



Übungsaufgaben zu den LPE 16: Wärmekraftwerke und 17: Abgasreinigung

Themenbereiche

- **Clausius-Rankine-Prozess**
- **T,s-Diagramm**
- **Abgasreinigung**

Inhaltsverzeichnis

2 Übungsaufgaben zur LPE 17 (Abgasreinigung).....	1
3 Kraftwerk, T,s-Diagramm, Kraft-Wärme-Kopplung.....	3
4 Übungsaufgabe zu LPE11 (Wärmepumpe), 16 und 17.....	5

1 Übungsaufgaben zur LPE 17 (Abgasreinigung)

1. Aufgabe

Skizzieren Sie einen Zyklonabscheider mit den ein- und austretenden Rauchgasströmen und erläutern Sie das Prinzip der Staubabscheidung mittels Zyklon.

2. Aufgabe

- Erläutern Sie das physikalische Prinzip eines Elektroabscheiders anhand einer Skizze. Benennen Sie die 3 wichtigsten Bauteile und beschreiben Sie deren Funktion.
- Berechnen Sie den Abscheidegrad η des Elektroabscheiders, wenn im Rohgas eine Staubkonzentration von $c_0 = 80 \text{ g/m}^3$ und im Reingas $c = 800 \text{ mg/m}^3$ vorliegen.

3. Aufgabe

Nennen Sie die 4 bedeutendsten Schadstoffe im Rauchgas eines Kohlekraftwerks und deren Folgen für Mensch und Umwelt.

4. Aufgabe

Einer der gefährlichsten Inhaltsstoffe des Rauchgases ist das Schwefeldioxid.

- Erläutern Sie die Umweltproblematik, die sich aus der Emission von Schwefeldioxid ergibt.
- Erklären Sie mit Hilfe einer Skizze das Nassabschreibeverfahren zur Rauchgasentschwefelung im Sprühturmwäscher.
- Entwickeln Sie die Reaktionsgleichung für den Entschwefelungsprozess: Schwefeldioxid reagiert unter dem Einsatz von Wasser und Calciumhydroxid (Ca(OH)_2) zu Gips (CaSO_4) und Wasser.

5. Aufgabe

- Erläutern Sie die Aufgaben des 3-Wegekatalysators in der Abgasreinigung beim Otto-Motor.

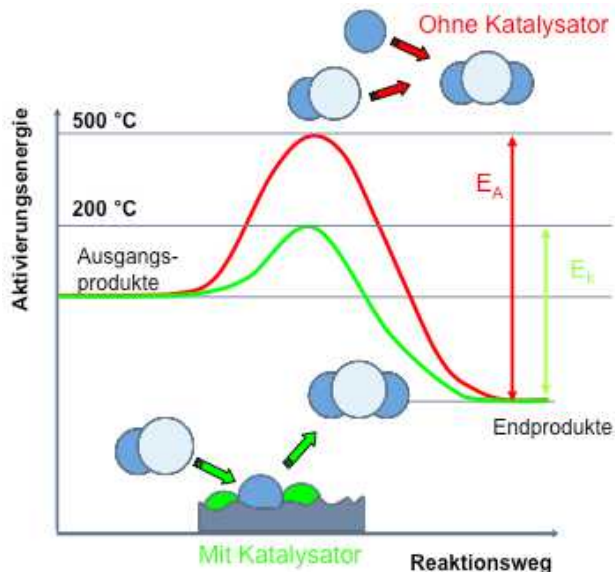
- Weshalb funktioniert der 3-Wege-Katalysator beim Dieselmotor nicht?
- Beschreiben Sie das Prinzip der Abgasreinigung durch das SCR-Verfahren (selektive katalytische Reduktion) beim Dieselmotor.
- Entwickeln Sie die Reaktionsgleichung zur Stickstoffoxidbeseitigung mittels Ammoniak (NH_3) bei der Standard-SCR.

6. Aufgabe

- Verdeutlichen Sie anhand eines Blockschaltbildes den Rauchgasstrom durch die einzelnen Reinigungsstufen der Abgasreinigung eines Kohlekraftwerks mit Entstaubung, Entschwefelung, Entstickung (SCR). Ergänzen Sie das Blockschaltbild um die in der jeweiligen Baugruppe benötigten Zusatzstoffe und Abscheidungen.
- Bei der Rauchgasentstickung bevorzugen manche Kraftwerksbetreiber das Low-Dust-Verfahren, andere das High-Dust-Verfahren. Unterscheiden Sie die beiden Verfahren und beurteilen Sie diese hinsichtlich der benötigten Energie und der Staubproblematik.

7. Aufgabe

- Nennen Sie die 3 Schadstoffe im Abgas eines Kfz, die mithilfe des 3-Wege-Katalysators verringert werden können, und nennen Sie die negativen Einflüsse der Schadstoffe auf den Menschen und seine Umwelt.
- Formulieren Sie die 3 Reaktionsgleichungen im 3-Wege-Katalysator eines Otto-Motors.
- Die Abbildung zeigt schematisch den Ablauf der Reaktionen mit und ohne Katalysator. Welche Funktion übernimmt das Katalysatormaterial Platin in diesem Zusammenhang? Vergleichen Sie dazu die Grafik zur Reduktion von Stickoxiden mit und ohne Katalysator.



8. Aufgabe

In aktuellen Fahrzeugen mit Dieselmotoren sind Partikelfilter vorgeschrieben.

- Beschreiben Sie die Funktionsweise eines Partikelfilters zur Abgasreinigung eines Verbrennungsmotors. Gehen Sie dabei auf die besondere Problematik beim Dieselmotor ein.
- Partikelfilter verstopfen mit der Zeit. Welche 2 verschiedenen Strategien bieten die Hersteller zur Lösung dieses Problems an?

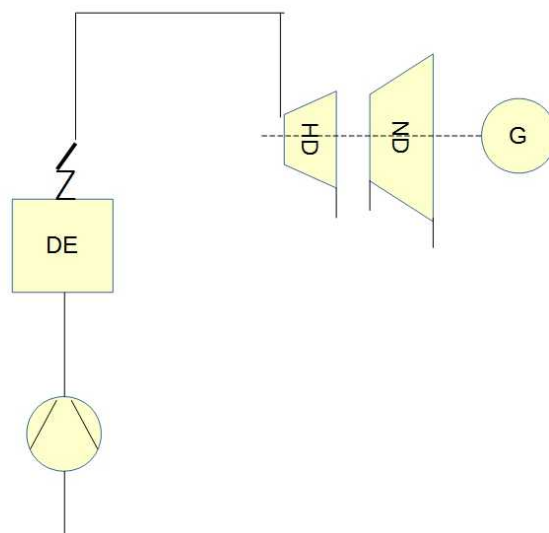
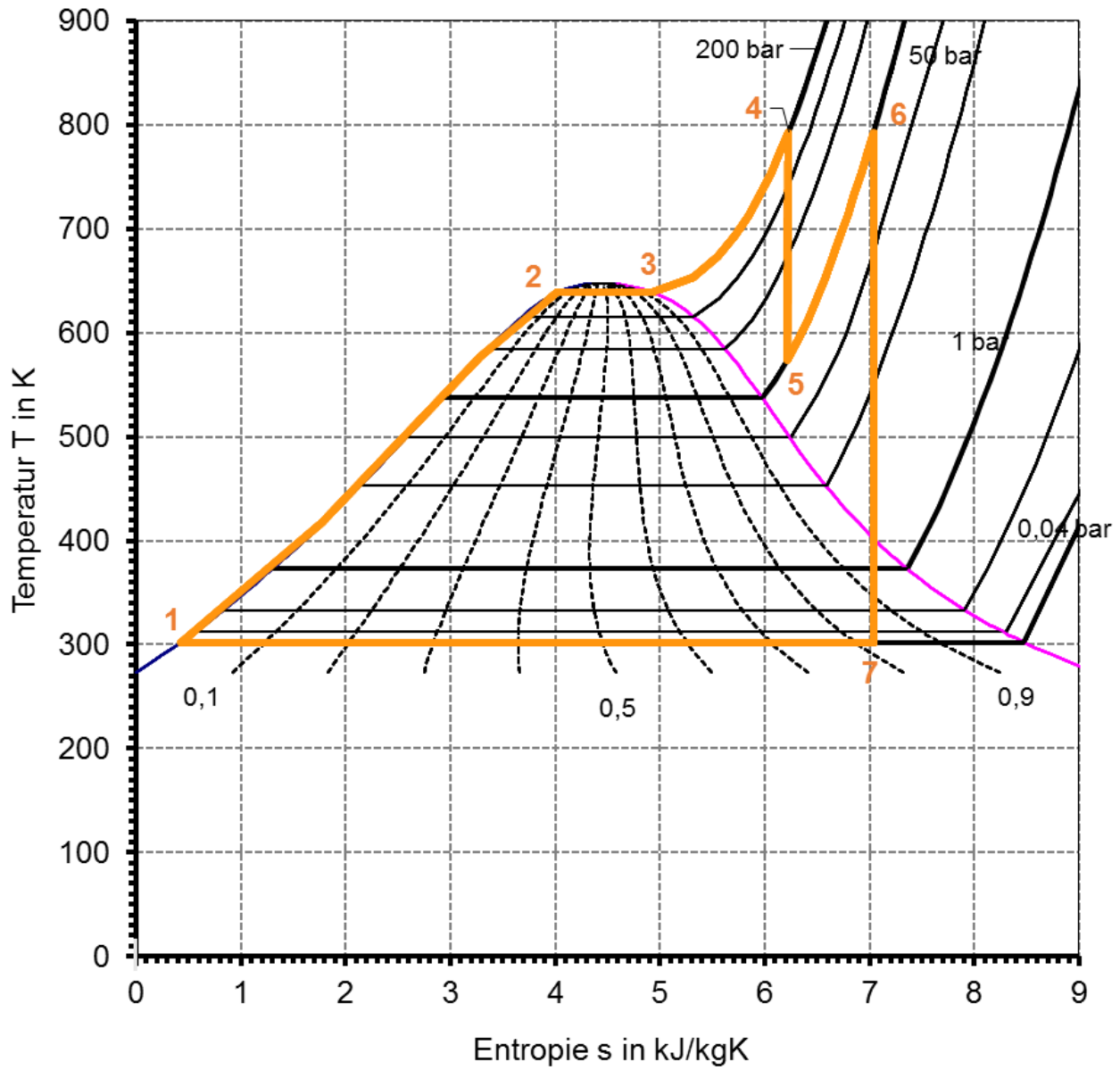


2 Kraftwerk, T,s-Diagramm, Kraft-Wärme-Kopplung

Ein Steinkohlekraftwerk dient der Energieversorgung einer Stadt. Der Kraftwerksprozess ist auf dem Arbeitsblatt im T,s-Diagramm dargestellt. Die im Dampferzeuger zugeführte spezifische Wärmemenge einschließlich Überhitzung des Dampfes beträgt: $q_{1-4} = 3206 \text{ kJ/kg}$

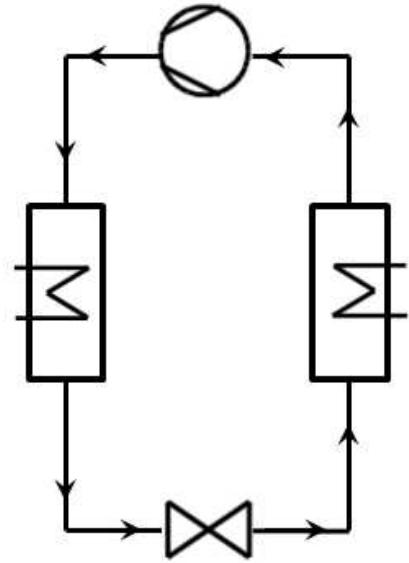
1. Nennen Sie vier technische Möglichkeiten den Wirkungsgrad eines Kohlekraftwerks zu erhöhen.
2. Begründen Sie, ob es sich bei dem dargestellten Prozess um einen idealen oder realen Kraftwerksprozess handelt.
3. Berechnen Sie für den vorgegebenen Prozess den Wirkungsgrad.
4. Im Kraftwerk soll nach der Niederdruckturbine bei einem Druck von 1 bar Fernwärme ausgekoppelt werden. Dabei erhöht sich der Wassergehalt im Dampf auf 50 %. Im Anschluss an die Fernwärmeauskopplung wird der übrige Wasserdampf vollständig verflüssigt.
 - 4.1 Nennen Sie zwei Gründe, warum eine Fernwärmeauskopplung sinnvoll ist.
 - 4.2 Ergänzen Sie den vorgegebenen Kreisprozess im T,s-Diagramm um die Fernwärmeauskopplung.
 - 4.3 Berechnen Sie die ausgekoppelte Wärmemenge und zeigen Sie durch Rechnung, dass sich die für die Erzeugung elektrischer Energie zur Verfügung stehende Nutzarbeit um ca. 190 kJ/kg verringert.
 - 4.4 Berechnen Sie den neuen Gesamtwirkungsgrad der Anlage.
 - 4.5 Ergänzen Sie das vereinfachte Anlagenschaubild um eine Fernwärmeauskopplung.

Arbeitsblatt zu Aufgabe 1 (Kraftwerk)



3 Übungsaufgabe zu LPE11 (Wärmepumpe), 16 und 17 Wärmepumpe

1. In einer Wärmepumpe wird ein Kältemittel genutzt, dessen T-S –Diagramm in Abbildung 1 zu sehen ist. Der dazugehörige Kreisprozess ist in diesem Diagramm mit den nummerierten Eckpunkten von 1 bis 4 zu finden. In Abbildung 2 ist ein Anlagenschema der Wärmepumpe dargestellt.



1.1. Benennen Sie die Bauteile im Anlagenschema (Abbildung 2).

1.2. Nennen Sie die Zustandsänderungen, welche in den Bauteilen erfolgen und ordnen Sie diese Zustandsänderungen dem T-S- Diagramm zu.

1.3. Ergänzen Sie im Anlagenschema an welchen Stellen Wärme zu oder abgeführt und an welchen Stellen mechanischen Energie zu oder abgeführt wird. Begründen Sie Ihre Aussage.

1.4. Die Wärmepumpe nimmt eine Wärmemenge 144 kJ pro kg auf.

1.4.1. Berechnen Sie die abgeführte Wärmemenge und ermitteln Sie die mechanische Energie sowie die Leistungsziffer. Gehen Sie vereinfacht davon aus, dass die zugeführte mechanische Energie gleich der vom Kompressor benötigten elektrischen Energie ist.

1.4.2. Beurteilen Sie ihre berechnete Leistungsziffer. Nehmen Sie Stellung zur Leistungsziffer handelsüblichen Wärmepumpen für Mehrfamilienhäuser.

1.5. Beurteilen Sie ihre berechnete Leistungsziffer. Nehmen Sie Stellung zur Leistungsziffer handelsüblichen Wärmepumpen für Mehrfamilienhäuser.

1.6. Nach der Sanierung eines Wohnhauses wurde zur Gewinnung von Heizwärme eine Wärmepumpe mit der Leistungsziffer $\epsilon = 3,0$ installiert. Ermitteln Sie für eine Wärmeleistung von 30 kW die benötigte elektrische Energie des Kompressors für einen Tag.

Wärmeleistung

2. Der Kompressor der Wärmepumpe wird mit elektrischer Energie aus dem öffentlichen Stromnetz versorgt. Der Anteil fossiler Energieträger bei der Gewinnung elektrischer Energie betrug 2014 53%. Zur Vereinfachung wird angenommen, dass die gesamte fossile Energie aus Steinkohle gewonnen wurde.

2.1. Ermitteln Sie den Anteil der fossilen Energiemenge, welche für den Betrieb des Kompressors aus dem öffentlichen Netz kommt.

2.2. Berechnen Sie die Masse an Steinkohle, welche für den Betrieb des Kompressors für einen Tag benötigt wird. Der Gesamtwirkungsgrad des Wärmekraftwerkes beträgt $\eta_G = 44\%$

- 2.3. Durch optimale Prozessführung im Kraftwerk entstehen Stickoxide ausschließlich aus dem in der Kohle enthaltenen Stickstoff. Die Steinkohle hat einen Stickstoffgehalt von 1%. Berechnen Sie die Masse an NO in Gramm, welche bei der Verbrennung der Steinkohle entsteht, die zum Betrieb des Kompressors an einem Tag benötigt wird. Die Molare Masse von Stickstoff (N) beträgt 14 g/mol, die Molare Masse von Sauerstoff (O) beträgt 16 g/mol.
- 2.4. Nennen Sie drei schädliche Wirkungen auf Mensch und Umwelt durch die Emission von Stickoxiden.
- 2.5. Stickstoffmonoxid (NO) wird im SCR Verfahren mit Hilfe von gasförmigem Ammoniak (NH₃) zu Stickstoff (N₂) reduziert. Formulieren Sie die Reaktionsgleichung.
- 2.6. Berechnen Sie die benötigte Masse an Ammoniak für die vollständige Umsetzung des Stickstoffmonoxids. Die Molare Masse von Wasserstoff (H) beträgt 1 g/mol.
- 2.7. Ein Kohlekraftwerk setzt das High-Dust- Verfahren zur Rauchgasentstickung ein. Nennen Sie die Position in der Rauchgasführung, an der die Rauchgasentstickung bei diesem Verfahren stattfindet. Erklären Sie die Vor- und Nachteile des High-Dust-Verfahrens.

