

Klausur zur Vorlesung

Energiesysteme

23. Februar 2011

14:00 – 16:00 Uhr

Name, Vorname: _____

Fachrichtung: _____

Matrikelnummer: _____

Aufgabenbereich	Punktzahl [%]
1. Mechanische Energie	
2. Chemische Energie	
3. Nukleare Energieerzeugung	
4. Regenerative Energien	
5. Elektrische Energieversorgung	
6. Thermische Energie	
Gesamtergebnis [%] :	
Gesamtnote :	

Name, Vorname: _____

Aufgabenbereich 1: Mechanische Energie

Erreichte Punktzahl:

_____ %

Aufgabe 1 (Wasserkraft)

Ein Pumpspeicherkraftwerk ist eine besondere Form eines Hydrokraftwerks und dient der Speicherung von elektrischer Energie durch Hochpumpen von Wasser. Bei Atdorf, etwa 500 m südlich des bisherigen Hornbergbeckens soll das Hornbergbecken II als Oberbecken der neuen Pumpspeicherwerk-Anlage gebaut werden. Das Wasser des Oberbeckens soll über zwei 600 Meter lange senkrechte Druckrohrleitungen mit je 4,8m Durchmesser dem unterirdischen Kraftwerk zugeleitet werden. Dort befinden sich 6 Pumpturbinen mit einer Gesamtleistung von 1400 MW_{elektrisch}.

Volumen Oberbecken: 9 Mio. m³
Fallhöhe des Wassers: 600 m
Dichte des Wassers: 1000 kg/m³

- Über die letzte Nacht wurde das gesamte Wasser in das Oberbecken gepumpt. Wie lange kann nun das Kraftwerk mit voller Leistung Strom in das Netz einspeisen, bis das Oberbecken leer ist? (Wirkungsgrad des Kraftwerks = 90%)
- Wie groß ist die Fließgeschwindigkeit des Wassers in den Druckrohrleitungen, wenn von einer homogenen Geschwindigkeitsverteilung ausgegangen wird?
- Welche Turbinenart kommt bei dem Durchfluss und der Nennleistung einzelner Turbinen in Frage?

Name, Vorname: _____

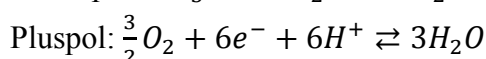
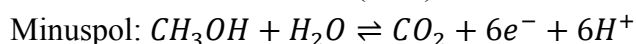
Aufgabenbereich 1: Mechanische Energie	
--	--

Name, Vorname: _____

Aufgabenbereich 2: Chemische Energie	Erreichte Punktzahl: _____ %
--------------------------------------	-------------------------------------

Aufgabe 1 (50%):

In einer Direkt-Methanol-Brennstoffzelle (DMFC) finden an Minuspol und Pluspol folgende Elektrodenreaktionen statt (50%):



Die freie Reaktionsenthalpie ΔR_G für die Zellreaktion beträgt -702 kJ/mol, und die Reaktionsenthalpie -729.9 kJ/mol. Die Temperatur betrage 25 °C.

- Geben Sie die Gleichung für die Zellreaktion an.
- Ordnen Sie für den Betrieb im Brennstoffzellenmodus den oben als Gleichgewichtsreaktionen geschriebenen Gleichungen die Begriffe „Anode“ und „Kathode“ zu.
- Berechnen Sie die maximale Zellspannung und den maximalen (thermodynamischen) Wirkungsgrad. Geben Sie die Gleichungen an, die Sie zur Berechnung verwenden!
- Unter den gegebenen Bedingungen beträgt das Elektrodenpotential bei Stromlosigkeit am Pluspol 1.23 V (gegen Standardwasserstoffelektrode gemessen). Wie groß ist das Elektrodenpotential am Minuspol?
- Schreiben Sie die Nernstgleichung für die Reaktion am Minuspol auf. Wie ändert sich das Elektrodenpotential (positiver oder negativer), wenn die Protonenkonzentration erhöht wird (der pH-Wert also sinkt)?

Aufgabe 2 (50%):

SOFC- Gegeben sei eine SOFC mit H₂-Luft-Betrieb. Die mittlere Stromdichte beträgt 0.3 A cm⁻². Berechnen Sie für einen aus 15 quadratischen Zellen mit einer Fläche von 36 cm² bestehenden Stack die folgenden Größen:

- die Leistung des Stacks für $U = 0.72$ V,
- den benötigten H₂-Durchfluss J_{H_2} (in cm³/s bei 25 °C) bei einer maximalen Brenngasausnutzung von 68 %,
- den benötigten Luftstrom J_{Luft} (in cm³/s bei 25 °C)
- Hinweis: Faraday-Konstante $F = 96487$ C / mol

Name, Vorname: _____

Aufgabenbereich 2: Chemische Energie	
--------------------------------------	--

Name, Vorname: _____

Aufgabenbereich 2: Chemische Energie	
--------------------------------------	--

Name, Vorname: _____

Aufgabenbereich 3: Nukleare Energie	Erreichte Punktzahl: _____ %
--	-------------------------------------

Aufgabe 1 (50%)

Nennen Sie jeweils 3 geeignete

- a) Spaltstoffe
- b) Moderatorstoffe

Aufgabe 2 (50%)Wie groß ist die Bindungsenergie in MeV für $^{16}_8\text{O}$ (Berechnung über den Massendefekt) mit:

Energieäquivalent der atomaren Masseneinheit u:	932,7 MeV
Masse Proton:	1,0073 u
Masse Neutron:	1,0087 u
Masse $^{16}_8\text{O}$ Kern:	15,9912 u

(Bitte Rechengang angeben).

Name, Vorname: _____

Aufgabenbereich 3: Nukleare Energie	
-------------------------------------	--

Name, Vorname: _____

Aufgabenbereich 4: Regenerative Energie	Erreichte Punktzahl: _____ %
---	-------------------------------------

Aufgabe 1 (Photovoltaik) (50%)

Auf einer Fläche von 162 Hektar entstand 2009 der drittgrößte Solarpark der Welt mit 700.000 Dünnschichtmodulen. Dafür wurden 37 Wechselrichter mit einer Nennleistung von je 1284 kW installiert. Dieser Typ Wechselrichter verträgt auf der Gleichstromseite (Eingangsseite) eine Spannung zwischen 500 und 820 V_{DC}. Das einzusetzende PV-Modul weist folgende technische Daten auf:

- MPP-Leistung P_{MPP} :	72,5 Wp
- Nennstrom I_N :	1,07 A
- Nennspannung U_N :	67,9 V
- Kurzschlussstrom I_K :	1,19 A
- Leerlaufspannung U_0 :	90 V
- Temp. Spannungskoeff. α_U :	-0,25 %/°C
- Modulwirkungsgrad η :	10 %
- Modullänge:	1200 mm
- Modulbreite:	600 mm
- Strom-Proportionalitätskonstante m:	$2,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{V}$

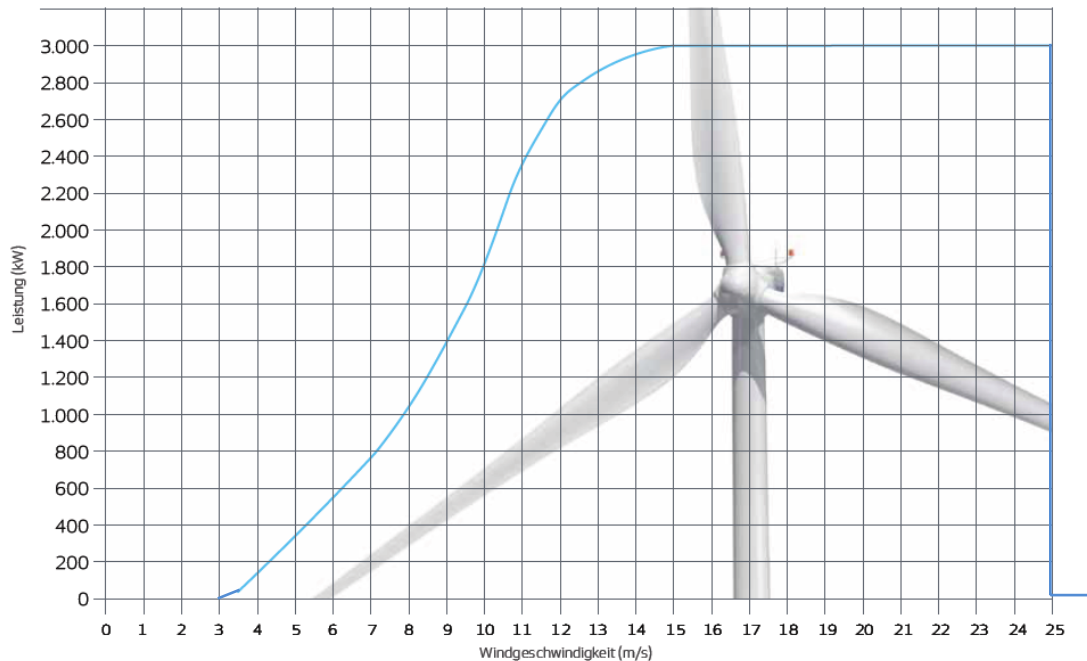
- Welche Strahlungsdichte muss bei der Nennleistung herrschen?
- Wenn von einer durchschnittlichen Sonneneinstrahlung von 850 W/m² im Jahr ausgegangen wird, wie viele Haushalte mit jeweils einem jährlichen Stromverbrauch von 2400 kWh können mit dieser Anlage versorgt werden?
- Wie viele Module sind minimal und maximal in Reihe zu schalten, um den Wechselrichter in seinem erlaubten Spannungsbereich zu betreiben?
- Zeichnen Sie die Strom-Spannungskennlinie einer beleuchteten und unbeleuchteten Solarzelle und kennzeichnen Sie die Leerlaufspannung, den Kurzschlussstrom und den Punkt maximaler Leistung!

Name, Vorname: _____

Aufgabenbereich 4: Regenerative Energien	
---	--

Aufgabe 2 (Windkraft) (50%)

Der größte Offshore-Windpark in Großbritannien besteht aus 100 Windturbinen vom Typ Vestas V90-3.0 MW. Die folgende Abbildung stellt die Abhängigkeit der elektrischen Leistung von der Windgeschwindigkeit dar.



Vestas V90-3.0 MW:

Nennleistung	3000 kW
Nenndrehzahl	16,1 U/min
Rotordurchmesser	90 m
Einschaltgeschwindigkeit	3 m/s
Nennwindgeschwindigkeit	15 m/s
Ausschaltgeschwindigkeit	25 m/s
Wirkungsgrad	80%
Luftdichte	1,2 kg/m ³

- a. Welche Leistungsbeiwerte herrschen bei Einschalt- und Ausschaltgeschwindigkeiten?
- b. Wenn man annimmt, dass die Windgeschwindigkeit am Aufstellort der Turbine
 - 1200 h pro Jahr: 15 m/s
 - 3000 h pro Jahr: 10 m/s
 - 3000 h pro Jahr: 6 m/s
 - Reststunden des Jahres: 0 m/s
 beträgt, wie viele Haushalte mit 2000 kWh Jahresverbrauch könnte theoretisch (d.h. im Schnitt) die Windkraftanlage versorgen?

Name, Vorname: _____

Aufgabenbereich 4: Regenerative Energien	
---	--

Name, Vorname: _____

Aufgabenbereich 5: Elektrische Energie	Erreichte Punktzahl: _____ %
--	-------------------------------------

Aufgabe 1 (50%)

- Was versteht man unter einem Bündelleiter und warum werden Bündelleiter eingesetzt?
- Wie unterscheidet sich die Bedeutung des Begriffs „elektrisch kurz“ in der Nachrichtentechnik und in der Energietechnik?
- Lässt sich ein Kabel mit natürlicher Leistung betreiben? Begründen Sie Ihre Antwort!
- Erläutern Sie die Begriffe **Erdungsschalter**, **Leistungsschalter**, **Lastschalter** und **Trenner**!

Aufgabe 2 (50%)

Es ist eine 380 kV Drehstrom-Freileitung mit folgenden Betriebseigenschaften gegeben:

- Widerstandsbelag $R' = 0,018 \Omega/\text{km}$
- Leitwertbelag $G' = 19 \text{ nS}/\text{km}$
- Induktivitätsbelag $L' = 730 \mu\text{H}/\text{km}$
- Kapazitätsbelag $C' = 8 \text{ nF}/\text{km}$
- Netzfrequenz $f = 50\text{Hz}$

- Bestimmen Sie den Wellenwiderstand der Leitung nach Betrag und Phase!
- Bestimmen Sie den Wellenwiderstand für den verlustlosen Fall!
- Bestimmen Sie die natürliche Leistung der verlustlosen Leitung

Name, Vorname: _____

Aufgabenbereich 5: Elektrische Energie	
--	--

Name, Vorname: _____

Aufgabenbereich 5: Elektrische Energie	
--	--

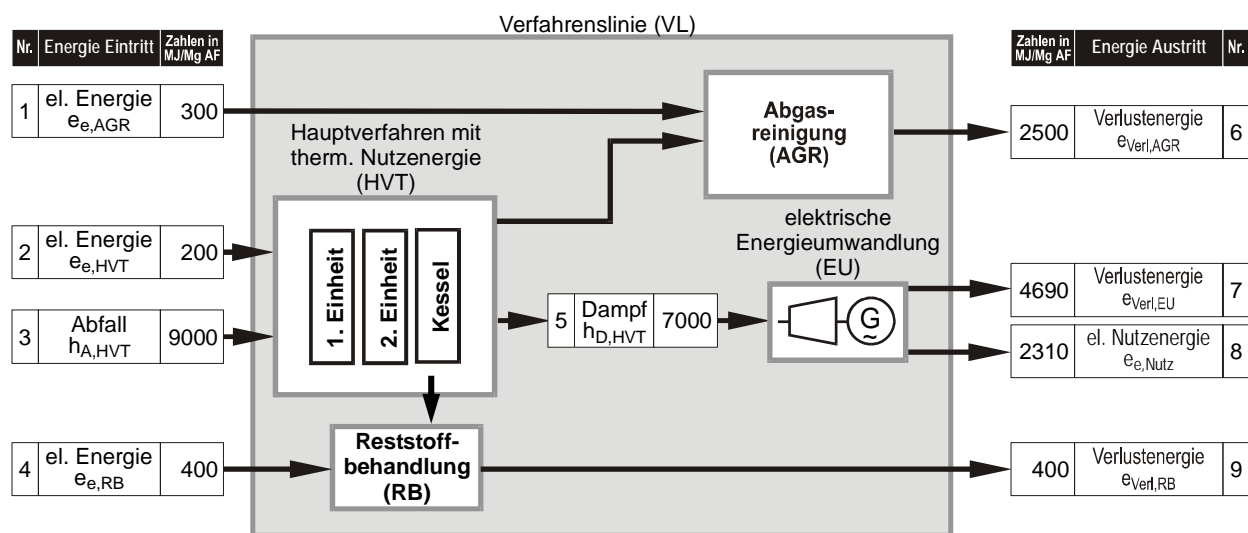
Name, Vorname: _____

Aufgabenbereich 6: Thermische Energie

Erreichte Punktzahl:

_____ %

Aufgabe 1:



Obiges Bild zeigt die vereinfachte Energiebilanz einer Verfahrenslinie (VL) zur thermischen Behandlung von Hausmüll.

Dabei wird der Abfall (Nr.3) dem Hauptverfahren mit thermischer Nutzenergie (HVT) zugeführt. Das entstehende Abgas wird in einer nachgeschalteten Abgasreinigungsanlage (AGR) von Schadstoffen befreit, während der erzeugte Dampf über eine Turbine und einen Generator in elektrische Energie umgewandelt wird (EU).

Die festen Reststoffe (Asche) aus dem HVT werden in der Reststoffbehandlung (RB) eingeschmolzen. AGR, HVT und RB benötigen für den Betrieb elektrische Zusatzenergie (Nr.1, Nr.2 und Nr.4). Die nach der thermischen Behandlung verbleibende Abfallenergie wird als elektrische Nutzenergie (Nr.8) dem öffentlichen Versorgungsnetz zugeführt.

- Bilden Sie den thermischen Anlagenwirkungsgrad $\eta_{t,A,HVT}$ des Hauptverfahrens mit thermischer Nutzenergie (HVT).
- Bilden Sie den elektrischen Anlagenwirkungsgrad $\eta_{e,A,EU}$ der Anlage zur elektrischen Energieumwandlung (EU).
- Bilden Sie den elektrischen Anlagenwirkungsgrad $\eta_{e,A,VL}$ der Verfahrenslinie (VL).
- Bilden Sie den elektrischen Primärwirkungsgrad der VL, wenn die elektrische Zusatzenergie (Nr.1, Nr.2 und Nr.4) in einem externen Kraftwerk mit einem elektrischen Nettoprimärwirkungsgrad von $\eta_{e,N,KW} = 38\%$ erzeugt wird.
- Bilden Sie den elektrischen Nettoprimärwirkungsgrad $\eta_{e,N,VL}$ der gesamten VL.

Name, Vorname: _____

Aufgabenbereich 6: Thermische Energie	
--	--

Aufgabe 2:

Zur Wärmeerzeugung in einem Stoffbehandlungsprozeß wird Methan mit sauerstoffangereicherter Luft verbrannt. Der Ofen soll als adiabat betrachtet werden. Da eine Luft- und Brennstoffvorwärmung nicht erfolgt, seien die über den Brennstoff- bzw. Luftmassenstrom eingebrachten Enthalpieströme zu vernachlässigen.

Folgende Größen sind gegeben und werden als konstant vorausgesetzt:

$$M_{\text{O}} = 16 \text{ kg / kmol}$$

$$M_{\text{C}} = 12 \text{ kg / kmol}$$

$$M_{\text{H}} = 1 \text{ kg / kmol}$$

$$\xi_{\text{O}_2, \text{Luft}} = 0,276 \text{ kg O}_2 / \text{kg Luft}$$

$$\xi_{\text{N}_2, \text{Luft}} = 0,724 \text{ kg N}_2 / \text{kg Luft}$$

$$h_{\text{u}, \text{CH}_4} = 50000 \text{ kJ / kg}$$

$$c_{\text{p}, \text{AG}} = 1,38 \text{ kJ / (kg}\cdot\text{K)}$$

- Wie hoch ist der Luftbedarf L [kg Luft / kg CH_4], wenn bei einer Luftzahl $\lambda = 1,15$ verbrannt wird?
- Wie hoch ist in diesem Fall die kalorische Verbrennungstemperatur ϑ_{kal} ?
- Welche Bilanztemperatur ϑ_{Bz} stellt sich ein, wenn zur Wärmebehandlung ein Wärmestrom von $\dot{Q}_{\text{G}} = 200 \text{ kW}$ an das Gut übertragen und ein Brennstoffmassenstrom $\dot{m}_{\text{CH}_4} = 50 \text{ kg/h}$ eingesetzt wird?

Name, Vorname: _____

Aufgabenbereich 6: Thermische Energie	
---------------------------------------	--

Name, Vorname: _____

Aufgabenbereich 6: Thermische Energie	
---------------------------------------	--

Name, Vorname: _____

Aufgabenbereich 6: Thermische Energie	
---------------------------------------	--