

# Physik \* Jahrgangsstufe 10 \* Energieübertragung

## 1. Energietransport mit Hilfe der Hochspannungstechnik

Ein Kraftwerk liefert eine Leistung von 120 MW.

Diese Leistung soll an eine Stadt übertragen werden. Dafür steht eine Überlandleitung mit einem ohmschen Widerstand von  $5,0 \Omega$  (einfacher Weg) zur Verfügung.

- Wie groß ist der Leistungsverlust bei der Übertragung, wenn man auf 220 kV (bzw. 110 kV) hoch transformiert?
- Welchen ohmschen Widerstand dürfte die Überlandleitung höchstens haben, wenn der Leistungsverlust bei einer 220 kV- Übertragung höchstens 1,0% betragen soll?

## 2. Walchenseekraftwerk

Das Walchenseekraftwerk ist eines der größten Speicherkraftwerk in Deutschland, das bei plötzlichem Bedarf von elektrischer Energie in wenigen Minuten seine Leistung von 124 MW an das elektrische Netz abgeben kann.

Seit 1924 wird der Höhenunterschied von 200m zwischen Walchen- und Kochelsee zur Stromerzeugung genutzt.

Das Wasser aus dem Speicher Walchensee wird über 8 Turbinen in den Kochelsee geleitet.

Der Wirkungsgrad von Wasserkraftwerken liegt in der Regel bei 85 bis 90%. Für das Walchenseekraftwerk soll im Folgenden mit einem Wirkungsgrad von 90% gerechnet werden.



- Wie viele Kubikmeter Wasser müssen pro Sekunde durch die 8 Turbinen fließen, wenn das Kraftwerk seine Spitzenleistung abgeben soll?
- Die vom Kraftwerk abgegebene Leistung wird über eine 70km lange 110 kV- Überlandleitung nach München übertragen. Die verwendeten Kabel haben einen elektrischen Widerstand von je  $1,8 \Omega$ .  
Berechnen Sie den Leistungsverlust bei der Übertragung!
- Welchen elektrischen Widerstand dürfte ein Kabel höchstens haben, wenn bei einer Übertragung mit 20 kV der Leistungsverlust höchstens 5,0 % betragen soll?  
Welchen Durchmesser müsste das Kabel damit mindestens haben, wenn der spez. Widerstand des Kabelmaterials (überwiegend Aluminium)  $0,029 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$  beträgt?
- Im Jahr liefert das Walchenseekraftwerk ca. 320 Millionen kWh.  
Wie viele Stunden am Tag "arbeitet" das Walchenseekraftwerk durchschnittlich?

# Physik \* Jahrgangsstufe 10 \* Energieübertragung \* Lösung

## Aufgabe 1

a) Für  $U_{\ddot{U}} = 220 \text{ kV}$ :

$$P_{\text{el}} = U_{\ddot{U}} \cdot I_{\text{Leitung}} \quad \text{d.h.} \quad I_{\text{Leitung}} = \frac{P_{\text{el}}}{U_{\ddot{U}}} = \frac{120 \cdot 10^6 \text{ W}}{220 \cdot 10^3 \text{ V}} = 545 \text{ A} \quad \text{und}$$

$$P_{\text{Verlust}} = \Delta U_L \cdot I_L = R_L \cdot I_L^2 = 2 \cdot 5,0 \Omega \cdot (545 \text{ A})^2 = 3,0 \text{ MW} \hat{=} 2,5\% \text{ der Gesamtleistung}$$

$$\text{Für } U_{\ddot{U}} = 220 \text{ kV}: I_{\text{Leitung}} = 1,09 \text{ kA} \quad \text{und} \quad P_{\text{Verlust}} = 12 \text{ MW} \quad (\hat{=} 10\%)$$

$$\text{b) } P_{\text{Verlust}} = R_L \cdot (I_L)^2 \leq 1\% \cdot 120 \text{ MW} \Rightarrow R_{\text{Leitung}} \leq \frac{0,01 \cdot 120 \cdot 10^6 \text{ W}}{(545 \text{ A})^2} = 4,0 \Omega = 2 \cdot 2,0 \Omega$$

Pro Leitung (einfacher Weg) darf der elektr. Widerstand also höchstens  $2,0 \Omega$  betragen.

## Aufgabe 2

$$\text{a) } 124 \text{ MW} = \frac{124 \text{ MJ}}{1 \text{ s}} \quad \text{also} \quad 90\% \cdot m \cdot g \cdot h = 124 \text{ MJ} \Rightarrow$$

$$m = \frac{124 \cdot 10^6 \text{ J}}{0,90 \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 200 \text{ m}} = 70223 \text{ kg} = 70,2 \text{ t} \hat{=} 70,2 \text{ m}^3$$

$$\text{b) } P_{\text{el}} = U_{\ddot{U}} \cdot I_{\text{Leitung}} \quad \text{d.h.} \quad I_{\text{Leitung}} = \frac{P_{\text{el}}}{U_{\ddot{U}}} = \frac{124 \cdot 10^6 \text{ W}}{110 \cdot 10^3 \text{ V}} = 1127 \text{ A} \quad \text{und}$$

$$\frac{P_{\text{Verlust}}}{P_{\text{ges}}} = \frac{\Delta U_L \cdot I_L}{P_{\text{ges}}} = \frac{R_L \cdot I_L^2}{P_{\text{ges}}} = \frac{2 \cdot 1,8 \Omega \cdot (1127 \text{ A})^2}{124 \cdot 10^6 \text{ W}} = 0,0368 \dots = 3,7\%$$

$$\text{c) } I_{\text{Leitung}} = \frac{P_{\text{el}}}{20 \text{ kV}} = \frac{124 \cdot 10^6 \text{ W}}{20 \cdot 10^3 \text{ V}} = 6,2 \text{ kA}$$

$$P_{\text{Verlust}} = R_L \cdot (I_L)^2 \leq 5\% \cdot 124 \text{ MW} \Rightarrow R_{\text{Leitung}} \leq \frac{0,05 \cdot 124 \cdot 10^6 \text{ W}}{(6200 \text{ A})^2} = 0,16 \Omega = 2 \cdot 0,080 \Omega$$

$$0,080 \Omega \geq R_{\text{Leitung}} = 0,029 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot \frac{70 \text{ km}}{\text{A}} \Rightarrow$$

$$A \geq 0,029 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot \frac{70 \text{ km}}{0,080 \Omega} = 25375 \text{ mm}^2 \approx 254 \text{ cm}^2 \quad \text{wegen } A = r^2 \cdot \pi \Rightarrow$$

$$r \geq \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{254}{\pi}} \text{ cm} \approx 9,0 \text{ cm} \quad \text{also} \quad d = 2r \geq 18 \text{ cm}$$

$$\text{e) } 320 \cdot 10^6 \text{ kWh} = 365 \cdot x \cdot 124 \text{ MW} \Rightarrow x = \frac{320 \cdot 10^6 \text{ kWh}}{365 \cdot 124000 \text{ kW}} = 7,1 \text{ h}$$