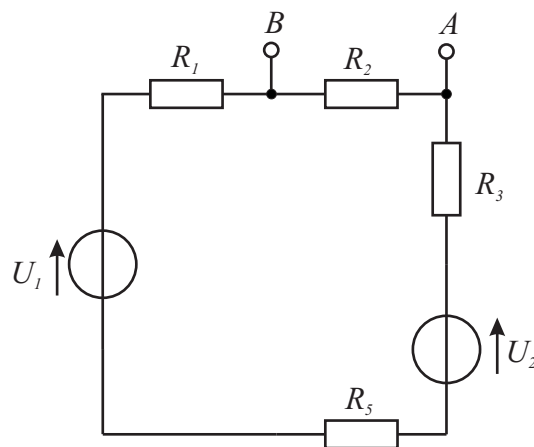


## 1 Gleichstromnetzwerk

Punkte: 20

a)  
Superpositionsprinzip

Spannungsquellen  $U_1$  und  $U_2$  betrachten, Stromquelle  $I_3$  passivieren

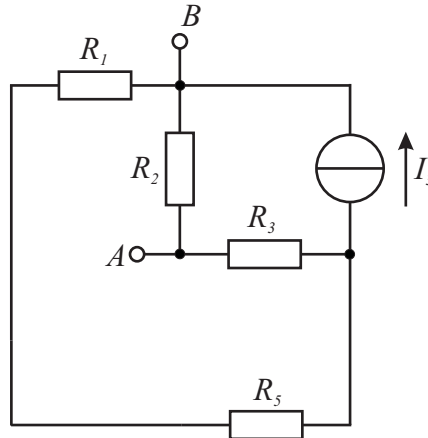


Skizze 1 Punkt

$$U_{AB,I} = \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3 + R_5}(U_1 - U_2)$$

Spannungsteiler 1 Punkt

Stromquelle  $I_3$  betrachten, Spannungsquellen  $U_1$  und  $U_2$  passivieren



Skizze 1 Punkt

$$I_2 = \frac{(R_1 + R_5)}{(R_1 + R_2 + R_3 + R_5)} I_3$$

$$U_{AB,II} = -I_2 \cdot R_2$$

$$= -\frac{R_2 \cdot (R_1 + R_5)}{(R_1 + R_2 + R_3 + R_5)} I_3$$

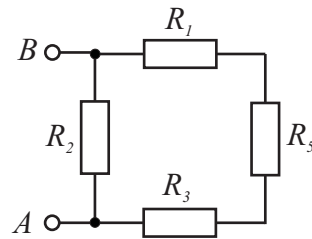
Stromteiler 1 Punkt, Ohm'sches-Gesetz 1 Punkt, Zwischenergebnis 1 Punkt

$$U_{AB} = U_{AB,I} + U_{AB,II}$$

$$= \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3 + R_5} (U_1 - U_2) - \frac{R_2 \cdot (R_1 + R_5)}{(R_1 + R_2 + R_3 + R_5)} I_3$$

Endergebnis/Superpositionsprinzip anwenden 1 Punkt

b) Quellen durch Innenwiderstände ersetzen:



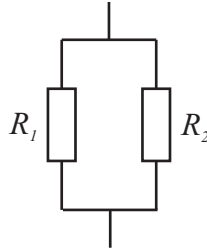
Skizze 1 Punkt

$$\frac{1}{R_i} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1 + R_3 + R_5}$$
$$R_i = \frac{R_2 \cdot (R_1 + R_3 + R_5)}{R_1 + R_2 + R_3 + R_5}$$

Serien-/Parallelschaltung erkennen 1 Punkt, Endergebnis 1 Punkt

$\sum_b 3$

c) spezifischer Widerstand



Skizze 1 Punkt

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

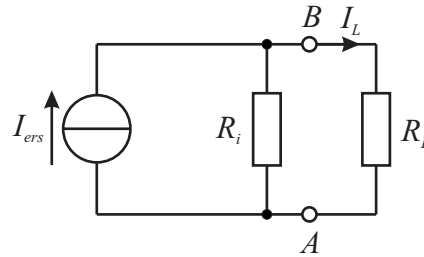
Grundformel 1 Punkt

$$\begin{aligned}
 R_{ges} &= \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \\
 &= \frac{(\rho_1 \cdot \rho_2)}{\rho_1 + \rho_2} \cdot \frac{l}{A} \\
 &= \frac{2}{3} \cdot \rho_1 \cdot \frac{l}{A} \\
 200\Omega &= \frac{2}{3} \cdot \rho_1 \cdot \frac{l}{A} \\
 \rho_1 &= \frac{3 \cdot 200\Omega \cdot \pi \cdot r^2}{2 \cdot 2 \cdot l} \quad l = 3m, \quad r = \sqrt{\frac{5}{\pi}} \\
 \rho_1 &= 250\Omega m \\
 \rho_2 &= 500\Omega m
 \end{aligned}$$

Gesamtwiderstand in Abhängigkeit von  $\rho_1$  1 Punkt,  $\rho_1$  und  $\rho_2$  je 0.5 Punkte

$\Sigma_c 4$

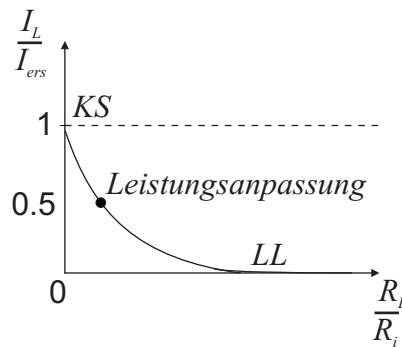
d) Laststrom Lastwiderstand



Skizze 1 Punkt

$$\frac{I_L}{I_{ers}} = \frac{R_i}{R_L + R_i} = \frac{1}{1 + \frac{R_L}{R_i}}$$

Formel 1 Punkt



Kurve 0.5 Punkte, Beschriftung(Achsen, KS, LL, Leistungsanpassung) je 0.5 Punkte

$$R_i = R_L$$

Formel 0.5 Punkte

e) Widerstand

→ el. Leistung wird im Widerstand in thermische Energie umgewandelt

1 Punkt

$\sum_e 1$

## 2 Kondensator

Punkte: 20

a)

$$Q = \iiint_V \rho \, dV = \int_0^r \int_0^{2\pi} \int_0^\pi \rho r^2 \sin \theta \, d\theta d\phi dr = \rho \frac{4}{3} \pi r^3$$

Formel 1 Punkt, Integral Kugelkoordinaten 1 Punkt , Ergebnis 1 Punkt

Alternativ:

$$Q = \rho \cdot V = \rho \frac{4}{3} \pi r^3$$

Formel + Begründung 2 Punkte, Ergebnis 1 Punkt

 $\sum_a 3$ 

b)

$$\iiint_V \rho \, dV = \iint_A \vec{D} d\vec{A} \text{ (Formel)}$$

 $\vec{D} \parallel d\vec{A}$  und D konstant auf Kugeloberfläche (Begründung)

$$\rho \frac{4}{3} \pi r^3 = D \int_0^\pi \int_0^{2\pi} r^2 \sin \theta \, d\phi d\theta \text{ (Integral aufstellen)}$$

$$D = \varepsilon E \text{ (Formel)}$$

$$\rho \frac{4}{3} \pi r^3 = \varepsilon E r^2 \int_0^\pi \sin \theta \, d\theta \cdot 2\pi = 2\pi \varepsilon E r^2 (-\cos \theta) \Big|_0^\pi = 2\pi \varepsilon E r^2 2 \text{ (Berechnung)}$$

$$E = \rho r / (3\varepsilon) \text{ (Endergebnis)}$$

je Zeile 1 Punkt

Alternative Lösung zur Integralrechnung über Oberfläche einer Kugel möglich

 $\sum_b 6$ 

c)

Oberflächenladungsdichte  $\sigma$ 

$$\sigma = Q_1 / (4\pi r_1^2) \text{ (mittlere Oberflächenladungsdichte)}$$

je Zeile 1 Punkt

$\sum_c 2$ 

d)

$$D_A = \varepsilon_A E_A, D_B = \varepsilon_B E_B, E_A(r) = E_B(r) = E(r) \text{ (für gegebenes } r \text{ E-Feld konstant)}$$

$$E = \frac{Q}{2\pi r^2(\varepsilon_A + \varepsilon_B)} \text{ (Umformung)}$$

je Zeile 1 Punkt

 $\sum_d 2$ 

e)

$$U = \int_{r_2}^{r_1} \vec{E} d\vec{s} \text{ (Formel)}$$

$$\vec{E} \parallel d\vec{s} \text{ (Begründung)}$$

$$U = \int_{r_2}^{r_1} \frac{Q_1}{2\pi r^2(\varepsilon_A + \varepsilon_B)} dr = \frac{Q_1}{2\pi(\varepsilon_A + \varepsilon_B)} \left(-\frac{1}{r}\right) \Big|_{r_2}^{r_1} \text{ (Rechnung)}$$

$$U = \frac{Q_1}{2\pi(\varepsilon_A + \varepsilon_B)} \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1}\right) \text{ (Endergebnis)}$$

je Zeile 1 Punkt

 $\sum_e 4$ 

f)

$$C = Q_1/U$$

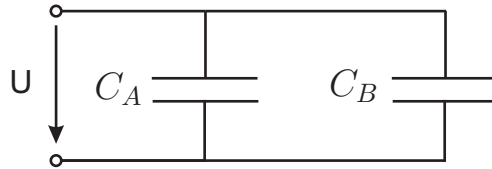
$$C = 2\pi(\varepsilon_A + \varepsilon_B) \frac{r_1 r_2}{r_1 - r_2}$$

je Zeile 1 Punkt

 $\sum_f 2$



g)



Skizze 1 Punkt

 $\Sigma_g 1$

### 3 Kondensatornetzwerk

Punkte: 20

a)

Parallelschaltung:

Gesamtladung gleich Summe der Teilladungen

Gesamtkapazität gleich Summe der Teilkapazitäten

Serienschaltung:

Alle Kondensatoren haben die gleiche Ladung

Kehrwert der Gesamtkapazität ist gleich der Summe der Kehrwerte der Teilkapazitäten

je Antwort 1 Punkt

 $\sum_a 4$ 

b)

$$C_{234} = C_2 + \frac{C_3 \cdot C_4}{C_3 + C_4} = C_0 + C_0 = 2C_0 \quad \text{1 Punkt}$$

$$\frac{1}{C_{Ges}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_{234}} = \frac{C_3 C_4 + (C_1 + C_2)(C_3 + C_4)}{C_1 C_3 C_4 + C_1 C_2 (C_3 + C_4)}$$

$$C_{Ges} = \frac{2C_0 \cdot 2C_0}{2C_0 + 2C_0} = C_0 \quad \text{1 Punkt}$$

 $\sum_b 2$ 

c)

$$C_1 = C_{234} \rightarrow U_1 = U_2$$

$$U_1 + U_2 = U_0, \quad U_1 = U_2 = U_0/2$$

$$C_3 = C_4 \rightarrow U_3 = U_4$$

$$U_3 + U_4 = U_2, \quad U_3 = U_4 = U_2/2 = U_0/4$$

je Zeile 1 Punkt

 $\sum_c 4$

d)

$$Q = C \cdot U \text{ (Ansatz)}$$

$$Q_{Ges} = C_{Ges} \cdot U_0 = C_0 \cdot U_0 \text{ (Ergebnis)}$$

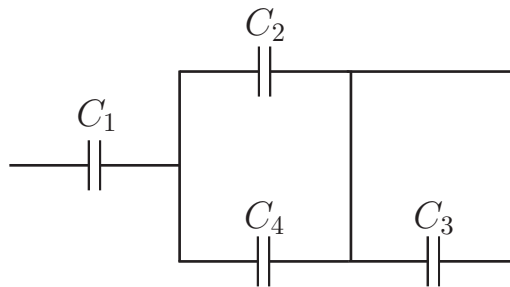
$$W = \frac{1}{2} C \cdot U^2 \text{ (Ansatz)}$$

$$W_{Ges} = \frac{1}{2} C_{Ges} \cdot U_0^2 = \frac{1}{2} C_0 \cdot U_0^2 \text{ (Ergebnis)}$$

je Zeile 1 Punkt

 $\Sigma_d 4$ 

e)



$$C_1 \text{ getrennt} \rightarrow U_1^* = U_1 = U_0/2$$

$$C_3 \text{ kurzgeschlossen} \rightarrow U_3^* = 0$$

$$\text{Ansatz: Ladungserhaltung } Q_{Ges}^* = Q_{Ges}$$

$$Q_{Ges} = Q_2 + Q_4 = C_0 \frac{U_0}{2} + 2C_0 \frac{U_0}{4} = C_0 \cdot U_0$$

$$Q_{Ges}^* = Q_2^* + Q_4^* = C_2 U_2^* + C_4 U_4^* = (C_0 + 2C_0) U_2^* = 3C_0 U_2^*$$

$$U_2^* = U_4^* = U_0/3$$

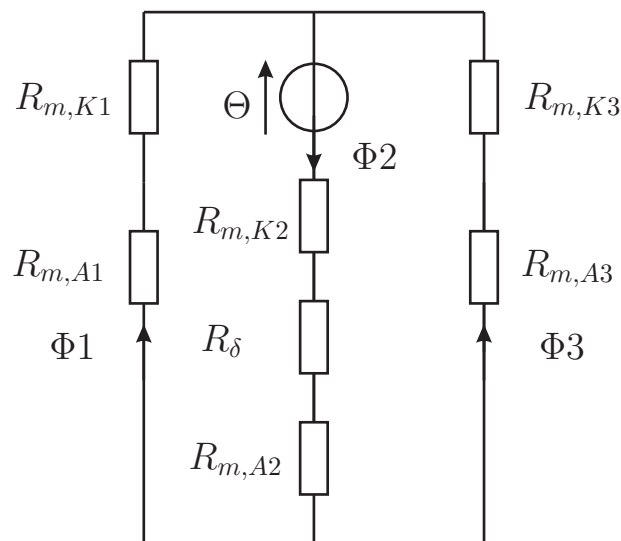
je Zeile 1 Punkt

 $\Sigma_e 6$

## 4 Magnetischer Kreis

Punkte: 20

a)



Skizze 1 Punkt

$$R_m = \frac{l}{\mu A}$$

$$R_{m,A1} = R_{m,A3} = \frac{l + h/2}{\mu_{r,gg}\mu_0 h^2}$$

$$R_{m,\delta} = \frac{\delta}{\mu_0 h^2}$$

$$R_{m,K1} = R_{m,K3} = \frac{2l}{\mu_{r,dy}\mu_0 h^2}$$

$$R_{m,K2} = \frac{l - \delta}{\mu_{r,dy}\mu_0 h^2}$$

$$R_{m,A2} = \frac{h/2}{\mu_{r,gg}\mu_0 h^2}$$

Je Zeile 1 Punkt = 6 Punkte

Symmetrie 1 Punkt

b)

$$\begin{aligned} \left[ \frac{2h^2}{\mu_0} \right] \left( \frac{Vs}{m^2} \right)^2 &= \frac{m^2}{\frac{Vs}{Am}} \cdot \left( \frac{Vs}{m^2} \right)^2 = \frac{Am^3}{Vs} \cdot \frac{V^2 s^2}{m^4} = \\ &= \frac{AVs}{m} = \frac{Ws}{m} = \frac{Nm}{m} = N \end{aligned}$$

Je Zeile 1 Punkt = 2 Punkte

 $\Sigma_b 2$ 

c) gegeben:

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

$$\begin{aligned} B &= \sqrt{\frac{2\mu_0 F_L}{A}} \\ \Phi_1 &= \frac{1}{2} \Phi_2 \\ \text{mit } B &= \frac{\Phi}{A} \\ &= \frac{1}{2} \sqrt{2\mu_0 F_L A} = \frac{1}{2} \sqrt{2\mu_0 \frac{2h^2}{\mu_0} \left( \frac{Vs}{m^2} \right)^2 h^2} = h^2 \frac{Wb}{m^2} \end{aligned}$$

Je Zeile 1 Punkt = 4 Punkte

 $\Sigma_c 4$ 

d)

$$\begin{aligned} V_m &= \Phi_2 \cdot R_{m,\delta} \\ &= 2\Phi_1 \cdot \frac{\delta}{\mu_0 \cdot h^2} = \frac{2h^2 \delta Wb}{\mu_0 h^2 m^2} = \frac{2\delta Wb}{\mu_0 m^2} \end{aligned}$$

Je Zeile 1 Punkt = 2 Punkte

 $\Sigma_d 2$

e) Bei Gleichstrom existiert eine zeitinvariante Kraftwirkung, bei Wechselstrom ändert sich periodisch der Betrag der Kraft, ist aber immer positiv (Kraft hat immer die gleiche Richtung), so dass sich eine dem Effektivwert entsprechende Kraft einstellt.

Richtung 1 Punkt, Diskussion Betrag 1 Punkt

$\sum_e 2$

f)  $L \propto \frac{1}{R_m}$ , da  $R_m$  sich vergrößert (zusätzlicher Widerstand durch Luftspalt und ggf. Verluste durch Streuung), reduziert sich  $L$ .

2 Punkte

$\sum_f 2$

**5 Komplexe Wechselstromrechnung****Punkte: 20**

a) Spannung und Ströme mit Betrag berechnen

$$\begin{aligned}
 X_L &= \omega \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \\
 \Rightarrow L &= \frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{1\Omega}{2\pi \cdot \frac{1}{2\pi} \cdot 10^3 Hz} = 10^{-3} H = 1mH \\
 |I_1| &= \frac{|\underline{U}_L|}{\omega \cdot L} = \frac{10V}{1\Omega} = 10A \\
 |\underline{U}_R| &= |I_1| \cdot R = 10A \cdot \frac{2}{5}\Omega = 4V \\
 |\underline{U}_{C1}| &= \frac{|I_1|}{\omega \cdot C_1} = \frac{10A}{\frac{10}{7} \cdot 10^{-3} F \cdot 2\pi \cdot \frac{1}{2\pi} \cdot 10^3 Hz} = 7V
 \end{aligned}$$

je Ergebnis 1 Punkt

 $\sum_a 4$ 

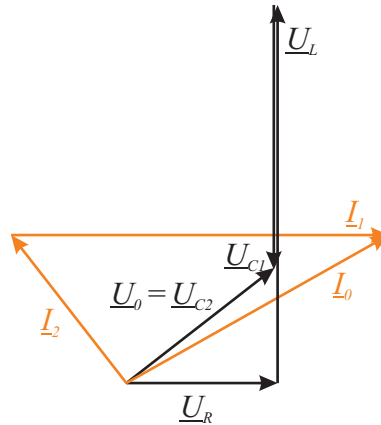
b) Spannungs- und Stromverhältnisse bei R,C,L

ohmscher Widerstand  $\Rightarrow$  Strom und Spannung in Phase  
 Kondensator  $\Rightarrow$  Strom eilt der Spannung um  $90^\circ$  voraus  
 Induktivität  $\Rightarrow$  Strom eilt der Spannung um  $90^\circ$  nach

je Zeile 3 Punkt

 $\sum_b 3$

c) Zeigerdiagramm



- 1) Zeichnen  $\underline{U}_R, \underline{U}_L, \underline{U}_{C1}, \underline{U}_{C2}, \underline{U}_0$
- 2) Ablesen  $|\underline{U}_0| = 5V \text{ (5cm)} = |\underline{U}_{C2}|$
- 3)  $|\underline{I}_2| = |\underline{U}_{C2}| \cdot \omega \cdot C_2 = 5A \text{ (5 cm)}$
- 4) Zeichnen von  $\underline{I}_1, \underline{I}_2, \underline{I}_0$
- 5) Ablesen  $|\underline{I}_0| \approx 8.2A$

je bestimmte Größe (außer  $U_R$ ) je 1 Punkt

$\Sigma_c 7$

d) Belastung der Quelle

$$\phi_0 \approx 6^\circ$$

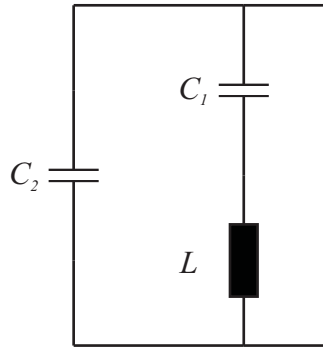
Die Quelle wird induktiv belastet, da die Spannung dem Strom vorausleitet.

je 1 Punkt

$\Sigma_d 2$



e) Gesamtimpedanz



$$\begin{aligned}
 \underline{Z} &= (j\omega L + \frac{1}{j\omega C_1}) || (\frac{1}{j\omega C_2}) \\
 &= \frac{(j\omega L + \frac{1}{j\omega C_1}) \cdot \frac{1}{j\omega C_2}}{(j\omega L + \frac{1}{j\omega C_1} + \frac{1}{j\omega C_2})} \\
 &= \frac{(j\omega L + \frac{1}{j\omega C_1})}{1 - \omega^2 LC_2 + \frac{C_2}{C_1}} \\
 &= j \frac{\omega^2 LC_1 - 1}{\omega(C_1 + C_2) - \omega^3 LC_1 C_2}
 \end{aligned}$$

Serien- / Parallelschaltung erkennen 1 Punkt

Impedanz berechnen 1 Punkt

Ergebnis 1 Punkt

$\Sigma_e$  3

f) Wirkleistung, da  $\text{Re}\{Z\} = 0$

$\Sigma_f$  1