1 Elektrisches Feld

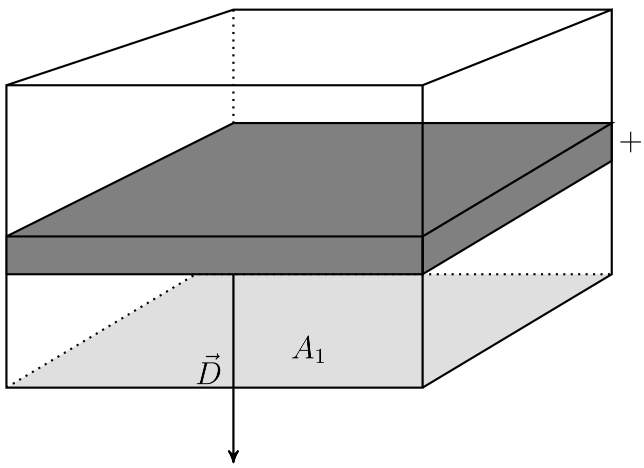
Punkte: 21

a)

Satz von Gauß (1) :
$\oint\limits_A \vec{D}\,\mathrm{d}\vec{A} = \iiint\limits_V \sigma\,\mathrm{d}V = Q$ (1)
Quelle des Felds muss deutlich werden, deswegen -0.5, wenn Volumenintegral fehlt.

$\sum\limits_{a)} 2$

b) idealer Kondensator: Nur A1 wird vom Feld durchströmt. (0.5)



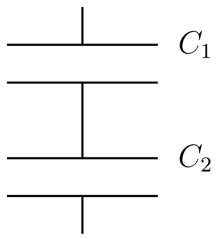
$\oint\limits_A \vec{D}\,\mathrm{d}\vec{A} = \int\limits_{x=-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}} \int\limits_{y=-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}} -\vec{e}_z\vec{D}\,\mathrm{d}A_1$ Grenzen (0.5) $= a^2 \cdot D = 0{,}01\,\mathrm{A\,s}$ (1)
Je nach gewähltem Koordinatensystem auch andere Integrationsgrenzen i.O., die resultierenden Strecken den Seitenlängen entsprechen.

$\sum\limits_{b)} 2$

c)
- Ladung in Anordnung konstant (1)
- Gesamtkapazität ändert sich mit Füllhöhe (anderes ε_r) (0.5)
- $C \sim \frac{1}{U}$ Zusammenhang zwischen Kapazität und Spannung / $C = \frac{Q}{U}$ (0.5)

$\sum\limits_{c)} 2$

d) Reihenschaltung (1)



(0.5)

$\sum_{d)} 1.5$

e)

$$C = \frac{\varepsilon A}{d} \text{ (1)}$$
$$C_0 = \frac{\varepsilon_{r1}\varepsilon_0 \cdot a^2}{a} = \varepsilon_{r1}\varepsilon_0 \cdot a \text{ (0.5)}$$

$\sum_{e)} 1.5$

f) Reihenschaltung:

$$C_{\text{ges}} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \text{ (1)} = \frac{\varepsilon_{r1}\varepsilon_0 a^2 \varepsilon_{r2}\varepsilon_0 a^2}{(a-h)h\left(\frac{\varepsilon_{r1}\varepsilon_0 a^2}{a-h} + \frac{\varepsilon_{r2}\varepsilon_0 a^2}{h}\right)}$$
$$= \frac{\varepsilon_{r2}\varepsilon_{r1}\varepsilon_0 a^2}{\varepsilon_{r1}h + (a-h)\varepsilon_{r2}} \text{ (1)}$$

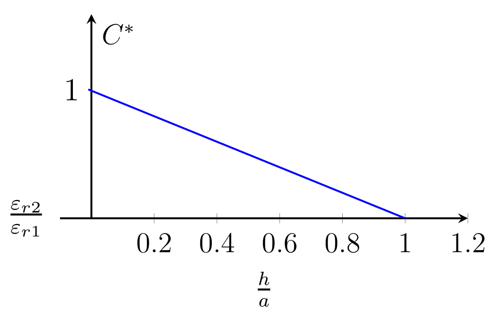
$\sum_{f)} 2$

g)

$$\frac{C_0}{C_{\text{ges}}} = \frac{\frac{\varepsilon_{r1}\varepsilon_0 a}{\varepsilon_{r1}\varepsilon_{r2}\varepsilon_0 a^2}}{\varepsilon_{r1}h + (a-h)\varepsilon_{r2}} \text{ (1)}$$
$$= \frac{\varepsilon_{r1}h + (a-h)\varepsilon_{r2}}{\varepsilon_{r2}} = \frac{\varepsilon_{r1}}{\varepsilon_{r2}}h + (a-h) = \frac{h}{a}\left(\frac{\varepsilon_{r1}}{\varepsilon_{r2}} - 1\right) + 1 \text{ (1)}$$

$\sum_{g)} 2$

h) Zeichnung: (2)



$\sum_{h)} 2$

i) Parallel (1) mit $C_x = C_{\text{ges}}$, denn dann ist $C_{\text{neu}} = C_{\text{ges}} + C_x = 2C\text{ges}$ (Rechnung und/oder Begründung OK) (1)

$\sum_{i)} 2$

j) Ladung nicht konstant (1), da Verlustleistung bzw. Selbstentladung über Widerstände (1)

$\sum_{j)} 2$

k)
- Kapazität ändert sich mit der Frequenz. (1)
- Normierung der gemessenen Frequenz auf den Bereich ω_{voll} bis ω_{leer}. (1)

$\sum_{k)} 2$

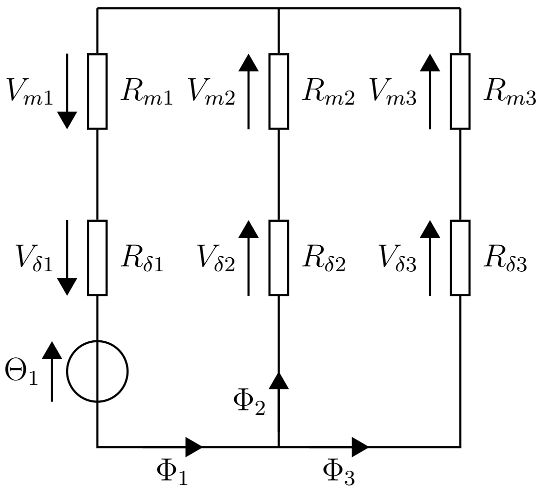
$\sum_{A1} 21$

2 Magnetischer Kreis

Punkte: 29

a)

Zeichnung (2)



$$R_m = \frac{l}{\mu A} \quad (1)$$

$$R_{m1} = \frac{3l_1 - \delta_1}{\mu_0 \mu_r a^2} \quad (0.5)$$

$$R_{m2} = \frac{l_1 - \delta_2}{\mu_0 \mu_r a^2} \quad (0.5)$$

$$R_{m3} = \frac{2l_2 + l_1 - \delta_3}{\mu_0 \mu_r a^2} \quad (0.5)$$

$$R_{\delta 1} = \frac{\delta_1}{\mu_0 a^2}, \ \mu_{r,Luft} = 1 \quad (0.5)$$

$$R_{\delta 2} = \frac{\delta_2}{\mu_0 a^2} \quad (0.5)$$

$$R_{\delta 3} = \frac{\delta_3}{\mu_0 a^2} \quad (0.5)$$

$$\Theta = NI \quad (0.5)$$

$$\Theta_1 = N_1 I_1 \quad (0.5)$$

$$\sum_a 7$$

b)

$$R_{s1} = R_{m1} + R_{\delta 1} = \frac{3l_1}{\mu_0\mu_r a^2} + \frac{\delta_1}{\mu_0 a^2} \; (1)$$
$$R_{s2} = R_{m2} + R_{\delta 2} = \frac{l_1}{\mu_0\mu_r a^2} + \frac{\delta_2}{\mu_0 a^2} \; (1)$$
$$R_{s3} = R_{m3} + R_{\delta 3} = \frac{2l_2 + l_1}{\mu_0\mu_r a^2} + \frac{\delta_3}{\mu_0 a^2} \; (1)$$

$$\sum_b 3$$

c)

$$R_p = \frac{R_{s2}R_{s3}}{R_{s2}+R_{s3}} \; (1)$$

Spannungsteiler

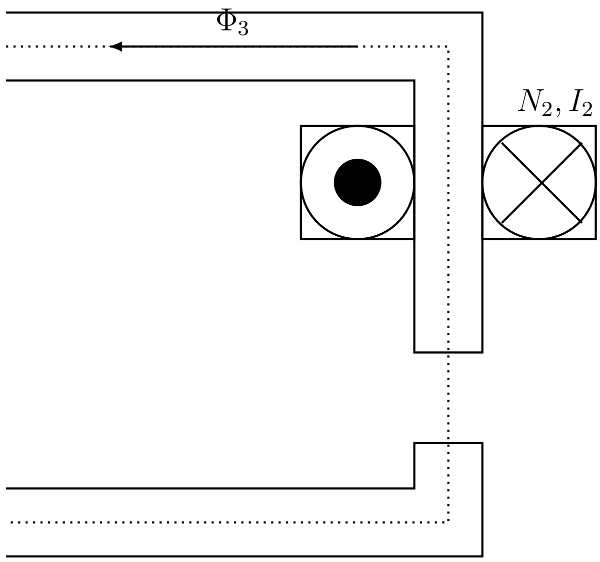
$$V_{m,p} = \frac{\Theta_1 R_p}{R_{s1}+R_p} \; (1)$$
$$V_{m,s1} = \frac{\Theta_1 R_{s1}}{R_{s1}+R_p} \; (0,5)$$
$$\Phi = \frac{\Theta}{R} \; (0.5)$$
$$\Phi_1 = \frac{V_{m,s1}}{R_{s1}} = \frac{\Theta_1}{R_{s1}+R_p} = \frac{\Theta_1}{R_{s1}+\frac{R_{s2}R_{s3}}{R_{s2}+R_{s3}}} = \frac{N_1I_1(R_{s2}+R_{s3})}{R_{s1}R_{s2}+R_{s1}R_{s3}+R_{s2}R_{s3}} \; (1)$$
$$\Phi_2 = \frac{V_{m,s2}}{R_{s2}} = \frac{\Theta_1 R_p}{R_{s1}+R_p}\frac{1}{R_{s2}} = \frac{\Theta_1}{R_{s1}+\frac{R_{s2}R_{s3}}{R_{s2}+R_{s3}}}\frac{R_{s2}R_{s3}}{R_{s2}+R_{s3}}\frac{1}{R_{s2}} = \Theta_1\frac{R_{s2}+R_{s3}}{R_{s1}(R_{s2}+R_{s3})+R_{s2}R_{s3}}\frac{R_{s2}R_{s3}}{R_{s2}+R_{s3}}\frac{1}{R_{s2}} = N_1I_1\frac{R_{s3}}{R_{s1}R_{s2}+R_{s1}R_{s3}+R_{s2}R_{s3}} \; (1)$$
$$\Phi_3 = N_1I_1\frac{R_{s2}}{R_{s1}R_{s2}+R_{s1}R_{s3}+R_{s2}R_{s3}} \; (1)$$

$\sum_c 6$

d) $U_{i2} = 0$, da die Flussänderung durch die Spule N_2 aufgrund des Gleichstromes null ist. (1)

$\sum_d 1$

e) Zeichnung (2)
Begründung (1)



Damit die Kraft im Luftspalt δ_2 null wird, muss der magnetische Fluss duch den mittleren Schenkel null werden. Dazu müssen sich die Anteile von Φ_1 und Φ_3 im mittleren Schenkel aufheben.

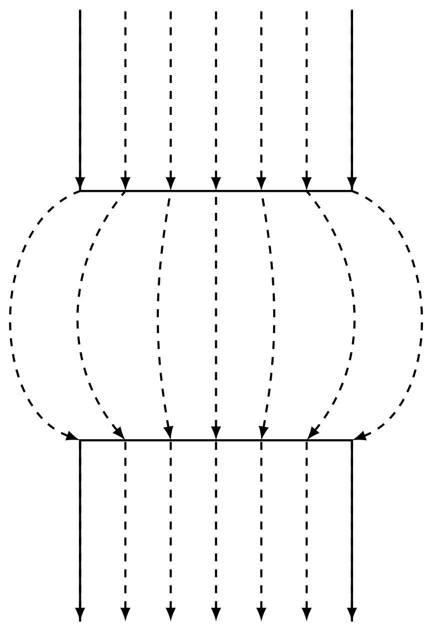
$\sum_e 3$

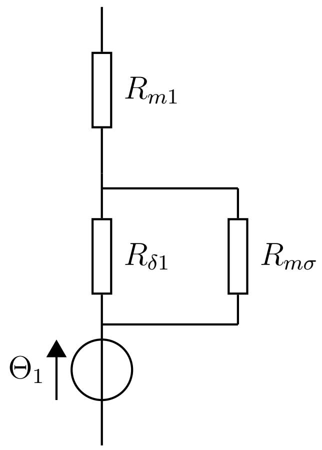
f)

$$
\begin{aligned}
\text{Knotenregel:}\quad \Phi_1 &= \Phi_3 \ (1)\\
\text{1. Masche: } \Theta_1 &= \Phi_1(R_{m1} + R_{m\delta 1}) \ (1)\\
\text{2. Masche: } \Theta_2 &= \Phi_3(R_{m3} + R_{m\delta 3}) \ (1)\\
2\Theta_1 &= \Phi_3(R_{m3} + R_{m\delta 3})\\
2\Phi_1(R_{m1} + R_{m\delta 1}) &= \Phi_1(R_{m3} + R_{m\delta 3})\\
2R_{m1} + 2R_{m\delta 1} &= R_{m3} + R_{m\delta 3}\\
2R_{m1} &= R_{m3} \ (2)\\
2\frac{3l_1}{\mu_0\mu_r a^2} &= \frac{2l_2 + l_1}{\mu_0\mu_r a^2}\\
6l_1 &= 2l_2 + l_1\\
5l_1 &= 2l_2\\
\frac{l_1}{l_2} &= \frac{2}{5} \ (1)
\end{aligned}
$$

$\sum_f 6$

g) Zeichnung Feldlinien (1)
Zeichnung ESB (1)
Begründung (1)





Durch die Ausdehnung der Feldlinien aufgrund der Streuung vergrößert sich die innerhalb des Luftspaltes zu berücksichtigende Querschnittsfläche. Dadurch sinkt der Gesamtwiderstand des Luftspaltes. Dies kann mit einer Parallelschaltung berücksichtigt werden.

$\sum_f 3$

3 Komplexe Wechselstromrechnung

Punkte: 30

a) Ansatz 0,5 Punkte und Ergebnis 0,5 Punkte

$$L_X = (L_1 + L_2)||L_3 \; (0.5)$$
$$L_x = \frac{(L_1 + L_2)L_3}{L_1 + L_2 + L_3} = \frac{(3\,\mathrm{mH} + 5\,\mathrm{mH})8\,\mathrm{mH}}{3\,\mathrm{mH} + 5\,\mathrm{mH} + 8\,\mathrm{mH}} = 4\,\mathrm{mH} \; (0.5)$$

Ansatz 0,5 Punkte und Ergebnis 0,5 Punkte

$$C_X = (C_1 + C_2)||C_3 \; (0.5)$$
$$C_x = C_3 + \frac{(C_1 C_2)}{C_1 + C_2} = 40\,\mu\mathrm{F} + \frac{120\,\mu\mathrm{F} \cdot 120\,\mu\mathrm{F}}{120\,\mu\mathrm{F} + 120\,\mu\mathrm{F}} = 100\,\mu\mathrm{F} \; (0.5)$$

$\sum_{a)} 2$

b)

$$\underline{I}_4 = \frac{\underline{U}_{C_x}}{R_2 + j\omega L_x} \; (0.5)$$
$$\underline{I}_4 = \frac{\underline{U}_{C_x}(R_2 + j\omega L_x)}{R_2^2 - \omega^2 L_x^2} = \frac{j5\,\mathrm{V}(4\,\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{A}} - j2000\,\frac{1}{\mathrm{s}}4 \cdot 10^{-3}\,\frac{\mathrm{V\,s}}{\mathrm{A}})}{16\,\frac{\mathrm{V}^2}{\mathrm{A}^2} + 4 \cdot 10^6\,\frac{1}{\mathrm{s}^2}16 \cdot 10^{-6}\,\frac{\mathrm{V}^2\mathrm{s}^2}{\mathrm{A}^2}}$$
$$= \frac{j20\,\frac{\mathrm{V}^2}{\mathrm{A}} + 40\,\frac{\mathrm{V}^2}{\mathrm{A}}}{80\,\frac{\mathrm{V}^2}{\mathrm{A}^2}} = 0{,}5\,\mathrm{A} + j0{,}25\,\mathrm{A} \; (0.5)$$

$$\underline{U}_{R_2} = \underline{I}_4 R_2 \; (0.5) \; = (0{,}5\,\mathrm{A} + j0{,}25\,\mathrm{A})4\,\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{A}} = 2\,\mathrm{V} + j1\,\mathrm{V} \; (0.5)$$
$$\underline{U}_{L_x} = \underline{I}_4 j\omega L_x \; (0.5) \; = (0{,}5\,\mathrm{A} + j0{,}25\,\mathrm{A})j2000\,\frac{1}{\mathrm{s}}4 \cdot 10^{-3}\,\frac{\mathrm{V\,s}}{\mathrm{A}}$$
$$= -2\,\mathrm{V} + j4\,\mathrm{V} \; (0.5)$$

$\sum_{b)} 3$

c)

$$\underline{I}_3 = \frac{\underline{U}_{C_x}}{\frac{1}{j\omega C_x}} \; (0.5) \; = \underline{U}_{C_x} j\omega C_x = j5\,\mathrm{V} j2000\,\frac{1}{\mathrm{s}}100 \cdot 10^{-6}\,\frac{\mathrm{A\,s}}{\mathrm{V}} = -1A \; (0.5)$$

$\sum_{c)} 1$

d)

$$\underline{I}_2 = \underline{I}_3 + \underline{I}_4 \; (0.5) \; = 0{,}5\,\mathrm{A} + j0{,}25\,\mathrm{A} - 1\,\mathrm{A} = -0{,}5\,\mathrm{A} + j0{,}25\,\mathrm{A} \; (0.5)$$
$$\underline{U}_{L_4} = \underline{I}_2 j\omega L_4 \; (0.5) \; = (0{,}5\,\mathrm{A} + j0{,}25\,\mathrm{A})j2000\,\frac{1}{\mathrm{s}}10^{-3}\,\frac{\mathrm{V\,s}}{\mathrm{A}} = -0{,}5\,\mathrm{V} - j1\,\mathrm{V} \; (0.5)$$

$\sum_{d)} 2$

e)

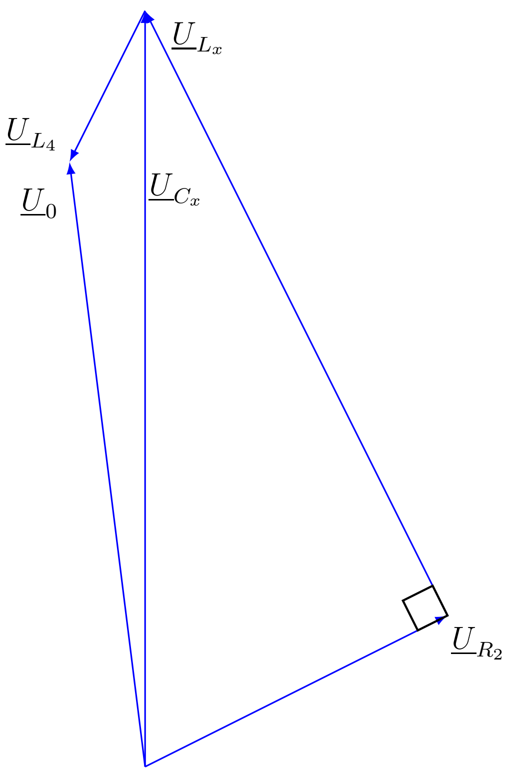
$$\underline{U}_0 = \underline{U}_{C_x} + \underline{U}_{L_4}\,(0.5) \;= -0{,}5\,\mathrm{V} - j1\,\mathrm{V} + j5\,\mathrm{V} = -0{,}5\,\mathrm{V} + j4\,\mathrm{V}\,(0.5)$$

$$\underline{I}_1 = \frac{\underline{U}_0}{R_1}\,(0.5) \;= \frac{-0{,}5\,\mathrm{V} + j4\,\mathrm{V}}{2\,\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{A}}} = -0{,}25\,\mathrm{A} + j2\,\mathrm{A}\,(0.5)$$

$$\underline{I}_0 = \underline{I}_1 + \underline{I}_2\,(0.5) \;= -0{,}25\,\mathrm{A} + j2\,\mathrm{A} - 0{,}5\,\mathrm{A} + j0{,}25\,\mathrm{A} = -0{,}75\,\mathrm{A} + j2{,}25\,\mathrm{A}\,(0.5)$$

$\sum_{e)} 3$

f) (1) (1) (1) (1) (1)

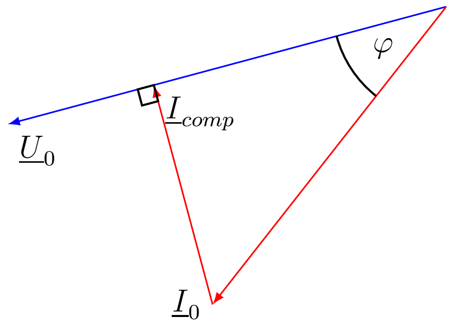


$\sum_{f)} 5$

g) Richtige Antworten je 0,5 Punkte, Begründung je 0,5 Punkte.

φ	keine (0.5)	φ nur von der Frequenz abhängig (0.5)
S	vervierfacht (0.5)	$\lvert\underline{S}\rvert = \lvert\underline{U}_0\rvert\,\lvert\underline{I}_0\rvert = \frac{\lvert\underline{U}_0\rvert^2}{\lvert\underline{Z}\rvert}$ (0.5)
P, Q	Verhalten sich wie S (0.5)	$P = \cos\varphi \cdot S$, $P = \sin\varphi \cdot S$ mit $\varphi = const$ (0.5)

$\sum_{g)} 3$



h) Je Zeiger (0.5) (0.5) (0.5) . Die Schaltung zeigt kapazitives Verhalten, (0.5)

$\sum_{h)} 2$

i) Induktivität (0.5) , um kapazitiven Verhalten entgegen zu wirken (0.5)

$\sum_{i)} 1$

j) $|\underline{I}_{comp}| = 0{,}3\,\text{A}$ ablesen (0.5)

$\frac{|\underline{U}_o|}{|\underline{I}_{comp}|} = |j\omega L_{comp}|$ (1) $\rightarrow L_{comp} = \frac{|\underline{U}_0|}{|\underline{I}_{comp}|\omega} = \frac{6\,\text{V}}{0{,}3\,\text{A}10^4\,\frac{1}{\text{s}}} = 20 \cdot 10^{-4}\,\frac{\text{V s}}{\text{A}} = 2\,\text{mH}$ (0.5)

$\sum_{j)} 2$

k) $f_{01} \approx 159\,\text{Hz}$ Parallelschwingkreis (0.5) , sperrt bei Resonanz (0.5)
$f_{01} \approx 477\,\text{Hz}$ Reihenschwingkreis (0.5) , $|\underline{Z}| \rightarrow 0$ bei Resonanz (0.5)

$\sum_{k)} 2$

l) Parallelschwingkreis: L_x & C_x (1)
Reihenschwingkreis: L_x, C_x & L_4 (1)

$\sum_{l)} 2$

m) Durch $R_2 = 0$ folgt Kurzschluss über die äußere Masche bei $f = 0$, da $\omega L = 0$ (1)

$\sum_{m)} 1$

n) Rechte Masche sperrt ($\omega L \rightarrow \infty$), Strom fließt nur über $R_1 = 100\,\Omega$ (1)

$\sum_{n)} 1$

o)

$$\underline{Z} = j\omega L_4 + \frac{\frac{1}{j\omega C_x} j\omega L_x}{\frac{1}{j\omega C_x} + j\omega L_x} \text{ (1)}$$

$$= j\omega L_4 + \frac{j\omega L_x}{1 - \omega^2 L_x C_x} \text{ (1)}$$

$$= \frac{j\omega L_4(1 - \omega^2 L_x C_x) + j\omega L_x}{1 - \omega^2 L_x C_x} \text{ (1)}$$

$\sum_{o)} 3$

p) Ansatz: Parallelresonanz: Nenner=0 (0.5) , Reihenresonanz: Zähler=0 (0.5)

i) $0 = 1 - \omega_{01}^2 L_x C_x \Rightarrow \omega_{01} = \frac{1}{\sqrt{L_x C_x}} = 1000\,\frac{1}{\mathrm{s}}$
$f_{01} = \frac{\omega_{01}}{2\pi} = \frac{1000}{6}\,\mathrm{Hz} \approx 166{,}66\,\mathrm{Hz}$ (1)

ii) $0 = L_x + L_4 - \omega_{02}^2 L_x C_x L_4$
$0 = L_x + L_4 - \frac{\omega_{02}^2}{\omega_{01}^2} L_4$
$\omega_{02}^2 = \frac{L_x + L_4}{L_4}\omega_{01}^2$
$\omega_{02} = \sqrt{1 + \frac{L_x}{L_4}}\omega_{01}$
$f_{02} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{1 + \frac{L_x}{L_4}}\omega_{01} = 3 f_{01} \approx 500\,\mathrm{Hz}$ (1)

$\sum_{p)} 3$

Schaltvorgang

q) Hinweis:
C_x und L_x können nur beim eingeschwungenen Zustand und bei konstanten Bedingungen vernachlässigt werden. Das Schießen von Schalter S_2 führt zu einer Zustandsänderung (C_x entlädt sich)!

Da C_x geladen ist und sich über R_2 und L_x entlädt, muss C_x im ESB enthalten sein. Da der Entladestrom nicht konstant ist, muss L_x berücksichtigt werden.
Da der Entladestrom von C_x durch R_2 fließt und entsprechend eine Spannung über R_2 abfällt, muss R_2 berücksichtigt werden.

Alternative:
C_x muss vorhanden sein, da C_x geladen ist und sich (über R_2 und L) entlädt,
L_x muss vorhanden sein, da L_x über den sich ändernden „Entladestrom" von C geladen wird.
R_2 muss vorhanden sein, da der (Entlade-) Strom gedämpft wird.
Je vergessener Begründung −0,5 Punkte

$\sum_q 1$

r) Gleichung 1 Punkte

$$u_{C_x} = u_{L_x} + u_{R_2}$$
$$u_{L_x} + u_{R_2} - u_{C_x} = 0$$

$\sum_r 1$

s) je Zeile 0,5 Punkte

$$u_{L_x} = L_x \frac{\mathrm{d}i_4}{\mathrm{d}t}$$
$$u_{C_x} = \frac{1}{C_x}\int -i_4(t)\mathrm{d}t$$
$$u_{R_2} = R_2 \cdot i_4(t)$$
$$\Rightarrow L_x \frac{\mathrm{d}i_4}{\mathrm{d}t} + R_2 \cdot i_4(t) + \frac{1}{C_x}\int i_4(t) = 0$$

$\sum_s 2$

t) je Umformung 0,5 Punkte

$$L_x \frac{\mathrm{d}i_4}{\mathrm{d}t} + R_2 \cdot i_4(t) + \frac{1}{C_x}\int i_4(t) = 0 \quad | \quad \text{differenzieren} \quad (\frac{\mathrm{d}i_4}{\mathrm{d}t})$$
$$L_x (\frac{\mathrm{d}i_4}{\mathrm{d}t})^2 + R_2 \frac{\mathrm{d}i_4}{\mathrm{d}t} + \frac{1}{C_x} \cdot i_4(t) = 0 \quad | \quad \frac{1}{L_x}$$
$$(\frac{\mathrm{d}i_4}{\mathrm{d}t})^2 + \frac{R_2}{L_x}\frac{\mathrm{d}i_4}{\mathrm{d}t} + \frac{1}{C_x L_x} \cdot i_4(t) = 0$$

$\sum_t 1$

u) Zuweisung a und b (0,5 Punkte)
Einsetzen (0,5 Punkte)

$$
\begin{aligned}
a &= \frac{R_2}{L_x} \\
b &= \frac{1}{C_x L_x} \\
i(t) &= \hat{I} e^{-\frac{a}{2\sqrt{b}}\sqrt{b}t} \sin(\sqrt{1-(\frac{a}{2\sqrt{b}})^2}\sqrt{b}\cdot t) \\
i(t) &= \hat{I} e^{-\frac{a}{2}t} \sin(\sqrt{b-(\frac{a\sqrt{b}}{2\sqrt{b}})^2}\cdot t) \\
i(t) &= \hat{I} e^{-\frac{a}{2}t} \sin(\sqrt{b-(\frac{a}{2})^2}\cdot t) \\
i(t) &= \hat{I} e^{-\frac{a}{2}t} \sin(\sqrt{b-\frac{a^2}{4}}\cdot t) \\
i(t) &= \hat{I} e^{-\frac{R_2}{2L_x}t} \sin(\sqrt{\frac{1}{C_x L_x}-\frac{R_2^2}{4L_x^2}}\cdot t) \\
\text{oder } i(t) &= \hat{I} e^{-\frac{R_2}{2L_x}t} \sin(\sqrt{\frac{4L_x - R_2^2 C_x}{4C_x L_x^2}}\cdot t)
\end{aligned}
$$

$\sum_u 1$

v) Ablesen der Eigenfrequenz aus vorheriger Teilaufgabe (1 Punkt)

$$
\begin{aligned}
\omega_1 &= \sqrt{\frac{1}{C_x L_x}-\frac{R_2^2}{4L_x^2}} \\
\text{oder } \omega_1 &= \sqrt{\frac{4L_x - R_2^2 C_x}{4C_x L_x^2}}
\end{aligned}
$$

$\sum_v 1$

w) Betrachte $R_2 = 0\,\Omega$ (0,5 Punkt)

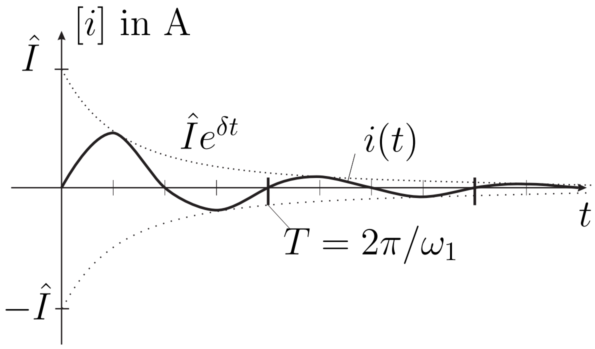
$$
\begin{aligned}
i(t) &= \hat{I} e^{-\frac{R_2}{2L_x}t} \sin(\sqrt{\frac{1}{C_x L_x}-\frac{R_2^2}{4L_x^2}}\cdot t) \mid R_2 = 0 \\
i(t) &= \hat{I} \sin(\sqrt{\frac{1}{C_x L_x}}\cdot t)
\end{aligned}
$$

$\Rightarrow$ Ungedämpfter Schwingkreis: Keine Dämpfung ($e^0 = 1$) des Stroms

Betrachte R_2 sehr groß (0,5 Punkt) Um so größer R_2 gewählt wird, desto stärker wirkt die Dämpfung ($e^{-\delta \cdot t}$). (Die Schwingung findet im Extremfall gar nicht statt.) Hinweis: Allerdings muss $R_2 \leq 2\sqrt{\frac{L_x}{C_x}}$ (Eigenfrequenz) gelten.

$\sum_w 1$

x) Achsenbeschriftung (0,5 Punkte), Einhüllende zeichnen (Schnittpunkt mit y-Achse) & Wert/ Formel (0,5 Punkte), $T = 2\pi/\omega_1$ (angeben und auf x-Achse eintragen) (0,5 Punkte), Schwingung unter der Einhüllenden zeichnen (0,5 Punkte)



$\sum_x 2$

y) $u_{C_x}(t=0)$: Begründung (0,5 Punkte) und Formel (0,5 Punkte)
Während des Einschwingvorgangs (S_1 geschlossen, S_2 geöffnet) wir der Kondensator geladen, bis kein Strom mehr über den Kondensator fließt. Entsprechend fließt auch kein Strom mehr durch die Induktivität L_4. Die Widerstände R_1 und R_2 sind parallel zur Kapazität geschaltet, daher fällt über den Bauteilen R_1, R_2 und C_x die gleiche Spannung ab:

$$\Rightarrow u_{C_x}(t=0) = U_0 (= U_{R_1} = U_{R_2})$$

$u_{L_x}(t=0)$: Begründung (0,5 Punkte) und Formel (0,5 Punkte) Da die Induktivität den Strom „festhält", ist zum Zeitpunkt $t = 0$ (direkt nach dem Schalten von S_2) der Strom $i_4(t) = 0\,\mathrm{A}$. Daher fällt keine Spannung über dem Widerstand R_2 ab ($U_{R_2} = R \cdot i_4(t) = 0\,\mathrm{V}$). Betrachtung der Masche:

$$u_{C_x}(t=0) = u_{R_2}(t=0) + u_{L_x}(t=0) \mid \text{mit } u_{R_2}(t=0) = 0, \text{ da } i_4(t=0) = 0$$
$$u_{C_x}(t=0) = u_{L_x}(t=0) = U_0$$

$\sum_y 2$

z) Ansatz: Leiten Sie die Spannung $u_{L_x}(t)$ her und betrachten Sie anschließend $t = 0$.

$$u_{L_x} = L_x \frac{\mathrm{d}i_4}{\mathrm{d}t} \mid \text{mit } \delta := \frac{R_2}{2L_x} \text{ Ansatz 0,5 Punkte}$$

$$u_{L_x} = \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t} L_x \cdot \hat{I} e^{-\delta t} \sin(\omega_1 t)$$

$$u_{L_x} = L_x \cdot \hat{I} e^{-\delta t}(\omega_1 \cos(\omega_1 t) - \delta \sin(\omega_1 t)) \text{ Rechnung 0,5 Punkte}$$

betrachte $t = 0 \rightarrow sin(0) = 0,\ cos(0) = 1,\ e^0 = 1$

$$u_{L_x} = L_x \cdot \hat{I}\omega_1 \mid \text{mit } u_{L_x}(t = 0) = U_0 \text{ und Vorgabe} : \hat{I} = \frac{U_0}{\omega_1 L_x} \text{ 'mit' 0,5 Punkte}$$

$$u_{L_x}(t = 0) = U_0 = L_x \cdot \frac{U_0}{\omega_1 L_x}\omega_1 = U_0 \quad \blacksquare \text{ Ergebnis 0,5 Punkte}$$

$$\sum_z 2$$