

Institut für Regelungstechnik

TECHNISCHE UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG

Prof. Dr.-Ing. M. Maurer

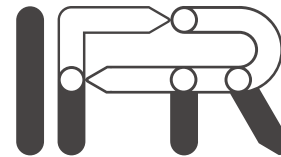
Prof. Dr.-Ing. W. Schumacher

Prof. em. Dr.-Ing. W. Leonhard

Hans-Sommer-Str. 66

38106 Braunschweig

Tel. (0531) 391-3836



Klausuraufgaben

Grundlagen der Elektrotechnik

26.08.2010

Name: _____				Vorname: _____		
Matr.-Nr.: _____				Studiengang: _____		
E-Mail (optional): _____						
1:	2:	3:	4:	5:	6:	7:
ID: _____ Summe: _____ Note: _____						

Alle Lösungen müssen **nachvollziehbar** bzw. **begründet** sein.

Für **jede Aufgabe** ein **neues Blatt** verwenden.

Keine Rückseiten beschreiben.

Keine Blei- oder Rotstifte verwenden.

Lösungen auf Aufgabenblättern werden nicht gewertet.

Zugelassene Hilfsmittel:

- Handschriftliche Formelsammlung, zwei Seiten DIN-A4, doppelseitig beschrieben.

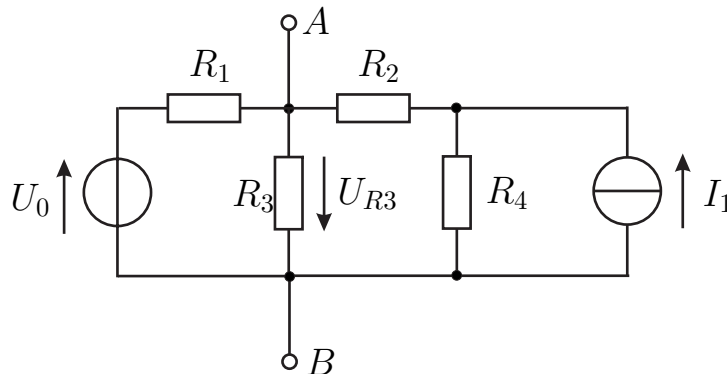
Einverständniserklärung

Ich erkläre mich einverstanden, dass meine Note mit Matrikelnummer im Institut für Regelungstechnik ausgehängt wird.

Datum, Unterschrift

1 Gleichstromnetzwerk

Punkte: 23



Gegeben sei obiges Gleichstromnetzwerk mit 4 Widerständen, einer Strom- und einer Spannungsquelle. Mit Hilfe des Superpositionsverfahrens soll dieses Netzwerk analysiert werden.

- Bestimmen Sie mit Hilfe des Superpositionsverfahrens die Spannung U_{R3} am Widerstand R_3 . Verwenden Sie **nicht** das Maschenstromverfahren. (8 Punkte)
Hinweis: Nutzen Sie wenn möglich den Spannungsteiler.
- Bestimmen Sie bezüglich der Klemmen A und B den Innenwiderstand R_i des Netzwerkes. (3 Punkte)
- Skizzieren Sie die Ersatzspannungsquelle bezüglich der Klemmen A und B und bestimmen Sie die Quellspannung U_{ers} sowie den Innenwiderstand der Ersatzspannungsquelle R_i^* . (3 Punkte)
- Wie groß ist der Kurzschlussstrom I_k der Ersatzspannungsquelle? Geben Sie I_k als Funktion der Widerstände R_1, R_2, R_3, R_4 und der Quellen U_0 und I_1 an. (2 Punkte)

Gegeben sei: $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R$

- Der Kurzschlussstrom I_k soll gleich dem Quellenstrom I_1 sein. Welchen Wert muss $U_0 = f(I_1)$ annehmen? (2 Punkte)



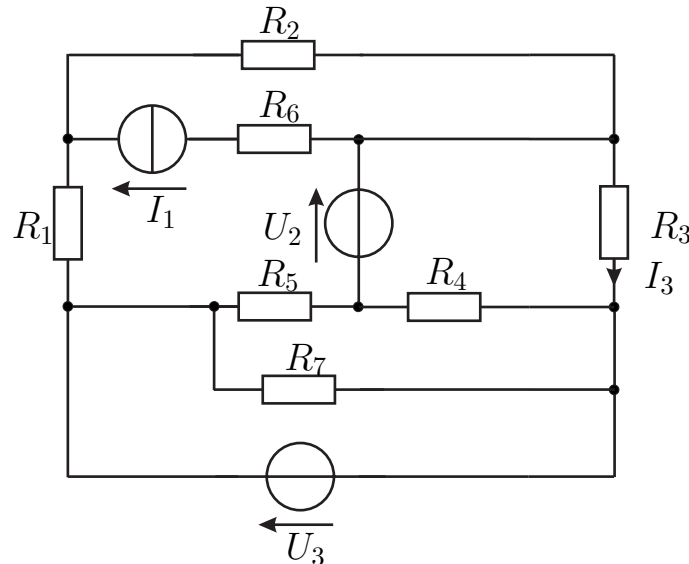
f) Gegeben sei eine Ersatzstromquelle mit dem Quellenstrom I_{ers} und dem Innenwiderstand R'_i . Die Ersatzquelle sei mit R_L belastet.

- Skizzieren Sie die Schaltung inklusive des Laststroms I_L .
- Wie lässt sich das Verhältnis von Laststrom zu Quellenstrom ($\frac{I_L}{I_{ers}}$) als Funktion des Widerstandsverhältnisses $\frac{R_L}{R'_i}$ darstellen?
- Skizzieren Sie zudem den Funktionsverlauf und markieren Sie die charakteristischen Punkte für den Leerlauf- und Kurzschlussfall.

(5 Punkte)

2 Gleichstromnetzwerk

Punkte: 23



Mit Hilfe des Maschenstromverfahrens soll im gegebenen Gleichstromnetzwerk der Strom I_3 durch den Widerstand R_3 berechnet werden. Das Netzwerk besteht aus 7 Widerständen R_1 bis R_7 , der idealen Gleichstromquelle I_1 sowie den idealen Gleichspannungsquellen U_2 und U_3 .

- Vereinfachen Sie das Netzwerk auf 3 Maschen und stellen Sie die Matrixgleichung $[R] \cdot [I_M] = [U]$ auf. (7 Punkte)
- Berechnen Sie den Strom I_3 . Eliminieren Sie alle quadratischen Terme und bringen Sie das Ergebnis in die Form

$$I_3 = \frac{A \cdot I_1 + B \cdot U_2 + C \cdot U_3}{Nenner}$$

(8 Punkte)

- Verifizieren Sie den Anteil $\frac{A \cdot I_1}{Nenner}$ durch die Betrachtung der Quelle I_1 und der Verwendung des Strom- oder Spannungsteilers im Sinne des Superpositionsprinzips. (4 Punkte)



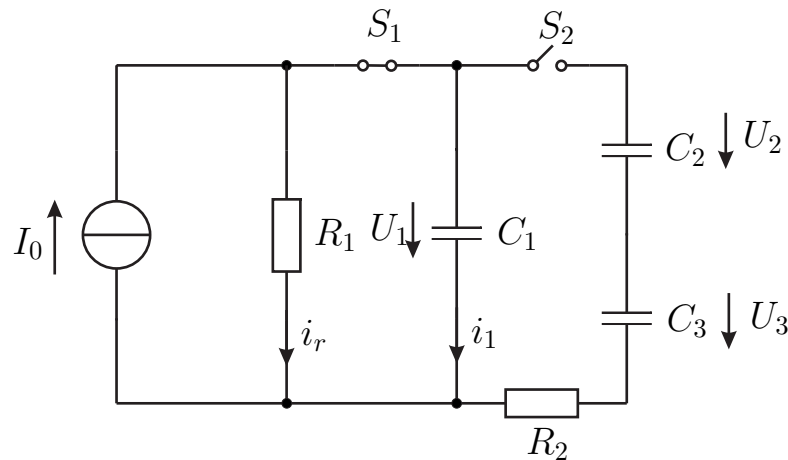
d) Was ist „elektrischer Strom“? Erläutern Sie den Begriff des „elektrischen Stroms“ auf Teilchenebene. (4 Punkte)

- Welche Bewegungen treten bei Raumtemperatur auf?
- Wann spricht man von einem Strom?
- Wie sieht die Bewegung eines Elektrons im Leiter bei Stromfluss qualitativ aus?

Hinweis: Fertigen Sie ggf. eine Skizze an.

3 Kondensatornetzwerk

Punkte: 21



Im gegebenen Netzwerk sind zunächst alle Kondensatoren entladen. Der Kondensator C_1 ist über den Schalter S_1 an die Stromquelle I_0 angeschlossen. Der Schalter S_2 bleibt zunächst geöffnet.

Gegeben sind folgende Größen:

$$R_1 = 10\Omega, I_0 = 100mA, C_1 = 10\mu F, C_2 = 60\mu F, C_3 = 12\mu F$$

- Skizzieren Sie qualitativ den Verlauf des Ladestroms $i_1(t)$ sowie den Verlauf der Spannung $u_1(t)$ während des Ladevorgangs. Welchen Wert hat U_1 nach Abschluss des Ladevorgangs? (3 Punkte)
- Berechnen Sie die Energie W , die nach Abschluss des Ladevorgangs im Netzwerk gespeichert ist. Welche Ladung Q_1 ist auf C_1 zu finden? (3 Punkte)

S_1 werde geöffnet, danach S_2 geschlossen. Das Abklingen der Ladevorgänge sei beendet.

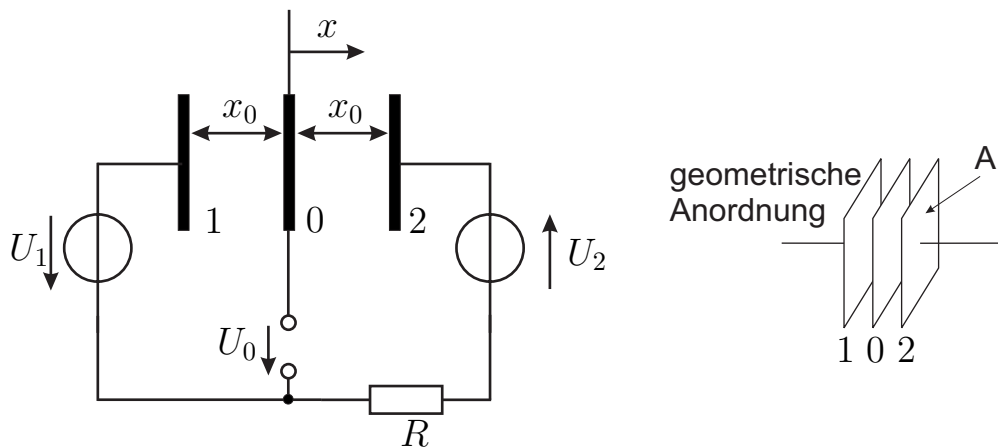
- Berechnen Sie die Gesamtkapazität des Netzwerks allgemein und zahlenmäßig. (3 Punkte)
- Geben Sie die Spannungen U_1^* , U_2^* und U_3^* allgemein und zahlenmäßig an. (6 Punkte)
- Welche Energie W^* ist nun im Netzwerk vorhanden? (1 Punkt)



- f) Wodurch lässt sich die Energiedifferenz zwischen Aufgabenteil e) und b) erklären?
(2 Punkte)
- g) Welche Funktion hat R_1 ? Wie groß ist im geladenen Zustand der Strom i_r ? Was wäre, wenn R_1 weggelassen worden wäre? (3 Punkte)

4 Kondensator

Punkte: 21



Zwischen den festen Elektroden 1 und 2 eines Plattenkondensators mit der Fläche A liegt eine Elektrode 0 mit gleicher Fläche, die sich in x -Richtung parallel verschieben lässt. In der Mittellage bei $x = 0$ haben die Platten den Abstand x_0 . An den äußeren Elektroden liegen die Spannungsquellen U_1 und U_2 , an der mittleren Elektrode wird die Spannung U_0 gemessen. Der Raum zwischen den Elektroden sei mit Luft ($\varepsilon_r = 1$) gefüllt.

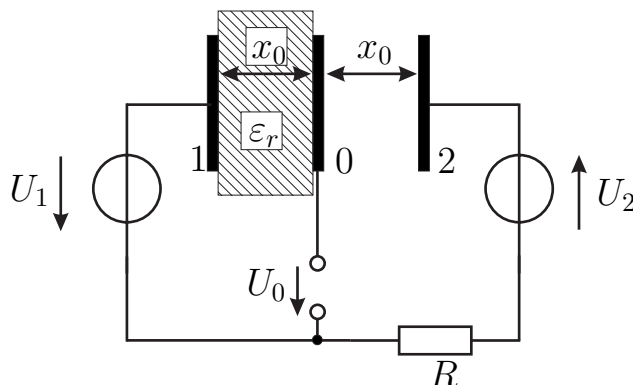
Berechnen Sie in Abhängigkeit von der Verschiebung x die folgende Größen allgemein für den Fall, dass alle Ladevorgänge vollständig abgeschlossen sind:

- Die Teilkapazitäten C_{10} und C_{02} sowie die Gesamtkapazität C_{12} der Anordnung. (3 Punkte)
- Die Spannungen U_{10} und U_{02} über den Teilkapazitäten. (3 Punkte)
- Die Spannung U_0 (2 Punkte)



Ab jetzt haben die Spannungsquellen die gleiche Größe $U_1 = U_2 = U$.

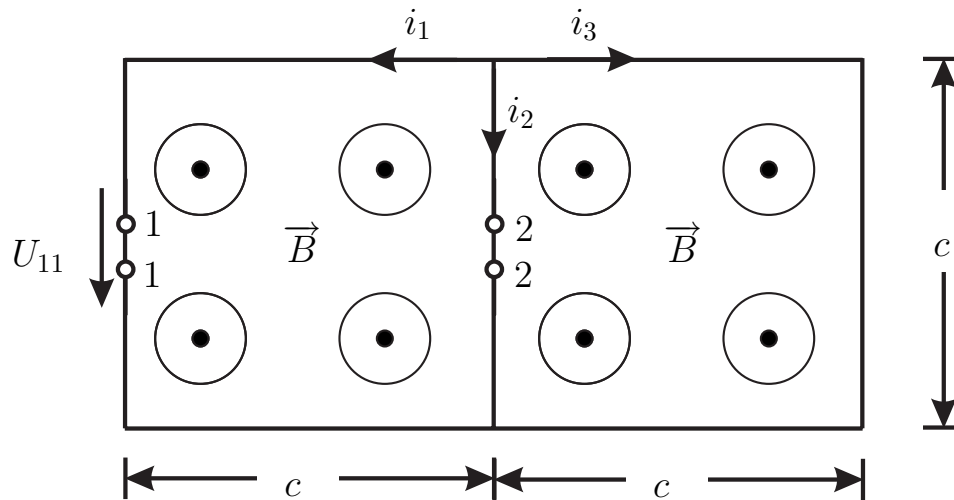
- d) Geben Sie die Spannung U_0 für diesen Fall allgemein an und skizzieren Sie ihren Verlauf über der Verschiebung x ($-x_0 < x < x_0$). (3 Punkte)
- e) Die Änderung der Gesamtladung auf dem Plattensystem bei der Verschiebung der Mittelelektrode ist für folgende Fälle anzugeben und zu begründen (2 Punkte):
- bei angeschlossenen Spannungsquellen U_1 und U_2
 - bei Aufladung der Kondensatorplatten und Abtrennung von den Spannungsquellen



- f) Für $x = 0$ wird der Raum zwischen den Elektroden 0 und 1 durch ein Dielektrikum mit $\epsilon_r > 1$ gefüllt (siehe Skizze). Wie ändern sich U_{10} , U_{02} , Q_{ges} und U_{ges} , wenn das Dielektrikum ...
- ... bei angeschlossenen Spannungsquellen U_1 und U_2 ...
 - ... nach Aufladung der Kondensatorplatten und Abtrennung von den Spannungsquellen ...
- ... eingebracht wird? (8 Punkte)

5 Elektromagnetismus

Punkte: 22



Eine ruhende Anordnung aus dünnem Draht wird von einem homogenen Magnetfeld \vec{B} senkrecht durchsetzt. Das Magnetfeld ist nach folgender Funktion zeitlich veränderlich:

$$|\vec{B}(t)| = B(t) = B_0(1 + \cos(\omega t))$$

Ein Drahtabschnitt der Länge c habe den Widerstand R . An den Klemmen 1,1 und 2,2 können die Drähte der Anordnung unterbrochen werden. Die Rückwirkung der in den Drahtschleifen fließenden Ströme auf das Magnetfeld kann vernachlässigt werden.

- a) Bestimmen Sie **allgemein** den Strom i , der sich in einer Leiterschleife mit dem Schleifenwiderstand R_S und der Fläche A einstellen wird. (5 Punkte)

Berechnen und begründen Sie für folgende Fälle die Stöme $i_1(t)$, $i_2(t)$ und $i_3(t)$:

- b) Klemmen 1,1 geschlossen, Klemmen 2,2 offen (3 Punkte)
- c) Klemmen 1,1 und Klemmen 2,2 geschlossen (3 Punkte)
- d) Klemmen 1,1 offen, Klemmen 2,2 geschlossen (3 Punkte)



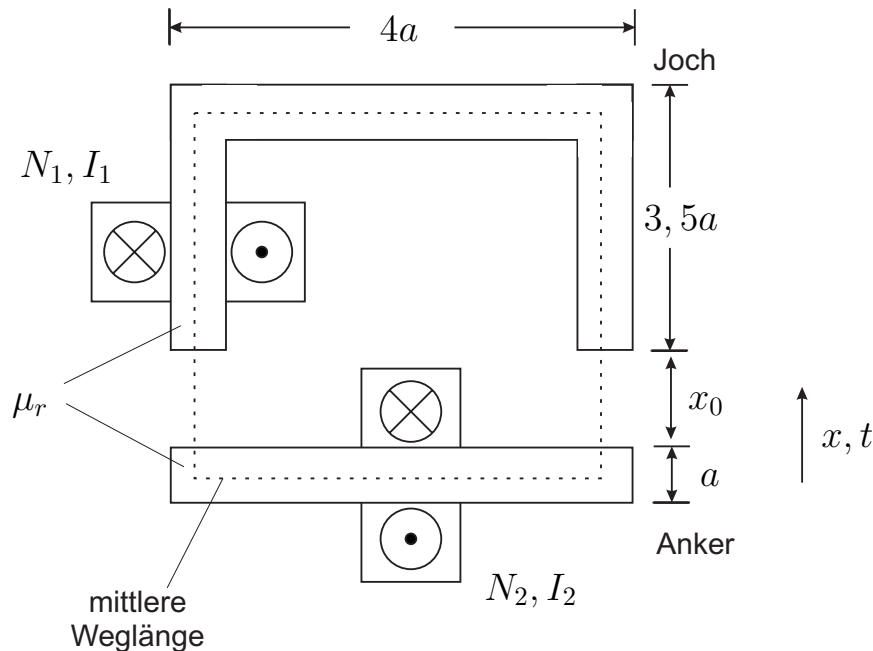
e) Berechnen Sie für den Fall d) die Spannung U_{11} (3 Punkte).

f) Welche Auswirkungen haben folgenden Änderungen (5 Punkte):

- Verdopplung der Feldamplitude B_0 auf den Betrag der induzierten Spannung
- Verdopplung der Frequenz ω auf den Betrag der induzierten Spannung
- Verdopplung der Frequenz ω auf den Betrag des resultierenden Stroms
- Verdopplung der Kantenlänge c auf den Betrag der induzierten Spannung
- Verdopplung der Kantenlänge c auf den Betrag des resultierenden Stroms

6 Magnetischer Kreis

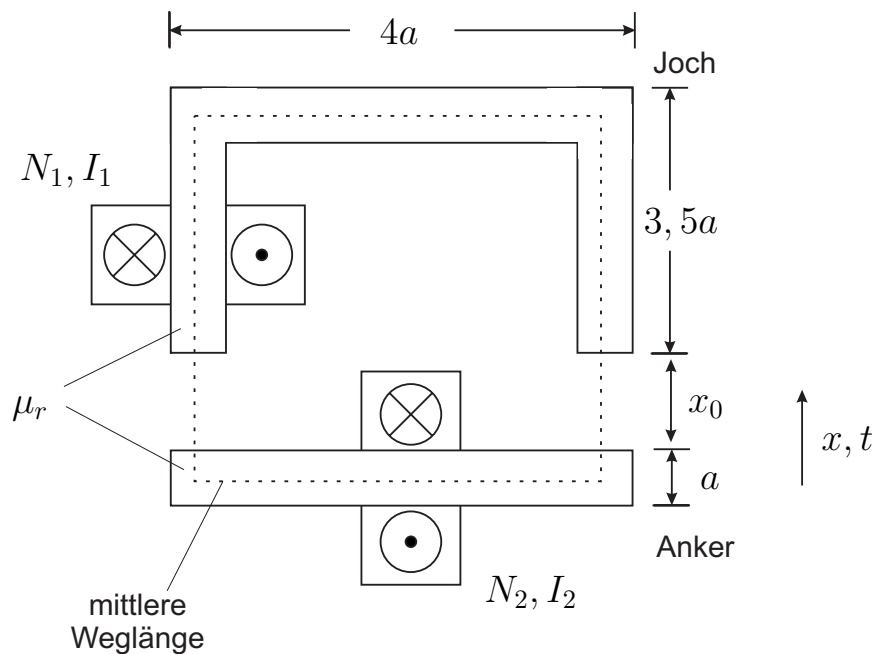
Punkte: 20



Das Joch eines Hufeisenmagnetes trägt eine Wicklung mit der Windungszahl N_1 , durch die der Gleichstrom I_1 fließt. Der Anker im Abstand x_0 trägt eine Wicklung mit der Windungszahl N_2 , die stromlos ist ($I_2 = 0$). Joch und Anker bestehen aus dem gleichen Material mit der relativen Permeabilität μ_r . Alle Querschnittsflächen sind quadratisch mit der Kantenlänge a . Streuung im Eisenkreis sind zu vernachlässigen.

- Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild des magnetischen Kreises. Berechnen Sie allgemein die magnetischen Widerstände des Ersatzschaltbilds auf der mittleren Weglänge. (4 Punkte)
- Bestimmen Sie allgemein den vom Strom I_1 erzeugten magnetischen Fluss Φ im Joch. (5 Punkte)
- Berechnen Sie allgemein die magnetische Flussdichte B_L in den Luftspalten. (2 Punkte)
- Ermitteln Sie allgemein die Kraft F , die auf den Anker wirkt. (2 Punkte)



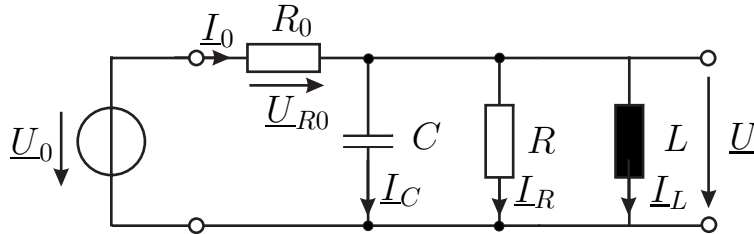


Der Anker wird in x -Richtung gegen das Joch gezogen. Die Bewegung soll zur Vereinfachung der Berechnung mit konstanter Geschwindigkeit v erfolgen. Joch und Anker haben zum Zeitpunkt $t = 0$ den Abstand $x = x_0$. Zum Zeitpunkt $t = t_1$ schlägt das Joch gegen den Anker ($x = 0$).

- Bestimmen Sie allgemein die durch die Bewegung des Jochs in der Wicklung N_2 induzierte Spannung $u_2(t)$. (4 Punkte)
- Bestimmen Sie die in der Wicklung N_2 induzierte Spannung für den Fall, dass die Luftspaltgröße $x = \text{const}$ ist. (1 Punkt)
- Skizzieren Sie 1 mögliche Form der Streuung des magnetischen Flusses, die bei dieser Anordnung für $x > 0$ auftreten kann, sowie ihre Modellierung im Ersatzschaltbild. (2 Punkte)

7 Komplexe Wechselstromrechnung

Punkte: 22



Das skizzierte Netzwerk wird aus einer Wechselspannungsquelle \underline{U}_0 mit der Kreisfrequenz $\omega = 80 \text{ kHz}$ gespeist. Durch den Widerstand R fließt der Strom $\underline{I}_R = 5 \text{ mA}$.

Gegeben sind folgende Größen:

$$R_0 = 1 \text{ k}\Omega, R = 800 \Omega, L = 4 \text{ mH}, C = 50 \text{ nF}$$

- a) Bestimmen Sie mit Hilfe des Zeigerdiagramms, das alle Ströme und Spannungen enthält, folgende Größen (8 Punkte):

$$\underline{I}_C, \underline{I}_L, \underline{I}_0, \underline{U}, \underline{U}_{R0}, \underline{U}_0, \varphi_0 \text{ zwischen } \underline{U}_0 \text{ und } \underline{I}_0$$

(Maßstab: $1 \text{ V} = 1 \text{ cm}$, $2 \text{ mA} = 1 \text{ cm}$)

- b) Durch Parallelschaltung einer Impedanz \underline{Z}_x zur Spannungsquelle \underline{U}_0 soll der Phasenwinkel zwischen \underline{U}_0 und \underline{I}_0 auf $\varphi_0 = 0^\circ$ eingestellt werden. Bestimmen Sie Art und Größe des erforderlichen Bauelements. (5 Punkte)
- c) Welcher Typ Schwingkreis ist in der Schaltung zu finden? Leiten Sie die Gleichung zur Bestimmung der Resonanzfrequenz her und bestimmen Sie die Resonanzfrequenz ω_0 (unter Vernachlässigung der ohmschen Widerstände). Wird die Resonanzfrequenz im hier vorliegenden Fall gesperrt oder durchgelassen? (6 Punkte)

$$\text{Hinweis: } \frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0.7$$

- d) Geben Sie das Spannungsteilerverhältnis $\frac{\underline{U}}{\underline{U}_0}$ (ohne komplexe Rechnung) für folgende Kreisfrequenzen an (3 Punkte):

i) $\omega = 0$

ii) $\omega = \omega_0$

iii) $\omega = \infty$