

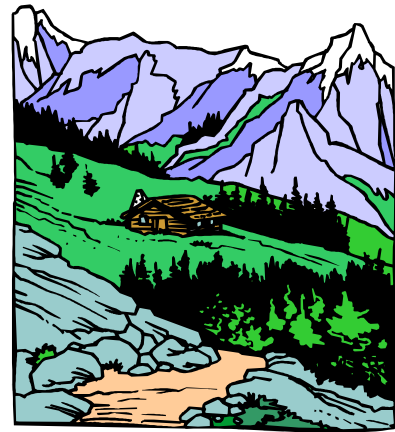
Physik * Jahrgangsstufe 10 * Das „Berghüttenproblem“

Ein Berghütte hat keinen Netzanschluss.

Der Hüttenwirt, der eine 100W Glühbirne anschließen will, hat folgende Idee:

Vom nächstgelegene Netzanschluss mit 230 V in 10 km Entfernung von der Hütte will er mit einem zweiadrigen Stahlkabel die Stromversorgung der Glühlampe sicherstellen.

Vorsichtigerweise wählt er für das Stahlkabel einen recht großen Querschnitt von $2,0 \text{ mm}^2$.



Wie beurteilen Sie die Idee des Hüttenwirtes?

Welche Alternativvorschläge erscheinen Ihnen sinnvoll?

Angaben zu Stahl: $\rho_{\text{Stahl}} = 0,13 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ und $\rho_{\text{Stahl}} = 7,9 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

Aufgabe zur elektrischen Energieübertragung

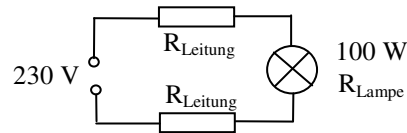
Über eine elektrische Doppel-Leitung mit dem Widerstand von 2,0 Ohm (je Kabel) soll eine elektrische Leistung von 10 kW übertragen werden.

- Welche Stromstärke muss dazu in der Leitung fließen, wenn die die Übertragung bei einer Spannung von $U_1 = 230 \text{ V}$ bzw. $U_2 = 1,0 \text{ kV}$ erfolgen soll?
- Welcher Spannungsabfall tritt in den beiden unterschiedlichen Fällen aus a) an der Leitung auf?
Wie groß ist demnach die Verlustleistung jeweils? Was bewirkt diese Verlustleistung?
- In Hochspannungsleitungen wird elektrische Energie bei Spannungen von 110 kV, 220 kV bzw. 380 kV übertragen.
Erklären Sie, warum man so hohe Spannungen zur Energieübertragung verwendet!



Lösungen zum Arbeitsblatt „Berghüttenproblem“

Ersatzschaltbild



$$R_{\text{Leitung}} = 0,13 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot \frac{d}{\text{A}} = 0,13 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot \frac{10 \text{ km}}{2,0 \text{ mm}^2} = 650 \Omega$$

$$R_{\text{Lampe}} = \frac{U}{I} = \frac{U^2}{I \cdot U} = \frac{U^2}{P_{\text{Lampe}}} = \frac{(230 \text{ V})^2}{100 \text{ W}} = 529 \Omega$$

$$R_{\text{ges}} = 2 \cdot R_{\text{Leitung}} + R_{\text{Lampe}} = 2 \cdot 650 \Omega + 529 \Omega = 1,83 \text{ k}\Omega$$

Spannungsabfall an der Lampe:

$$U_{\text{Lampe}} = \frac{R_{\text{Lampe}}}{R_{\text{ges}}} \cdot U = \frac{529}{1829} \cdot 230 \text{ V} = 67 \text{ V} \text{ , d.h. die Glühlampe wird nicht leuchten!}$$

Ca. 71% der elektrischen Leistung gehen als Wärme in der Leitung „verloren“!

Ein wesentlich größerer Querschnitt der Leitung ist wegen der Kosten nicht sinnvoll, denn bereits bei der vorliegenden Leitung beträgt die Stahlmasse

$$m_{\text{Stahl}} = \rho \cdot V = 7,9 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot 2 \cdot 10 \text{ km} \cdot 2,0 \text{ mm}^2 = 7,9 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot 2 \cdot 1000000 \text{ cm} \cdot 0,02 \text{ cm}^2 = 316 \text{ kg}$$

Sinnvolle Alternative:

Dieselmotor aufstellen oder mit Hilfe einer Solaranlage eine Batterie aufladen!

Aufgabe zur elektrischen Energieübertragung

a) Bei $U_1 = 230 \text{ V}$: $P = U \cdot I \Rightarrow I_1 = \frac{P}{U_1} = \frac{10 \text{ kW}}{230 \text{ V}} \approx 43,5 \text{ A}$

Bei $U_2 = 1,0 \text{ kV}$: $P = U \cdot I \Rightarrow I_2 = \frac{P}{U_2} = \frac{10 \text{ kW}}{1,0 \text{ kV}} = 10 \text{ A}$

b) Der Spannungsabfall an der Leitung beträgt dann jeweils:

Bei $U_1 = 230 \text{ V}$: $\Delta U_{\text{Leitung}} = R_{\text{Leitung, gesamt}} \cdot I_1 = 2 \cdot 2,0 \Omega \cdot 43,5 \text{ A} = 174 \text{ V}$, d.h.

Gesamtleistung $P_{\text{ges}} = U_1 \cdot I_1 = 10 \text{ kW}$; Verlustleistung $P_{\text{Verlust}} = \Delta U_{\text{Leitung}} \cdot I_1 \approx 7,6 \text{ kW}$;

Nutzleistung $P_{\text{Nutz}} = (U_1 - \Delta U_{\text{Leitung}}) \cdot I_1 = 56 \text{ V} \cdot I_1 \approx 2,4 \text{ kW}$

$$\frac{174}{230} = 0,756... \approx 76\% \text{ der elektrischen Leistung von } 10 \text{ kW} \text{ gehen in der Leitung als}$$

Wärme verloren!

Bei $U_2 = 1,0 \text{ kV}$: $\Delta U_{\text{Leitung}} = R_{\text{Leitung, gesamt}} \cdot I_2 = 2 \cdot 2,0 \Omega \cdot 10 \text{ A} = 40 \text{ V}$, d.h. jetzt gehen

nur $\frac{40}{230} = 0,173... \approx 17\%$ der elektrischen Leistung von 10 kW in der Leitung verloren.

c) Offensichtlich gilt:

Je höher die Übertragungsspannung, desto kleiner ist in der Leitung die benötigte Stromstärke und daher um so kleiner der Spannungsabfall an der Leitung.

Je kleiner der Spannungsabfall an der Leitung ist, um so kleiner ist auch die in der Leitung verlorene Verlustleistung