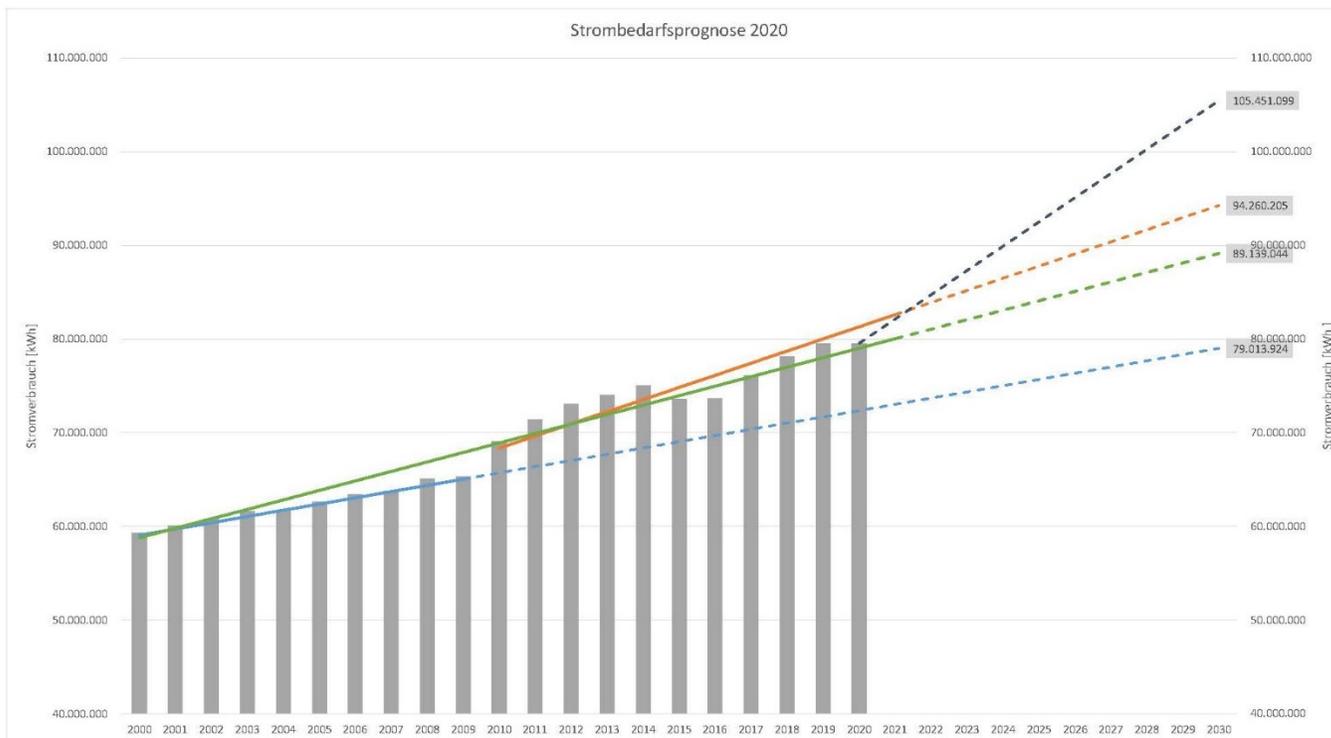


Aufgaben für die Gruppenarbeiten

Energiebedarf der RUB



Im Jahr 2021:

- 83 Mio. kWh Strom verbraucht
→ ca. 227.400 kWh pro Tag
- 112 Mio. kWh Wärmeenergie verbraucht
→ ca. 306.850 kWh pro Tag

Notstromversorgung in Deutschland:

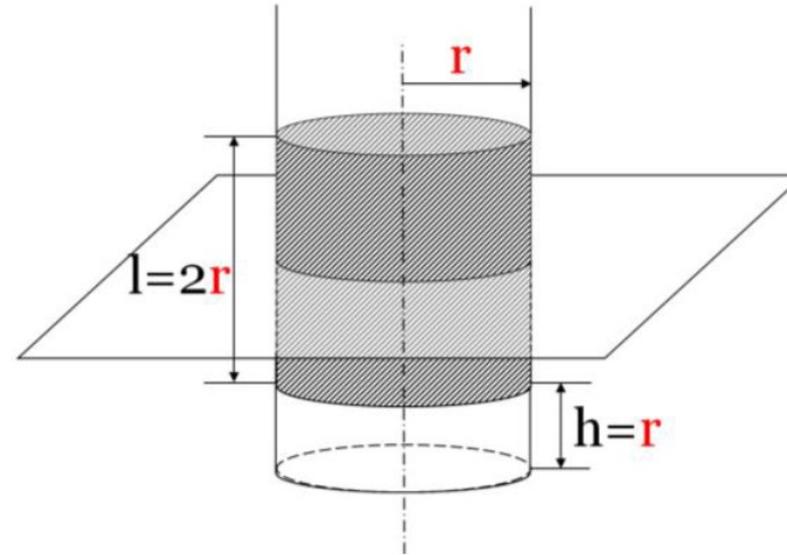
- Vom BBK sind 72 h empfohlen
- Üblicherweise 24 h gefordert (z. B. in Krankenhäusern)

Flipped Classroom #10 - „Break-Out Session“

Aufgaben



Quelle: Prof. Dr. Eduard Heindl, Hochschule Furtwangen



Zeitplanung (20 - 25 min)

1. Machen Sie sich kurz untereinander bekannt
2. Recherchieren Sie die notwendigen Informationen (0 - 5 min)
3. Diskutieren sie die Fragen (Rechnen Sie) und finden Sie gemeinsam die Antworten (10 - 15 min)
4. Verschriftlichen Sie ihr Ergebnis kurz und bestimmen Sie jemanden, der die Ergebnisse vorstellt (5 min)

Aufgabe 1:

Gegeben ist ein Lageenergiespeicher (wie in den Abbildungen dargestellt), bei dem eine zylinderförmige Gesteinsmasse aus Granit durch das Einpumpen von Wasser maximal um die Höhe h angehoben wird und somit potentielle Energie aufnimmt. Zum Abgeben der Energie wird das unter Druck stehende Wasser wieder zur Oberfläche und über Turbinengeneratoren abgeleitet, der Gesteinszylinder sinkt dabei bis zum Boden des „Speichertanks“ und schließt an der Oberfläche bündig ab. (Stoffwerte über Internet-Recherche)

- a) Welchen Radius r muss der Gesteinszylinder aufweisen, um die Stromversorgung der RUB für 24 Stunden sicherstellen zu können? (vernachlässigen Sie Pump- bzw. Turbinenwirkungsgrade bzw. nehmen sie 100% an) (TIPP: Denken Sie auch an das Wasser!)
- b) Welche Proportionalität besteht zwischen Speichervermögen und dem Radius des Gesteinszylinders r und wie groß müsste dementsprechend der Radius des Gesteinszylinders sein, um die RUB, wie vom BBK empfohlen, für 72 Stunden mit Strom versorgen zu können?
- c) Was spricht für den Einsatz eines Lageenergiespeichers auf dem Gelände der RUB, was dagegen?

Flipped Classroom #10 - „Break-Out Session“ mit Lösungen

Aufgabe 1:

Gegeben ist ein Lageenergiespeicher (wie in den Abbildungen dargestellt), bei dem eine zylinderförmige Gesteinsmasse aus Granit durch das Einpumpen von Wasser maximal um die Höhe h angehoben wird und somit potentielle Energie aufnimmt. Zum Abgeben der Energie wird das unter Druck stehende Wasser wieder zur Oberfläche und über Turbinengeneratoren abgeleitet, der Gesteinszylinder sinkt dabei bis zum Boden des „Speichertanks“ und schließt an der Oberfläche bündig ab. (Stoffwerte über Internet-Recherche)

a) Welchen Radius r muss der Gesteinszylinder aufweisen, um die Stromversorgung der RUB für 24 Stunden sicherstellen zu können?

(vernachlässigen Sie Pump- bzw. Turbinenwirkungsgrade bzw. nehmen sie 100% an) (TIPP: Denken Sie auch an das Wasser!)

b) Welche Proportionalität besteht zwischen Speichervermögen und dem Radius des Gesteinszylinders r und wie groß müsste dementsprechend der Radius des Gesteinszylinders sein, um die RUB, wie vom BBK empfohlen, für 72 Stunden mit Strom versorgen zu können?

c) Was spricht für den Einsatz eines Lageenergiespeichers auf dem Gelände der RUB, was dagegen?

Endergebnisse Aufgabe 1:

$$(\rho_{\text{Granit}} = 2.700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}), (\rho_{\text{Wasser}} = 997 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})$$

a) $r = 51,07 \text{ m}$

b) $E \sim r^4; r_{72 \text{ h}} = 67,21 \text{ m}$

c) + Materialien mit geringer Kritikalität, vergleichsweise geringer Oberflächenbedarf für hohe Speicherkapazität

- Für den Ausschnitt des Gesteinszylinders benötigt man einen festen felsigen Untergrund, im Idealfall Granit (häufigstes Gestein der Erdkruste, aber in Deutschland vor allem im Schwarzwald, Bayrischen Wald und Harz zu finden). Somit ist ein Lageenergiespeicher dieser Art keineswegs so topographisch unabhängig wie andere Energiespeicher. Unter der RUB findet man z. B. in Wechselfolge Tonstein, Sandstein und Steinkohleflöze → Nicht geeignet für solche Lageenergiespeicher

Zeitplanung (20 - 25 min)

1. Machen Sie sich kurz untereinander bekannt
2. Recherchieren Sie die notwendigen Informationen (0 - 5 min)
3. Diskutieren sie die Fragen (Rechnen Sie) und finden Sie gemeinsam die Antworten (10 - 15 min)
4. Verschriftlichen Sie ihr Ergebnis kurz und bestimmen Sie jemanden, der die Ergebnisse vorstellt (5 min)

Flipped Classroom #10 - „Break-Out Session“ mit Lösungen

Aufgabe 2:

Das Wasserreservoir, des in Aufgabe 1 beschriebenen Lageenergiespeichers, soll zusätzlich als Wärmespeicher für die RUB zwischen 20 °C und 40 °C betrieben werden soll ($\Delta T = 20 K$). Die Wärmeströme werden jeweils über einen Wärmetauscher an der Oberfläche in den Speicher ein- bzw. ausgespeichert. Für die Auslegung soll der in Aufgabe 1 a) errechnete Radius des Gesteinszylinders für eine 24-stündige Notstromversorgung dienen ($r = 51,07 m$). (Stoffwerte siehe Vorlesung bzw. Internet-Recherche) – der elektrische Speicher bleibt im vollgeladenen Zustand, d. h. der Gesteinsblock behält seine maximale Höhe)

a) Wie lange könnte die RUB aus diesem Speicher mit Wärme versorgt werden, wenn Verluste vernachlässigt werden?

b) Wie viel Energie verliert der Wärmespeicher pro Tag, wenn um das gespeicherte Wasser in alle Richtungen eine $s = 0,5 m$ dicke Dämmschicht aus Blähton besteht und die Bodentemperatur 6 °C beträgt? $Q_{Verlust} = t \cdot \frac{\lambda}{s} \cdot \Delta T \cdot A_{Zylinder}$ (idealisierte Annahme: Wassertemperatur und Bodentemperatur sind für einen Tag vereinfacht gesehen als konstant anzusehen. – ist die erste Annahme gerechtfertigt?)

Endergebnisse Aufgabe 2:

a) $Q = 9.705 MWh \rightarrow$ ca. 1 Monat Wärme für die RUB

b) $Q_{Verlust, 24 h} = 9.628,45 kWh \rightarrow$ ca. 0,1 % Verlust in 24 h

Zeitplanung jeweils (20 - 25 min)

1. Machen Sie sich kurz untereinander bekannt
2. Recherchieren Sie die notwendigen Informationen (0 - 5 min)
3. Diskutieren sie die Fragen (Rechnen Sie) und finden Sie gemeinsam die Antworten (10 - 15 min)
4. Verschriftlichen Sie ihr Ergebnis kurz und bestimmen Sie jemanden, der die Ergebnisse vorstellt (5 min)

Flipped Classroom #10 - „Break-Out Session“ Aufgaben

Aufgabe 3:

Anstatt dem Gesteinszylinder, des in Aufgabe 1 beschriebenen Lageenergiespeichers, durch das Anheben mit Wasser oder Elektrolyt eine höhere potentielle Energie zu geben, soll er in einer weiteren Option als Schwungradspeicher genutzt werden. (Stoffwerte über Internet-Recherche)

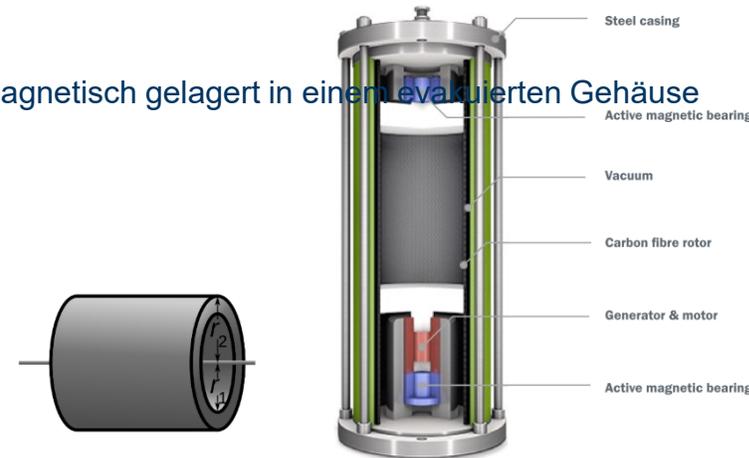
- a) Welche Drehzahl bräuchte ein solcher Gesteinszylinder, um die RUB für 24 Stunden mit Strom zu versorgen, wenn der Radius exakt 50 m beträgt? (Annahme Drehzahl kann bis zum Stillstand in elektrische Energie verlustfrei umgewandelt werden.)
- b) Aus welchen Gründen wird bei Schwungradspeichern häufiger auf GFK und CFK zurückgegriffen?

Endergebnisse Aufgabe 3:

a)

Masse Zylinder $m = 2,12 \cdot 10^9 \text{ kg}$; $\omega = 0,786 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$; Drehzahl $n = 0,1252 \text{ s}^{-1}$ bzw. $7,506 \text{ min}^{-1}$

b) um den Fliehkräften standhalten zu können. leichte Zylinder können energieärmer magnetisch gelagert in einem evakuierten Gehäuse betrieben werden.



Zeitplanung jeweils (20 - 25 min)

1. Machen Sie sich kurz untereinander bekannt
2. Recherchieren Sie die notwendigen Informationen (0 - 5 min)
3. Diskutieren sie die Fragen (Rechnen Sie) und finden Sie gemeinsam die Antworten (10 - 15 min)
4. Verschriftlichen Sie ihr Ergebnis kurz und bestimmen Sie jemanden, der die Ergebnisse vorstellt (5 min)

¹ Wolfgang Demtröder: Experimentalphysik 1: Mechanik und Wärme. Gabler Wissenschaftsverlage, 2008, ISBN 978-3-540-79294-9, S. 147

Quelle: Stornetic GmbH

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

ORCA.nrw



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