



Abiturprüfungen 4. Fach 2008/09 – Thermisches Kraftwerk

Thermische Kraftwerke

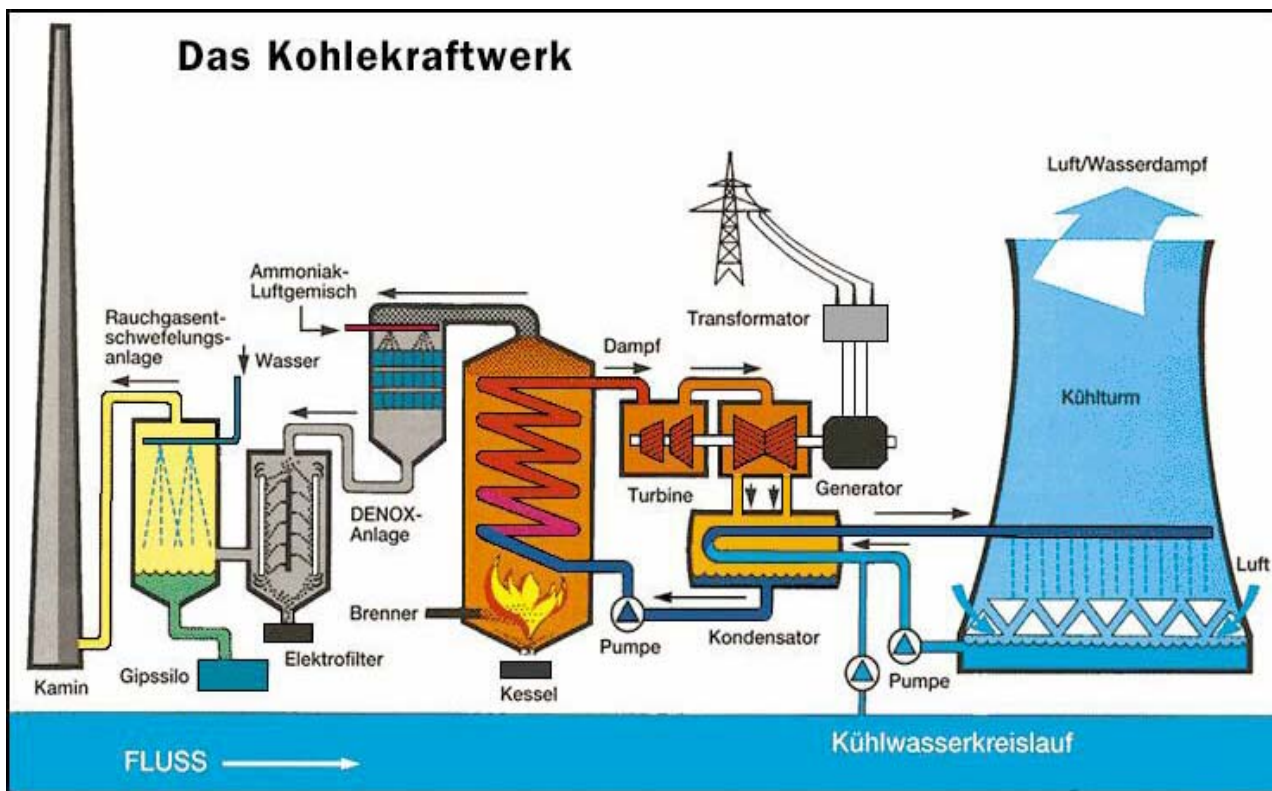
Ein Steinkohlekraftwerk mit einer Nennleistung von 700 MW wurde bisher mit heimischer Steinkohle mit einem Heizwert von $H_u = 29.000 \text{ kJ/kg}$ betrieben. Dabei werden 228 t/h an Steinkohle in Form von Kohlenstaub verfeuert. Der Kraftwerksbetreiber hat nun einen langfristigen Liefervertrag für preiswertere Importkohle geschlossen. Der Heizwert der Importkohle beträgt $H_u = 26.000 \text{ kJ/kg}$.

Sie haben die Aufgabe als Entwicklungsingenieur zu überprüfen, ob die Leistung der installierten Kohlemühlen ausreicht, um den erhöhten Kohledurchsatz bei gleicher Ausgangsleistung zu gewährleisten.

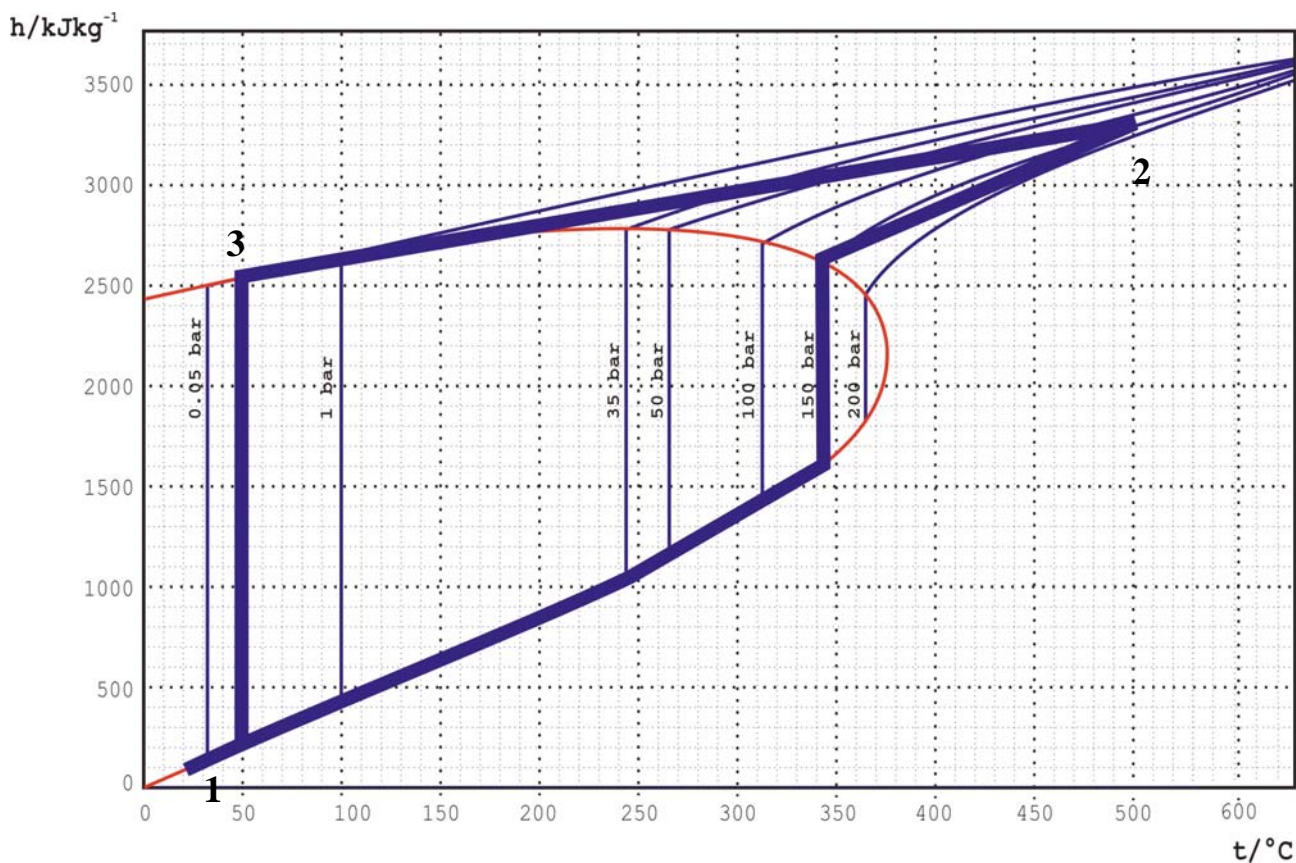
Aufgabenstellung:

1. Erläutern Sie anhand Material M1 den prinzipiellen Aufbau eines Steinkohlekraftwerks, geben Sie die Energieumwandlungskette an und erläutern Sie den Wasser-Dampf-Kreislauf.
2. Stellen Sie anhand des in Material M2 vorliegenden $h(t)$ -Diagrammes qualitativ dar, welche Energien dem einstufigen Kraftwerksprozess zugeführt werden und welche als Nutz- bzw. als Verlustenergie das System verlassen. Geben Sie dazu jeweils die entsprechenden Teilsysteme an, in denen die Energieumwandlung geschieht. Erläutern Sie eine Möglichkeit zur Optimierung des Wirkungsgrades.
3. Ermitteln Sie aus den in Material M3 angegebenen Wirkungsgradwerten für die Teilsysteme den Gesamtwirkungsgrad des Kraftwerks.
4. Berechnen Sie den Massenstrom an Importkohle in kg/s und t/h, der zum Erreichen der Nennleistung jeweils verfeuert werden muss. Geben Sie an, ob die Mahlleistung der installierten Kohlemühlen ausreicht. Sollten Sie in Aufgabe 3 kein Ergebnis erzielt haben, gehen Sie bitte von $\eta_{\text{Gesamt}} = 0,42$ aus.

Material M1: Kraftwerksprozess



Material M2: $h(t)$ -Diagramm eines einstufigen Turbinenprozesses





Abiturprüfungen 4. Fach 2008/09 – Thermisches Kraftwerk

Material M3: Kennwertauswahl des Kraftwerksprozesses

Wirkungsgrade:

Feuerung:	$\eta_F = 0,95$
Dampferzeuger:	$\eta_{DE} = 0,92$
Wasser-Dampf-Kreislauf:	$\eta_{WDK} = 0,45$
Turbine (Reibungsverluste etc.)	$\eta_T = 0,98$
Generator:	$\eta_G = 0,98$
Mahlleistung der Kohlemühlen	$m = 240 \text{ t/h}$



Erwartungshorizont:

Teilaufgabe 1:

Erläuterung der Teilsysteme im Schaubild, dabei Darstellung der Stoff(kreis)läufe: Brennstoff, Wasser-Dampf-Kreislauf, Kühlkreislauf

Wasser-Dampf-Kreislauf: geschlossener Kreislauf mit Speisewasserpumpe (Druckaufbau), Dampferzeuger (Verdampfung und Überhitzung des Prozesswassers), Turbine (Umwandlung Epot in Ekin), Kondensator (Entzug von Wärmeenergie)

Energieumwandlungskette:

chem. geb. Energie, Wärmeenergie, potentielle Energie, kinetische Energie, elektrische Energie

Teilaufgabe 2:

von 1 → 2 Energieaufnahme im Dampferzeuger

von 2 → 3 Energieabgabe in der Turbine als Nutzenergie

von 3 → 1 Energieabgabe im Kondensator als Verlustenergie

Wirkungsgrad systembedingt wegen der hohen Wärmeverluste bei der Kondensation

Optimierungsmöglichkeiten:

2-stufiger Prozess

höherer Vordruck

niedriger Gegendruck

höhere Überhitzungstemperatur

Teilaufgabe 3:

$$\eta_{\text{Gesamt}} = \eta_F \cdot \eta_{\text{DE}} \cdot \eta_T \cdot \eta_{\text{WDK}} \cdot \eta_G = 0,95 \cdot 0,92 \cdot 0,98 \cdot 0,45 \cdot 0,98$$

$$\eta_{\text{Gesamt}} = 0,38$$

Teilaufgabe 4:

$$P_{\text{brennstoff}} = m_{\text{Kohle}} \cdot H_u$$

$$\eta_{\text{Gesamt}} = P_{\text{nenn}}/P_{\text{Brennstoff}} = P_{\text{nenn}}/(m_{\text{Kohle}} \cdot H_u)$$

$$m_{\text{Kohle}} = P_{\text{nenn}}/(\eta_{\text{Gesamt}} \cdot H_u)$$

(Heimische Steinkohle:

$$m_{\text{Kohle}} = 700 \text{ MJ/s}/(0,38 \cdot 29.000 \text{ kJ/kg}) = 63,5 \text{ kg/s} = 228 \text{ t/h}$$

Importkohle:

$$m_{\text{Kohle}} = 700 \text{ MJ/s}/(0,38 \cdot 26.000 \text{ kJ/kg}) = 70,85 \text{ kg/s} = 255 \text{ t/h}$$

Die Mahlleistung reicht nicht aus, es muss eine Erweiterung der Mahlanlage stattfinden.



2. Prüfungsteil:

Binäres Zahlensystem

Flipflops

Signal-Zeitplan eines Zählflipflops

Aufbau von Binärzählern