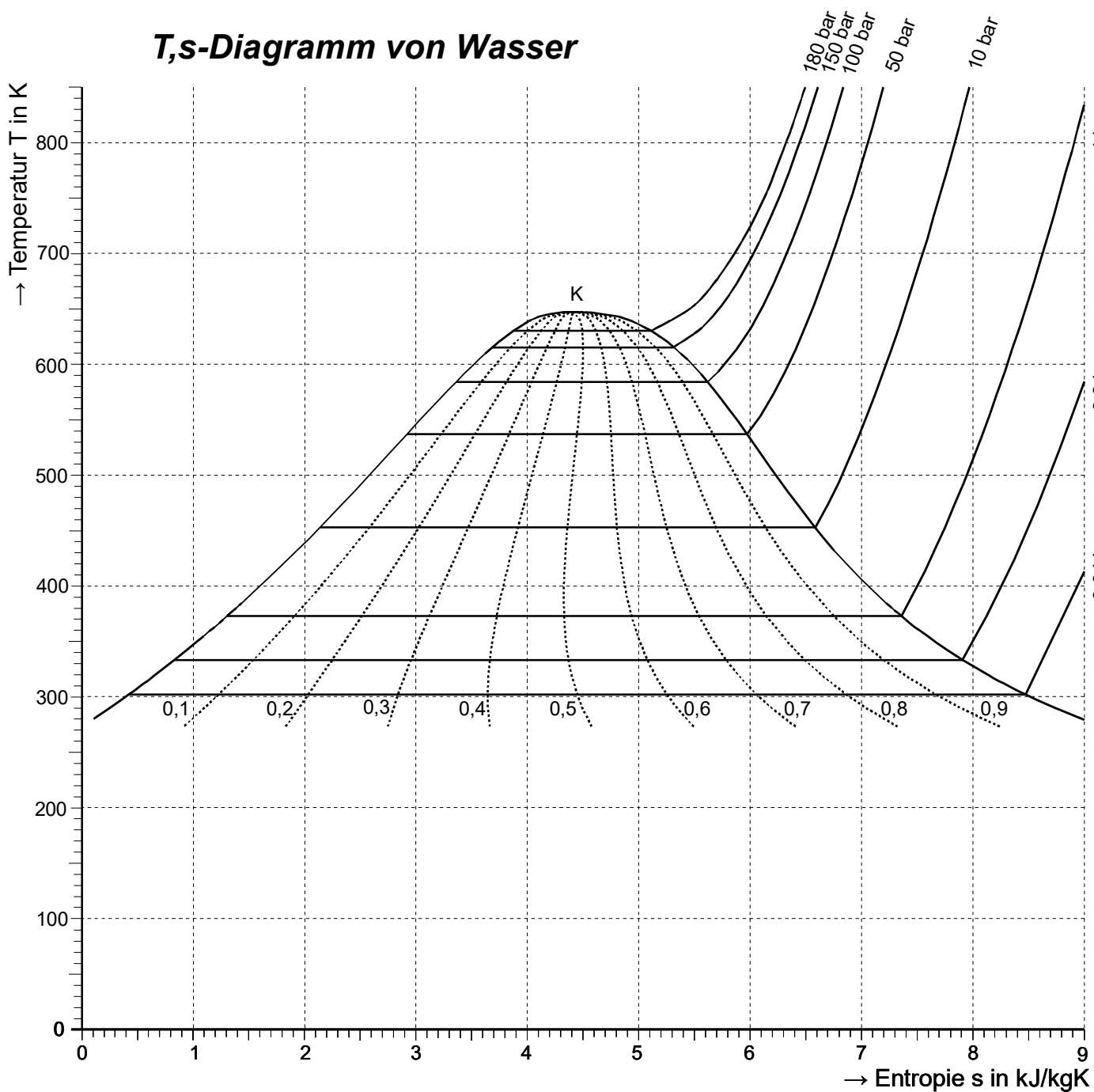
- Formelsammlung Energietechnik für Technisches Gymnasium



Arbeitsblatt

zur Aufgabe 3.1

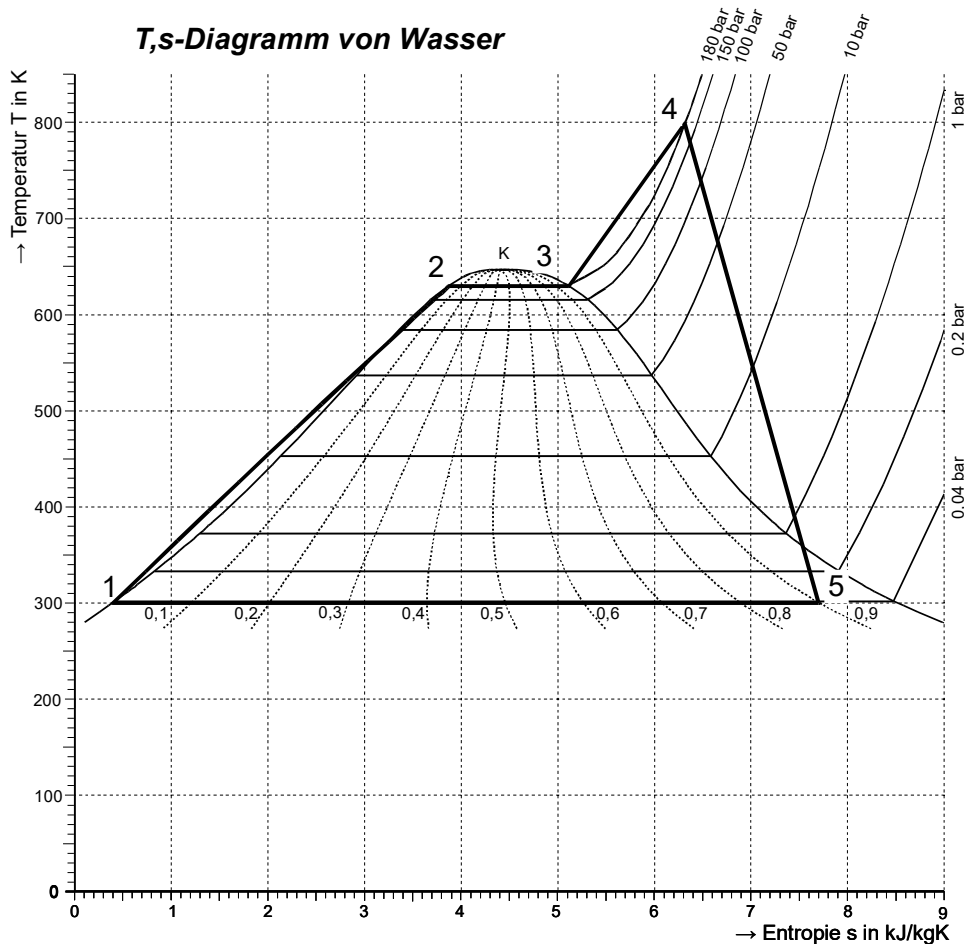
T,s-Diagramm von Wasser





Lösungsvorschlag

- | Teilaufgaben: | Punkte |
|---|--------|
| 1 (1) Dampferzeuger: Durch Verbrennen von fossilen Energieträgern, hier offensichtlich Kohle, wird Wasser erhitzt und verdampft.
(2) Turbine wandelt den Dampfdruck in mechanische Energie um. | 3,0 |
| 2 chemische Energie – Dampferzeuger – thermische Energie – Turbine – mechanische Energie – Generator – elektrische Energie | 2,5 |
| 3 | |
| 3.1 | 2,5 |



T,s-Diagramm (Wasserdampfprozess)

3.2

$$q_{12} = \frac{T_1 + T_2}{2} \cdot (s_2 - s_1) = \frac{300 + 630}{2} \text{ K} \cdot (3,9 - 0,4) \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} = 1627,5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$q_{23} = \frac{T_2 + T_3}{2} \cdot (s_3 - s_2) = \frac{630 + 630}{2} \text{ K} \cdot (5,1 - 3,9) \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} = 756 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$q_{34} = \frac{T_3 + T_4}{2} \cdot (s_4 - s_3) = \frac{630 + 800}{2} \text{ K} \cdot (6,3 - 5,1) \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} = 858 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$q_{zu} = q_{12} + q_{23} + q_{34} = (1627,5 + 756 + 858) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 3241,5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$q_{51} = \frac{T_5 + T_1}{2} \cdot (s_1 - s_5) = \frac{300 + 300}{2} \text{ K} \cdot (0,4 - 7,2) \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} = -2040 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$q_{ab} = q_{51} = -2040 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Dampfprozess berechnen (Wasser)



3.3 $w_{Nutz} + q_{zu} + q_{ab} = 0 \Rightarrow$ 2,0

$$w_{Nutz} = -q_{zu} - q_{ab} = -3241,5 \frac{kJ}{kg} - (-2040) \frac{kJ}{kg} = -1201,5 \frac{kJ}{kg}$$

$$\eta_{therm} = \frac{|w_{nutz}|}{q_{zu}} = \frac{1201,5 \frac{kJ}{kg}}{3241,5 \frac{kJ}{kg}} = 0,37 = 37\%$$

4

4.1 $\eta_{ges} = \eta_{therm} \cdot \eta_{DE} \cdot \eta_{DL} \cdot \eta_T \cdot \eta_G = 0,37 \cdot 0,91 \cdot 0,98 \cdot 0,87 \cdot 0,98 = 0,281 = 28,1\%$ 1,5

4.2 $\dot{m}_{Kohle} = 3148,1 \frac{t}{24h}$ 2,5

„Alle Berechnungen beziehen sich auf einen Tag:“

$$W_{ab} = P_{ab} \cdot 1 \text{ Tag} = 300 \text{ MW} \cdot 24 \text{ h} = 7200 \text{ MWh} = 25,92 \cdot 10^{12} \text{ J}$$

$$\eta_{ges} = \frac{W_{ab}}{Q_{zu}} \Rightarrow Q_{zu} = \frac{W_{ab}}{\eta_{ges}} = \frac{25,92 \cdot 10^{12} \text{ J}}{0,281} = 92,2 \cdot 10^{12} \text{ J}$$

$$H_{u(Sk)} = \frac{Q_{zu}}{m_{Sk}} \Rightarrow m_{Sk} = \frac{Q_{zu}}{SKE} = \frac{92,2 \cdot 10^{12} \text{ J}}{29,3 \cdot 10^6 \frac{J}{kg}} = 3,15 \cdot 10^6 \text{ kg} = 3150 \text{ t}$$

= Tagesbedarf von Steinkohle für dieses Kraftwerk.

5 Alle Berechnungen sind auf 1 Sekunde bezogen: 2,0

$$P_{ab} = \frac{Q_{ab}}{t} \Rightarrow Q_{ab} = P_{ab} \cdot t = 600 \frac{MJ}{s} \cdot 1s = 600 \text{ MJ}$$

$$Q_{ab} = m \cdot \Delta T \cdot c \Rightarrow m = \frac{Q_{ab}}{\Delta T \cdot c} = \frac{600 \text{ MJ}}{3^\circ \text{C} \cdot 4,18 \frac{kJ}{kgK}} = 47800 \text{ kg}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{\rho} = \frac{47800 \text{ kg}}{1 \frac{kg}{dm^3}} = 47800 \text{ l} = 47,8 \text{ m}^3$$

Pro Sekunde werden 47,8 m³ Kühlwasser benötigt.

6 Vorüberlegung: Sollte der geäußerte Wille der Regierung tatsächlich umgesetzt werden, würde voraussichtlich vermehrt Abwärme genutzt, die bisher ungenutzt an die Umwelt abgegeben wird. 3,0

Dadurch wird in Industrie und Haushalten der Primärenergieverbrauch verringert mit positiven Nebenwirkungen für Umwelt (CO₂, SO₂ ..), Volkswirtschaft (Energiekosten), Technologie der heimischen Wirtschaft (Umwelttechnik) usw.

Für klassische Wärmekraftwerke bedeutete dies, dass die Abwärmtemperatur erhöht werden müsste, da man mit 40°C schlecht heizen kann. Dadurch sänke die Menge des erzeugten Stromes und vermutlich die Gewinne der Stromerzeuger.

Aber eigentlich zielt diese Antwort eher auf die wirtschaftlichen oder ökologischen und weniger auf die energietechnischen Aspekte dieser Energiepolitik ab.¹

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar. Σ=30,0

1 Die vorliegenden Lösungsvorschläge sind nicht offiziell.