

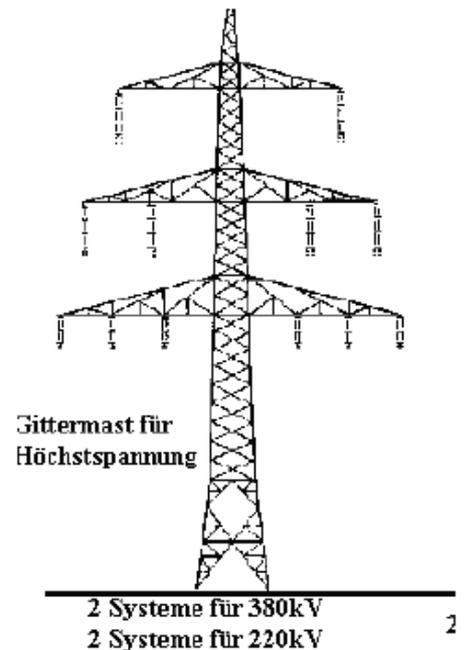
## Aufgabe 1 : Fernleitungen

Ein Elektrizitätswerk liefert die Leistung 440 MW. Diese Leistung soll bei einer Spannung von 220 V den Verbrauchern zugeführt werden. Dabei soll der Leistungsverlust  $P_{\text{verlust}}$  in der Leitung höchstens 10% der Leistung des Elektrizitätswerkes betragen.

- Berechne den Widerstand  $R$ , den die Fernleitung höchstens haben darf.
- Welchen Querschnitt müsste ein Draht der  $L = 100$  km langen Doppelleitung aus Kupfer dann haben? (Doppelleitung deshalb, weil der Strom vom Kraftwerk zum Verbraucher hin und wieder zum Kraftwerk zurück geführt werden muss: es braucht einen Nullleiter und einen Polleiter.)

Um die Energieverluste zu senken, wird die Spannung, in diesem Beispiel, beim Elektrizitätswerk auf 220 kV hochtransformiert.

- Wie gross darf der Widerstand der Fernleitung sein, wenn die Verlustleistung wieder höchstens 44 MW betragen darf?
- Welchen Querschnitt  $A$  ergibt sich jetzt für einen Draht der 100 km langen Doppelleitung aus Kupfer? (spezifischen elektrischen Widerstand  $\rho$  von Kupfer verwenden)



## Aufgabe 2 : Fernleitungen

In einem Elektrizitätswerk wird die vom Generator erzeugte Spannung von 500 V auf 50,0 kV hochtransformiert und an eine Fernleitung gelegt, die das Kraftwerk mit der Stadt München verbindet. Hin- und Rückleitung haben zusammen den elektrischen Widerstand von  $50 \Omega$ , die vom Generator abgegebene Leistung beträgt 10 MW.

- Wie viele Windungen hat die Sekundärwicklung des Transformators, wenn die Primärwicklung 100 Windungen hat?
- Wie weit ist das Kraftwerk von München entfernt, wenn der Leitungsquerschnitt die Fläche  $1,0 \text{ cm}^2$  hat und die Kabel aus Kupfer sind, mit dem spezifischen elektrischen Widerstand  $\rho_{\text{Cu}} = 0,017 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$  ?
- Wie viel Prozent der vom Generator abgegebenen Leistung geht in der Fernleitung verloren?

## Aufgabe 1

a) Berechnung des Stromes  $I_1$  in der Fernleitung:

$$P = U \cdot I_1 \Rightarrow I_1 = \frac{P}{U} \Rightarrow I_1 = \frac{440 \cdot 10^6 \text{ W}}{220 \text{ V}} = 2,00 \cdot 10^6 \text{ A}$$

Berechnung des Widerstandes  $R_1$  der Fernleitung bei 10% Verlustleistung:

$$P_{\text{verl}} = I_1^2 \cdot R_1 \Rightarrow R_1 = \frac{P_{\text{verl}}}{I_1^2} \Rightarrow R_1 = \frac{0,10 \cdot 440 \cdot 10^6 \text{ W}}{(2,00 \cdot 10^6)^2 \text{ A}^2} = 1,1 \cdot 10^{-5} \Omega$$

b) Berechnung der Querschnittsfläche über die Formel mit dem spezifischen Widerstand:

$$R_1 = \rho \cdot \frac{2 \cdot l}{A} \Rightarrow A = \rho \cdot \frac{2 \cdot l}{R_1} \Rightarrow A = 0,017 \cdot \frac{2 \cdot 100 \cdot 10^3 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}}{1,1 \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot \Omega} = 3,0 \cdot 10^2 \text{ m}^2$$

Der gesamte geschätzte Kupfervorrat der Erde würde nur zur Hälfte für diese Leitung ausreichen!

c) Berechnung des Stromes in der Fernleitung im "hochgespannten" Fall:

$$I'_1 = \frac{P}{U'} \Rightarrow I'_1 = \frac{440 \cdot 10^6}{220 \cdot 10^3} \text{ A} = 2,00 \cdot 10^3 \text{ A}$$

Berechnung des Fernleitungswiderstandes, bei 10% Verlustleistung:

$$R'_1 = \frac{P_{\text{verl}}}{I_1'^2} \Rightarrow R'_1 = \frac{0,10 \cdot 440 \cdot 10^6}{(2,00 \cdot 10^3)^2} = 11 \Omega$$

d) Berechnung des neuen Leiterquerschnitts:

$$A' = \rho \cdot \frac{2 \cdot l}{R'_1} \Rightarrow A' = 0,017 \cdot \frac{2 \cdot 100 \cdot 10^3 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}}{11 \text{ m} \cdot \Omega} = 3,0 \text{ cm}^2$$

## Aufgabe 2

a) Regel für die Spannungsübersetzung:

$$\frac{N_s}{N_p} = \frac{U_s}{U_p} \Rightarrow N_s = N_p \cdot \frac{U_s}{U_p} \Rightarrow N_s = 100 \cdot \frac{50,0 \cdot 10^3}{500} = 1,00 \cdot 10^4$$

*Die Sekundärwindungszahl muss etwa  $1,00 \cdot 10^4$  sein.*

b) Berechnung der Entfernung:

$$R_{\text{leit}} = \rho_{\text{cu}} \cdot \frac{2 \cdot l}{A} \Rightarrow l = \frac{R_{\text{leit}} \cdot A}{\rho_{\text{cu}} \cdot 2} \Rightarrow l = \frac{50 \cdot 1,0 \cdot 10^2}{0,017 \cdot 2} \text{ m} = 1,5 \cdot 10^2 \text{ km}$$

*Das Kraftwerk ist ca. 150 km von München entfernt.*

c) Berechnung des Stroms in der Fernleitung:

$$P_s = I_{\text{leit}} \cdot U_s \Rightarrow I_{\text{leit}} = \frac{P_s}{U_s} \Rightarrow I_{\text{leit}} = \frac{10 \cdot 10^6}{50,0 \cdot 10^3} \text{ A} = 2,0 \cdot 10^2 \text{ A}$$

Berechnung der Verlustleistung und des prozentualen Verlustes:

1. Möglichkeit: Berechnung der Verlustleistung

$$P_{\text{verl}} = I_{\text{leit}}^2 \cdot R_{\text{leit}} \Rightarrow P_{\text{verl}} = (2,0 \cdot 10^2)^2 \cdot 50 \cdot \Omega = 2,0 \text{ MW} \Rightarrow \frac{P_{\text{verl}}}{P_s} = \frac{2,0}{10} = 20\%$$

2. Möglichkeit: Berechnung der Verlustspannung

$$U_{\text{Verl}} = R_{\text{Fern}} \cdot I_{\text{Fern}} = 50 \Omega \cdot 2,0 \cdot 10^2 \text{ A} = 10^4 \text{ V}$$

$$P_{\text{Verl}} = 10^4 \cdot 2,0 \cdot 10^2 \text{ A} = 2,0 \text{ MW}; \text{ (Rest, siehe oben!)}$$