

Aufgabe 1 (2 Punkte)

Aus umweltpolitischer und wirtschaftlicher Sicht ist eine Wirkungsgradsteigerung bei Dampfkraftwerken wünschenswert. Nennen Sie die Möglichkeiten der Wirkungsgradsteigerung bei Dampfkraftwerken.

Aufgabe 2 (3 Punkte)

Zeichnen Sie ein vereinfachtes Schema eines Naturumlaufdampferzeugers. Was versteht man unter der Umlaufzahl U ? Wie ändert sich U unter sonst gleichen Bedingungen mit steigender Massenstromdichte? Erläutern Sie Ihre Antwort.

Aufgabe 3 (2 Punkte)

Skizzieren Sie die Abhängigkeit des Wärmeübergangskoeffizienten und des Druckverlustes von der Fluidgeschwindigkeit in einer Wirbelschicht und teilen Sie diese in relevante Bereiche ein.

Aufgabe 4 (1 Punkt)

Aus welchen Termen setzt sich der Gesamtdruckverlust bei vertikal durchströmten Verdampferrohren zusammen?

Die Antworten der Kurzfragen können dem Skript entnommen werden!

Aufgabe 5 (3 Punkte)

Vergleichen Sie die Amortisationszeiten für ein Kohlekraftwerk und eine Windkraftanlage. Dafür gelten folgende Daten:

Kohlekraftwerk:

spezifische Brennstoffkosten:	2,3 ct/kWh
Betriebsdauer:	6000 h/a
Investitionskosten:	1000 €/kW
sonstige Betriebskosten:	20 % der Brennstoffkosten
erzielbarer Strompreis:	4,6 ct/kWh

Windkraftanlage:

Betriebsdauer:	2000 h/a
Investitionskosten:	1600 €/kW
spezifische Betriebskosten:	1 ct/kWh
erzielbarer Strompreis (nach EEG):	9,1 ct/kWh

Für die Berechnung müssen Zinseffekte auf Investitionskosten und Erträge nicht berücksichtigt werden!

$$A_{\text{Kohle}} = 9,06 \text{ a}$$

$$A_{\text{Windkraft}} = 9,88 \text{ a}$$

Aufgabe 6 (7 Punkte)

In einem Kohlekraftwerk mit einer elektrischen Leistung von 500 MW wird Steinkohle ($H_u = 28 \text{ MJ/kg}$) verfeuert. Weitere Daten sind:

- ⇒ Frischdampf: $p_{FD} = 190 \text{ bar}$; $t_{FD} = 520 \text{ °C}$
⇒ Kondensator: $p_C = 0,04241 \text{ bar}$; $t_C = 30 \text{ °C}$
⇒ isentrope Wirkungsgrade:
Speisewasserpumpe: $\eta_{p,s} = 0,90$
Turbine: $\eta_{T,s} = 0,85$
⇒ Feuerungstechn. Wirkungsgrad des Kessels: $\eta_K = 0,86$

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

- a) Zeichnen Sie ein Schema des Kreisprozesses mit allen wesentlichen Komponenten und tragen Sie den Kreisprozess in ein T,S - Diagramm ein.
- b) Berechnen Sie den Wirkungsgrad des Clausius-Rankine-Prozesses.
- c) Berechnen Sie den Speisewassermassenstrom
- d) Berechnen Sie den Brennstoffmassenstrom

Beim Ablesen von Werten aus den Wasserdampf-Tabellen ist der nächste tabellierte Wert zu verwenden! Es sind KEINE Interpolationen durchzuführen (Ausnahme ND-Gebiet)! Generatorverluste etc. sind zu vernachlässigen!

Aufgabe 7 (6 Punkte)

Gegeben sei ein einfacher, offener Gasturbinenprozess. Die Anlage erzeugt durch den Einsatz von Erdgas eine elektrische Leistung von $P_{el} = 280$ MW. Weitere Daten sind:

- ⇒ Turbineneintrittstemperatur: $T_3 = 1200$ °C
- ⇒ Druckverhältnis: $\Pi = 18$
- ⇒ isentrope Wirkungsgrade:
 - Verdichter: $\eta_{V,s} = 0,93$
 - Turbine: $\eta_{T,s} = 0,89$
- ⇒ Heizwert von Erdgas: $H_u = 42,0$ MJ/kg
- ⇒ Wärmekapazitäten: $c_{p \text{ Luft}} = c_{p \text{ RG}} = 1,0$ kJ/(kg K)
- ⇒ Umgebungstemperatur: $T_U = 18$ °C
- ⇒ Isentropen Exponent: $k = 1,4$

a) Zeichnen Sie ein Schema des Kreisprozesses mit allen wesentlichen Komponenten und ein T,S-Diagramm.

Bestimmen sie folgende Größen:

- b) den irreversiblen thermischen Wirkungsgrad des GT-Prozesses;
- c) die zugeführte Brennstoffmenge \dot{m}_{Br} ;
- d) die durch den Verdichter durchgesetzte Luftmenge \dot{m}_L ($\dot{m}_L = \dot{m}_{RG}$)
- e) Wie ändert sich der Wirkungsgrad, wenn die Umgebungstemperatur auf 30 °C steigt?

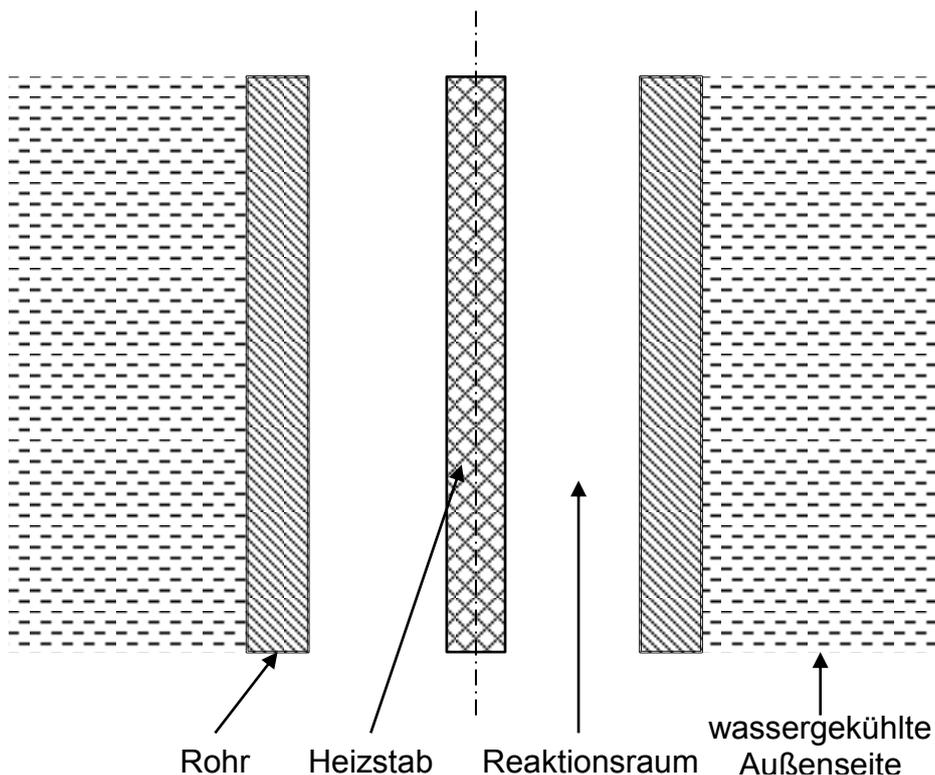
Aufgabe 8 (6 Punkte)

Ein sehr langes (unendlich langes) Keramik-Reaktionsrohr wird durch einen konzentrisch angebrachten Heizstab mit einer Leistung von 12 kW/m durch Strahlungswärmeübertragung beheizt. Bei Rohrrinnenwand und Heizstab handelt es sich um graue Strahler. Die Außenwand des Reaktionsrohres wird durch Wasser gekühlt. Im stationären Zustand stellt sich eine Temperatur von 40 °C an der Außenwand des Rohres ein. Die weiteren Daten sind:

⇒ Wärmeleitfähigkeit des Rohres:	$\lambda_{\text{Rohr}} = 2,5 \text{ W/(mK)}$
⇒ Außendurchmesser des Rohres:	$d_A = 300 \text{ mm}$
⇒ Wandstärke des Rohres:	$s_{\text{Rohr}} = 20 \text{ mm}$
⇒ Emissionskoeffizient des Rohres:	$\varepsilon_{\text{Rohr}} = 0,4$
⇒ Durchmesser des Heizstabes:	$d_{\text{Stab}} = 20 \text{ mm}$
⇒ Emissionskoeffizient des Heizstabes:	$\varepsilon_{\text{Heizstab}} = 0,85$

a) Berechnen Sie die Rohrrinnenwandtemperatur.

b) Berechnen Sie die Temperatur der Heizstaboberfläche.



Lösungen

Aufgabe 6:

b) $\eta_{\text{tn}} = 37,56 \%$

c) $\dot{m}_{\text{Sp}} = 419,64 \text{ kg/s}$

d) $\dot{m}_{\text{Bs}} = 55,28 \text{ kg/s}$

Aufgabe 7:

b) $\eta_{\text{tn}} = 42,96 \%$

c) $\dot{m}_{\text{Bs}} = 15,52 \text{ kg/s}$

d) $\dot{m}_{\text{L}} = 835,59 \text{ kg/s}$

e) $\eta_{\text{tn}} = 42,38 \%$

Aufgabe 8:

a) $T_i = 149,32 \text{ °C}$

b) $T_H = 1173,79 \text{ °C}$