



- 3) Der Höhenunterschied der beiden Seen beträgt 200 m. Gehe davon aus, dass  $\frac{1}{4}$  der Energie bei der Turbine in Wärme umgewandelt wird. Berechne die maximale elektrische Energie, die das Walchenseekraftwerk pro Tag liefern kann. *Tipp: Wenn du nicht mehr weißt wie man das Volumen des Wassers in die Masse umwandelt oder wie man die Einheit J (Joule) in die Einheit kWh (Kilowattstunde) umwandelt, dann sieh dir die Hilfekarte 1 an.*

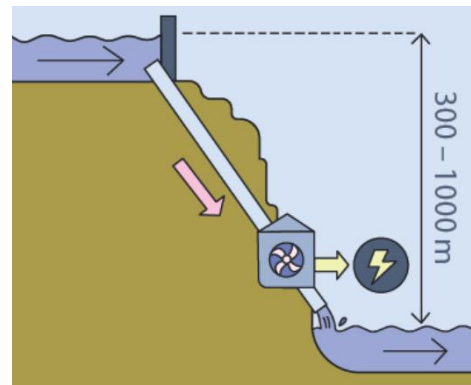
- 4) In der Realität produziert das Kraftwerk eine elektrische Energiemenge von ca.  $300 \cdot 10^6 \text{ kWh}$  pro Jahr. Vergleiche den in Aufgabe 3 berechneten Wert mit dem tatsächlichen Wert. Begründe diesen Unterschied.

**Hilfekarte:**

$$1 \text{ J} = 1 \text{ Ws} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ kW s} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ kW} \cdot \frac{1}{60 \cdot 60} \text{ h} = 2,78 \cdot 10^{-7} \text{ kWh}$$

Berechnung der Masse von Wasser:  $1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ dm}^3 = 1000 \text{ l} \triangleq 1000 \text{ kg} = 1 \cdot 10^3 \text{ kg} = 1 \text{ t}$

# Energiegewinnung in einem Wasserkraftwerk – *Lösungen*



1) Hier siehst du die schematische Abbildung eines Wasserkraftwerks.

a) Formuliere den Verwendungszweck und die Funktionsweise eines solchen Kraftwerks.

*Das Ziel eines Kraftwerks ist es, Energie in elektrischer Energieform bereitzustellen.*

*Beim Speicherwasserkraftwerk wird Wasser in einem höher gelegenen See erst gestaut und bei Bedarf über Fallrohre in einen tiefer gelegenen See abgelassen. Dabei werden Turbinen und Generatoren angetrieben.*

b) Nenne alle auftretenden Energieumwandlungen.

*Umwandlung von Lageenergie (Wasser in einem höher gelegenen See) in kinetische Energie (Wassers in den Fallröhren).*

*→ Umwandlung in kinetische Energie von Turbine und Generator*

*→ Umwandlung in elektrische Energie*

*(zusätzliche Umwandlung in Wärmeenergie bei jedem Umwandlungsprozess)*

2) Im Walchensee befinden sich  $13 \cdot 10^8 \text{ m}^3$  Wasser. Von dort rauschen pro Tag  $7,3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  durch die Turbinen in den Kochelsee. Dieser hat ein Wasservolumen von  $184 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ .

a) Schreibe alle gegebenen Größen raus und unterstreiche diejenigen, die du davon für die Berechnung der potenziellen Energie (Lageenergie) benötigst.

$V_{\text{See oben}} = 13 \cdot 10^8 \text{ m}^3$

$g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$

$V_{\text{Turbinen}} = 7,3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

$V_{\text{See unten}} = 184 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ .

*Die Angaben der Wassermengen in den Seen sind unwichtig. Wichtig ist die Wassermenge, die durch die Turbinen fließt (Masse des Wassers).*



b) Erkläre, warum die Angaben nicht ausreichen, um die Energie zu berechnen.

*Es fehlt der Höhenunterschied  $h$  zwischen den Seen:  $E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$ .*

- 3) Der Höhenunterschied der beiden Seen beträgt 200 m. Gehe davon aus, dass  $\frac{1}{4}$  der Energie bei der Turbine in Wärme umgewandelt wird. Berechne die maximale elektrische Energie, die das Walchenseekraftwerk pro Tag liefern kann. *Tipp: Wenn du nicht mehr weißt wie man das Volumen des Wassers in die Masse umwandelt oder wie man die Einheit J (Joule) in die Einheit kWh (Kilowattstunde) umwandelt, dann sieh dir die Hilfekarte 1 an.*

$$\text{geg.: } V_{\text{Turbinen}} = 7,3 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \rightarrow m_{\text{Wasser}} = 7,3 \cdot 10^9 \text{ kg}; \quad h = 200 \text{ m}; \quad g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

$$\text{ges.: } E_{\text{pot}}$$

$$\text{Lsg.: } E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$$

$$E_{\text{pot}} = 7,3 \cdot 10^9 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 200 \text{ m}$$

$$E_{\text{pot}} = 1,4 \cdot 10^{13} \text{ J} = 4,0 \cdot 10^6 \text{ kWh}$$

$$\frac{1}{4} \text{ davon: } W_{\text{th}} = 1,0 \cdot 10^6 \text{ kWh}$$

$$E_{\text{el}} = E_{\text{pot}} - W_{\text{th}} = 4,0 \cdot 10^6 \text{ kWh} - 1,0 \cdot 10^6 \text{ kWh} = \mathbf{3,0 \cdot 10^6 \text{ kWh}}$$

$$\text{Alternative über } \eta = 1 - \frac{1}{4} = \frac{3}{4} = 0,75 :$$

$$E_{\text{el}} = 0,75 \cdot E_{\text{pot}} = 0,75 \cdot 4,0 \cdot 10^6 \text{ kWh} = 3,0 \cdot 10^6 \text{ kWh}$$

- 4) In der Realität produziert das Kraftwerk eine elektrische Energiemenge von ca.  $300 \cdot 10^6 \text{ kWh}$  pro Jahr. Ermittle daraus die elektrische Energiemenge pro Tag und vergleiche diesen Wert mit dem in Aufgabe 3 berechneten Wert. Begründe diesen Unterschied.

$$E_{\text{el pro Tag}} = 300 \cdot 10^6 \text{ kWh} : 365 = 822 \cdot 10^3 \text{ kWh} = 0,822 \cdot 10^6 \text{ kWh} \ll 3,0 \cdot 10^6 \text{ kWh}$$

*Der maximal mögliche Ertrag ist ca. viermal so groß wie der tatsächliche.*

*Das Wasserkraftwerk ist ein **Bedarfskraftwerk** und arbeitet nicht das ganze Jahr unter voller Last.*

*Die Wassermenge, die durch die Turbinen fließt, ist zudem beschränkt, um das Ökosystem nicht zu beeinträchtigen. Das Kraftwerk wird kritisiert, weil es den natürlichen Lauf der Isar verhindert.*

*Dadurch werden Tiere und Pflanzen verdrängt und die Isar erhält einen niedrigeren Wasserstand.*

Die Volumenangaben der Seen sind diesem Dokument entnommen:

[https://www-docs.b-tu.de/fg-gewaesserschutz/public/projekte/uba\\_2/11\\_bayern.pdf](https://www-docs.b-tu.de/fg-gewaesserschutz/public/projekte/uba_2/11_bayern.pdf)

- Maximale Durchflussmenge  $84 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 84 \cdot 24 \cdot 3600 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} = 7,3 \cdot 10^6 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} = 7,3 \cdot 10^9 \frac{\text{l}^3}{\text{d}}$

Diese Angabe findet sich in der Broschüre zum Walchensee unter

[www.uniper.energy/sites/default/files/2022-08/Brosch%C3%BCre%20Kraftwerk%20Walchensee.pdf](http://www.uniper.energy/sites/default/files/2022-08/Brosch%C3%BCre%20Kraftwerk%20Walchensee.pdf)

des Energieversorgers Uniper, die sehr schöne Bilder für den Unterricht liefert.

- Die Ertragsmenge entstammt auch der Betreiberbroschüre. Die Höhenangabe und die Rohrlänge stammen von Wikipedia.