

**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

**2. Mechanische Energiespeicher – Flipped Classroom**

**2. Mechanical Energy Storage – flipped classroom**

**Flipped Classroom #2 | Flipped Classroom #2**



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](http://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](http://www.creativecommons.org/licences/by-sa/4.0)



# Aufgaben für die Gruppenarbeiten

## Flipped Classroom #2 - „Break-Out Session“ mit Lösungen

**Aufgabe 1:** In einem Tiny-House möchten Sie gerne eine Notbeleuchtung mit  $2 \times 0,5$  Watt LED Beleuchtung für 4 h mit Strom versorgen. Nehmen Sie an sie hätten zwei schwere Steine, die von der Decke jeweils über einen Faden und einen Dynamo (pro Lampe) zu Boden sinken. Annahme: Raum- bzw. Haushöhe 2 bzw. 2,5 m, Turbinen- bzw. Dynamo-Wirkungsgrad 75%

- Wie schwer [kg] müsste jeweils ein Stein sein um die Energie bereitzustellen?
- Alternativ stellen sie ein Kinderplanschbecken auf das Haus und lassen dort Wasser durch eine Miniturbine laufen. Wie groß [ $m^3$ ] müsste das Kinderplanschbecken sein?
- wie könnte man (theoretisch!) mit weniger Volumen bei b) auskommen?

### **Aufgabe 1:**

- $m=489$  kg pro Stein.
- $m= 783$  kg bzw.  $0,78$   $m^3$ ;
- Einsatz von Quecksilber – aber natürlich giftig, gefährlich etc. KEINE GUTE IDEE.

## Flipped Classroom #2 - „Break-Out Session“ mit Lösungen

### Aufgabe 2:

- a) Es wird vorgeschlagen, ein Schwungrad als zusätzlichen Energiespeicher in einem PKW einzubauen. Berechnen sie die Energie [kWh], die sich maximal in einem scheibenförmigen Schwungrad aus Stahl (Dichte =  $8 \text{ g/cm}^3$ ) mit Radius  $r=0,2 \text{ m}$  und Dicke  $h=0,2 \text{ m}$  speichern lässt, wenn die Umfangsgeschwindigkeit den Wert  $v= 300 \text{ m/s}$  nicht überschreiten soll und das Schwungrad bis zum Stillstand kommen darf.
- b) Wie hoch wäre die Nutzbare Energie [kWh], wenn die Mindestwinkelgeschwindigkeit  $200 \text{ rad s}^{-1}$  beträgt.
- c) Wie hoch wäre die Umfangsgeschwindigkeit [m/s] bei Bsp. a) und einem SOC (Ladezustand) von 50%?

### Aufgabe 2:

- a) *1,256 kWh (4,52 MJ);*
- b) *1,23 kWh (4,44 MJ);*
- c) *212 m/s*

## Flipped Classroom #2 - „Break-Out Session“ mit Lösungen








**Aufgabe 3:** Ein A-CAES (Motor-Getriebe-Verdichter; Turbine-Getriebe-Generator) mit isobarem Druckspeicher verdichtet trockene Luft von 1,013 bar / 15°C ( $h=15,1$  kJ/kg) auf 50,663 bar und 670,5 °C ( $h=712,1$  kJ/kg); später wird die Luft durch eine Turbine bei gleichen Drücken entspannt, die Temperatur sinkt von 610,5 °C ( $h=644,3$  kJ/kg) auf 94,5 °C ( $h=95,4$  kJ/kg). Wirkungsgrade: Verdichter 0,85; Turbine 0,89; Getriebe 0,95; Motor bzw. Generator 0,98

- Welche elektrische Einspeicherleistung [kW] wird benötigt bei einem Luftmassenstrom von 80,14 kg/s?
- Wie lang [h] könnte ausgespeichert werden bei 20,47 MW elektrischer Ausspeicherleistung, wenn vorher 2 h eingespeichert wurde?

### Aufgabe 3:

- Einspeicherleistung: 60 MW*
- 14.400 s = 4 h*

**Noch Fragen ?**

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

**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](http://www.creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0)