

# Institut für Regelungstechnik

TECHNISCHE UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG

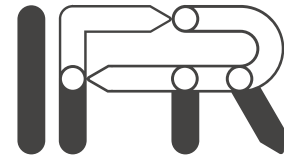
Prof. Dr.-Ing. M. Maurer

Prof. Dr.-Ing. W. Schumacher

Hans-Sommer-Str. 66

38106 Braunschweig

Tel. (0531) 391-3836



**Klausuraufgaben**

Grundlagen der Elektrotechnik

27.07.2016

Name: _____		Vorname: _____		
Matr.-Nr.: _____		Studiengang: _____		
E-Mail (optional): _____				
1:	2:	3:	4:	5:
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.**

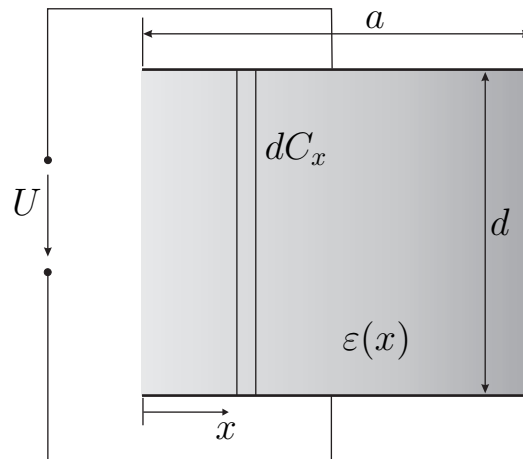
**Zugelassene Hilfsmittel:**

- Geodreieck
- Zirkel

Die Ergebnisse sind nur online über das QIS-Portal einsehbar.

## 1 Elektrisches Feld

Punkte: 20



Gegeben sei ein Plattenkondensator mit folgenden Dimensionen: Abstand zwischen den Platten  $d$ , Länge einer Platte  $a$  und Breite  $b$ . Die Spannung  $U$  zwischen den Platten ist bekannt. Die absolute Permittivität des Dielektrikums weist eine Abhängigkeit von der Ortskoordinate  $x$  auf und ist gegeben durch folgende Formel:

$$\varepsilon(x) = m \cdot x^2 + n$$

- Bestimmen Sie die Kapazität  $C$  des Kondensators. Betrachten Sie hierfür einen infinitesimal schmalen Teil des Kondensators  $dC_x$  und integrieren Sie über die komplette Länge  $a$ . (5 Punkte)
- Bestimmen Sie die Einheit der Parameter  $m$  und  $n$  der Permittivität  $\varepsilon(x)$  im SI-Einheiten-System. Geben Sie auch die Einheit der Permittivität an. (3 Punkte)  
*Hinweis:* Sie können die Einheit der Permittivität mit Hilfe der Formel, die die Abhängigkeit zwischen Ladung und Spannung am Kondensator ausdrückt, herleiten.
- Bestimmen Sie die Oberflächenladungsdichte  $\sigma$  auf den Kondensatorplatten in Abhängigkeit der gegebenen Größen. (3 Punkte) **siehe unten**
- Bestimmen Sie den Betrag der elektrischen Flussdichte  $|\vec{D}|$  in Abhängigkeit der Wegkoordinate  $x$ . (2 Punkte)

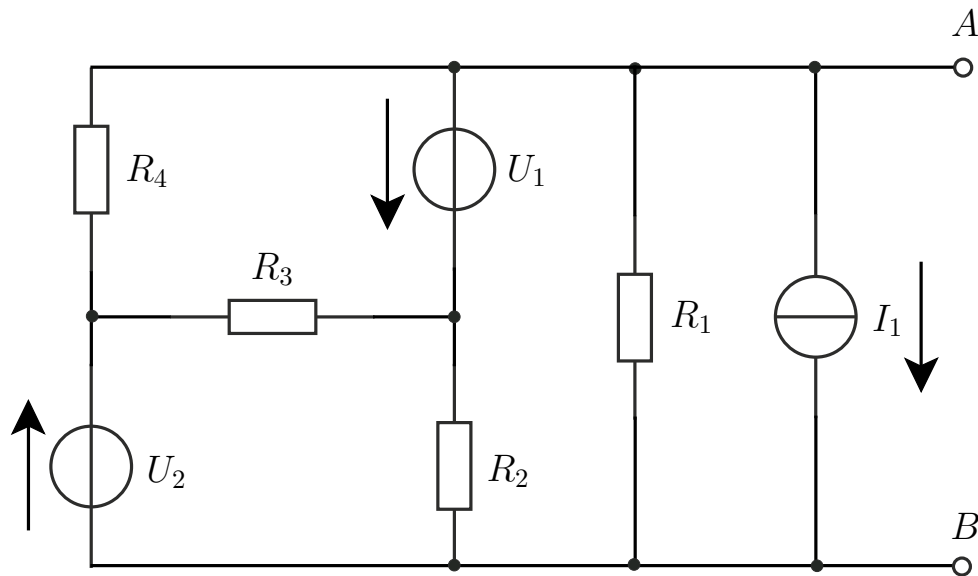
Anmerkung Markus Steimle zu c):

Hier ist die mittlere Oberflächenladungsdichte gefragt

- e) Wie lässt sich die variable elektrische Permittivität des gegebenen Kondensators durch eine endliche Anzahl  $n$  einfacher Kondensatoren annähern (Parallel- oder Reihenschaltung)? Geben Sie die Formel zur Berechnung der entsprechenden Ersatzkapazität an. (2 Punkte)
- f) Wodurch ist ein **homogenes** Vektorfeld gekennzeichnet? Ist das elektrische Feld in der gegebenen Anordnung homogen? (3 Punkte)
- g) Erklären Sie kurz ggf. anhand einer Skizze wieso das elektrische Feld immer senkrecht auf metallischen Oberflächen steht. (2 Punkte)

## 2 Gleichstromnetzwerk

Punkte: 20



Das gegebene Netzwerk besteht aus zwei idealen Gleichspannungsquellen  $U_1$  und  $U_2$ , einer idealen Gleichstromquelle  $I_1$ , sowie vier Widerständen  $R_1$  bis  $R_4$  mit bekannten Werten.

- a) Bestimmen Sie mit Hilfe des Superpositionsverfahrens die Spannung  $U_{AB}$  an den Klemmen A und B. Fertigen Sie für jeden Fall, den Sie betrachten, eine gesonderte Skizze an. (13 Punkte)

*Hinweise:* Nutzen Sie wenn möglich den Strom- oder Spannungsteiler.

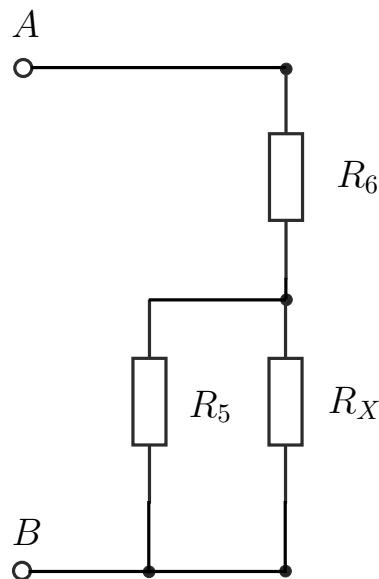
Tragen Sie in jeder Skizze, die Sie anfertigen, die Richtung der relevanten Spannungen und Ströme ein.

- b) Bestimmen Sie den Innenwiderstand  $R_{AB}$  bezüglich der Klemmen A und B. Fertigen Sie zur Berechnung eine Skizze an. (3 Punkte)

Es gelte für den folgenden Aufgabenteil:  $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R$

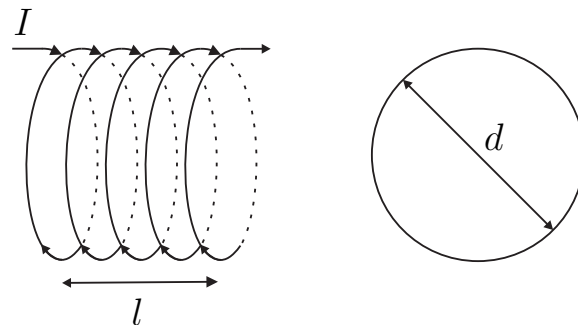
- c) Zwischen den Klemmen  $A$  und  $B$  werde ein Lastwiderstand  $R_L$  mit dem unbekannten Widerstand  $R_X$  und bekannten Widerständen  $R_5$  und  $R_6$  angeschlossen. Dabei gilt  $R_5 = R$  und  $R_6 = \frac{R}{8}$ . Die dem Netzwerk entnommene Leistung soll nun maximiert werden. (4 Punkte)

- Wie nennt sich dieser Betriebszustand?
- Welche Bedingung muss dazu erfüllt sein?
- Der Lastwiderstand soll durch das folgende Netzwerk realisiert werden. Bestimmen Sie den Wert von  $R_X$  so, dass die geforderte Bedingung erfüllt ist.



### 3 Stationäres Magnetfeld

Punkte: 10



In der obigen Abbildung ist eine Zylinderspule mit  $N$  Windungen in Seitenansicht (links) und als Querschnitt (rechts) dargestellt. Die Zylinderspule ist mit einem konstanten Strom  $I$  beschaltet und hat einen Durchmesser  $d$  und eine Länge  $l$ .

a) Skizzieren Sie das von der Spule erzeugte Magnetfeld. (2 Punkte)

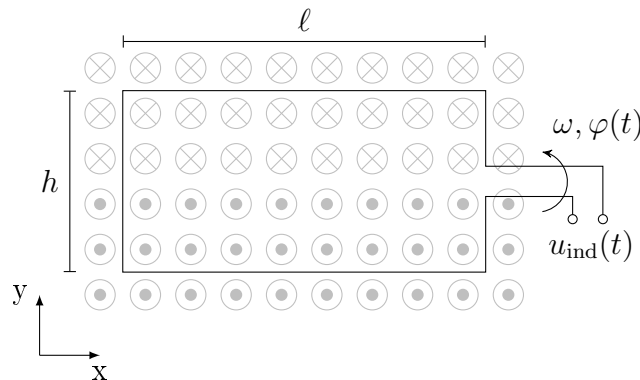
- Fertigen Sie eine Skizze des Längsschnittes der Spule an,
- Beachten Sie die Richtung des Stroms durch die Spule („in das Blatt hinein und aus dem Blatt heraus“),
- Skizzieren und beschriften Sie das von der Spule erzeugte Magnetfeld,
- Geben Sie die Richtung des Feldes an.

b) Bestimmen Sie die magnetische Feldstärke  $H$  innerhalb der Spule in Abhängigkeit der gegebenen Größen. (8 Punkte)

- Geben Sie das Durchflutungsgesetz in vektorieller Form an,
- Vervollständigen Sie Ihre Skizze um eine geeignete Integrationsstrecke,
- Wenden Sie das Durchflutungsgesetz für den gewählten Weg an. Begründen Sie vorgenommene Vereinfachungen.

## 4 Elektromagnetismus

Punkte: 20



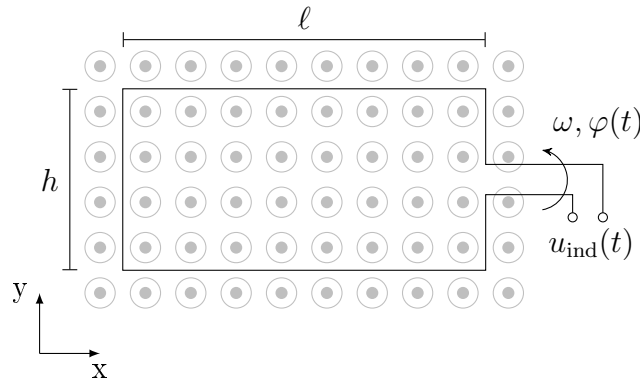
Eine Leiterschleife mit der Höhe  $h$  und der Länge  $\ell$  wird spiegelsymmetrisch von zwei entgegengesetzten homogenen Magnetfeldern  $\vec{B}_1$  und  $\vec{B}_2$  gleichen Betrags durchsetzt. Die Leiterschleife rotiert periodisch mit der zunächst konstanten Kreisfrequenz  $\omega$  um die x-Achse (Spiegelachse).

- a) Berechnen sie den Betrag der zeitlich veränderlichen Fläche der Leiterschleife  $A(t)$ .  
Hinweis: Die Skizze zeigt die Fläche zum Zeitpunkt  $t = 0$ . (2 Punkte)

Nehmen Sie an, dass beide Magnetfelder scharf voneinander abgegrenzt sind. Es existiere also kein Übergangsbereich.

- b) Geben Sie den Betrag der induzierten Spannung  $u_{\text{ind}}(t)$  ohne Rechnung an. Begründen Sie. (2 Punkte)

Für die folgenden Aufgabenteile soll die Leiterschleife nur noch von einem einzigen homogenen und zeitlich konstanten Magnetfeld  $\vec{B}$  durchsetzt sein:



- c) Berechnen Sie den magnetischen Fluss  $\phi(t)$  in der Leiterschleife. (2 Punkte)
- d) Berechnen Sie die in der Leiterschleife induzierte Spannung  $u_{\text{ind}}(t)$ . (2 Punkte)
- e) Skizzieren Sie den magnetischen Fluss und die induzierte Spannung über der Zeit. Kennzeichnen Sie Periode und Scheitelwerte der Signale. (3 Punkte)
- f) Geben Sie an, für welche Rotationswinkel  $\varphi$  die induzierte Spannung maximal wird. (2 Punkte)
- g) Begründen Sie, wie das Feld orientiert sein müsste, damit die induzierte Spannung konstant zu null wird:  $u_{\text{ind}}(t) = 0, \forall t$ . (2 Punkte)
- h) Begründen Sie, ob es ein von null verschiedenes, periodisch veränderliches Feld  $\vec{B}(t)$  mit der gegebenen Feldrichtung geben kann, sodass die induzierte Spannung konstant zu null wird:  $u_{\text{ind}}(t) = 0, \forall t$ . (2 Punkte)

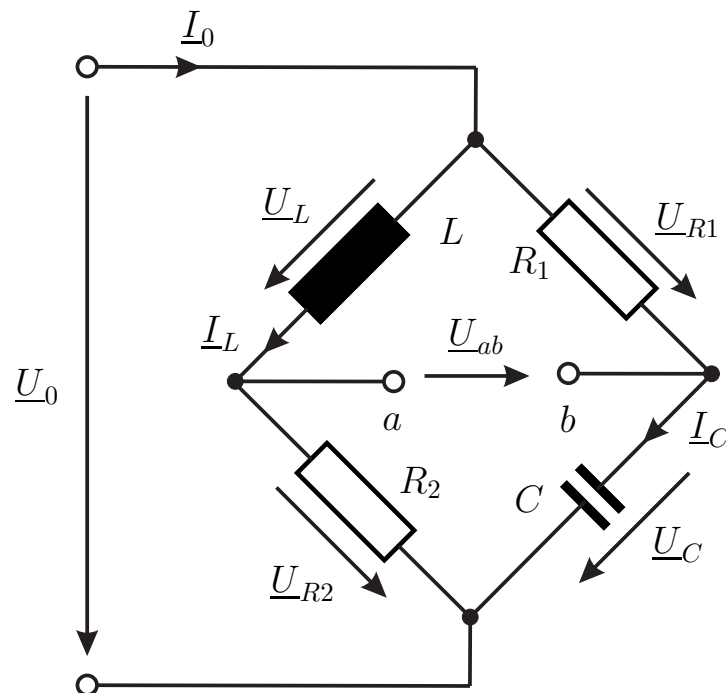
Die Rotationsgeschwindigkeit der Spule soll nun linear zunehmen:  $\omega(t) = \omega \cdot t + \omega_0$ .

- i) Bestimmen Sie den Betrag der in der Leiterschleife induzierten Spannung  $u_{\text{ind}}(t)$ . (1 Punkt)
- j) Skizzieren Sie die Einhüllende der induzierten Spannung und kennzeichnen Sie charakteristische Punkte. (2 Punkte)



## 5 Komplexe Wechselstromrechnung

Punkte: 30



Gegeben ist obige Wechselstromschaltung mit den folgenden Größen, die mit der Frequenz  $f = \frac{1000}{3\pi} \text{ Hz}$  betrieben wird:

$$R_2 = 48\Omega, C = 250\mu\text{F}, |X_L| = 28\Omega, |I_L| = 0,25\text{A}, |U_C| = 6\text{V}$$

- Berechnen Sie die Induktivität  $L$  sowie die Beträge der Spannung  $|U_L|$ , der Stromstärke  $|I_C|$  und der Spannung  $|U_{R2}|$ . Rechnen Sie mit den Beträgen! (4 Punkte)
- Zeichnen Sie das vollständige Zeigerdiagramm mit allen in der Schaltung aufgeführten Spannungen und Strömen. Verwenden Sie zwingend  $\underline{U}_L$  als Bezugszeiger und als Maßstäbe  $1\text{V} \hat{=} 1\text{cm}$  und  $0,1\text{A} \hat{=} 1\text{cm}$ . (9 Punkte)

*Hinweis:* Der Thaleskreis ist ein probates Hilfsmittel zur Bestimmung der Lage von  $\underline{U}_C$  und  $\underline{U}_{R1}$  im Zeigerdiagramm.

- Zeichnen Sie den Phasenwinkel  $\varphi_0$  in das Zeigerdiagramm zwischen  $\underline{U}_0$  und  $\underline{I}_0$  ein und geben Sie dessen Wert an. Geben Sie an und begründen Sie, ob die Spannungsquelle  $\underline{U}_0$  induktiv oder kapazitiv belastet wird. (2 Punkte)
- Bestimmen Sie aus dem Zeigerdiagramm den Betrag der Spannung  $|U_{R1}|$  sowie den Betrag der Brückenspannung  $\underline{U}_{ab}$ . (2 Punkt)

- e) Welche zwei Bedingungen müssen bezüglich des zeitlichen Verlaufs der Spannungen  $\underline{U}_C$  und  $\underline{U}_{R2}$  gegeben sein, damit die Brücke abgeglichen ist ( $|\underline{U}_{ab}| = 0V$ )? (2 Punkte)
- f) Für welchen Wert  $L^*$  ist die Brücke abgeglichen? Verwenden Sie  $R_1 = 10\Omega$ . (2 Punkte)  
*Hinweis:* Unabhängig vom Zeigerdiagramm lösbar. Überlegen Sie, wie sich die Spannungsteiler in den beiden Strängen der Parallelschaltung zueinander verhalten.
- g) Unter Vernachlässigung der ohmschen Widerstände ( $R_1 = R_2 = 0$ ) stellt die Schaltung einen idealen Schwingkreis dar. Um welchen Typ Schwingkreis handelt es sich? Welche Impedanz  $|\underline{Z}|$  weist der Schwingkreis bei  $\omega = 0$ ,  $\omega = \omega_0$  (Resonanzfrequenz) und  $\omega \rightarrow \infty$  auf? Begründen Sie jeweils stichpunktartig. (4 Punkte)

Unabhängig von Aufgabenteilen a) bis g) wird eine Wechselspannungsquelle durch ein Netzwerk von Induktivitäten, Kapazitäten und ohmschen Widerständen belastet. Für den Verlauf von Strom und Spannung ergeben sich folgende Werte:

$$\underline{I}_0 = 10A \cdot e^{j60^\circ}, \underline{U}_0 = 80V \cdot e^{j30^\circ}, \omega = 200 \frac{1}{s}$$

Durch ein zur Spannungsquelle  $\underline{U}_0$  parallel geschaltetes Bauelement soll der Phasenwinkel zwischen  $\underline{U}_0$  und  $\underline{I}_1$  zu  $0^\circ$  kompensiert werden.

- h) Zeichnen Sie das resultierende Zeigerdiagramm mit den Zeigern  $\underline{U}_0$  und  $\underline{I}_0$ . Verwenden Sie die Maßstäbe  $10V \hat{=} 1cm$  und  $1A \hat{=} 1cm$ . (1 Punkt)
- i) Geben Sie an und begründen Sie, ob die Spannungsquelle induktiv oder kapazitiv belastet wird. Welches Bauteil verwenden Sie zur Kompensation des Blindanteils? (1 Punkt)
- j) Bestimmen Sie die Größe des ausgewählten Bauelements mit Hilfe des Zeigerdiagramms. Zeichnen Sie auch den Zeiger des sich aus der Blindleistungskompensation neu einstellenden Stroms  $\underline{I}_0^*$  ein und geben Sie dessen Betrag an. (3 Punkte)