

Probepfprüfung Elektrischer Strom – Lösungen

1. Farbige Parallelschaltung (4 Punkte)

Der vorgegebene Widerstand hat einen Wert von $1500\ \Omega$. (0.5 P)

Folglich beträgt die durch ihn fliessende Stromstärke: (1 P)

$$I_1 \stackrel{0.5}{=} \frac{U}{R_1} \stackrel{0.5}{=} \frac{9.0\text{ V}}{1500\ \Omega} \stackrel{0.5}{=} 0.0060\text{ A}$$

Für den Strom durch den anderen Widerstand folgt daraus: (1 P)

$$I_2 \stackrel{0.5}{=} I - I_1 = 0.0170\text{ A} - 0.0060\text{ A} \stackrel{0.5}{=} 0.011\text{ A}$$

Und somit ergibt sich für den anderen Widerstand: (1 P)

$$R_2 \stackrel{0.5}{=} \frac{U}{I_2} = \frac{9.0\text{ V}}{0.011\text{ A}} = 818.18\ \Omega \stackrel{0.5}{\simeq} 820\ \Omega$$

Aus der Tabelle folgt dafür der Farbcode **grau-rot-braun**. (0.5 P)

P.S.: Der Ersatzwiderstand der Parallelschaltung beträgt $R = \frac{U}{I} = \frac{9.0\text{ V}}{0.017\text{ A}} = 529.41\ \Omega$. Auch daraus liesse sich via $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ der Widerstand R_2 bestimmen:

$$\frac{1}{R_2} = \frac{1}{R} - \frac{1}{R_1} \Rightarrow R_2 = \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R_1} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{529.41\ \Omega} - \frac{1}{1500\ \Omega} \right)^{-1} \simeq \underline{\underline{820\ \Omega}}$$

2. Tumbler – Wäschetrockner als Energiefresser (5 Punkte)

Ein laufender Tumbler bezieht eine elektrische Leistung von: (1 P)

$$P_{\text{el}} \stackrel{0.5}{=} U \cdot I = 230\text{ V} \cdot 5.2\text{ A} = 1196\text{ W} \stackrel{0.5}{=} 1.196\text{ kW}$$

Für einen Durchgang wird folgende Energiemenge benötigt: (1.5 P)

$$\Delta E_{\text{once}} \stackrel{0.5}{=} P_{\text{el}} \cdot \Delta t \stackrel{0.5}{=} 1.196\text{ kW} \cdot \frac{80}{60}\text{ h} \stackrel{0.5}{=} 1.595\text{ kWh}$$

Nehmen wir an, der durchschnittliche Schweizer Haushalt besteht aus 3 Personen und gehen wir zudem davon aus, dass für diese 3 Personen 4 Waschgänge pro Woche durchgeführt werden, so erhalten wir für den Schweiz-weiten Tumbler-Energieverbrauch pro Woche inkl. der Annahme, dass jeder vierte Haushalt den Tumbler benutzt: (1 P)

$$\Delta E_{\text{CH,week}} \stackrel{0.5}{=} \frac{9\,000\,000}{3} \cdot 4 \cdot \frac{1}{4} \cdot \Delta E_{\text{once}} = \frac{9\,000\,000}{3} \cdot 1.595\text{ kWh} \stackrel{0.5}{=} 4\,784\,000\text{ kWh}$$

Rechnen wir diesen Betrag auf das Jahr hoch, so ergibt sich: (0.5 P)

$$\Delta E_{\text{CH,year}} = 52 \cdot \Delta E_{\text{week}} = 52 \cdot 4\,784\,000\text{ kWh} \stackrel{0.5}{=} 248\,768\,000\text{ kWh} \simeq \underline{\underline{249\text{ Mio kWh}}}$$

Diese Energiemenge können wir mit dem jährlichen Energie-Output des Kernkraftwerks Mühleberg (KKM) vergleichen: (0.5 P)

$$\frac{249\text{ Mio kWh}}{2600\text{ Mio kWh}} = 0.096 \stackrel{0.5}{\simeq} \underline{\underline{9.6\%}}$$

Der Gesamtschweizerische Tumbler-Energieverbrauch macht also knapp 10 % des jährlichen Energieoutputs des ehemaligen Kernkraftwerks Mühleberg aus. Das wäre schon eine ganz schöne Menge Strom, die sich da sparen liesse. (0.5 P)

3. Betrieb eines Elektromotors – ineffizient? (5 Punkte)

- (a) Der Gesamtwiderstand der Schaltung beträgt: (1 P)

$$R \stackrel{0.5}{=} \frac{U}{I} = \frac{3.18 \text{ V}}{0.189 \text{ A}} \stackrel{0.5}{=} 16.83 \Omega$$

Daraus folgt für den Widerstand des Motors: (1.5 P)

$$R_M \stackrel{1}{=} R - R_A = 16.83 \Omega - 9.7 \Omega \stackrel{0.5}{=} \underline{\underline{7.1 \Omega}}$$

Alternativer Weg: Wir berechnen zuerst die Spannung über dem Amperemeter: (1 P)

$$U_A \stackrel{0.5}{=} R_A \cdot I = 9.7 \Omega \cdot 0.189 \text{ A} \stackrel{0.5}{=} 1.83 \text{ V}$$

Daraus ergibt sich die Spannung über dem Elektromotor: (1 P)

$$U_M \stackrel{0.5}{=} U - U_A = 3.18 \text{ V} - 1.83 \text{ V} \stackrel{0.5}{=} 1.35 \text{ V}$$

Und somit folgt für den Widerstand des Motors: (0.5 P)

$$R_A = \frac{U_A}{I} = \frac{1.83 \text{ V}}{0.189 \text{ A}} \stackrel{0.5}{=} \underline{\underline{9.7 \Omega}}$$

- (b) (maximal 2.5 Punkte) Das Amperemeter besitzt einen elektrischen Widerstand, der grösser ist als derjenige des Elektromotors. Demzufolge herrscht über dem Amperemeter auch eine grössere Spannung und es wird in ihm mehr Energie umgesetzt als im Elektromotor. Am klarsten wird dies, wenn wir die Leistungen der beiden Geräte berechnen:

$$P_M = U_M \cdot I = 1.35 \text{ V} \cdot 0.189 \text{ A} = 0.26 \text{ W} \quad \text{und} \quad P_A = U_A \cdot I = 1.83 \text{ V} \cdot 0.189 \text{ A} = 0.35 \text{ W}$$

Der Betrieb des Motors ist also ineffizient, weil über die Hälfte der eingespeisten Leistung für den Betrieb des Amperemeters verwendet werden. Der Wirkungsgrad des Schaltkreises beträgt:

$$P_{\text{in}} = U \cdot I = 3.18 \text{ V} \cdot 0.189 \text{ A} = 0.60 \text{ W} \quad \Rightarrow \quad \eta = \frac{P_M}{P_{\text{in}}} = \frac{0.26 \text{ W}}{0.60 \text{ W}} \approx \underline{\underline{43\%}}$$

4. Erfrischung im Auto (5 Punkte)

- (a) Bei $U_{12} = 12 \text{ V}$ können wir aus der Leistungsangabe die Stromstärke bestimmen, die durch den Ventilator fliesst: (1 P)

$$I_{12} \stackrel{0.5}{=} \frac{P_{12}}{U_{12}} = \frac{3.5 \text{ W}}{12 \text{ V}} \stackrel{0.5}{=} 0.2917 \text{ A}$$

Damit folgt für den Widerstand des Ventilators:

$$R \stackrel{0.5}{=} \frac{U_{12}}{I_{12}} = \frac{12 \text{ V}}{0.2917 \text{ A}} \stackrel{0.5}{=} 41.14 \Omega$$

Da sich der Ventilator Ohm'sch verhalten soll, ist dieser Widerstandswert beim Betrieb an $U_9 = 9.0 \text{ V}$ Spannung genau gleich gross. Daraus folgt für die Stromstärke: (0.5 P)

$$I_9 = \frac{U_9}{R} = \frac{9.0 \text{ V}}{41.14 \Omega} \stackrel{0.5}{=} 0.2188 \text{ A}$$

Somit ergibt sich für die Leistung des Ventilators bei Betrieb an der Batterie: (0.5 P)

$$P_9 = U_9 \cdot I_9 = 9.0 \text{ V} \cdot 0.2188 \text{ A} = 1.969 \stackrel{0.5}{\approx} \underline{\underline{2.0 \text{ W}}}$$

- (b) (maximal 2 Punkte) Wenn die bei 9.0 V bezogene Leistung grösser ist als der Wert, der sich bei einem Ohm'schen Leiter ergeben würde, so bedeutet dies, dass die Stromstärke nicht proportional zur Spannung abgenommen hat, sondern im Verhältnis eben weniger stark. Bei 9.0 V Spannung fliesst also mehr Strom, als es bei einem sich Ohm'sch verhaltenden Ventilator der Fall wäre. Somit hat der Widerstand beim Wechsel von 12 V zu 9 V abgenommen.

Umgekehrt muss also der Widerstand bei Erhöhung der Spannung zunehmen.