

Übungsserie 4

Aufgabe 1 – Chemische Exergie

In einem adiabaten Brenner erfolgt die Verbrennung des Kraftstoffes CH_4 bei konstantem Druck $p = 1 \text{ atm}$. Die Luft und der Kraftstoff fließen getrennt in den Brenner unter den Bedingungen $T_1 = 298 \text{ K}$ und $p_1 = 1 \text{ atm}$. Die Abgase verlassen den Brenner bei einer Temperatur $T_2 = 2300 \text{ K}$ für $\lambda = 1$.

Berechnen Sie die chemische Exergie von 1 mol CH_4 . Wie verhält sich dieser Wert zu der Reaktionsenthalpie (–oberer Heizwert des Brennstoffes: H_o)?

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:

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

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

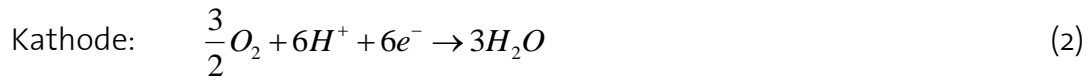
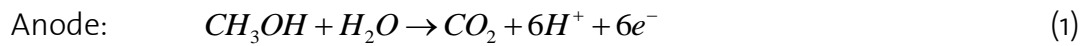
$$X_{H_2O}^e = 0.0312$$

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

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:

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

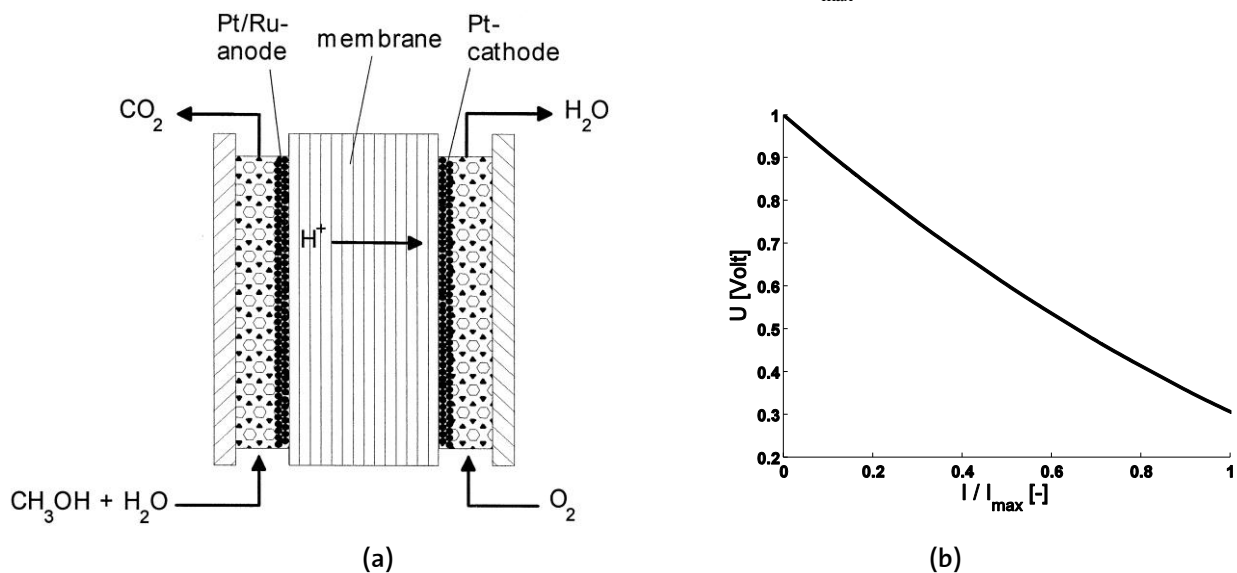


Abb. 1. Schematische Darstellung der Zelle (a), $U, I/I_{\max}$ -Diagramm der Methanol-Brennstoffzelle (b).

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 $\dot{m}_{\text{CH}_3\text{OH}} = 0.0022 \text{ g/s}$.
- den Methanol-Massenstrom $\dot{m}_{\text{CH}_3\text{OH}}^*$ 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 kW zu erzielen.
- e) den Wirkungsgrad der Zelle für die Betriebspunkte der Teilaufgaben (a) und (b) bei einem Umsetzungswirkungsgrad $\eta_I = \frac{\dot{n}_{Brennstoff}}{\dot{n}_{Brennstoff}^*} = 0.9$.