

## Übungsserie 4

### Aufgabe 1 – Chemische Exergie

In einem adiabaten Brenner erfolgt die Verbrennung des Kraftstoffes CH<sub>4</sub> bei konstantem Druck p = 1 atm. Die Luft und der Kraftstoff fliessen getrennt in den Brenner unter den Bedingungen T<sub>1</sub> = 298 K und p<sub>1</sub> = 1 atm. Die Abgase verlassen den Brenner bei einer Temperatur T<sub>2</sub> = 2300 K für λ = 1.

Berechnen Sie die chemische Exergie von 1 mol CH<sub>4</sub>. Wie verhält sich dieser Wert zu der Reaktionsenthalpie (~oberer Heizwert des Brennstoffes: H<sub>o</sub>)?

Für die Zusammensetzung der Umgebungsstoffe wird Modell II der Tabelle A-31 angenommen, bei welchem die Molanteile der einzelnen Komponenten in der Umgebung folgendermassen gegeben sind:

$$X_{N_2}^e = 0.7567$$

$$X_{O_2}^e = 0.2035$$

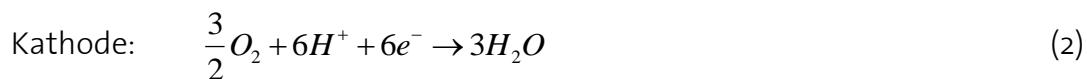
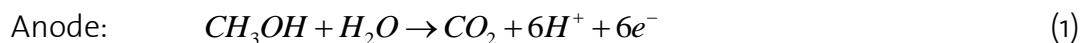
$$X_{H_2O}^e = 0.0312$$

$$X_{CO_2}^e = 0.0003$$

## Aufgabe 2 - Brennstoffzelle

In einer Brennstoffzelle wird Methanol ( $CH_3OH$ ) oxidiert (Abb. 1(a)).

An der Anode und Kathode finden folgende Reaktionen statt:



Die vereinfachte Kennlinie der Brennstoffzelle (Abb. 1(b)) sei beschrieben durch:

$$U(\tilde{I}) = 0.2 \cdot \tilde{I}^2 - 0.9 \cdot \tilde{I} + 1.0, \quad \tilde{I} = \frac{I}{I_{\max}} \quad 0 \leq \tilde{I} \leq 1,$$

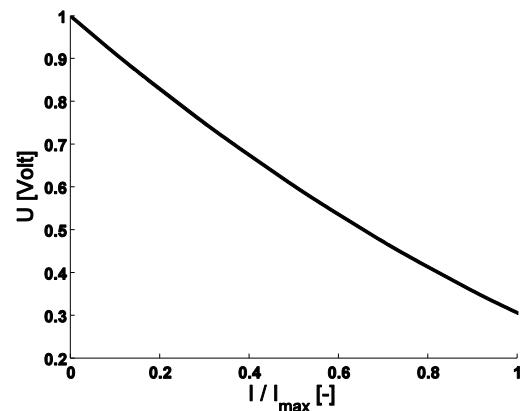
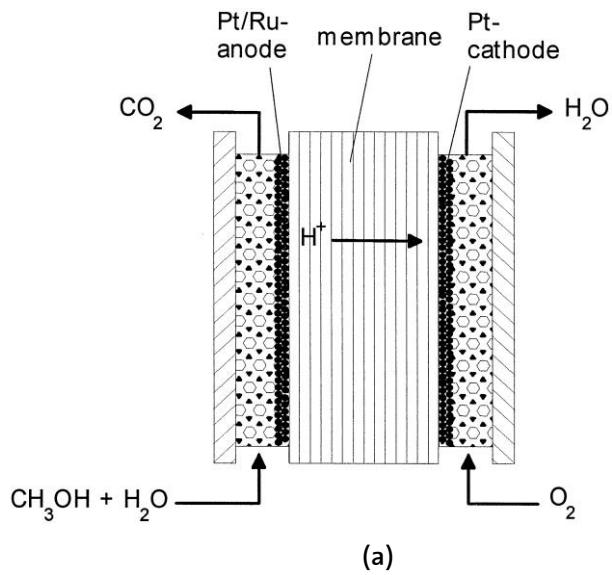


Abb. 1. Schematische Darstellung der Zelle (a),  $U, I/I_{\max}$ -Diagramm der Methanol-Brennstoffzelle (b).

Der maximale Strom  $I_{\max}$  einer Zelle beträgt 100 A. Die freie Standard Reaktionsenthalpie der Globalreaktion beträgt  $\Delta G_R^0 = -683.16 \text{ kJ/mol}$ . Man nehme an, dass die Zelle bei konstanter Temperatur unter Standardbedingungen (1 atm, 298 K) betrieben wird.

Berechne:

- die elektrische Leistung der Brennstoffzelle  $P_{el}$  und die entstehende Wärme  $\dot{Q}$  bei einem Methanol-Massenstrom  $\dot{m}_{CH_3OH} = 0.0022 \text{ g/s}$ .
- den Methanol-Massenstrom  $\dot{m}_{CH_3OH}^*$  bei dem die elektrische Leistung  $P_{el}$  maximiert wird.

- c) den abgeführten, reversiblen, und irreversiblen (Exergieverlust) Wärmestrom  $\dot{Q}$ ,  $\dot{Q}_{rev}$ ,  $\dot{Q}_{irrev}$  für den Betriebspunkt der Teilaufgabe (b).
- d) die Anzahl Zellen die man seriell anordnen muss, um bei  $\dot{m}_{CH_3OH}^*$ , eine elektrische Leistung  $P_{el,tot}$  von  $30 \text{ kW}$  zu erzielen.
- e) den Wirkungsgrad der Zelle für die Betriebspunkte der Teilaufgaben (a) und (b) bei einem Umsetzungswirkungsgrad  $\eta_I = \frac{\dot{n}_{Brennstoff}}{\dot{n}_{Brennstoff}^*} = 0.9$ .