

**1. Klausur**  
**Grundlagen der Elektrotechnik I-B**  
**17. Juli 2004**



Name: .....

Vorname: .....

Matr.-Nr.: .....

Bitte den Laborbetreuer ankreuzen		
Björn Eissing	Amra Anneck	Christian Jung
Andreas Schulz	Jörg Schröder	Steffen Rohner
Roman Möckel	Boris Jöesaar	Andreas Krutz
Dietmar Jung	Ghislain Moulil Sil	Sascha Laue
Matthias Milde	Patrick Ndjaboue	Daniel Schlüter
<b>Wiederholer</b>	sonstiges	nicht sicher

Bearbeitungszeit: 135 Minuten

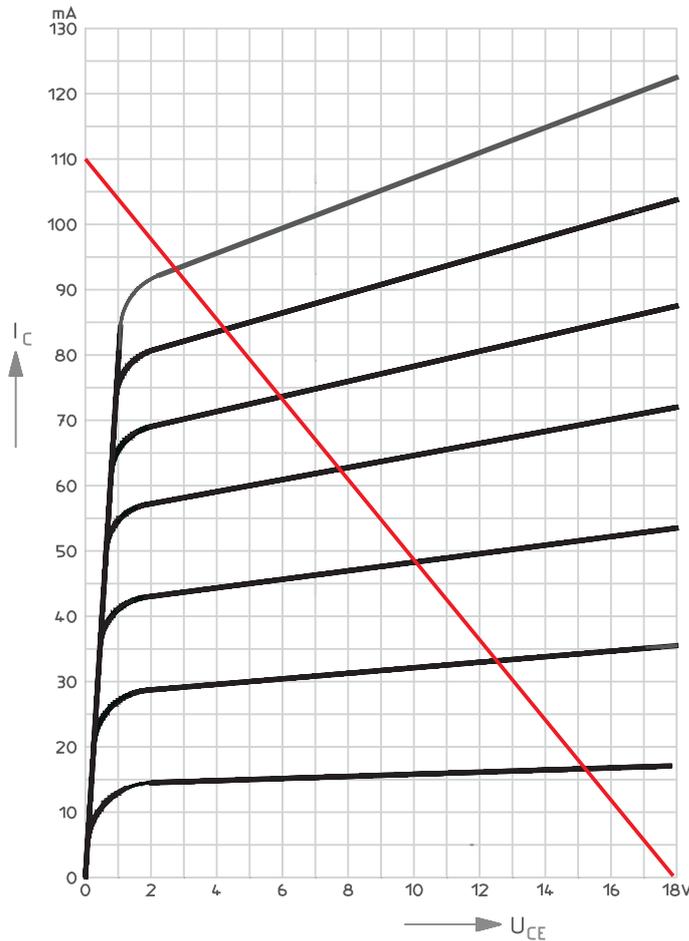
- Trennen Sie den Aufgabensatz **nicht** auf.
- Benutzen Sie für die Lösung der Aufgaben **nur** das mit diesem Deckblatt ausgeteilte Papier. **Lösungen, die auf anderem Papier geschrieben werden, können nicht gewertet werden.** Weiteres Papier kann bei den Tutoren angefordert werden.
- **Notieren Sie bei der Aufgabe einen Hinweis, wenn die Lösung auf einem Extrablatt fortgesetzt wird**
- **Schreiben Sie deutlich!** Doppelte, unleserliche oder mehrdeutige Lösungen können nicht gewertet werden.
- Schreiben Sie **nicht** mit Bleistift!
- Schreiben Sie nur in **blau** oder **schwarz!**

A1	A2	A3	A4	A5	A6	Summe

# 1. Aufgabe (5 Punkte): Fragen aus verschiedenen Gebieten

Beantworten Sie die folgenden Fragen.

## 1.1. Verstärkerbetriebsarten (1 Punkt)



Verstärker mit Transistoren können in verschiedenen Betriebsarten betrieben werden. Kennzeichnen Sie die Lage der Arbeitspunkte im gegebenen Ausgangskennlinienfeld für

- A-Betrieb
- B-Betrieb
- AB-Betrieb

## 1.2. Gegentaktendstufe (0,5 Punkte)

Zeichnen Sie den prinzipiellen Aufbau einer Gegentaktendstufe mit komplementären Transistoren

---

**1.3. Stromverstärkung (0,5 Punkte)**

Wie beschreibt man die Stromverstärkung eines bipolaren Transistors?

**1.4. Ersatzschaltbild (0,5 Punkte)**

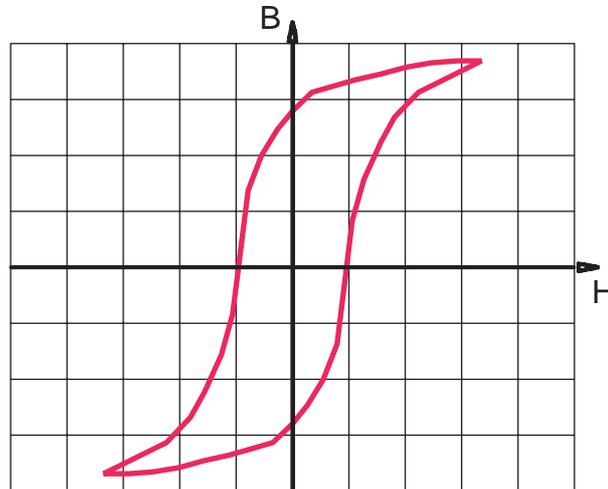
Zeichnen Sie das Wechselspannungsersatzschaltbild des Transistors. Benennen Sie alle Elemente und tragen Sie Strom- und Spannungspfeile ein.

**1.5. Induktivität (0,5 Punkte)**

Wie errechnet man die Induktivität einer Spule mit einem Kern, dessen relative Permeabilität mit  $\mu_{\text{core}}$  gegeben ist. Der Kern hat die Querschnittsfläche  $A$ , die mittlere freie Weglänge der Feldlinien ist  $l_{\text{core}}$

**1.6. Magnetisierungskurve (0,5 Punkte)**

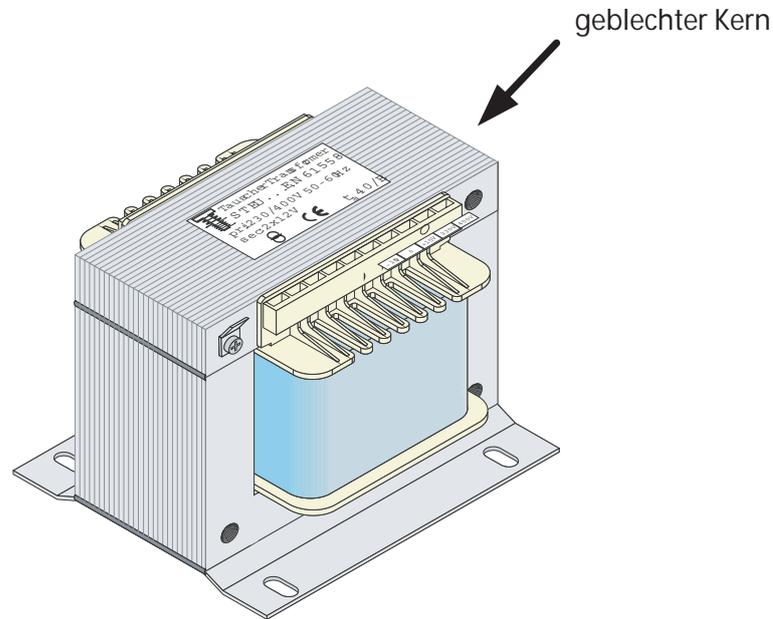
Kennzeichnen Sie in der gegebenen Magnetisierungskurve die Remanenzinduktion und die Koerzitivfeldstärke.

**1.7. Hystereseschleife (0,5 Punkte)**

Die oben in Aufgabe 6 gezeichnete Magnetisierungskurve umschließt eine Fläche. Welche physikalische Entsprechung hat diese Fläche?

**1.8. Transformator (0,5 Punkte)**

Kerne für Manteltransformatoren werden aus einzelnen dünnen, gegeneinander isolierten Blechen hergestellt, wie in der Abbildung dargestellt. Warum fertigt man den Kern nicht aus massivem Material?

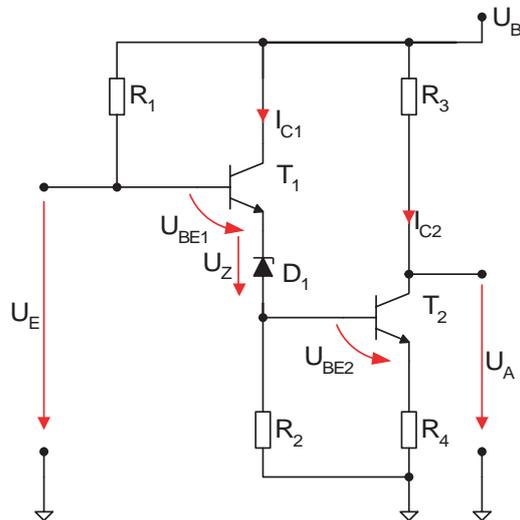
**1.9. Ausgleichsvorgänge (0,5 Punkte)**

Welchen Ansatz verwenden Sie zur Lösung der folgenden Differentialgleichung 1. Ordnung

$$\frac{du_C(t)}{dt} + \frac{1}{\tau}u_C(t) - \frac{1}{\tau}U_0 = 0$$

## 2. Aufgabe (5 Punkte): Dimensionierung einer Transistorschaltung

Gegeben ist folgende Transistorschaltung bestehend aus den Transistoren  $T_1$  und  $T_2$ , der Zenerdiode  $D_1$  und den Widerständen  $R_1 \dots R_4$ :



$I_{C1} = 10 \text{ mA}$	$U_{BE1} = U_{BE2} = 0,6 \text{ V}$	$U_B = 20 \text{ V}$
$B_{T1, T2} = 200$	$U_Z = 6,4 \text{ V}$	$U_E = 15 \text{ V}$
$R_3 = 400 \Omega$		$U_A = 12 \text{ V}$

Hinweis: Die Z-Diode  $D_1$  ist als **ideale** Zenerdiode mit  $U_Z = 6,4 \text{ V}$  anzunehmen.

Zur **Vereinfachung** ist für  $T_1$  und  $T_2$  die Näherung  $I_E \approx I_C$  zu verwenden (mit  $I_{B2} \approx 0$ ).

Anmerkung: Der Lösungsweg **muss klar** erkennbar sein!

### 2.1. Berechnung $I_{C2}$ (1 Punkt)

Berechnen Sie den Strom  $I_{C2}$ .

**2.2. Berechnung  $R_1$  und  $R_2$  (2 Punkte)**

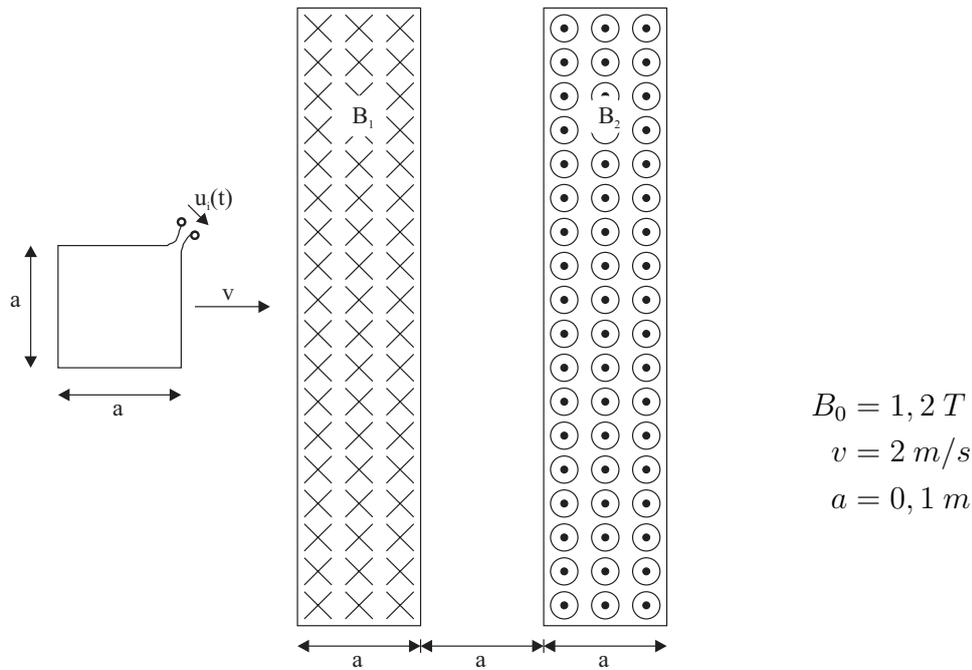
Berechnen Sie die Widerstände  $R_1$  und  $R_2$  mit der Vereinfachung  $I_E \approx I_C$  und  $I_{B2} \approx 0$ . Nehmen Sie an, dass  $U_E$  keinen Stromanteil liefert.

**2.3. Berechnung  $R_4$  und  $U_{CE}$  (2 Punkte)**

Berechnen Sie den Widerstand  $R_4$  und bestimmen Sie  $U_{CE}$  von  $T_2$

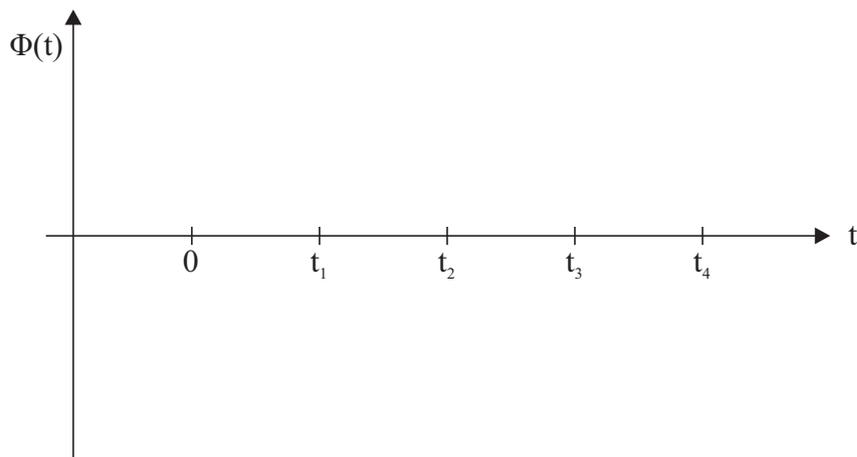
### 3. Aufgabe (5 Punkte): Anwendung des Induktionsgesetzes

Eine quadratische Leiterschleife bewegt sich mit konstanter Geschwindigkeit  $v$  durch zwei räumlich begrenzte homogene Magnetfelder der Induktion  $B_1 = B_2 = B_0$  hindurch (siehe Skizze). Die Leiterschleife tritt bei  $t = 0$  in das Magnetfeld  $B_1$  ein.



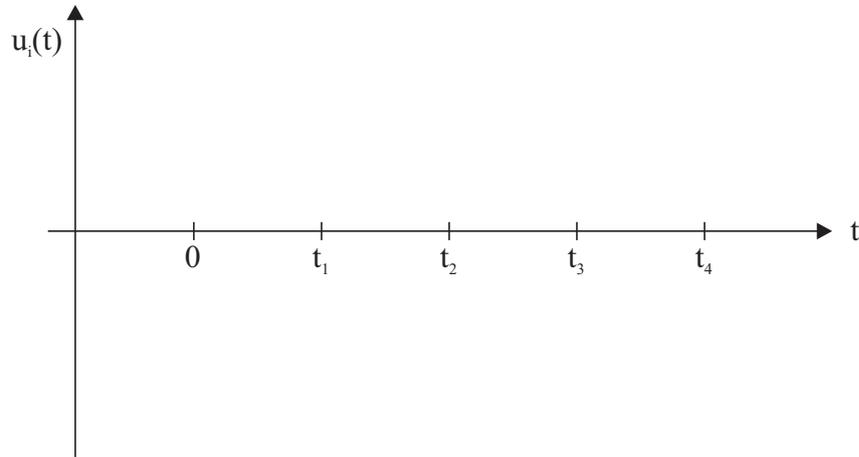
#### 3.1. Berechnung des magnetischen Flusses (3 Punkte)

Berechnen Sie den magnetischen Fluss  $\Phi(t)$  und tragen Sie den zeitlichen Verlauf in das vorbereitete Diagramm (Achten Sie auf die Richtung des Magnetfeldes!) ein.



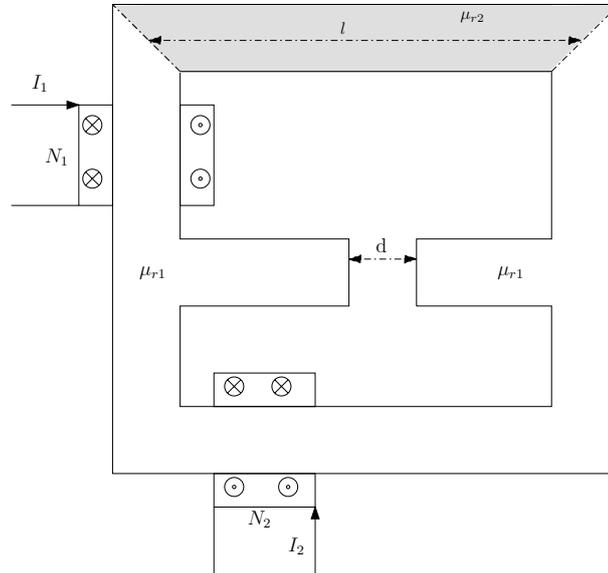
**3.2. Spannungsberechnung (2 Punkte)**

Berechnen Sie gemäß des Induktionsgesetzes die induzierte Spannung  $u_i(t)$  und tragen Sie den zeitlichen Verlauf im unteren Diagramm ein.



### 4. Aufgabe (5 Punkte): Magnetkreis

Gegeben ist die folgende magnetische Anordnung:



(1)

$d = 0.63\text{cm}, l = 10\text{cm}, A = 1\text{cm}^2$  (Querschnittsfläche),  
 $\mu_0 = 1.26 \cdot 10^{-6}\text{Vs/Am}, \mu_{r1} \rightarrow \infty, \mu_{r2} = 1000/1.26,$   
 $I_1 = 1\text{A}, N_1 = 1000, I_2 = 1\text{A}, N_2 = 500$

#### 4.1. Ersatzschaltbild (1 Punkt)

Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild der Anordnung (magnetische Widerstände, Fluss durch die Widerstände und magnetische Spannungen einzeichnen). Welchen Einfluss hat der Strom  $I_1$  auf den Fluss durch den Luftspalt? Begründen Sie Ihre Antwort!

**4.2. Magnetischer Fluss (3 Punkte)**

Berechnen Sie alle magnetischen Widerstände, den magnetischen Fluss durch den Luftspalt und den Fluss durch das obere Eisenstück mit der Permeabilität  $\mu_{r2}$ !

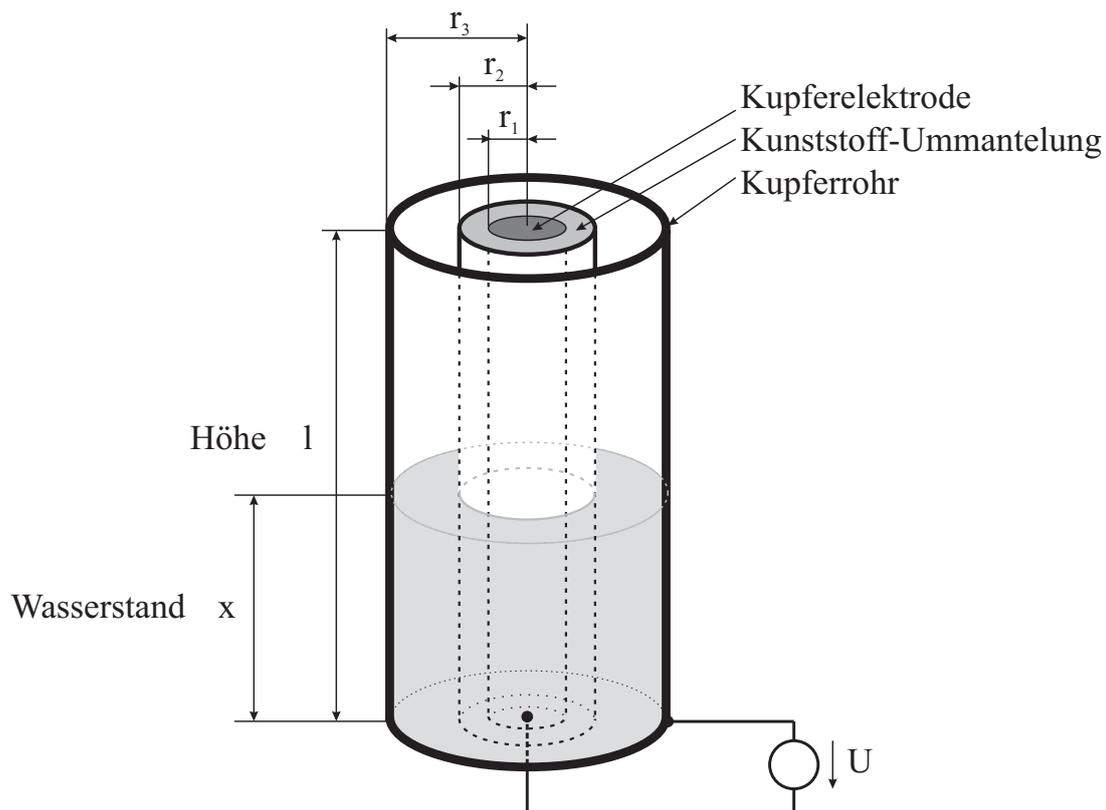
---

**4.3. Stromänderung (1 Punkt)**

Der Strom  $I_2$  sei nun gleich Null. Welchen Wert muss  $I_1$  haben, damit die magnetische Spannung über dem oberen Eisenstück mit der Permeabilität  $\mu_{r2}$  konstant bleibt (also gleich der magnetischen Spannung aus Aufgabenteil 1.2)?

## 5. Aufgabe (5 Punkte): Berechnung einer Kapazität aus einer gegebenen Geometrie

Zur Füllstandsmessung wird folgende Kondensatoranordnung genutzt (siehe Abbildung). Der Zylinderkondensator besteht aus einem Kupferrohr, in dem eine mit Kunststoff ummantelte (und somit vollständig isolierte) Kupferelektrode eingebracht ist. Die Dielektrizitätskonstante des Kunststoffs beträgt  $\epsilon_r = 5$ .



Geometrische Daten:

$$l = 10\text{cm}$$

$$r_1 = 1\text{mm}$$

$$r_2 = 2\text{mm}$$

$$r_3 = 10\text{mm}$$

Dielektrizitätskonstante Kunststoff

$$\epsilon_r = 5$$

elektrische Feldkonstante

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}}$$

Kapazität eines Zylinderkondensators:

$$C = \frac{2\pi\epsilon l}{\ln \frac{r_a}{r_i}}$$

**5.1. Ersatzschaltbild (1,5 Punkte)**

Zeichnen Sie die Ersatzschaltbilder für folgende Zustände und geben Sie dazu eine kurze Erklärung:

- a) die Kondensatoranordnung ist vollständig leer (luftgefüllt)
- b) die Kondensatoranordnung ist vollständig mit Wasser gefüllt
- c) die Kondensatoranordnung ist nur teilweise mit Wasser gefüllt

**Hinweis: Das Wasser sei ideal leitfähig. Die Randeffekte sind zu vernachlässigen.**

**5.2. Kapazität (2 Punkte)**

Geben Sie allgemein die Ausdrücke für die Teilkapazitäten und die Gesamtkapazität der Anordnung für einen beliebigen Wasserstand  $x$  an.

---

**5.3. Elektrische Ladung (0,5 Punkte)**

Der Kondensator sei an eine Spannungsquelle  $U = 5V$  angeschlossen und zur Hälfte mit Wasser gefüllt. Welche Ladung  $Q$  wird an den Elektroden gespeichert.

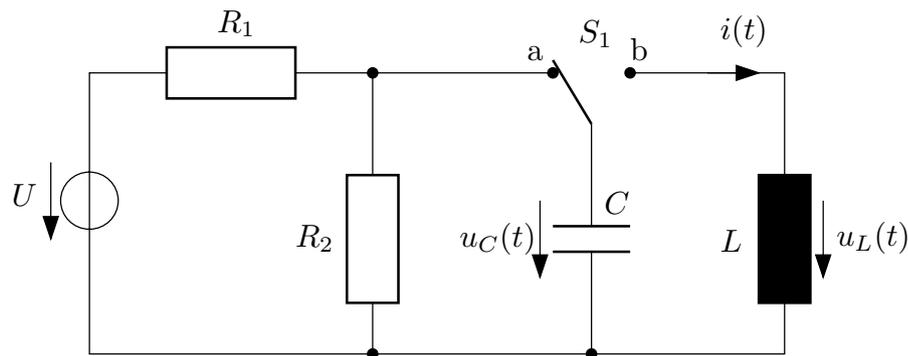
**5.4. Spannung (1 Punkt)**

Der Kondensator wird nun von der Spannungsquelle getrennt und anschließend langsam entleert. Welche Ladung ist nun an den Elektroden gespeichert und welche Spannung  $U_{neu}$  ist zwischen den Platten messbar?

## 6. Aufgabe (5 Punkte): Ausgleichsvorgänge

Die abgebildete Schaltung enthält einen Kondensator mit der Kapazität  $C = 3 \mu F$ , eine Spule mit der Induktivität  $L = 100 \text{ mH}$  und zwei Widerstände mit den Werten  $R_1 = 1,1 \text{ k}\Omega$  und  $R_2 = 2,2 \text{ k}\Omega$ . Die Spannung beträgt  $U = 330 \text{ V}$ . Die Schaltung befindet sich bei Schalterstellung  $a$  im eingeschwungenen Zustand. Zum Zeitpunkt  $t = 0$  wird der Schalter  $S_1$  von Punkt  $a$  auf den Punkt  $b$  umgeschaltet. Die zeitlichen Verläufe von  $u_L(t)$  und  $i(t)$  sind zu ermitteln.

Gegeben ist die folgende Schaltung:



### 6.1. Randbedingungen (0,5 Punkte)

Berechnen Sie für den eingeschwungenen Zustand zum Zeitpunkt  $t < 0$  die am Kondensator anliegende Spannung. (Tipp: Hierzu muss *keine* DGL aufgestellt werden!)

### 6.2. Aufstellen der DGL (1,5 Punkte)

Stellen Sie die Maschengleichung für die Zeit  $t \geq 0$  auf und leiten Sie daraus die Differentialgleichung für den Strom  $i(t)$  her.

### 6.3. Lösung der Differentialgleichung (2,5 Punkte)

Machen Sie einen Lösungsansatz für den Zeitverlauf des Stroms  $i(t)$  für  $t \geq 0$  und finden Sie mit Hilfe der Anfangsbedingungen eine endgültige Lösung für  $i(t \geq 0)$  **und**  $u_L(t \geq 0)$ .

**6.4. Skizze (0,5 Punkte)**

Zeichnen Sie den qualitativen Verlauf der Spannung  $u_L(t)$  und des Stroms  $i(t)$  für  $t \geq 0$  in das gegebene Koordinatensystem ein und beschriften Sie die Verläufe.

