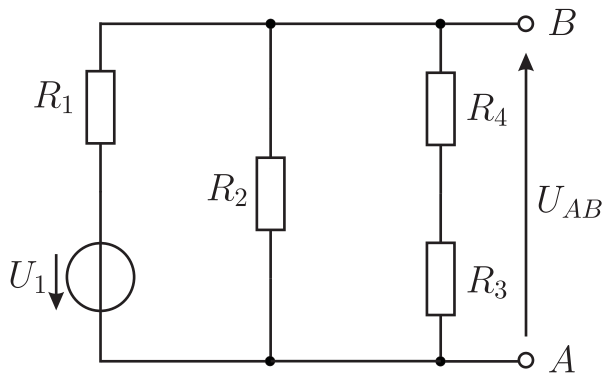
1 Gleichstromnetzwerk

Punkte: 20

a)
Superpositionsprinzip

Spannungsquelle U_1 betrachten, Stromquelle I_2 passivieren



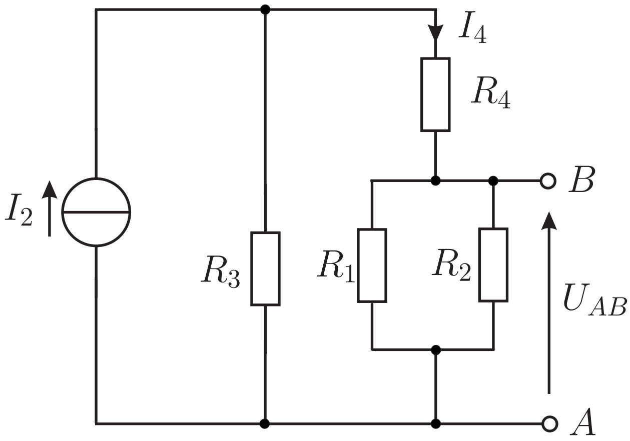
Skizze 1 Punkt

$$R_{234} = \frac{R_2 \cdot (R_3 + R_4)}{R_2 + R_3 + R_4}$$

$$U_{AB,I} = -\frac{\frac{R_2 \cdot (R_3+R_4)}{R_2+R_3+R_4}}{R_1 + \frac{R_2 \cdot (R_3+R_4)}{R_2+R_3+R_4}} U_1 = -\frac{R_2 \cdot (R_3 + R_4)}{R_1 \cdot (R_2 + R_3 + R_4) + R_2 \cdot (R_3 + R_4)} U_1$$

Widerstände zusammenfassen 1 Punkt, Spannungsteiler 1 Punkt

Stromquelle I_2 betrachten, Spannungsquelle U_1 passivieren



Skizze 1 Punkt

$$
\begin{aligned}
I_4 &= \frac{R_3 \cdot (R_1 + R_2)}{(R_1 + R_2) \cdot (R_3 + R_4) + R_1 R_2} I_2 \\
U_{AB,II} &= -\frac{R_1 R_2 R_3}{(R_1 + R_2) \cdot (R_3 + R_4) + R_1 R_2} I_2
\end{aligned}
$$

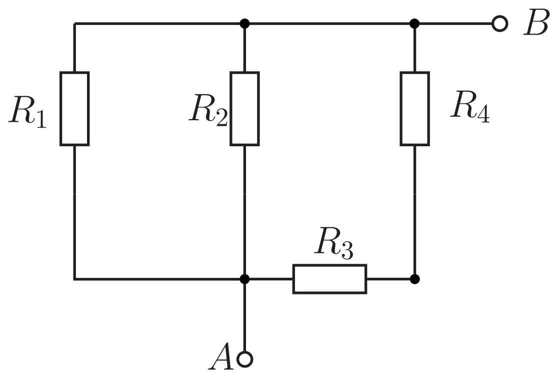
Stromteiler 1 Punkt, Widerstände zusammenfassen 1 Punkt, Ohm'sches-Gesetz 1 Punkt

$$
\begin{aligned}
U_{AB} &= U_{AB,I} + U_{AB,II} \\
&= -\frac{R_2 \cdot (R_3 + R_4)}{R_1 \cdot (R_2 + R_3 + R_4) + R_2 \cdot (R_3 + R_4)} U_1 - \frac{R_1 R_2 R_3}{(R_1 + R_2) \cdot (R_3 + R_4) + R_1 R_2} I_2
\end{aligned}
$$

Endergebnis/Superpositionsprinzip anwenden 1 Punkt

$\sum_a 8$

b) Quellen durch Innenwiderstände Ersetzen:



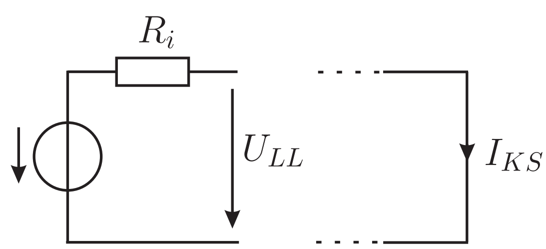
Skizze 1 Punkt

$$\frac{1}{R_i} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3 + R_4}$$
$$R_i = \frac{R_1 R_2 (R_3 + R_4)}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4) + R_1 R_2}$$

Serien-/Parallelschaltung erkennen 1 Punkt, Endergebnis 1 Punkt

$\sum_b 3$

c)



Skizze 0,5 Punkte

Kurzschlussstrom, Innenwiderstand, Leerlaufspannung

je Begriff 0,5 Punkte

$\sum_c 2$

d) Leistungsanpassung

1 Punkt

Ansatz: 1 Punkt

$$
\begin{aligned}
\frac{dP_{RL}(R_L)}{dR_L} &= 0 \\
P_{RL} &= U_{RL} I \\
&= U_{ers} \frac{R_L}{R_L + R_i} \frac{U_{ers}}{R_L + R_i} \\
&= \frac{U_{ers}^2 R_L}{(R_L + R_i)^2} (= U_{ers}^2 R_L \cdot (R_L + R_i)^{-2}) \\
\frac{dP_{RL}(R_L)}{dR_L} &= U_{ers}^2 \left(\frac{(R_L + R_i)^2 - R_L\,(2(R_i + R_L))}{(R_L + R_i)^4} \right) \\
(&= U_{ers}^2 \left((R_L + R_i)^{-2} + R_L \cdot 1 \cdot (-2)(R_L + R_i)^{-3} \right)) \\
&= U_{ers}^2 \left(\frac{R_i - R_L}{(R_L + R_i)^3} \right) = 0 \\
\Rightarrow R_i - R_L = 0 \Rightarrow R_i = R_L
\end{aligned}
$$

Aufstellen der Gleichung 1 Punkt
Ableiten 1 Punkt
Ergebnis 1 Punkt

$\sum_d 5$

e) Ladung entgegen des E-Felds verschieben → Potentialdifferenz
1 Punkt

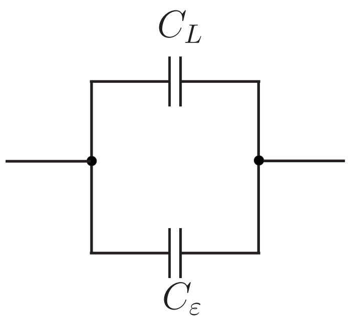
Potentialdifferenz → Spannung
1 Punkt

$\sum_e 2$

2 Kondensator

Punkte: 20

a)



Skizze 1 Punkt

$$C = \varepsilon \cdot \frac{A}{d}$$

$$\begin{aligned} C_0 &= \varepsilon_0 \frac{b \cdot h}{d} \\ C_\epsilon &= \varepsilon_0 \epsilon_r \frac{b \cdot x}{d} = \varepsilon_r \frac{x}{h} C_0 \\ C_L &= \varepsilon_0 \frac{b \cdot (h - x)}{d} = \frac{h - x}{h} C_0 \end{aligned}$$

Je Zeile 1 Punkt

$\sum_a 5$

b)

$C(x) = C_L + C_\epsilon = \frac{h-x}{h} C_0 + \epsilon_r \frac{x}{h} C_0$

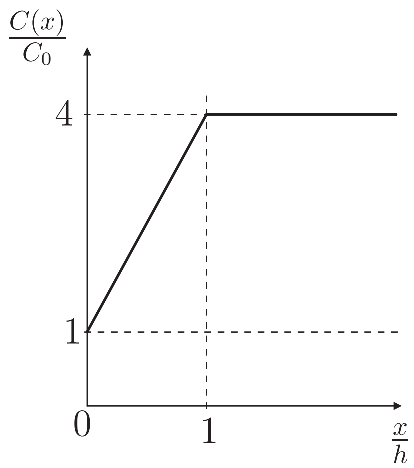
$\frac{C(x)}{C_0} = 1 + (\epsilon_r - 1) \frac{x}{h}$

Parallelschaltung 1 Punkt, Ergebnis 1 Punkt

$\sum_b 2$

c)

$\frac{C(x)}{C_0} = 1 + 3\frac{x}{h}$



Koordinatensystem 1 Punkt Graph und Formel 1 Punkt

$\sum_c 2$

d) Ladungserhaltung
1 Punkt

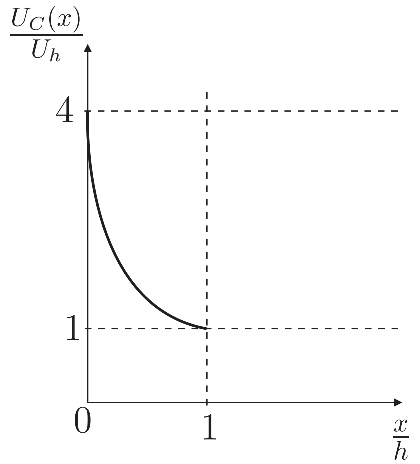
$$
\begin{aligned}
Q = CU \Rightarrow Q_{alt} &= \epsilon_r C_0 U_h \\
U_C(x) &= \frac{Q_{alt}}{C(x)} = \frac{\epsilon_r C_0 U_h}{\left(1 + (\epsilon_r - 1)\frac{x}{h}\right) C_0} \\
\frac{U_C(x)}{U_h} &= \frac{\epsilon_r}{1 + (\epsilon_r - 1)\frac{x}{h}}
\end{aligned}
$$

je Zeile 1 Punkt

$\sum_d 4$

e)

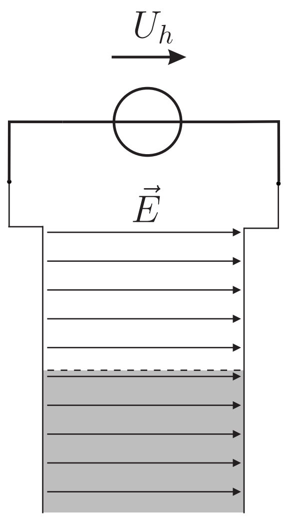
$$\frac{U_C(x)}{U_h} = \frac{4}{1 + 3\frac{x}{h}}$$



Koordinatensystem 1 Punkt Graph und Formel 1 Punkt

$\sum_g 2$

f)

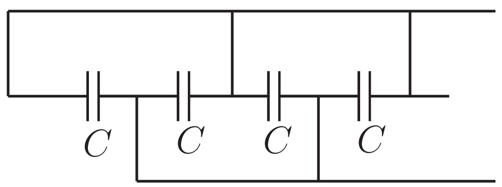


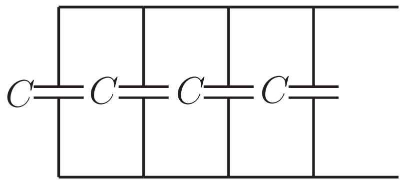
Skizze 1 Punkt

Feldrichtung in Richtung der Spannungsquelle.
konstante Verteilung über h, da $U = \int \vec{E} d\vec{s}$ - E also nur von U und s abhängig ist.
Begründung 1 Punkt

$\sum_f 2$

g)





Skizze: Plattenpaare sind parallel geschaltet. 1 Punkt
Bei n PLatten erhält man (n-1) Kondensatoren 1 Punkt
$\Rightarrow C_n(x) = (n-1)C(x) = (n-1)C_0\left[1 + (\varepsilon_r - 1)\frac{x}{h}\right]$ 1 Punkt

$\sum_g 3$

3 Elektromagnetismus

Punkte: 20

a)

$$\begin{aligned}
I(r) &= \int\int \vec{J}\,d\vec{A}, \text{da } \vec{J} \parallel \vec{A} \\
&= \int\int J \cdot r \cdot d\varphi dr \\
&= \int\int \overrightarrow{\frac{3}{2}J_0 \cdot rr} \cdot d\varphi dr \\
&= 2\pi \int J_0 r^2 dr \\
&= 2\pi \frac{1}{3} r^3 \frac{3}{2} J_0 \\
&= \pi J_0 r^3
\end{aligned}$$

Ansatz 1 Punkt
Begründete Vereinfachung des Integrals 1 Punkt
Integration 1 Punkt
Ergebnis 1 Punkt

$\sum_a 4$

b)

$$\oint \vec{H}\,d\vec{s} = \int\int \vec{J}\,d\vec{A} \text{da } \vec{H} \parallel \vec{s} \text{ und } \vec{H} \text{ homogen über } \vec{s} \quad (0.1)$$

$$H_i(r) \cdot 2\pi r = \pi J_0 r^3 \quad (0.2)$$

$$H_i(r) = \frac{J_0}{2} r^2 \quad (0.3)$$

Ansatz 1 Punkt
Begründete Vereinfachung des Integrals 1 Punkt
Ergebnis 1 Punkt

$$\oint \vec{H}\,d\vec{s} = \int\int \vec{J}\,d\vec{A} \tag{0.4}$$

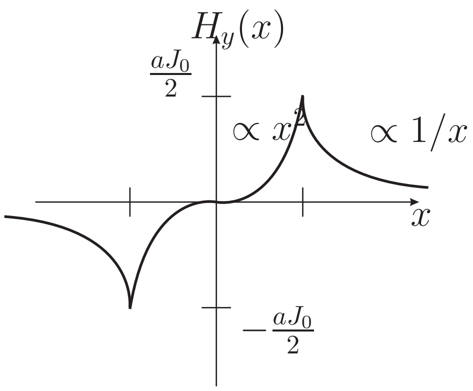
$$H_a(r) \cdot 2\pi r = I \tag{0.5}$$

$$H_a(r) = \frac{I}{2\pi r} \tag{0.6}$$

Ergebnis 1 Punkt

$\sum_b 4$

c)

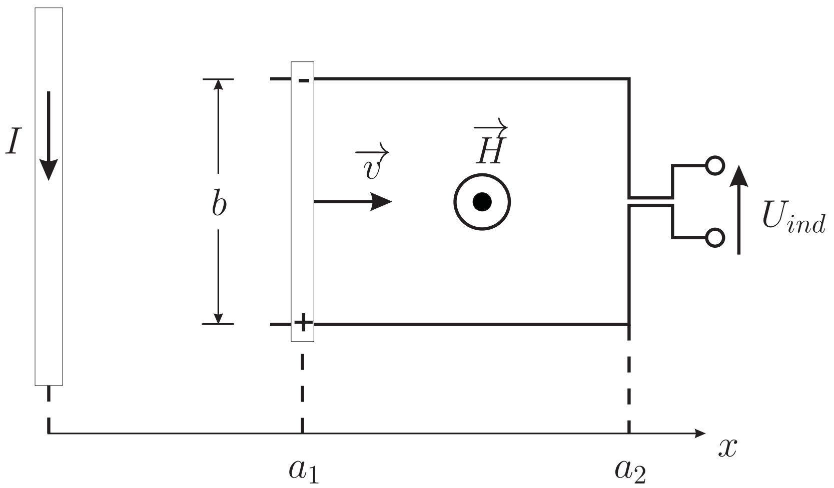


System mit Achsenbeschritung etc 0,5 Punkte
Grenzwerte 0,5 Punkte

Graphenabschnitt H_i 0,5 Punkte Graphenabschnitt H_a 0,5 Punkte

$\sum_c 2$

d)



Richtung U_{ind} 1 Punkt, wenn Vorzeichen passend zur Formel

$U_{ind} = -N\frac{d\Phi}{dt}$ U_{ind} 1 Punkt

$\sum_d 2$

e)

$$\begin{aligned}
\Phi &= \int\int \vec{B}d\vec{A} \text{da } \vec{B} \| \vec{A} \text{ und } \vec{B} \text{ homogen über } \vec{A} \\
&= b \cdot \int_{a_1+vt}^{a_2} \mu H_0 dx \\
&= b \cdot (a_2 - a_1 - vt)\mu H_0
\end{aligned}$$

$$\Rightarrow U = -\frac{d\Phi}{dt} = bv\mu H_0$$

Ansatz 1 Punkt
Begründete Vereinfachung des Integrals/Vektoren 1 Punkt
Lösen des Integrals 1 Punkt
Ergebnis 1 Punkt

$\sum_e 4$

f)

$$[\mu_0] = 1\frac{Vs}{Am}$$

$$[H] = 1\frac{A}{m}$$

$$m \cdot \frac{m}{s} \cdot \frac{Vs}{Am} \cdot \frac{A}{m} = V$$

je Zeile 1 Punkt

$\sum_f 3$

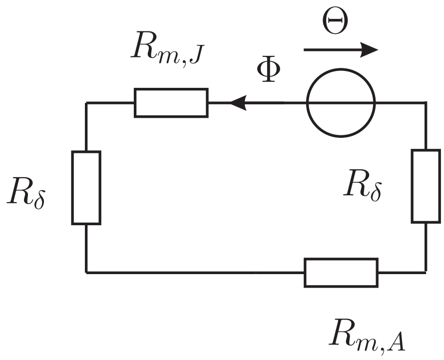
g) Bewegte Ladung in einem magnetischen Feld $\Rightarrow$ Lorentzkraft
oder veränderliche Fläche.

$\sum_g 1$

4 Magnetischer Kreis

Punkte: 20

a)



Skizze 1 Punkt

$$
\begin{aligned}
R_m &= \frac{l}{\mu A}\\
R_{m,J} &= \frac{9a}{\mu_r \mu_0 a^2}\\
R_{m,\delta} &= \frac{\delta}{\mu_0 a^2}\\
R_{m,A} &= \frac{4a}{\mu_r \mu_0 a^2}
\end{aligned}
$$

$$R_{m,ges} = R_{m,J} + 2R_{m,\delta} + R_{m,A} = \frac{13a + 2\mu_r \delta}{\mu_r \mu_0 a^2}$$

Je Zeile 1 Punkt = 5 Punkte

$\sum_a 6$

b) gegeben:

$$F_L = \frac{B^2 A}{2\mu_0}$$

$$
\begin{aligned}
F_{Luftspalt} = F_L &= \frac{F}{2}\\
\text{mit } B = \frac{\Phi}{A} \text{ und } B &= \sqrt{\frac{2\mu_0 F_L}{A}}\\
\Phi &= \sqrt{2\mu_0 F_L A} = \sqrt{2\mu_0 \frac{F}{2} A} = \sqrt{\mu_0 F A}
\end{aligned}
$$

Je Zeile 1 Punkt = 3 Punkte

$\sum_b 3$

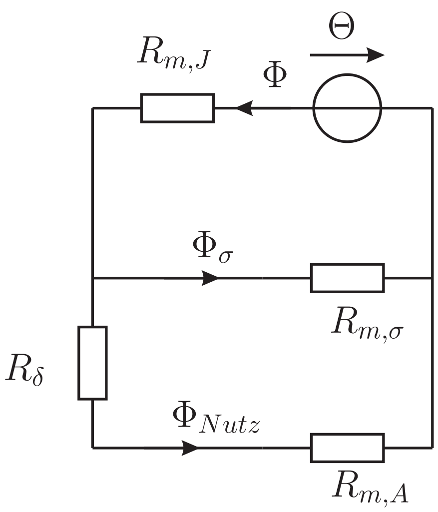
c)

$$\begin{aligned} \Theta &= NI \\ \Theta &= R_{m,ges} \cdot \Phi \\ \Rightarrow I &= \frac{R_{m,ges}\Phi}{N} = \frac{(13a + 2\mu_r\delta)\sqrt{\mu_0 F A}}{N\mu_r\mu_0 a^2} \end{aligned}$$

Je Zeile 1 Punkt = 3 Punkte

$\sum_c 3$

d)



Skizze inkl. Angabe der Φs 1 Punkt

$$\Phi = \Phi_\sigma + \Phi_{Nutz}$$

$\sum_d 2$

e) $\Phi_{Nutz} = 0{,}8\Phi^*$ und $\Phi^* \propto I$. Damit $\Phi_{Nutz} = \Phi$ aus b) ist, muss 25% mehr Strom in die Spule fließen.

1 Punkt für Ergebnis, 1 Punkt für Begründung

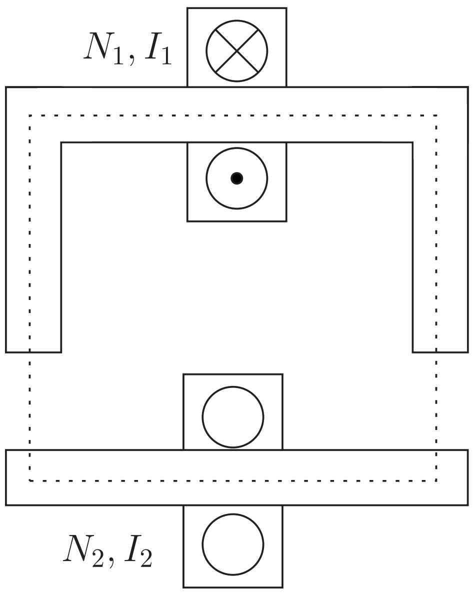
$\sum_e 2$

f) Der Kopplungsfaktor beschreibt die magnetische Kopplung zweier Spulen und ist insbesondere Abhängig von der Streuung im magnetischen Kreis. Die Gegeninduktivität beschreibt die Auswirkungen des Spulenstroms in der einen Spule auf die induzierte Spannung in der anderen Spule und ist abhängig vom Kooplungsfaktor sowie den Einzelinduktivitäten der Spulen.

je 1 Punkt

$\sum_f 2$

g)



Der Streufluss muss, damit er Auswirkungen auf die Kopplung der Spulen hat, an der zweiten Spule vorbeifließen.

$\sum_g 2$

5 Komplexe Wechselstromrechnung

Punkte: 20

a) Reihenschaltung von R, L, C:

$$\begin{aligned}
\underline{Z}_{ges} &= R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C}) \\
\underline{I}_1 &= \frac{\underline{U}_1}{\underline{Z}_1} \\
&= \frac{\underline{U}_1}{R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C})}
\end{aligned}$$

$\sum_a 1$

b)
$\underline{I}_1$ max $\rightarrow$ L und C in Resonanz
Ansatz 1 Punkt

$R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C}) \rightarrow \min$
Schlussfolgerung 1 Punkt

$$\begin{aligned}
\Rightarrow \omega L - \frac{1}{\omega C} &= 0 \\
\omega &= \frac{1}{\sqrt{LC}} \\
\Rightarrow f &= \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}
\end{aligned}$$

Ergebnis 1 Punkt

$\sum_b 3$

c) $\underline{I}_1 = \frac{\underline{U}_1}{R}$
$\underline{U}_x = 0$
$\phi = 0$ ´ je 1 Punkt

$\sum_c 3$

d) Blindleistung: bei Resonanz = 0
Wirkleistung: bei Resonanz über R
Scheinleistung: bei Resonanz = Wirkleistung

je 0,5 Punkte

$\sum_d 3$

e)

1. Bezugszeiger:

$$|\underline{I}_1| = \frac{250V}{30\Omega + j(2\pi 50 \frac{0{,}1}{\pi}\frac{H}{s} - \frac{1}{2\pi 50 \frac{200}{\pi}\frac{10^6 s}{\mu F}})} = \frac{250V}{50\Omega} = 5A$$

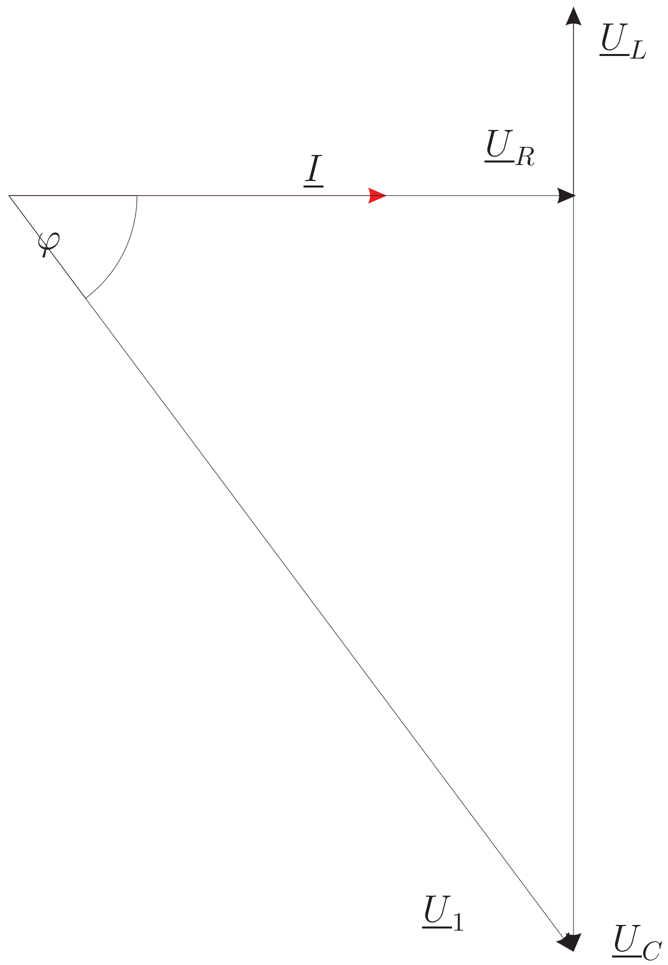
2. $|\underline{U}_R| = 150V \hat{=} 7,5cm$

3. $|\underline{U}_L| = 50V \hat{=} 2,5cm$

4. $|\underline{U}_C| = 250V \hat{=} 12,5cm$

5. $|\underline{U}_1| eintragen$

6. $\phi = 53°$ ablesen



je 1 Punkt

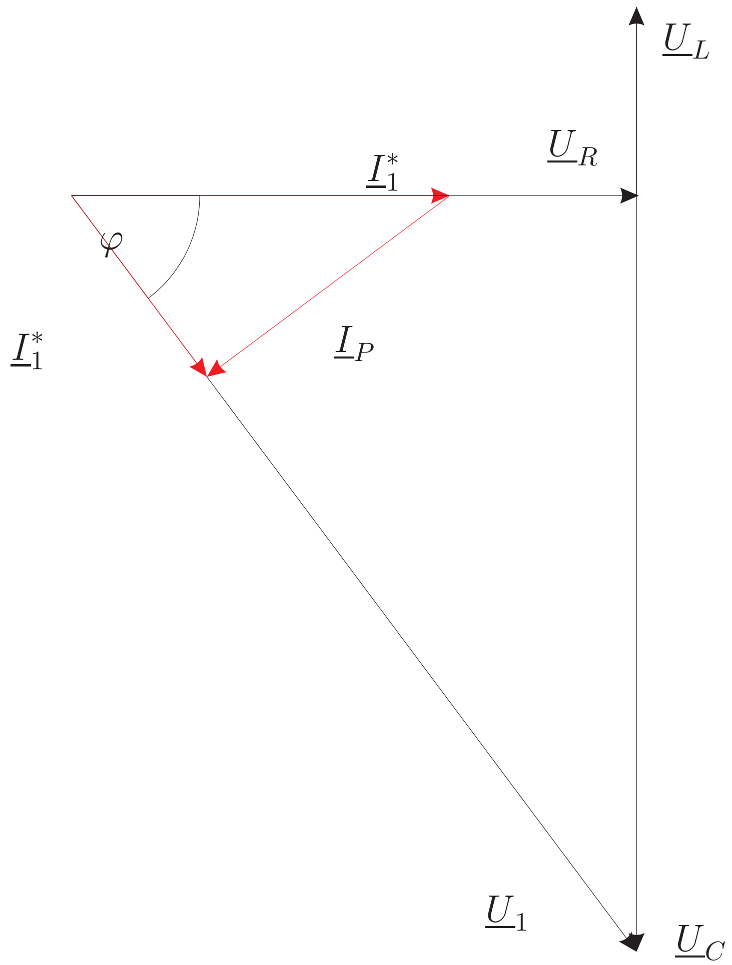
$\sum_e 6$

f) Kapazitiv, da Strom $\underline{I}_1$ der Spannung $\underline{U}_1$ voreilt.

$\sum_f 1$

g) $\Rightarrow$ Induktivität

1 Punkt



aus ZD:

$|\underline{I}_p| = 4A$

inklusive einzeichnen 1 Punkt

$$\begin{aligned}\frac{|\underline{U}_1|}{|\underline{I}_P|} &= \omega L = 2\pi 50Hz \cdot L \\ \frac{250V}{100\pi \cdot 4A} &= \frac{625}{\pi}mH\end{aligned}$$

Ergebnis 1 Punkt

$\sum_g 3$