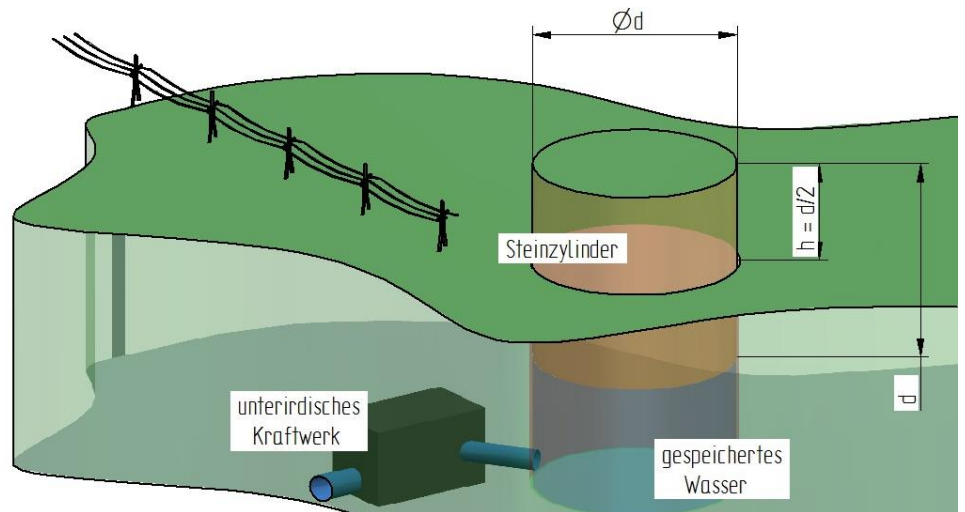


Zur Speicherung zeitweiliger Überschüssen von Solar- und Windstrom gibt es die Idee, Lageenergiespeicher zu bauen, bei denen sich große Steinzyylinder als Speichermasse auf- und ab bewegen.

1. Erläutere zwei Gründe, warum auf einer bestimmten Landfläche (z.B. 500 m x 500 m) in einem solchen Steinspeicher deutlich mehr Energie gespeichert werden kann als in einem Pumpspeichersee.

2. Erkläre, warum die Speicherung einer bestimmten Energiemenge bei solchen Lageenergiespeichern dramatisch billiger wird, wenn das Maß d größer wird?



Grafik: Josef Foglszinger

3. Ergänze die folgende Tabelle. (7 möglich - 6 verlangt)

Energieart	Fachbegriff	üblich verwendete Einheit
Bewegungsenergie	kinetische Energie	$\text{kg}^{\text{m}^2}/\text{s}^2$
Lageenergie	potentielle Energie	NM
Federenergie	potentielle E.	Nm
Wärmeenergie	thermische E	J
XXXXXXXXXX	elektrische E.	Ws

Bei einem Lageenergiespeicher würden im dazugehörigen Kraftwerk mehrere große Turbinen und Generatoren zum Einsatz kommen. Für die Wartung und Reparatur eines Francis-Turbinen-Laufrades ($d = 12 \text{ m}$, $h = 6 \text{ m}$, $m = 271 \text{ Tonnen}$) musste dieses aus dem Turbinenschacht heraus um 23 m hochgehoben werden.

4. Berechne für das Hochheben des Turbinenlaufrades (Daten siehe oben) die zugeführte Lageenergie W_L auf 0,1 MNm genau. (~60 MNm)

5. Da in dem Kraftwerk weitere Turbinen laufen ist immer genügend Strom zum Betrieb des fest eingebauten Hallenkranes da. Wieviel kWh an elektrischer Energie verbraucht dieser beim Hochheben des Turbinenlaufrades, wenn durch Verluste im Motor, Reibung in den Seilrollen usw. 46 Prozent der eingesetzten Energie verlorengeht? Berechne auf ganze kWh genau. (~ 30 kWh)

(Jede Aufgabe 6 P → 30 P)

Aufg.1:

- die Dichte des Speichermediums Granit ist mehrfach höher als von Wasser
- die Höhe des „Speicherkörpers“ ist sehr viel höher als die übliche Tiefe eines Speichersees.
Damit hat man deutlich mehr aktives Speichervolumen

6BG	Klasse 10	Klassenarbeit Energieumwandlung A	Technik
-----	-----------	-----------------------------------	---------

Aufg.2:

In die Berechnung der Lageenergie fließt das Maß d über die Zylinderfläche (d^2), Zylinderhöhe (d) und die Hubhöhe ($d/2$) in der vierten Potenz ein. Damit wird bei Verdoppelung von d die speicherbare Energie versechzehnfacht.

Kosten entstehen überwiegend durch Bearbeitung von Flächen (Stirnfläche und Mantelfäche des Zylinders. Diese hängen quadratisch von d ab, steigen also bei Verdoppelung nur 4-fach. Die spezifischen Speicherkosten sinken also bei Verdoppelung von d um den Faktor 4.

Aufg.4:

Geg.: $m = 271 \text{ t} = 271000 \text{ kg}$
 $h = 23 \text{ m}$

Ges.: Lageenergie W_L

$$W_L = m \times g \times h = 271000 \text{ kg} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 22 \text{ m} = 61,1 \text{ MNm.}$$

Aufg.5:

Geg.: W_L
 Verluste = 46 % $\rightarrow \eta = 54 \%$

Ges.: el. Energie W_{el}

$$W_{el} = W_L / \eta = 61,1 \text{ MWs} / 0,57 = 113,1 \text{ MWs} = 31,4 \text{ kWh} = 31 \text{ kWh}$$