

Vorlesung : **Energiespeichertechnologien- & Anwendungen**
MB-Master | Kursnr.: 139030

Lecture: **Energy Storage Technologies and Applications**

Vortragender

Prof. Dr. Christian Doetsch

Lehrstuhl »Cross Energy Systems«

c/o Fraunhofer UMSICHT
 +49 208 8598-1195

christian.doetsch@rub.de

#8 Chemische Energiespeicher – Flipped Classroom

#8 Chemical Energy Storage – flipped classroom

Flipped Classroom #8 | Flipped Classroom #8



Ministerium für
 Kultur und Wissenschaft
 des Landes Nordrhein-Westfalen



Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz. Ausgenommen von der Lizenz sind die verwendeten Logos sowie alle anders gekennzeichneten Elemente. www.creativecommons.org/licences/by-sa/4.0



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License. All logos and explicitly marked elements used are excluded from this license. www.creativecommons.org/licences/by-sa/4.0



Aufgaben für die Gruppenarbeiten

Flipped Classroom #8 - „Break-Out Session“ mit Lösungen

Aufgabe 1:

Gegeben ist ein AEM Elektrolyse-Stack. Die gesamte Bildungsenthalpie ΔH wird elektrisch aufgebracht.

- Berechnen sie die notwendige Spannung [V] unter der Annahme, dass diese – zum Ausgleich aller Verluste 54% höher ist als die theoretische Spannung. [Standardbildungsenthalpie $\Delta H_{\text{H}_2}=286$ kJ/mol; $F=96485$ As/mol]
- Die Stromdichte ist $0,5$ A/cm², die aktive Zellfläche pro Zelle 20 cm x 30 cm. Wieviel Normkubikmeter Wasserstoffgas kann so pro Stunde und pro Zelle erzeugt werden? (Annahme: ideales Gasgesetz, d.h. 1 Mol Gas = $22,4$ L)
- Der Stack hat 16 Zellen. Wie viele Druckgasflaschen á 80 L und 30 bar sind notwendig um die Produktion von 24 h zu speichern? (vereinfachende Annahmen: ideales Gasgesetz, konstante Temperatur).
- Nehmen Sie an eine Wohnung benötigt pro Jahr 6025 kWh Wärme und 4015 kWh Strom. Sie haben eine Brennstoffzelle ($\eta_{\text{el}}=50\%$, $\eta_{\text{th}}=40\%$ sowie einen Wasserstoffkessel ($\eta_{\text{th}}=100\%$). Wie viele „durchschnittliche“ Tage könnten Sie mit diesem Gasvorrat auskommen?

Endergebnisse Aufgabe 1:

- $U_{\text{ideal}}=1,48$ V; $U_{\text{real}}= 2,279$ V
- $0,125$ Nm³/h
- 20 Flaschen (mit 80 L) notwendig
- Damit kann ein Haushalt im Mittel (!) ca. $4,84$ Tage (144 kWh/ $29,7$ kWh/tag) bzw. 4 Tage und 20 Stunden auskommen.

Flipped Classroom #8 - „Break-Out Session“

Lösungen

Aufgabe 2:

Gegeben ist ein PEM Elektrolyse-Stack. Die gesamte Bildungsenthalpie ΔH wird elektrisch aufgebracht.

- Berechnen sie die notwendige Spannung [V] unter der Annahme, dass diese – zum Ausgleich aller Verluste 43% höher ist als die theoretische Spannung. [Standardbildungsenthalpie $\Delta H_{\text{H}_2}=286$ kJ/mol; $F=96485$ As/mol]
- Welche Stromstärke ist notwendig, um $1,344$ Nm³ Wasserstoff pro Stunde zu erzeugen (Annahme: ideales Gasgesetz, d.h. 1 Mol Gas = 22,4 L)
- wie groß ist die aktive Zellfläche [m²] um die in b) genannte Wasserstoffmenge in einer (!) Zelle bei einer angenommenen Stromdichte von 1 A/cm² zu erzeugen?
- Nehmen sie an, der Stack hat 100 Zellen, wie hoch ist notwendige elektrische Leistung [kW], wie hoch ist dann der Wirkungsgrad?

Endergebnisse Aufgabe 2:

- $U_{\text{real}}=2,116$ V
- $I = 3217$ A
- $0,32$ m²
- Leistung = 680 kW
 $\eta= 59,3\%$

Flipped Classroom #8 - „Break-Out Session“ Lösungen

Aufgabe 3: „Tanken“ im Vergleich – Theoretisches Beispiel:

- a) mit welcher Leistung (kW) tankt ein normales Benzinauto (recherchieren Sie die Daten zur Berechnung) im Vergleich zu einem Wasserstoffauto (recherchieren Sie die Daten) im Vergleich zu einem Tesla Modell 3 (Drei Varianten: 250 kW Supercharger, 22 kW Starkstromsteckdose, 2,5 kW Haushaltssteckdose). Vergleichen Sie die Werte.
- b) ein „verrückter“ Erfinder schlägt vor eine VRFB im Auto einzusetzen, welche „Tankleistung“ ergäbe sich hier, wenn der Volumenstrom genauso hoch wie bei Benzin wäre. Warum ist es trotzdem eine „verrückte“ Idee?
- c) Berechne aus der Tankleistung aus a) die „Kilometertankleistung“ [km/min] durch Berücksichtigung der Antriebseffizienz (recherchieren Sie die fehlenden Werte). Elektroauto NUR Supercharger. Vergleichen Sie die Werte.

Endergebnisse Aufgabe 3:

a) Benzin: 15.600 kW; (Faktor 10 größer als bei Wasserstoff)

Wasserstoff: 2000 kW; (Faktor 10 größer als beim Supercharger beim Elektroauto.)

Elektro: max 250 kW; (10 mal größer als beim Laden mit Starkstrom bzw. 10 mal größer als beim Laden mit Haushaltsstrom (2,5 kW))








b) Tankleistung: 39 kW; → „normalen Tankfüllung“ (ca. 50 L) nur 1,25 kWh

c) Benzin: ca. 340 km/min;

Wasserstoff: 100 km/min;

Elektroauto (ideal Supercharger): 21 km/min

Noch Fragen ?

†CC-Lizenzen	Bezeichnung	Version	Link zum Lizenz-/Vertragstext
	CC0 Bedingungslose Lizenz	Vers. 1.0	https://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/legalcode
	CC-BY Attribution (Namensnennung)	Vers. 4.0 Vers. 3.0 Vers. 2.0 Vers. 1.0	http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/legalcode http://creativecommons.org/licenses/by/2.0/legalcode http://creativecommons.org/licenses/by/1.0/legalcode
	CC-BY-SA Attribution Share Alike (Namensnennung-Weitergabe unter gleichen Bedingungen)	Vers. 4.0 Vers. 3.0 Vers. 2.0 Vers. 1.0	http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/legalcode http://creativecommons.org/licenses/by-sa/1.0/legalcode
	CC-BY-ND Attribution No Derivatives (Namensnennung-Keine Bearbeitung)	Vers. 4.0 Vers. 3.0 Vers. 2.0 Vers. 1.0	http://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/legalcode http://creativecommons.org/licenses/by-nd/3.0/legalcode http://creativecommons.org/licenses/by-nd/2.0/legalcode http://creativecommons.org/licenses/by-nd/1.0/legalcode
	CC-BY-NC Attribution Non Commercial (Namensnennung-Nicht kommerziell)	Vers. 4.0 Vers. 3.0 Vers. 2.0 Vers. 1.0	http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/legalcode http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/legalcode http://creativecommons.org/licenses/by-nc/1.0/legalcode
	CC-BY-NC-SA Attribution Non Commercial Share Alike (Namensnennung-Nicht kommerziell-Weitergabe unter gleichen Bedingungen)	Vers. 4.0 Vers. 3.0 Vers. 2.0 Vers. 1.0	http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/legalcode http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/legalcode http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/legalcode http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/1.0/legalcode
	CC-BY-NC-ND Attribution Non Commercial No Derivatives (Namensnennung-Nicht kommerziell-Keine Bearbeitung)	Vers. 4.0 Vers. 3.0 Vers. 2.0 Vers. 1.0	http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/legalcode http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/legalcode http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/1.0/legalcode

Prof. Dr. Christian Doetsch

Lehrstuhl »Cross Energy Systems«

c/o Fraunhofer UMSICHT
+49 208 8598-1195

christian.doetsch@rub.de




Ein Kooperationsvorhaben empfohlen durch die:



INNOVATION DURCH KOOPERATION

Gefördert durch:

Ministry of Culture and Science
of the State of
North Rhine-Westphalia



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.
All logos and explicitly marked elements used are excluded from this license. www.creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0