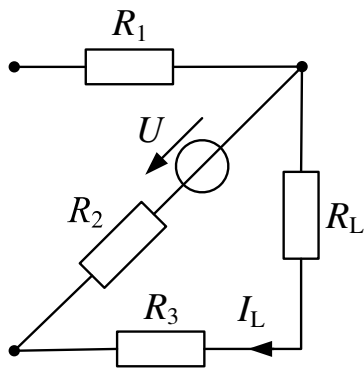


# Klausur

## Grundlagen der Elektrotechnik (Musterlösung)

### Lösung 1:

#### Wirkung der Spannungsquelle $U$

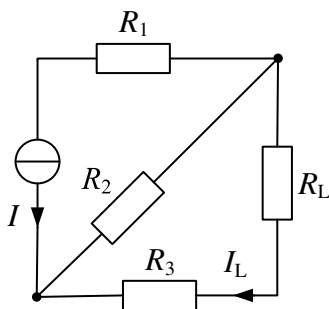


(Wenn Ergebnis korrekt ohne Zeichnung, den 1P trotzdem geben.) (1P)

$$I_{Lu} = \frac{U}{R_2 + R_3 + R_L} = \frac{10\text{V}}{5\ \Omega + 4\ \Omega + 1\ \Omega} = 1\text{A}$$

(1P für korrekte Formel abgeleitet von ESB; 1P für richtiges Ergebnis) (2P)

#### Wirkung der Stromquelle $I$



(Wenn Ergebnis korrekt ohne Zeichnung, den 1P trotzdem geben.) (1P)

$$I_{Li} = -\frac{R_2 \parallel (R_L + R_3)}{R_L + R_3} I = -\frac{R_2}{R_2 + R_L + R_3} I$$

$$I_{Li} = -\frac{5\ \Omega}{5\ \Omega + 4\ \Omega + 1\ \Omega} \cdot 6\ \text{A} = -3\ \text{A}$$

(1P für korrekte Formel abgeleitet von ESB; 1P für richtiges Ergebnis) (2P)

(0,5P Abzug beim Vorzeichenfehler)

#### Die gesuchten Größen (Superposition)

$$I_L = I_{Lu} + I_{Li} = 1\ \text{A} - 3\ \text{A} = -2\ \text{A}$$

(Folgefehler berücksichtigen) (1P)

**Lösung 2:**a) Widerstandsverhältnis

$$\frac{(R_2 \parallel R_L)}{R_1 + (R_2 \parallel R_L)} = \frac{U_L}{U_q} = \frac{6V}{9V} = \frac{2}{3} \quad (1P)$$

$$\Leftrightarrow 3(R_2 \parallel R_L) = 2R_1 + 2(R_2 \parallel R_L)$$

$$\Leftrightarrow \frac{R_1}{(R_2 \parallel R_L)} = \frac{1}{2} \quad (1P)$$

b) Widerstände  $R_1$  und  $R_2$ 

$$\frac{R_1 + (R_2 \parallel R_L)}{R_i + R_1 + (R_2 \parallel R_L)} = \frac{U_q}{U_{Batt,LL}} = \frac{9V}{9,5V} = 0,947 \quad (1P)$$

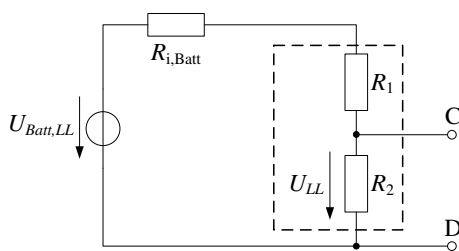
$$\text{mit } \frac{R_1}{(R_2 \parallel R_L)} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{3 \cdot R_1}{R_i + 3 \cdot R_1} = 0,947$$

$$R_1 = \frac{0,947 \cdot R_i}{3 \cdot (1 - 0,947)} = 75\Omega \quad (\text{Folgefehler berücksichtigen}) \quad (1P)$$

daraus folgt:  $(R_2 \parallel R_L) = 150\Omega$ 

$$\frac{1}{R_2} = \frac{1}{150\Omega} - \frac{1}{R_L} = \frac{1}{150\Omega} - \frac{1}{200\Omega} = \frac{1}{600\Omega}$$

$$R_2 = 600\Omega \quad (\text{Folgefehler berücksichtigen}) \quad (1P)$$

c) Ersatzspannungsquelle

Leerlaufspannung:

$$U_{LL} = \frac{R_2}{R_{i,Batt} + R_1 + R_2} U_{Batt,LL} = \frac{600\Omega}{687,5\Omega} 9,5V$$

$$U_{LL} = 8,3V \quad (\text{Folgefehler berücksichtigen}) \quad (1P)$$

Innenwiderstand:

$$R_i = (R_{i,Batt} + R_1) \parallel R_2 = \frac{87,5\Omega \cdot 600\Omega}{687,5\Omega}$$

$$R_i = 76,36\Omega \quad (\text{Folgefehler berücksichtigen}) \quad (1P)$$

**Lösung 3:**a) Kapazität C

$$C_0 = \varepsilon_0 \frac{A}{\frac{2}{3}d} = 8,85 \times 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}} \cdot \frac{500 \text{mm}^2}{1 \text{mm}} = 4,425 \text{pF} \quad (\text{mit Luft}) \quad (0,5\text{P})$$

$$C_r = \varepsilon_r \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{\frac{1}{3}d} = 3 \cdot 8,85 \times 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}} \cdot \frac{500 \text{mm}^2}{0,5 \text{mm}} = 26,55 \text{pF} \quad (\text{mit Dielektrikum}) \quad (0,5\text{P})$$

$$C_{ges} = \frac{C_0 \cdot C_r}{C_0 + C_r} = 3,79 \text{pF} \quad (\text{Folgefehler berücksichtigen}) \quad (1\text{P})$$

b) Ladung Q

$$Q = U \cdot C_{ges} = 56,89 \text{pC} \quad (\text{Folgefehler berücksichtigen}) \quad (1\text{P})$$

c) Spannung U<sub>C</sub>

Neuer Kapazitätswert:

$$C'_r = C_r = 26,55 \text{pF} \quad (0,5\text{P})$$

Neuer Kondensator durch die Verschiebung:

$$C_{0,2} = \varepsilon_0 \frac{0,5 \cdot A}{\frac{1}{3}d} = 8,85 \times 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}} \cdot \frac{500 \text{mm}^2}{1,5 \text{mm}} = 2,95 \text{pF} \quad (0,5\text{P})$$

Neue Gesamtkapazität:

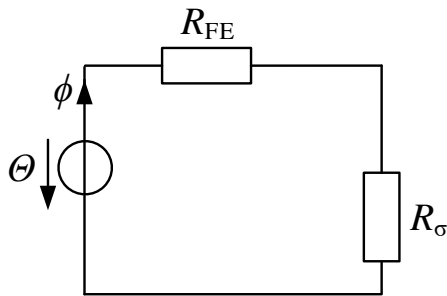
$$C'_{ges} = \frac{C_r \cdot C_{0,2}}{C_r + C_{0,2}} = 2,66 \text{pF} \quad (1\text{P})$$

Ladung Q konstant:

$$U' = \frac{Q}{C'_{ges}} = \frac{56,89 \text{pC}}{2,66 \text{pF}} = 21,43 \text{V} \quad (\text{Folgefehler berücksichtigen}) \quad (1\text{P})$$

**Lösung 4:**

a) Ersatzschaltbild



(Richtiges ESB +  
Bezeichnung) (1P)

$$\Theta = N \cdot I = 50 \cdot 5 \text{ A} = 250 \text{ A}$$

(richtige Formel +  
Ergebnis) (1P)

b) Berechnung der Flussdichte

$$\Phi = \frac{\Theta}{R_{FE} + R_{\sigma}} \approx \frac{\Theta}{R_{\sigma}}$$

Oder

$$\Theta = H_{FE} \cdot l_{FE} + H_{\sigma} \cdot l_{\sigma} \approx H_{\sigma} \cdot l_{\sigma}$$

(Ausgangsgleichung  
1P + Vernachlässi-  
gung  $R_{FE}$  oder  $H_{fe}$   
0,5 P) (1,5P)

$$R_{\sigma} = \frac{d}{\mu_0 \cdot b^2} = \frac{3 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Vs/Am} \cdot (6 \cdot 10^{-3} \text{ m})^2} = 66,3 \cdot 10^6 \frac{\text{A}}{\text{Vs}}$$

(Zwischenrechnung  
 $R_{\sigma}$  wenn direkt ein-  
gesetzt auch i.O.)

$$B = \frac{\Phi}{A} = \frac{H_{\sigma}}{\mu_0} = \frac{N \cdot I}{d} = \frac{\Theta}{R_{\sigma} \cdot A} = \frac{250 \text{ A}}{66,3 \cdot 10^6 \frac{\text{A}}{\text{Vs}} \cdot 36 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2} = 0,105 \text{ T}$$

(Gleichung mit Zwi-  
schenschritt  
 $R_{\sigma}$  oder  $H_{\sigma}$  1P +  
Ergebnis 0,5P) (1,5P)

c) Berechnung Feldstärke Wicklungsverhältnis

$$H_{\sigma} = \frac{B}{\mu_0} = 83,3 \frac{\text{kA}}{\text{m}}$$

(richtige Formel +  
Ergebnis) (1P)

$$H_1 = \frac{N_1 \cdot I}{d} = H_2 = \frac{N_2 \cdot I}{\frac{d}{2}}$$

(richtige Formel +  
Ergebnis) (1P)

$$\rightarrow N_2 = \frac{N_1}{2} = 25$$

**Lösung 5:**

a) Bestimmung von  $R_a$

$$\Delta P = U_{a,N} I_{a,N} - P_{mech,N} = 100 \text{ V} \cdot 55 \text{ A} - 5000 \text{ kW} = 500 \text{ W} \quad \text{(für korrekte Gleichung in bel. Teilschritten) (1P)}$$

$$R_a = \frac{\Delta P}{(55 \text{ A})^2} = 0,165 \text{ } \Omega \quad \text{(richtige Lösung) (1P)}$$

b) Wirkungsgrad

$$\eta = \frac{P_{mech,N}}{U_{a,N} \cdot I_{a,N} + U_{f,N} \cdot I_{f,N}} = \frac{5000 \text{ kW}}{100 \text{ V} \cdot 55 \text{ A} + 100 \text{ V} \cdot 3 \text{ A}} = 0,86 \quad \text{(richtige Lösung) (1P)}$$

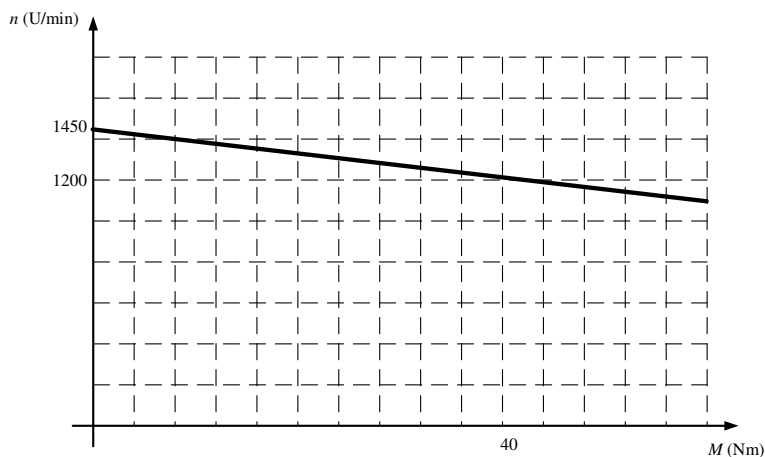
c) Maschinenkonstante

$$U_i = U_{a,n} - I_{a,n} \cdot R_a = 90,9 \text{ V}$$

$$k\Phi = \frac{U_i}{n_n} = \frac{90,9 \text{ V}}{1200 \cdot \frac{1}{60 \text{ s}}} = 4,55 \text{ Vs} \quad \text{(richtige Formel und Berechnung) (1P)}$$

$$n_0 = \frac{U_{a,n}}{k\Phi} = 1318 \frac{1}{\text{min}}$$

$$M_n = \frac{P_{mech}}{2 \cdot \pi \cdot n_n} = 39,8 \text{ Nm}$$



(Bestimmung der signifikanten Punkte + Zeichnung) (2P)

c) Anlaufstrom

$$I_{a,anl} \left( n = 0 \frac{1}{\text{min}} \right) = \frac{U_a}{R_a} = 606,1 \text{ A} \quad \text{(1P)}$$

d) Berechnung Ankerstrom

$$I_a = \frac{2\pi}{k\phi} M \stackrel{k\phi \text{ const.}}{\longleftrightarrow} \frac{I_{a,N}}{M_N} = \frac{I_{a,neu}}{M_{neu}} \quad (1P)$$

$$I_{a,neu} = \frac{M_{neu}}{M_n} \cdot I_{a,n} = 82,9 \text{ A}$$

**Lösung 6:**

a) Impedanz

$$\underline{Z} = R + j \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right) \quad (\text{Richtige Formel}) \quad (1P)$$

$$\underline{Z} = 2\Omega + j \left( 2\pi \cdot 50\text{Hz} \cdot 2,5\text{mH} - \frac{1}{2\pi \cdot 50\text{Hz} \cdot 500\text{nF}} \right)$$

$$\underline{Z} = 2\Omega + j(785,4\text{m}\Omega - 3,18\Omega) = 2\Omega - j2,4\Omega \quad (\text{Richtige Kartesische Form}) \quad (1P)$$

In exponentielle Form umwandeln:

$$\underline{Z} = 3,12\Omega \cdot e^{-j50,2^\circ} \quad (\text{Folgefehler berücksichtigen}) \quad (1P)$$

b) Wirk- und Blindleistung

$$\underline{I} = \frac{\underline{U}}{\underline{Z}} = \frac{230\text{V}}{3,12\Omega \cdot e^{-j50,2^\circ}} = 73,62\text{A} \cdot e^{j50,2^\circ} \quad (1P)$$

$$\underline{S} = \underline{U} \cdot \underline{I}^* = 230\text{V} \cdot 73,62\text{A} \cdot e^{-j50,2^\circ} = 16,93\text{kVA} \cdot e^{-j50,2^\circ} \quad (\text{Folgefehler berücksichtigen}) \quad (1P)$$

In kartesische Form umwandeln:

$$\underline{S} = P + jQ = 10,84\text{kW} - j13,01\text{kVar} \quad (\text{Für jede richtige Leistung } 0,5P) \quad (1P)$$

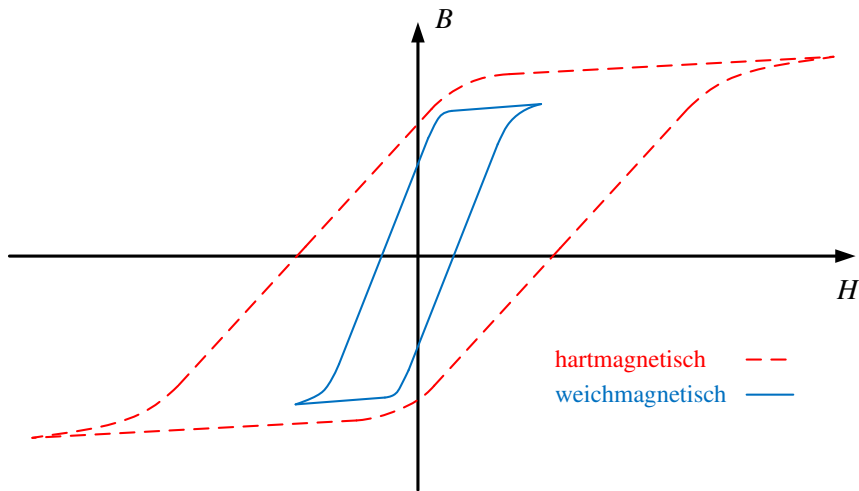
c) Kompensation

$$\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0 \Leftrightarrow C = \frac{1}{\omega^2 L}$$

$$C = \frac{1}{(2\pi \cdot 50\text{Hz})^2 \cdot 2,5\text{mH}} = 4,1\text{mF} \quad (1P)$$

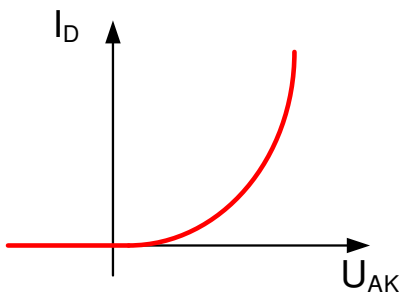
**Lösung 7:**

a) a) Hysteresekurven



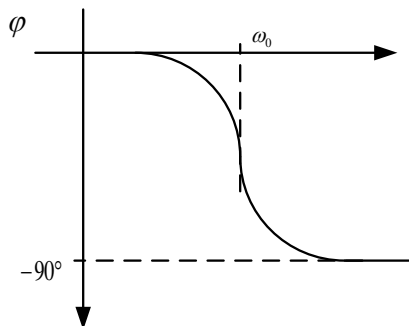
(Punkte für beide Kennlinien nicht einzeln bewerten) (1P)

b) Zeichnen Sie die Kennlinie einer realen Diode mit zugehöriger Achsenbeschriftung. (1P)



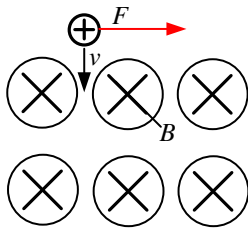
c) Zeichnen Sie qualitativ den Phasengang eines Tiefpasses. Wie groß ist die Phase in Grad bei der Grenzfrequenz? (1P)

$$\phi(\omega_0) = -45^\circ$$

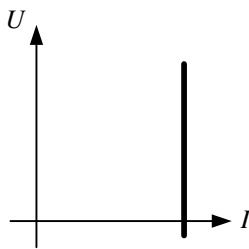


d) In welche Richtung wird der positive Ladungsträger im nächsten Bild durch die Lorentzkraft abgelenkt? (1P)

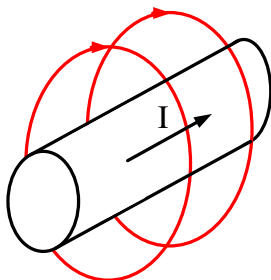




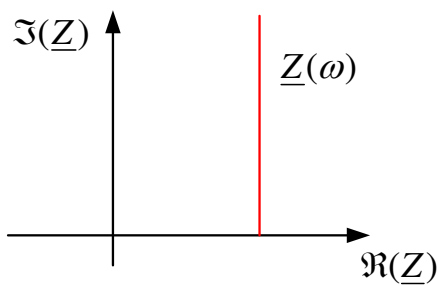
- e) Zeichnen Sie in das untenstehende Diagramm das Verhalten einer idealen Stromquelle? (1P)



- f) Zeichnen Sie die magnetischen Feldlinien für den folgenden stromdurchflossenen Leiter? (1P)



- g) Zeichnen Sie qualitativ die Ortskurve  $\underline{Z}(\omega)$  für eine Reihenschaltung eines ohmschen Widerstand  $R$  und einer Induktivität  $L$ ? Fügen Sie die Achsenbeschriftung ein. (1P)



- h) Wie müssen die folgenden Zeiger bezüglich Strom  $\underline{I}$  und Spannung  $\underline{U}$  beschriftet werden, damit diese das Verhalten eines Kondensators widerspiegeln? (1P)

