

Aufgabe 1 (1 Punkt)

Wie ändert sich der Wirkungsgrad eines Dampfkraftwerkes bei steigender Umgebungstemperatur (kurze Begründung)?

Aufgabe 2 (1,5 Punkte)

Welche drei grundsätzlichen Kesseltypen kennen Sie? Welche Kesseltypen sind in ihrem Einsatzdruck begrenzt und warum?

Aufgabe 3 (1,5 Punkte)

Welche 2 Formen der Siedekrise in Verdampferrohren kennen Sie? Erläutern Sie den Unterschied.

Aufgabe 4 (1 Punkt)

Warum werden Siederohre am Eintritt mit Drosseln versehen?

Aufgabe 5 (1,5 Punkte)

Nennen Sie die 6 Möglichkeiten der Brenneranordnung in Kohlekesseln.

Aufgabe 6 (1 Punkt)

Warum werden kombinierte Gas- und Dampfturbinenkraftwerke ohne regenerative Speisewasservorwärmung ausgeführt?

Die Antworten der Kurzfragen können dem Skript entnommen werden!

Aufgabe 7 (8 Punkte)

In einem Kohlekraftwerk mit einer elektrischen Leistung von 700 MW wird Braunkohle ($H_u = 15 \text{ MJ/kg}$) verfeuert. Dabei wird in der Hochdruckturbine auf 50 bar entspannt und in der Zwischenüberhitzung wird wieder auf Frischdampf Temperatur erhitzt. In der Niederdruckturbine wird auf Kondensatordruck entspannt. Weitere Daten sind:

- | | |
|---|---|
| ⇒ Frischdampf: | $p_{FD} = 200 \text{ bar}; \quad t_{FD} = 550 \text{ °C}$ |
| ⇒ Nach ZWÜ: | $p_{FD} = 50 \text{ bar}; \quad t_{FD} = 550 \text{ °C}$ |
| ⇒ Kondensator: | $p_C = 0,04 \text{ bar}; \quad t_C = 28,983 \text{ °C}$ |
| ⇒ isentrope Wirkungsgrade: | |
| Speisewasserpumpe: | $\eta_{p,s} = 0,92$ |
| Turbine (Hoch- und Niederdruck): | $\eta_{T,s} = 0,88$ |
| Feuerungstechn. Wirkungsgrad des Kessels: | $\eta_K = 0,87$ |

Der Zustand des Kondensates (Enthalpie h_1) liegt auf der Siedelinie.

- Zeichnen Sie ein Schema des Kreisprozesses mit allen wesentlichen Komponenten und tragen Sie den Kreisprozess in das beiliegende T,S–Diagramm ein.
- Berechnen Sie den Wirkungsgrad des Clausius-Rankine-Prozesses.
- Berechnen Sie den Speisewassermassenstrom
- Berechnen Sie den Brennstoffmassenstrom

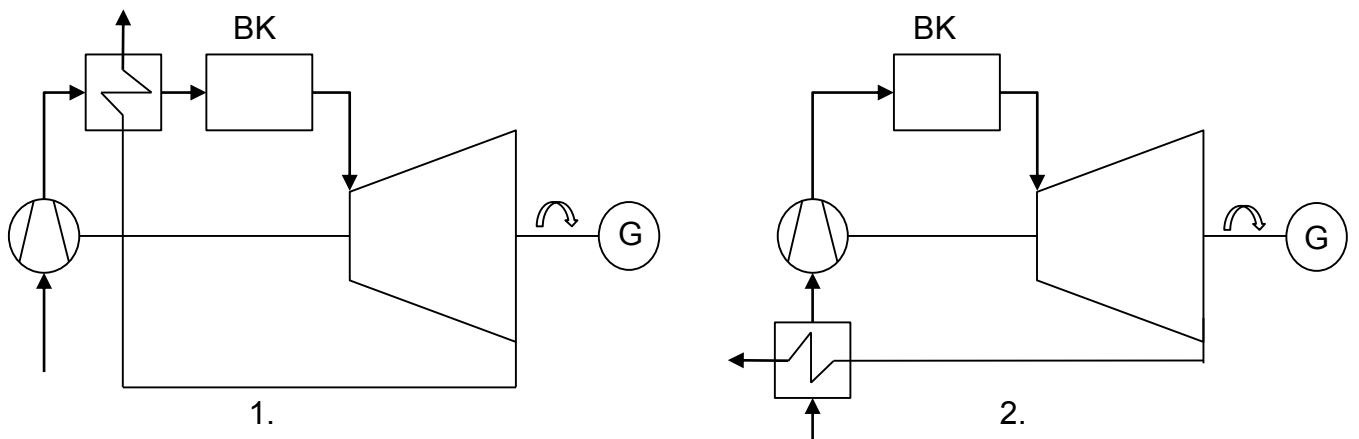
Beim Ablesen von Werten aus den Wasserdampf Tafeln ist der naechste tabellierte Wert zu verwenden! Es sind KEINE Interpolationen durchzufuehren (Ausnahme ND-Gebiet)! Generatorverluste etc. sind zu vernachlaessigen!

Aufgabe 8 (6,5 Punkte)

Gegeben sei ein einfacher, offener Gasturbinenprozess mit Luftvorwärmung durch das Abgas:

- | | |
|--------------------------------|---|
| ⇒ Turbineneintrittstemperatur: | $T_4 = 1200 \text{ °C}$ |
| ⇒ Druckverhältnis: | $\Pi = 16$ |
| ⇒ isentrope Wirkungsgrade: | |
| Verdichter: | $\eta_{v,s} = 0,91$ |
| Turbine: | $\eta_{T,s} = 0,88$ |
| ⇒ LuVo-Wirkungsgrad: | $\eta_{LuVo} = 1,0$ |
| ⇒ Wärmekapazitäten: | |
| | $c_{p \text{ Luft}} = 1,0 \text{ kJ}/(\text{kg K})$ |
| | $c_{p \text{ RG}} = 1,1 \text{ kJ}/(\text{kg K})$ |
| ⇒ Umgebungstemperatur: | $T_U = 22 \text{ °C}$ |
| ⇒ Isentropenexponenten: | |
| | $\kappa_{\text{Luft}} = 1,4$ |
| | $\kappa_{\text{RG}} = 1,45$ |

a) Welche Schaltungsvariante wählen Sie (Begründung)?



- b) Bestimmen Sie den irreversiblen thermischen Wirkungsgrad des GT-Prozesses. Für die Berechnungen der Brennkammer ist die Wärmekapazität von Rauchgas zu verwenden.
- c) Würden Sie eine weitere Erhöhung des Druckverhältnisses empfehlen ($T_4 = \text{const.} = 1200 \text{ °C}$)? Geben Sie dafür eine Begründung an.

Aufgabe 9 (8 Punkte)

In einem zylindrischen Reaktor wird reiner Kohlenstoff mit Luft verbrannt. Der Reaktor hat einen Innendurchmesser von 0,3 m und eine Länge von 2 m. Die mittlere Gastemperatur beträgt $T_{\text{Abgas}} = 1400 \text{ °C}$, die Wandtemperatur $T_{\text{Wand}} = 1000 \text{ °C}$. Der Reaktor wird bei 4 bar betrieben. Es stellt sich eine CO_2 -Konzentration von 18,0% ein. Der Rest des Abgases bestehe aus Stickstoff. Der Emissionskoeffizient der Wand ε_w beträgt 0,7. Der Reaktor besteht aus einem Gussstück aus Feuerfestbeton mit einer Stärke von 0,10 m ($\lambda_{\text{Beton}} = 8 \text{ W/(mK)}$), der von einem Stahlmantel von 30 mm Stärke ($\lambda_{\text{Stahl}} = 60 \text{ W/(mK)}$) umgeben ist.

- a) Welcher Wärmestrom wird vom Gasvolumen auf die Reaktorwand (nur Mantelfläche) übertragen? Nähern Sie die Schichtdicke über

$$s_{\text{gl}} = 0,9 \cdot 4 \cdot \frac{\text{Volumen}}{\text{Oberfläche}}$$

an.

- b) Durch die Feststoffverbrennung ist das Abgas zusätzlich staubbeladen. Hierzu sind folgende Daten bekannt:

- Staumdichte: $\rho_{\text{St}} = 2000 \text{ kg/m}^3$
- Durchmesser der Staubpartikel: $d_p = 10^{-5} \text{ m}$
- Koeffizient für Emission und Absorption: $a_{\text{St}} = 0,45$
- Staubbeladung: $b_N = 0,04 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3_N}$

Berechnen Sie den sich ergebenden Wärmestrom.

- c) Berechnen Sie die Oberflächentemperatur des Stahlmantels (unendlich langer Zylinder). Falls Sie Aufgabe b) nicht lösen konnten, rechnen Sie mit einem Wärmestrom von 10 kW.

Lösungen

Aufgabe 7:

b) $\eta_{\text{tn}} = 41,70 \%$

c) $\dot{m}_{\text{Sp}} = 446,25 \text{ kg/s}$

d) $\dot{m}_{\text{Bs}} = 128,62 \text{ kg/s}$

Aufgabe 8:

b) $\eta_{\text{tn}} = 52,37 \%$

Aufgabe 9:

a) $\dot{Q} = 45,5 \text{ kW}$

b) $\dot{Q} = 135,134 \text{ W}$

c) $T_{\text{außen}} = 566,1 \text{ K}$