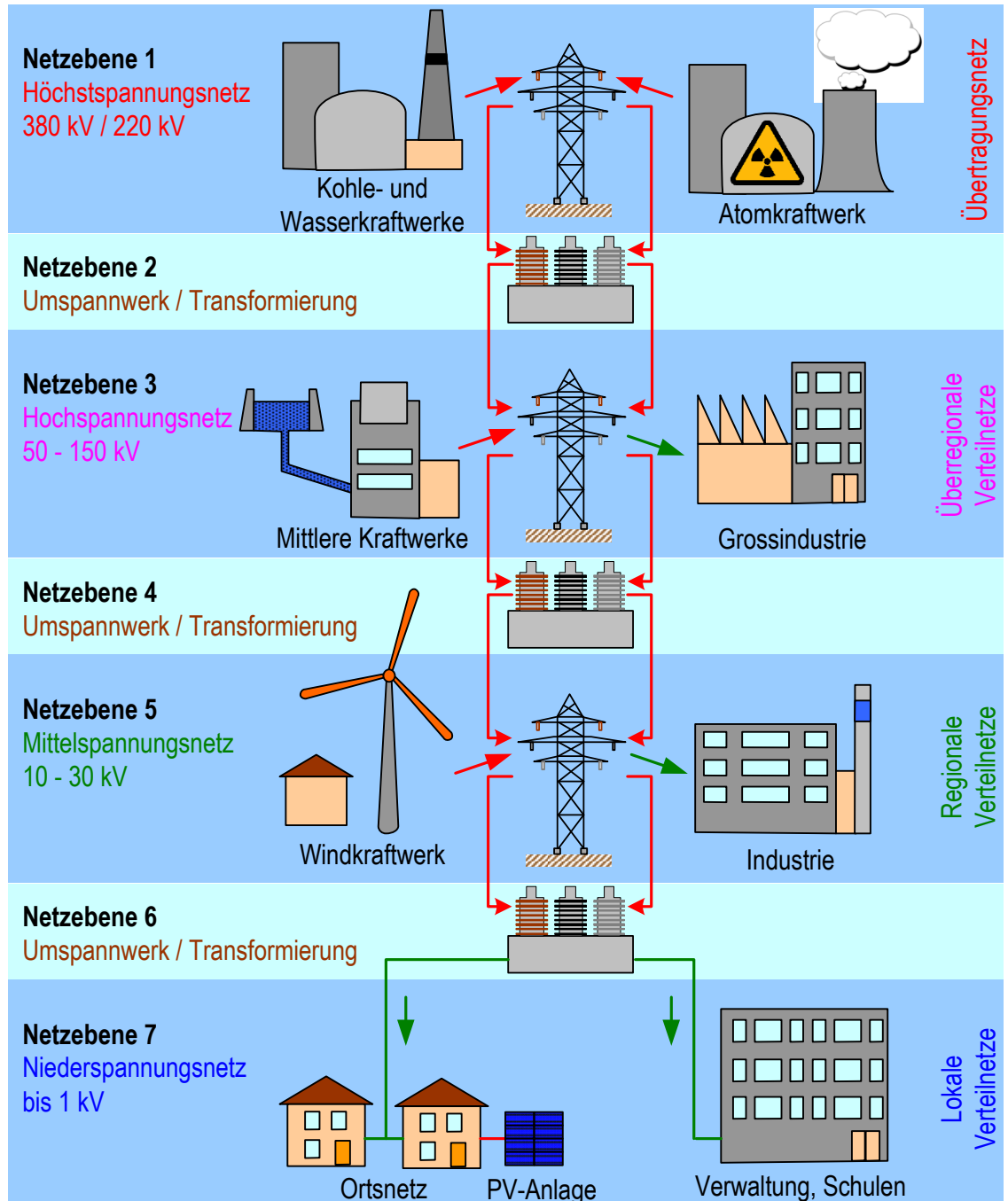


1.5.2 Übertragungseinrichtungen

Mit den Übertragungseinrichtungen soll die erzeugte elektrische Energie dorthin transportiert werden, wo sie schlussendlich benötigt wird. Der Energiefluss beginnt beim Erzeuger und endet nach der Übertragung beim Verbraucher. Zuerst wird die elektrische Energie in verschiedenen Kraftwerken, z. B. Atom-, Wasser- oder Kohlekraftwerken erzeugt. Zur Energieübertragung werden Leitungen (Kabel oder Freileitungen) und Transformatoren benötigt. Die Transformatoren erzeugen aus einer kleinen Spannung eine hohe Spannung und umgekehrt (Netzebenen 2, 4 und 6).

Im ganzen Lehrmittel wurden Grafiken verbessert und aktualisiert.



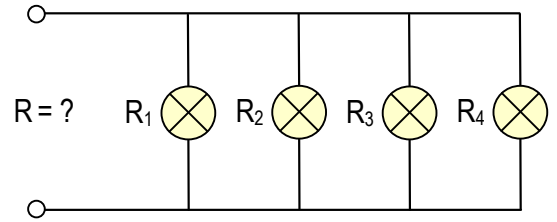
Übung 6.1

Welche vier Spannungsebenen (Netzebenen 1, 3, 5 und 7) werden bei der elektrischen Energieübertragung unterschieden?

Höchstspannung (380 kV; 220 kV), Hochspannung (50 – 150 kV)
 Mittelspannung (10 – 30 kV), Niederspannung (400 V/230 V)

Gesamtwiderstand bei Parallelschaltung von gleichen Widerständen

Werden gleiche Widerstände $R_1 = R_2 = R_3 = R_4$ (z. B. gleiche Lampen) parallel geschaltet, dann lässt sich der Gesamtwiderstand sehr einfach berechnen.



$$R = \frac{R_1}{N}$$

R: Gesamtwiderstand [Ω]
 R₁: Teilwiderstand [Ω]
 N: Anzahl Teilwiderstände [-]

Herleitung:

$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_1}} = \frac{1}{\frac{4}{R_1}} = \frac{R_1}{4}$$

3.1.9 Verhalten der Leistung

Die Leistungsberechnungen vom Kapitel 2 sollen auch im Zusammenhang mit der Parallelschaltung betrachtet werden.

Beispiel 1

Berechnen Sie für die Schaltung auf Seite 3.3 die **Gesamtleistung P_{tot}** sowie die **Teilleistungen P₁** und **P₂**. Es sind drei verschiedene formelmässige Zusammenhänge zu verwenden.

Bereits bekannt: R_{tot} = 9,09 Ω; U = 10 V; I = 1,1 A; I₁ = 0,2 A; I₂ = 0,4 A; I₃ = 0,5 A

$$P_{tot} = U \cdot I = 10V \cdot 1,1A = \underline{\underline{11W}} \quad P_1 = \frac{U^2}{R_1} = \frac{(10V)^2}{50\Omega} = \underline{\underline{2W}}$$

$$P_2 = I_2^2 \cdot R_2 = (0,4A)^2 \cdot 25\Omega = \underline{\underline{4W}} \quad P_3 = U \cdot I_3 = 10V \cdot 0,5A = \underline{\underline{5W}}$$

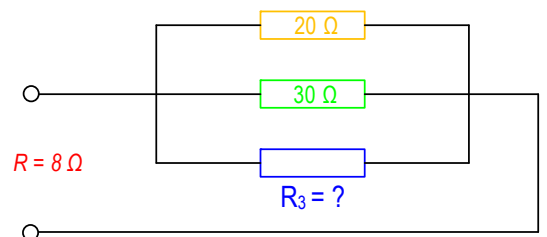
Feststellung

Auch bei der Parallelschaltung ergibt die Summe der Einzelleistungen die Gesamtleistung.

Beispiel 2

Gegeben sind drei parallel geschaltete Widerstände. Der Gesamtwiderstand und die zwei Teilwiderstände sind bekannt.

Wie gross ist der dritte Teilwiderstand?



Die farbliche Kennzeichnung soll helfen die Zusammenhänge besser zu verstehen.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad \rightarrow \quad \frac{1}{R_3} = \frac{1}{R} - \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}$$

$$R_3 = \frac{1}{\frac{1}{R} - \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}} = \frac{1}{\frac{1}{8\Omega} - \frac{1}{20\Omega} - \frac{1}{30\Omega}} = \underline{\underline{24\Omega}}$$

Beispiel 3

10 parallel geschaltete gleiche Leuchten haben einen **Gesamtwiderstand** von **25 Ω**. Wie gross ist der **Widerstand einer Leuchte**?

$$R = \frac{R_1}{N} \quad \rightarrow \quad R_1 = N \cdot R = 10 \cdot 25\Omega = \underline{\underline{250\Omega}}$$

Hinweis

→ Berechnungen 3.5a (siehe Anhang)

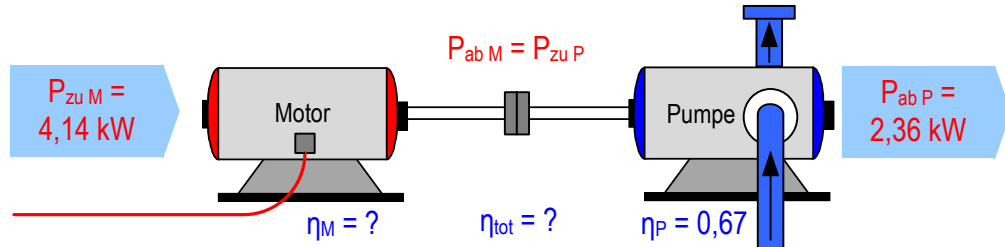


Arbeit, Energiekosten, Leistung und Wirkungsgrad (Fortsetzung)

Übung 14

Eine Pumpe mit $P_{abP} = 2,36 \text{ kW}$ und einem Wirkungsgrad von $\eta_P = 67 \%$ wird durch einen Gleichstrommotor angetrieben. Die Leistungsaufnahme des Motors beträgt $P_{zuM} = 4,14 \text{ kW}$.

- a) Berechnen Sie den Gesamtwirkungsgrad η_{tot} der ganzen Anlage.
- b) Wie gross ist der Wirkungsgrad η_M des Motors?



Die Grafiken sollen in der Aufgabenstellung sollen helfen die Zusammenhänge besser zu verstehen.

$$a) \eta_{tot} = \frac{P_{abP}}{P_{zuM}} = \frac{2,36 \text{ kW}}{4,14 \text{ kW}} = 0,57 \hat{=} 57\%$$

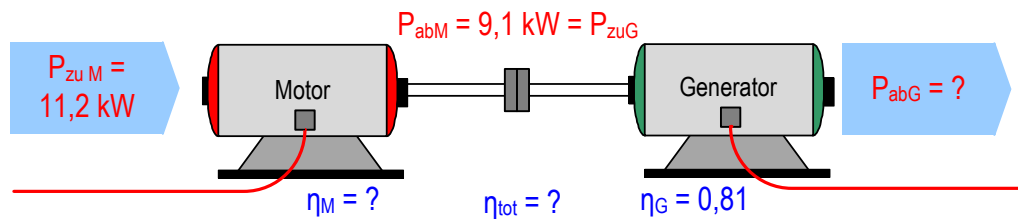
$$b) P_{abM} = P_{zuP} = \frac{P_{abP}}{\eta_P} = \frac{2,36 \text{ kW}}{0,67} = 3,522 \text{ kW}$$

$$\eta_M = \frac{P_{abM}}{P_{zuM}} = \frac{3,522 \text{ kW}}{4,14 \text{ kW}} = 0,851 \hat{=} 85,1\%$$

$$\text{Kontrolle: } \eta_{tot} = \eta_P \cdot \eta_M \Rightarrow \eta_M = \frac{\eta_{tot}}{\eta_P} = \frac{0,57}{0,67} = 0,851 \hat{=} 85,1\%$$

Übung 15

Ein Gleichstromgenerator mit $\eta_G = 81 \%$ Wirkungsgrad wird mit einem Motor, der $P_{abM} = 9,1 \text{ kW}$ abgibt, angetrieben. Der Motor nimmt $P_{zuM} = 11,2 \text{ kW}$ vom Netz auf. Welche Leistung gibt der Generator ab ($P_{abG} = ?$) und wie gross sind der Motorenwirkungsgrad η_M und der Gesamtwirkungsgrad η_{tot} ?



$$P_{abG} = P_{zuG} \cdot \eta_G = 9,1 \text{ kW} \cdot 0,81 = 7,37 \text{ kW}$$

$$\eta_M = \frac{P_{abM}}{P_{zuM}} = \frac{9,1 \text{ kW}}{11,2 \text{ kW}} = 0,813 \hat{=} 81,3\%$$

$$\eta_{tot} = \frac{P_{abG}}{P_{zuM}} = \frac{7,37 \text{ kW}}{11,2 \text{ kW}} = 0,658 \hat{=} 65,8\%$$

$$\text{Kontrolle: } \eta_{tot} = \eta_M \cdot \eta_G = 0,813 \cdot 0,81 = 0,658 \hat{=} 65,8\%$$



Leiterwiderstand

Bemerkung

Die Einheit des spezifischen Widerstands wurde bei allen Lösungen rot hervorgehoben, damit im aufgelösten Doppelbruch klarer wird, woher die Einheiten zum Kürzen stammen.

Übung 1

Ein Kupferleiter mit einem Querschnitt von 1,5 mm² ist 100 m lang. Wie gross ist der Widerstand des Leiters?

Im ganzen Lehrmittel werden die Einheiten gekürzt und gerundet.

$$R = \frac{\rho \cdot \ell}{A} = \frac{0,0175 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot 100 \text{ m}}{1,5 \text{ mm}^2} = \frac{0,0175 \cancel{\Omega} \cdot \cancel{\text{mm}^2} \cdot 100 \cancel{\text{m}}}{\cancel{\text{m}} \cdot 1,5 \text{ mm}^2} = \underline{\underline{1,17 \Omega}}$$

Übung 2

Wieviele Meter eines 2,5 mm² T-Drahts (Cu) befinden sich auf einer Drahtrolle, wenn ein Widerstand von 0,42 Ω gemessen wird?

$$\ell = \frac{R \cdot A}{\rho} = \frac{0,42 \Omega \cdot 2,5 \text{ mm}^2}{0,0175 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}} = \frac{0,42 \cancel{\Omega} \cdot 2,5 \cancel{\text{mm}^2} \cdot \text{m}}{0,0175 \cancel{\Omega} \cdot \cancel{\text{mm}^2}} = \underline{\underline{60 \text{ m}}}$$

Übung 3

Ein 6 m langes, einadriges Messkabel aus Kupferdraht soll einen Widerstand von 105 mΩ haben. Wie gross muss der Leiterquerschnitt sein?

$$A = \frac{\rho \cdot \ell}{R} = \frac{0,0175 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot 6 \text{ m}}{0,105 \Omega} = \frac{0,0175 \cancel{\Omega} \cdot \text{mm}^2 \cdot 6 \cancel{\text{m}}}{\cancel{\text{m}} \cdot 0,105 \cancel{\Omega}} = \underline{\underline{1 \text{ mm}^2}}$$

Übung 4

Wie gross ist der Schlaufenwiderstand R (Hin- und Rückleiter zusammen) eines 35 km langen Telefonkabels aus Kupfer? Der Drahtdurchmesser beträgt 0,6 mm (Querschnitt berechnen!).

$$A = d^2 \frac{\pi}{4} = (0,6 \text{ mm})^2 \cdot \frac{\pi}{4} = 0,2827 \text{ mm}^2$$

$$R = \frac{\rho \cdot \ell_{\text{ctg}} \cdot 2}{A} = \frac{0,0175 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot 35'000 \text{ m} \cdot 2}{0,2827 \text{ mm}^2}$$

$$R = \frac{0,0175 \cancel{\Omega} \cdot \cancel{\text{mm}^2} \cdot 35'000 \cancel{\text{m}} \cdot 2}{\cancel{\text{m}} \cdot 0,2827 \cancel{\text{mm}^2}} = \underline{\underline{4,33 \text{ k}\Omega}}$$

Übung 5

Auf einer Rolle befindet sich Draht mit 0,4 mm Durchmesser. Zwei Meter davon haben einen Widerstand von 6,7 Ω. Aus welchem Material besteht der Draht?

$$A = d^2 \frac{\pi}{4} = (0,4 \text{ mm})^2 \cdot \frac{\pi}{4} = 0,1257 \text{ mm}^2$$

$$\rho = \frac{R \cdot A}{\ell} = \frac{6,7 \Omega \cdot 0,1257 \text{ mm}^2}{2 \text{ m}} = 0,421 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}} \rightarrow \underline{\underline{\text{Nickelin}}}$$



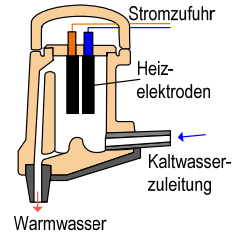
Wassererwärmer

Übung 50 Wie gross ist der durchschnittliche Warmwasserbedarf für eine vierköpfige Familie?

Ca. 250 Liter (50 l Grundbedarf + 4* 50 l pro Person)

Übung 51 Was ist ein Durchlauferhitzer?

Neu gibt es zu allen Kapiteln auch Kontrollfragen zur Theorie.

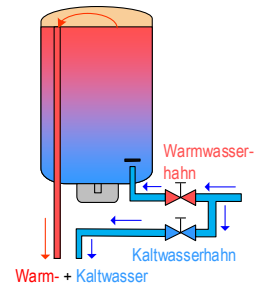


Das kalte Wasser wird direkt bei Gebrauch erwärmt, es hat keinen Speicher.

Übung 52 Welche zwei Systeme von Wassererwärmern (Boilern) werden in der Praxis unterschieden?

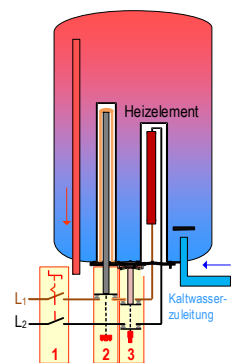
Der Überlauf- und Druckboiler

Übung 53 a) Wie viele Zapfstellen können aufgrund des Aufbaus eines Überlaufboilers mit Warmwasser versorgt werden?
b) Wo ist in diesem System der Warmwasserhahn eingebaut?



a) Mit einem Überlaufwassererwärmer kann nur eine Zapfstelle mit Warmwasser versorgt werden.
b) In der Kaltwasserzuleitung

Übung 54 Welche drei elektrischen Sicherheitseinrichtungen braucht ein Wassererwärmer gemäss NIN?



1. Handbetätigter Schalter
2. Betriebsthermostat (Temperaturregler, Regulierthermostat)
3. Sicherheitsthermostat (Temperaturbegrenzer)

Übung 55 Aus welchem Material besteht der Innenkessel?

Aus emailliertem Stahl oder legiertem Kupfer

Übung 56 Wie werden Stahlkessel vor Korrosion geschützt?

Zum Schutz vor elektrochemischer Korrosion werden bei Stahlkesseln Magnesiumstäbe eingebaut.