

**Rationelle Energienutzung**  
Klausur  
10. September 2015  
**Teil 2**

---

Gesamte Bearbeitungszeit: **120 Minuten**

Bearbeitungszeit Teil 2: **90 Minuten**

Umfang der Aufgabenstellung Teil 2: **4 nummerierte Seiten**

Für den Teil 1 der Klausur („Fragenteil“) sind keine Hilfsmittel erlaubt. In Teil 2 dürfen alle Unterlagen zu Vorlesung und Übung sowie Lehrbücher und Taschenrechner genutzt werden. Die Aufgabe 2 bearbeiten Sie bitte auf separaten Papierbögen (werden ausgeteilt). Geben Sie diese Aufgabenstellung bitte zusammen mit Ihren Lösungsblättern ab. Füllen Sie die Angaben zu Ihrer Person aus und **versehen Sie jedes Lösungsblatt mit Ihrem Namen.**

---

Name:

\_\_\_\_\_

Vorname:

\_\_\_\_\_

Matrikelnummer:

\_\_\_\_\_

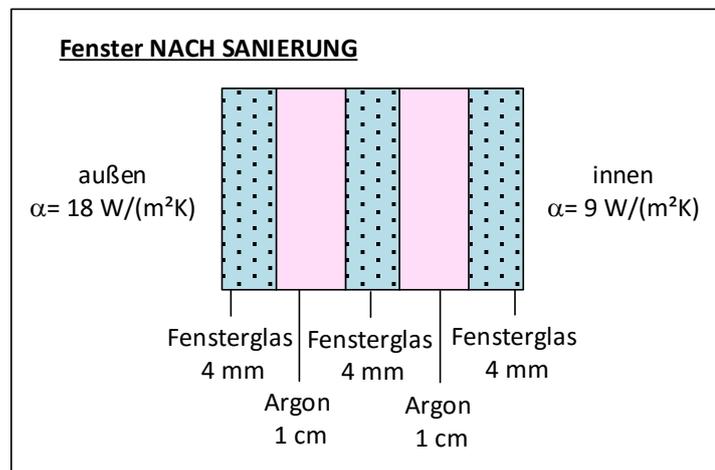
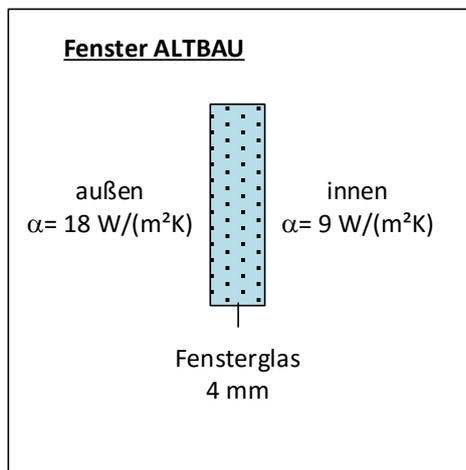
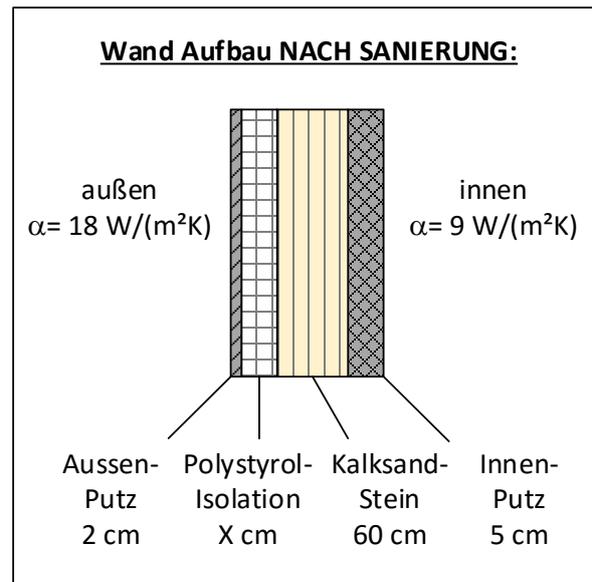
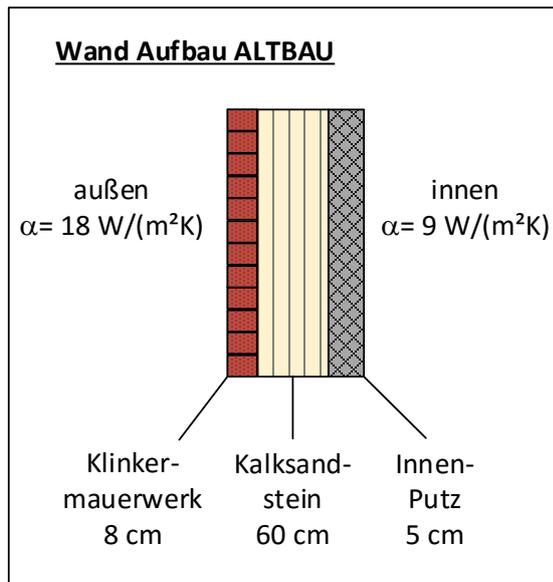
**Unterschrift:**

\_\_\_\_\_

## Aufgabe 2

Ein Hausbesitzer hat das Ziel durch eine Altbausanierung seine Heizkosten zu reduzieren. Insgesamt möchte er den Heizbedarf seines Hauses auf 20% reduzieren. Die dafür geplanten Maßnahmen umfassen eine Isolation der Fassade sowie den Einbau von dreifach verglasten Fenstern mit Argon als Zwischengas.

Das Haus hat eine Wandfläche von 600 m<sup>2</sup> sowie 100 m<sup>2</sup> Fensterfläche.



- Bestimmen Sie den Heizbedarf  $\dot{Q}_{\text{Alt}}$  für den Altbau welcher sich bei einer Jahresmitteltemperatur von 8°C außen sowie einer Innenraumtemperatur von 20 °C ergibt. (7P)
- Berechnen Sie die benötigte Stärke  $x_{\text{iso}}$  der Polystyrol-Isolation, um die gewünschte Reduzierung des Heizbedarfes um 80% zu erreichen. (8P)

**Hinweis:** Wärmeleitung über das Dach und das Erdreich sind zu vernachlässigen. Im Argon-Zwischengas der Fenster tritt keine Konvektion auf – nur Wärmeleitung; Stoffdaten siehe unten.

Um die Energiekosten noch weiter zu senken beschließt der Hausbesitzer einen Austausch seiner Heizungsanlage. Im Altbau befindet sich aktuell eine Gasheizung mit einem Feuerungswirkungsgrad von  $\eta_{\text{Feuer,alt}} = 80\%$ , welche mit Erdgas betrieben wird.

- c) Berechnen Sie die jährlichen Energiekosten  $K_{\text{Alt}}$  des Altbaus, wenn das Erdgas mit 65,4 Cent/m<sup>3</sup> bezogen wird, sowie die jährlichen Energiekosten  $K_{\text{neu}}$  nach der Sanierung unter der Annahme dass an 200 Tagen im Jahr geheizt wird. (4P)

Die alte Gasheizung soll nun durch eine innovative Micro-KWK Anlage ersetzt werden, welche aus einer Brennstoffzelleneinheit (BZ) und einer Gasbrenner-Einheit mit Brennwerttechnologie ( $\eta_{\text{Feuer,GB}} = 108\%$ ) besteht. Die Micro-KWK-Anlage wird mit Erdgas betrieben. Um das BZ-Modul mit Wasserstoff zu versorgen ist ein Reformer vorgeschaltet, der das Erdgas mit einem Wirkungsgrad von  $\eta_{\text{Reform.}} = 80\%$  zu Wasserstoff umwandelt.

Der Brennstoffzellen-Stack hat einen Umsatz-Wirkungsgrad von  $\eta_{\text{Umsatz.}} = 95\%$ , besteht aus **100 Zellen** in Reihenschaltung und wird bei einer Zellspannung von  $U(i) = 0,83$  V betrieben. Dabei liefert der Stack einen Strom von  $I = 15$  A.

- d) Berechnen Sie die thermische Leistung  $\dot{Q}$ , sowie die elektrische Leistung  $P_{\text{el}}$  des BZ-Stacks. (5P)
- e) Berechnen Sie den jährlichen Erdgas-Verbrauch  $V_{\text{ges,BZ}}$  der Brennstoffzelleneinheit sowie den jährlichen Erdgas-Verbrauch  $V_{\text{ges,GB}}$  der Gasbrenner-Einheit. (10P)
- f) Berechnen Sie die jährlichen Energiekosten  $K_{\text{ges}}$  der Micro-KWK-Anlage unter der Annahme, dass sämtlicher erzeugter Strom im Haus verbraucht werden kann. (3P)
- g) Erklären Sie mit Hilfe des Diagramms in Abb. 1 wie die Stromkennzahl  $S$  des Brennstoffzellen-Stacks beeinflusst werden kann. (4)

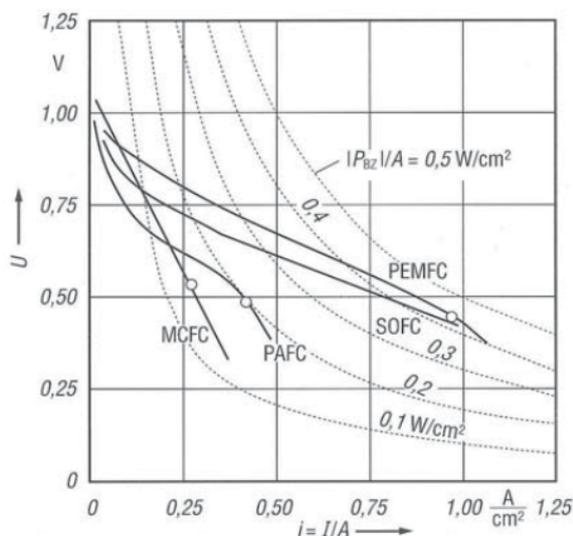


Abbildung 1: Kennlinien verschiedener Brennstoffzellen-Typen

**Hinweis:** Erdgas und Wasserstoff können als ideale Gase betrachtet werden.

Tabelle 1: Wärmeleitfähigkeit verschiedener Materialien

Material	Wärmeleitfähigkeit [W/(m K)]
Innenputz	0,52
Kalksandstein	0,56
Klinkerziegel	0,81
Außenputz	0,52
Polystyrol Isolierung	0,035
Fensterglas	0,9
Argon	0,013

Tabelle 2: Heizwerte

Brennstoff	Heizwert [MJ / m <sup>3</sup> ]	Heizwert [kJ/mol]
Wasserstoff	10,8	241,213
Erdgas	36	

Tabelle 3: Energiekosten

Energieträger	Kosten
Erdgas	65,4 Cent/m <sup>3</sup>
Elektrischer Strom	21,54 Cent/ kWh <sub>el</sub>

Faraday-Konstante  $F = 96485.3 \text{ As/mol}$