

**Aufgabe 1:** Familie Feuerstein hat seit kurzem in ihrem Garten ein kleines Solarkraftwerk installiert. Die Anlage liefert tagsüber im Mittel Strom mit einer Leistung von  $P_{Solar} = 6 kW$ . Dabei gehen wir vereinfachenderweise davon aus, dass die Anlage diese Leistung über 8 h bringt, während sie die restlichen 16 h gar keinen Strom liefert. Die Photovoltaikanlage transformiert die Spannung in 230 V Wechselstrom für das Haus.

Tagsüber speichern die Photozellen überschüssige Energie in eine Reihe von Akkus. Diese können insgesamt  $W_A = 35 kWh$  an elektrischer Energie speichern, so dass die Familie auch während der sonnenfreien Zeit versorgt ist.

Verschiedene Stromkreise im Haus sind mit jeweils 10, 16 und 30 A-Sicherungen versehen. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Geräte, die an die jeweiligen Stromkreise angeschlossen sind und die Absicherung. Staubsauger und Fön sind nicht fest angeschlossen.

Stromkreis	Gerät	Leistung in W	Stromkreis	Gerät	Leistung in W
Küche (16 A)	Mikrowellenherd	1000	Waschküche (16 A)	Waschmaschine	1800
	Dunstabzugshaube	100		Wäschetrockner	2000
	Wasserkocher	1600		Tiefkühltruhe	400
	Kaffeemaschine	600		Kleingeräte und Licht	50
	Kühlschrank	300			
	Geschirrspüler	1200	Wohnzimmer (10 A)	Fernseher	200
	Kleingeräte und Licht	200		Hifi-Anlage	100
		Computer		300	
E-Herd (30 A)	Elektroherd	5000		Spielekonsole	150
				Kleingeräte und Licht	150
Warmwasser (30 A)	Warmwasserbereitung	6000	variabel	Staubsauger	1200
				Fön	1500

**1.1** Rechne die Energiespeichermenge der Akkus in *Joule* um.

$$W_A = 35 kWh = 35 \cdot 1000 \cdot W \cdot (60 \cdot 60) s = 126.000.000 Ws = 126 \cdot 10^6 J = 126 MJ$$

**1.2** Familie Feuerstein benötigt im Jahr 4000 kWh an elektrischer Energie. Berechne, ob die Solaranlage diese Energie liefern kann.

$$6 kW \text{ für } 8 h \text{ pro Tag über } 365,25 \text{ Tage. } E_{Solar} = 6 kW \cdot 8 \frac{h}{d} \cdot 365,25 d = 17.532 kWh > 4000 kWh$$

**A: Die Solaranlage liefert sogar mehr als die vierfache Menge.**

**1.3** Überschüssige elektrische Energie kann die Familie für 24 Cent pro kWh in öffentliche Netz speisen. Falls sie mit ihrer eigenen elektrischen Energie nicht auskommen, können sie für 26 Cent/kWh Energie aus dem öffentlichen Netz beziehen. Berechne den Betrag, den die Familie pro Jahr bezahlen muss bzw. vom Stromversorger erhält.

Überschüssige Energie:  $\Delta E = E_{Solar} - E_{Verbrauch} = 17.532 \text{ kWh} - 4000 \text{ kWh} = 13.532 \text{ kWh}$

Summe Gewinn:  $G = \Delta E \cdot 0,24 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 13.532 \text{ kWh} \cdot 0,24 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 3247,68 \text{ €}$

**A: Die Familie macht pro Jahr 3247,68 € Gewinn mit der Solaranlage.**

**1.4** Berechne die Zeit, nach der die leeren Akkus voll aufgeladen sind, wenn die Familie tagsüber außer Haus ist, und durchschnittlich nur  $P_{Tag} = 200 \text{ W}$  an elektrischer Leistung gebraucht werden.

$$P_{Akku} = P_{Solar} - P_{Tag} = 6 \text{ kW} - 0,2 \text{ kW} = 5,8 \text{ kW}$$

$$P_{Akku} = \frac{W_A}{\Delta t_{aufl}} \Leftrightarrow \Delta t_{aufl} = \frac{W_A}{P_{Akku}} = \frac{35 \text{ kWh}}{5,8 \text{ kW}} = 6,03 \text{ h}$$

**A: Es dauert gut 6 h, bis die Akkus tagsüber aufgeladen sind.**

**1.5** Berechne die Zeit, nach der die Energie der voll aufgeladenen Akkus aufgebraucht ist, wenn alle Geräte im Haus nachts im Dauerbetrieb sind. (Das ist natürlich nicht realistisch, da die meisten Geräte nur kurzzeitig in Betrieb sind).

Leistung Küche:  $P_{Küche} = (1000 + 100 + 1600 + 600 + 300 + 1200 + 200) \text{ W} = 5000 \text{ W}$

Leistung Waschküche:  $P_{Waschk} = (1800 + 2000 + 400 + 50) \text{ W} = 4250 \text{ W}$

Leistung Wohnzimmer:  $P_{Wohn} = (200 + 100 + 300 + 150 + 150) \text{ W} = 900 \text{ W}$

Leistung gesamt:

$$P_{Ges} = P_{Nacht} = P_{Küche} + P_{Waschk} + P_{Eherd} + P_{Warmw} + P_{Wohn} + P_{Fön} + P_{Staubs} \\ = (5000 + 4250 + 5000 + 6000 + 900 + 1200 + 1500) \text{ W} = 23850 \text{ W}$$

$$P_{Nacht} = \frac{W_A}{\Delta t_{entl}} \Leftrightarrow \Delta t_{entl} = \frac{W_A}{P_{Nacht}} = \frac{35 \text{ kWh}}{23,85 \text{ kW}} = 1,47 \text{ h}$$

**A: Nach gut 1,5 h sind die Akkus entladen.**

**1.6** Berechne die Zeit, nach der die Energie der voll aufgeladenen Akkus aufgebraucht ist, wenn alle Geräte im Haus tagsüber im Dauerbetrieb sind.

$$P_{Tag} = P_{Ges} - P_{Solar} = 23,85 \text{ kW} - 6 \text{ kW} = 17,85 \text{ kW}$$

$$P_{Tag} = \frac{W_A}{\Delta t_{entl}} \Leftrightarrow \Delta t_{entl} = \frac{W_A}{P_{Tag}} = \frac{35 \text{ kWh}}{17,85 \text{ kW}} = 1,96 \text{ h}$$

**A: In weniger als 2 h sind die Akkus entladen.**

1.7 Berechne, ob die Familie die Waschmaschine und den Trockner gleichzeitig betreiben kann.

$$P=U \cdot I \Leftrightarrow I = \frac{P}{U} = \frac{1800 \text{ W} + 2000 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 16,52 \text{ A}$$

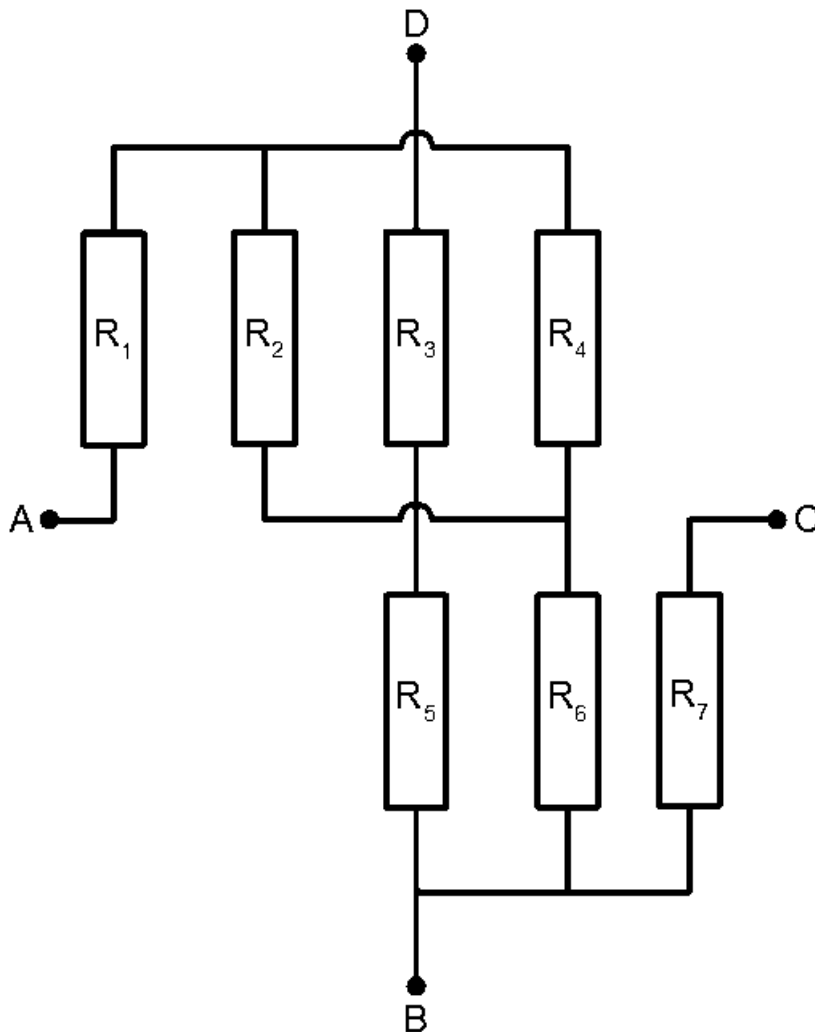
**A: Waschmaschine und Trockner benötigen zusammen eine Stromstärke von 16,5 A. Wahrscheinlich wird die Sicherung auslösen.**

1.8 Beschreibe ein Szenario, bei dem die Sicherung im Wohnzimmer auslöst.

$P=U \cdot I = 230 \text{ V} \cdot 10 \text{ A} = 2300 \text{ W}$  Die Gesamtleistung an gleichzeitig betriebenen Geräten darf nicht größer als 2300 W sein. Dazu passen mehrere Szenarios.

**A: Familie Feuerstein darf im Wohnzimmer nicht gleichzeitig Staubsauger und Fön betreiben.**

**Aufgabe 2:** Gegeben ist die folgende Schaltung:



$$R_1=R_2=R_3=100 \Omega ; R_4=R_5=200 \Omega ; R_6=R_7=2 \text{ k} \Omega ; U_0=100 \text{ V}$$

**2.1.** Die folgenden Arbeitsaufträge gelten für die Teilaufgaben 2.1.1 bis 2.1.4.

Fertige jeweils die Skizze einer Ersatzschaltung an, die nur die Elemente enthält, durch die tatsächlich ein Strom fließt, und aus der direkt hervorgeht, welche Widerstände parallel und welche Widerstände in Reihe geschaltet sind.

Berechne jeweils den Ersatzwiderstand  $R_0$  für die Schaltung.

Berechne die Stromstärke  $I_5$  des Stroms, der durch  $R_5$  fließt.

Berechne die Spannung  $U_4$  über  $R_4$ .

**2.1.1** Zwischen B und C liegt die Spannung  $U_0$  an.

###Zeichnung###

$$R_0 = R_7 = 2 \text{ k}\Omega$$

Es fließt kein Strom durch  $R_5$ , also  $I_5 = 0 \text{ A}$ .

Es liegt keine Spannung über  $R_4$  an, also  $U_4 = 0 \text{ V}$ .

**2.1.2** Zwischen B und D liegt die Spannung  $U_0$  an.

###Zeichnung###

$$R_0 = R_3 + R_5 = 100 \Omega + 200 \Omega = 300 \Omega$$

$$U = R \cdot I \Leftrightarrow I = \frac{U}{R} \quad I_0 = \frac{U_0}{R_0} = \frac{100 \text{ V}}{300 \Omega} = \frac{1}{3} \text{ A}$$

$I_5 = I_0 = 0,33 \text{ A}$ , da Reihenschaltung.

Es liegt keine Spannung über  $R_4$  an, also  $U_4 = 0 \text{ V}$ .

**2.1.3** Zwischen A und B liegt die Spannung  $U_0$  an.

###Zeichnung###

$$\begin{aligned} R_0 &= R_1 + R_{24} + R_6 = R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4}} + R_6 = 100 \Omega + \frac{1}{\frac{1}{100 \Omega} + \frac{1}{200 \Omega}} + 2000 \Omega \\ &= \frac{1}{\frac{1}{200 \Omega}} + 2100 \Omega = \frac{200}{3} \Omega + 2100 \Omega = \frac{6500}{3} \Omega = 2166,67 \Omega \end{aligned}$$

Es fließt kein Strom durch  $R_5$ , also  $I_5 = 0 \text{ A}$ .

$$I_0 = \frac{U_0}{R_0} = \frac{100 \text{ V}}{\frac{6500}{3} \Omega} = \frac{300 \text{ V}}{6500 \Omega} = \frac{3}{65} \text{ A} = 0,0462 \text{ A}$$

$I_{24} = I_0$  da Reihenschaltung.

$U_2 = U_4 = U_{24}$ , da Parallelschaltung von  $R_2$  und  $R_4$ .

$$U_{24} = R_{24} \cdot I_{24} \quad R_{24} = \frac{200}{3} \Omega \quad (\text{s.o.})$$

$$U_4 = R_{24} \cdot I_0 = \frac{200}{3} \Omega \cdot \frac{3}{65} \text{ A} = \frac{200}{65} \text{ V} = \frac{40}{13} \text{ V} = 3,077 \text{ V}$$

**2.1.4** Zwischen A und D liegt die Spannung  $U_0$  an.

###Zeichnung###

$$R_0 = R_1 + R_{24} + R_6 + R_5 + R_3 = R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4}} + R_6 + R_5 + R_3 = 100 \Omega + \frac{1}{\frac{1}{100 \Omega} + \frac{1}{200 \Omega}} + 2000 \Omega + 200 \Omega + 100 \Omega$$

$$= \frac{200}{3} \Omega + 2400 \Omega = \frac{7400}{3} \Omega = 2466,67 \Omega$$

$$I_0 = \frac{U_0}{R_0} = \frac{100 \text{ V}}{\frac{7400}{3} \Omega} = \frac{300 \text{ V}}{7400 \Omega} = \frac{3}{74} \text{ A} = 0,0405 \text{ A}$$

$I_5 = I_0 = 0,0405 \text{ A}$ , da Reihenschaltung.

$I_{24} = I_0$  da Reihenschaltung.

$U_2 = U_4 = U_{24}$ , da Parallelschaltung von  $R_2$  und  $R_4$ .

$$U_{24} = R_{24} \cdot I_{24} \quad R_{24} = \frac{200}{3} \Omega \quad (\text{s.o.})$$

$$U_4 = R_{24} \cdot I_0 = \frac{200}{3} \Omega \cdot \frac{3}{74} \text{ A} = \frac{200}{74} \text{ V} = \frac{100}{37} \text{ V} = 2,7027 \text{ V}$$

**Aufgabe 3:** Fertige jeweils eine Skizze für eine Parallel- und Reihenschaltung von Kondensatoren an. Zeichne die relevanten physikalischen Größen ein.

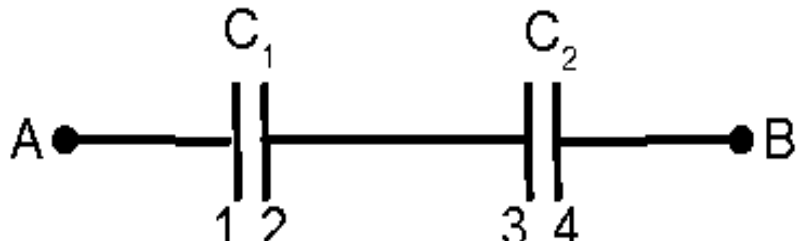
Stelle Gleichungen für die Größen auf und begründe dies kurz.

Leite aus diesen Gleichungen die Formeln für die Ersatzkapazitäten von Kondensatoren in Parallel- und Reihenschaltungen her.

Reihe:

Maschenregel: Die Summe der Spannungen ist null:

$$U_0 = U_1 + U_2 + \dots + U_n,$$



Alle Ladungen sind gleich. Platte 2 hat die durch Influenz die gleiche Ladung wie Platte 1. Weil die Summe der Ladungen von Platte 2 und 3 gleich null sein muss, hat Platte 3 betragsmäßig die gleiche Ladung wie Platte 2 und damit auch Platte 4.

$$Q_0 = Q_1 = Q_2 \dots = Q_n \quad U = \frac{Q}{C}$$

$$\frac{Q_0}{C_0} = \frac{Q_1}{C_1} + \frac{Q_1}{C_2} + \dots + \frac{Q_1}{C_n} \quad \Leftrightarrow \quad \frac{Q_0}{C_0} = \frac{Q_0}{C_1} + \frac{Q_0}{C_2} + \dots + \frac{Q_0}{C_n} \quad | :Q_0 \quad \Leftrightarrow \quad \frac{1}{C_0} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

Parallel:  $Q = U \cdot C$

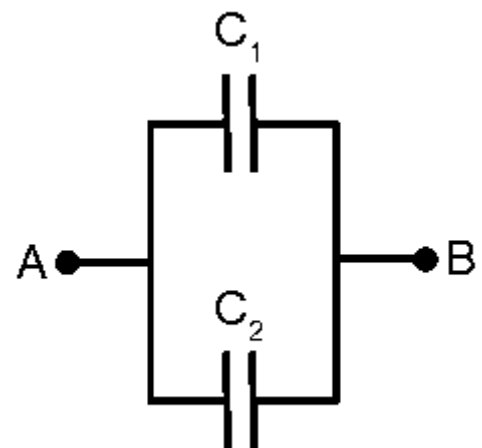
Die Ladungen teilen sich auf die Platten auf, also

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n,$$

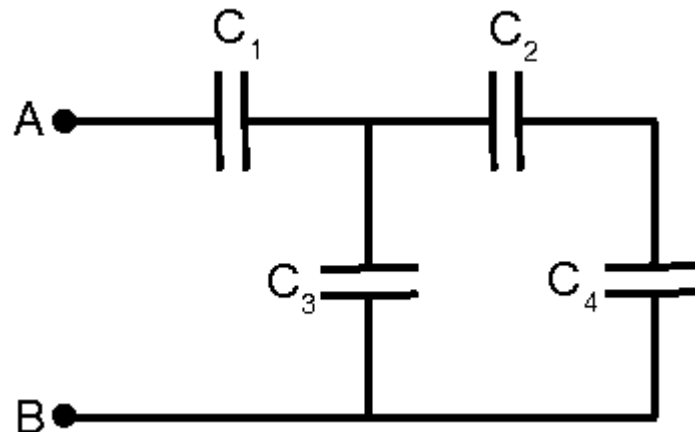
$C_1$  und  $C_2$  sind jeweils direkt mit der Spannungsquelle verbunden, also

$$U_0 = U_1 = U_2 = \dots = U_n$$

$$\begin{aligned} U_0 C_0 &= U_1 C_1 + U_2 C_2 + \dots + U_n C_n \\ \Leftrightarrow U_0 C_0 &= U_0 C_1 + U_0 C_2 + \dots + U_0 C_n \quad | :U_0 \\ \Leftrightarrow C_0 &= C_1 + C_2 + \dots + C_n \end{aligned}$$



**Aufgabe 4:** Berechne die Ersatzkapazität der folgenden Schaltung.



$$C_1 = 10 \mu F ; C_2 = 50 \mu F ; C_3 = 0,1 mF ; C_4 = 1000 nF$$

$$C_2 \text{ und } C_4 \text{ sind in Reihe, also } \frac{1}{C_{24}} = \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_4} = \frac{1}{50 \mu F} + \frac{1}{1 \mu F} = \frac{51}{50 \mu F} \Rightarrow C_{24} = \frac{50}{51} \mu F$$

$$C_3 \text{ und } C_{24} \text{ sind parallel, also } C_{324} = C_3 + C_{24} = 100 \mu F + \frac{50}{51} \mu F = \frac{5150}{51} \mu F$$

$C_1$  und  $C_{324}$  sind in Reihe, also

$$\frac{1}{C_0} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_{324}} = \frac{1}{10 \mu F} + \frac{51}{5150 \mu F} = \frac{283}{2575 \mu F} \Rightarrow C_0 = \frac{2575}{283} \mu F = \mathbf{9,10 \mu F}$$