



ME2700

25. Juli 2019

## Klausur: Grundlagen der Elektrotechnik 2

Sommersemester 2019

Matrikelnummer: \_\_\_\_\_

Nachname: \_\_\_\_\_

Vorname: \_\_\_\_\_

Studiengang: \_\_\_\_\_

			$\Sigma$
32	33	35	$\Sigma 100$

### HINWEISE:

- Die Prüfung dauert 90 min.
- Die maximal erreichbare Punktzahl beträgt 100 Punkte.
- In vielen Aufgaben sind mehrere Lösungswege möglich und korrekt.
- Bitte überprüfen Sie die Korrektheit Ihrer Angaben.
- Bitte informieren Sie uns *vor* Beginn der Klausur über ein etwaiges Unwohlsein.
- Beginnen Sie *nicht* mit dem Schreiben, bevor das Institutspersonal dies offiziell erlaubt.
- Verwenden Sie bitte *kein eigenes Papier* zum Notieren Ihrer Lösungen. Sie können auf Nachfrage zusätzliche Papierbögen vom Institutspersonal erhalten.

Zu widerhandlung führt zu Nicht-Bestehen und/oder Ausschluss von der Klausur!

### ERLAUBTE HILFSMITTEL:

- Dokumentenechter Schreiber in blau oder schwarz, Bleistift für Skizzen.
- Farbige Stifte für Hervorhebungen in allen Farben außer rot und grün, sowie ähnlichen Farbtönen.
- Unterlagen aller Art.

### NICHT ERLAUBTE HILFSMITTEL:

- Elektronische Hilfsmittel (Taschenrechner, Mobiltelefone etc.). Bitte überprüfen Sie, dass Ihr Mobiltelefon vollständig deaktiviert und nicht leicht zugänglich verstaut ist.

Unterschrift (gelesen und verstanden): \_\_\_\_\_

**Wir wünschen Ihnen viel Erfolg!**



## Aufgabe 1: Zeitbereich

			$\Sigma$
9	14	9	$\Sigma 32$

### a) Wissen & Verständnis (9 Punkte)

Im in Abbildung 1 dargestellten Reihenschwingkreis führt die Eingangsspannung  $u_{\text{in}}(t)$  zum Zeitpunkt  $t = 0$  einen Sprung durch:

$$u_{\text{in}}(t) = \begin{cases} 0 \text{ V} & \text{für } t < 0, \\ 1 \text{ V} & \text{für } t \geq 0. \end{cases}$$

Abbildung 2 zeigt den Verlauf der Spannung  $u_R(t)$  am Widerstand nach dem Sprung für vier verschiedene Anfangsbedingungen  $u_C(t=0^-)$ ,  $i(t=0^-)$ .

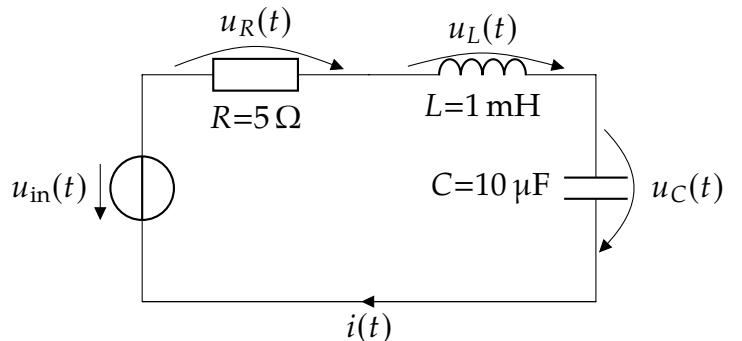


Abbildung 1: Reihenschwingkreis

Welcher der Kurvenverläufe A-D in Abbildung 2 entspricht dem Startzustand  $u_C(t=0^-) = 1 \text{ V}$ ,  $i(t=0^-) = 1 \text{ A}$ ? Begründen Sie Ihre Antwort, indem Sie den Signalwert  $u_R(t)$  sowie die Steigung  $\frac{du_R(t)}{dt}$  jeweils zum Zeitpunkt  $t = 0^+$  untersuchen.

**Hinweis:** Es kann hierfür sinnvoll sein, die Spannung über der Induktivität sowie die Änderungsrate des Stroms zum Zeitpunkt  $t = 0^+$  zu bestimmen.

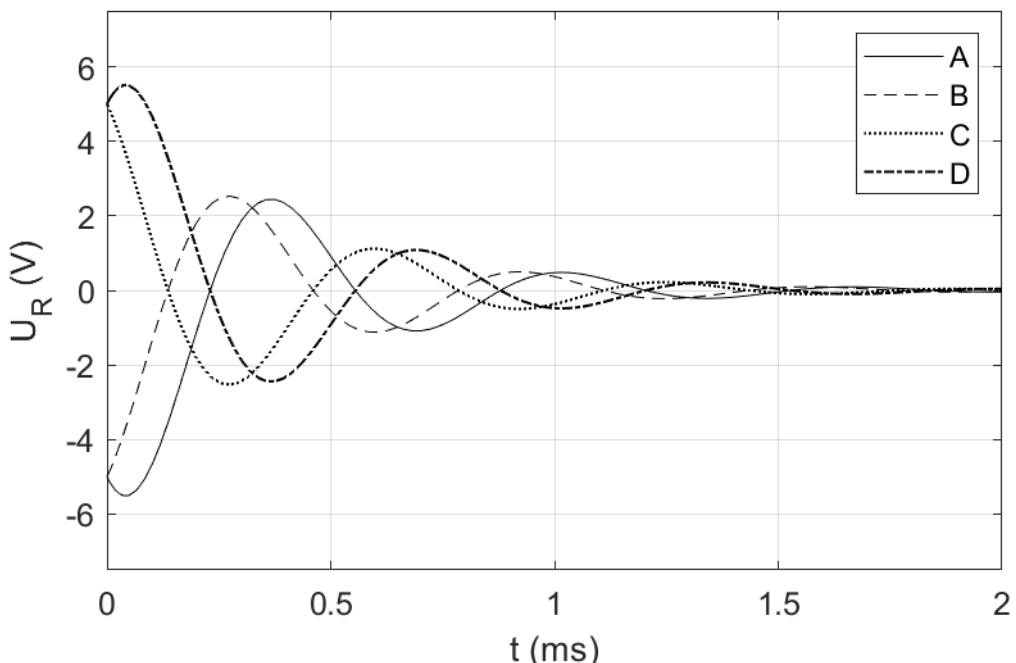


Abbildung 2: Sprungantworten für unterschiedliche Anfangsbedingungen

**Lösung:**

**b) Anwendung (14 Punkte)**

In dem nebenstehend abgebildeten Reihenschwingkreis gilt die Differentialgleichung

$$\frac{d^2u_C(t)}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{du_C(t)}{dt} + \frac{1}{LC} u_C(t) = 0 \text{ V/s}^2.$$

- Bestimmen Sie den Dämpfungsfaktor  $\alpha$  sowie die gedämpfte Resonanzfrequenz  $\omega_d$  der Schaltung.
- Bestimmen Sie einen mathematischen Ausdruck für den Verlauf der Spannung  $u_C(t)$  für  $t \geq 0$  für die Startwerte  $u_C(t=0) = 1 \text{ V}$  und  $i(t=0) = 1 \text{ A}$ .

Erläutern Sie jeweils Ihren Lösungsweg.

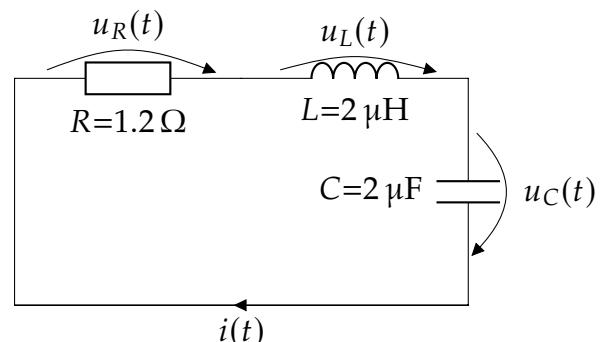


Abbildung 3: Reihenschwingkreis

**Lösung:**

### c) Analyse (9 Punkte)

In dem nebenstehend abgebildeten Reihenschwingkreis führe die Eingangsspannung erneut den Sprung

$$u_{\text{in}}(t) = \begin{cases} 0 \text{ V} & \text{für } t < 0, \\ 1 \text{ V} & \text{für } t \geq 0 \end{cases}$$

durch, wie in Aufgabenteil a). Die Induktivität und die Kapazität haben dieselben Werte wie in Aufgabenteil a), der Widerstand  $R$  wurde jedoch durch einen neuen Widerstand mit unbekanntem Wert ersetzt.

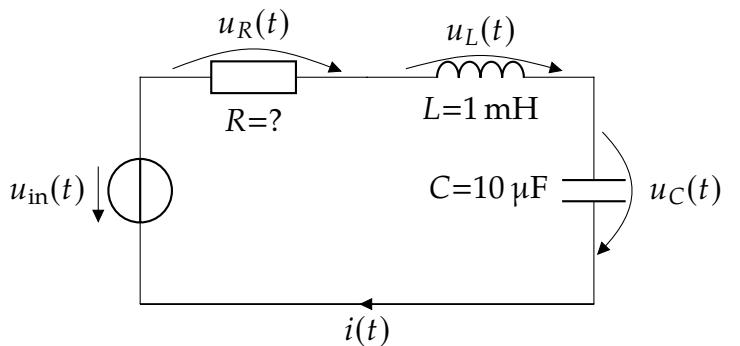


Abbildung 4: Reihenschwingkreis

Abbildung 5 zeigt den Verlauf der Spannung  $u_C(t)$  für  $u_C(t=0^-) = 0 \text{ V}$  und  $i(t=0^-) = 0 \text{ A}$ . Bestimmen Sie einen Schätzwert für den neuen Widerstand  $R$  und erläutern Sie Ihren Lösungsweg.

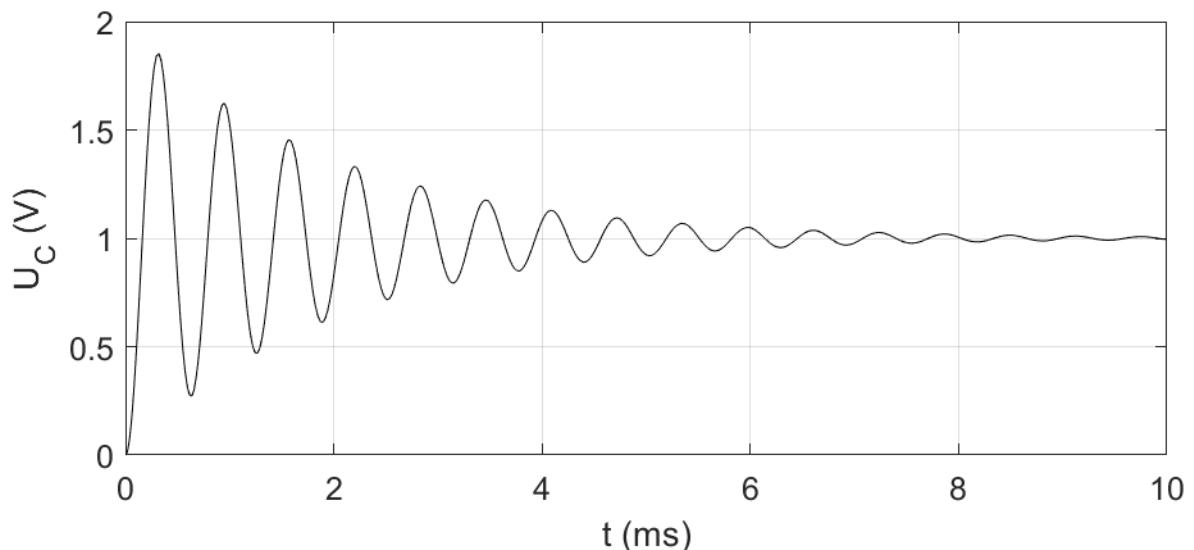


Abbildung 5

**Lösung:**

## Aufgabe 2: Frequenzbereich

			$\Sigma$
10	12	11	$\Sigma 33$

### a) Wissen & Verständnis (10 Punkte)

Abbildung 6 zeigt das Bode-Diagramm einer Übertragungsfunktion

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{\underline{U}_{\text{out}}(j\omega)}{\underline{U}_{\text{in}}(j\omega)}.$$

Abbildung 7a zeigt das Zeitsignal  $u_{\text{in}}(t)$ , welches als Eingangssignal für das durch die Übertragungsfunktion  $\underline{H}$  beschriebene System verwendet werden soll.

Zeichnen Sie das resultierende Ausgangssignal näherungsweise in das leere Diagramm in Abbildung 7b ein. Wählen Sie hierfür eine sinnvolle Achsenkalierung, sodass Amplitude und Phase des Signals gut erkennbar sind, und beschriften Sie die Achsen entsprechend. Erläutern Sie Ihren Lösungsweg.

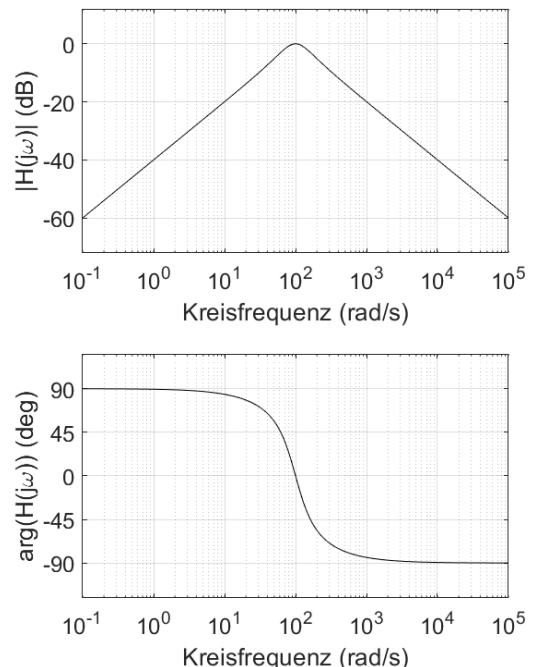
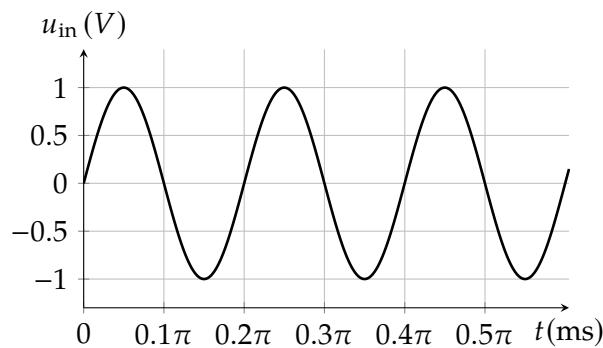
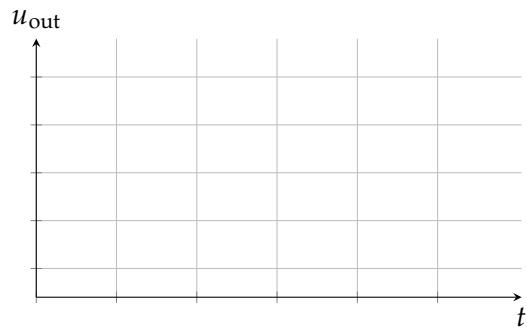


Abbildung 6



(a)



(b)

Abbildung 7

**Lösung:**

### b) Anwendung (12 Punkte)

Betrachten Sie nebenstehende Schaltung.

- i) Stellen Sie die Übertragungsfunktion

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{\underline{U}_{\text{out}}(j\omega)}{\underline{I}_{\text{in}}(j\omega)}$$

in Abhängigkeit der Bauteilparameter  $R$  und  $L$  auf, und tragen Sie diese in das folgende Feld ein:

$$\underline{H}(j\omega) =$$

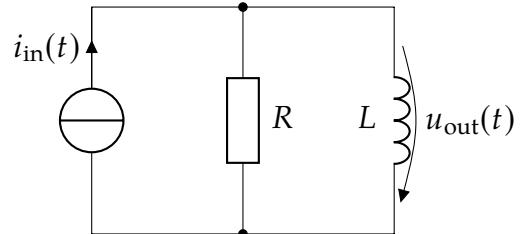


Abbildung 8

- ii) Zeichnen Sie den Betragsverlauf der Übertragungsfunktion für  $R = 100 \Omega$  und  $L = 1 \text{ mH}$  näherungsweise in das leere Diagramm in Abbildung 9 ein.

Erläutern Sie jeweils Ihren Lösungsweg.

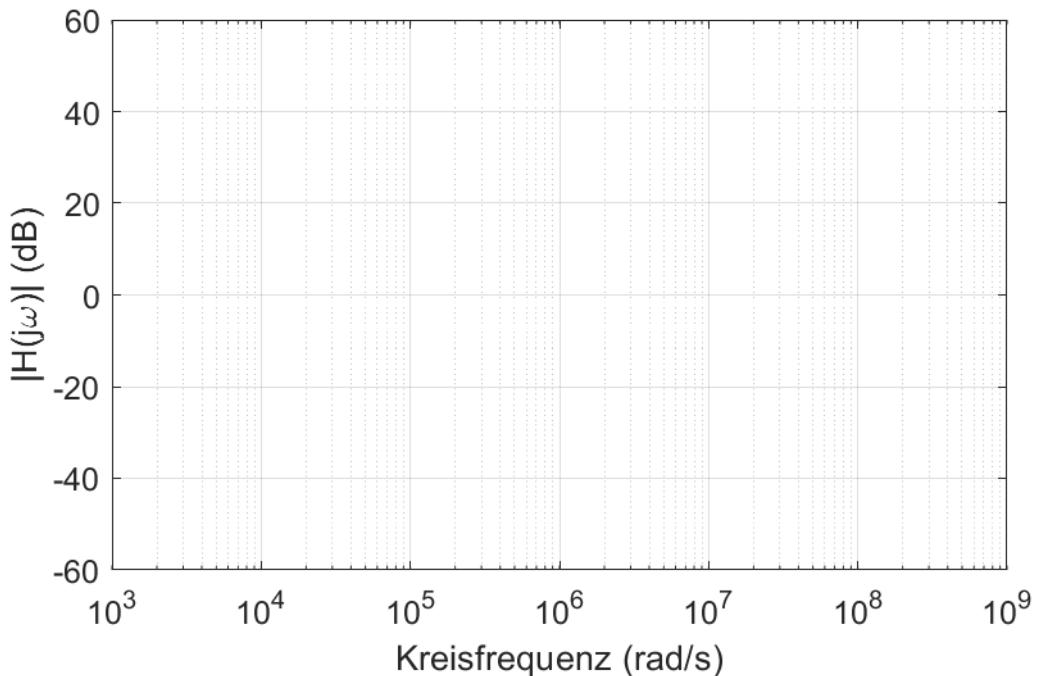


Abbildung 9

**Lösung:**

### c) Synthese (11 Punkte)

In nebenstehender Schaltung soll untersucht werden, für welchen Wertebereich des Lastwiderstands  $R_L$  die Übertragungsfunktion

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{\underline{U}_{\text{out}}(j\omega)}{\underline{U}_{\text{in}}(j\omega)}$$

alle Frequenzen  $\omega \geq 10^5$  rad/s näherungsweise ungedämpft überträgt. Erläutern Sie Ihren Lösungsweg.

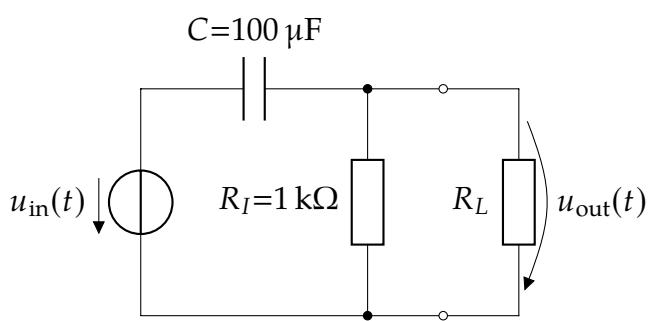


Abbildung 10

**Lösung:**

## Aufgabe 3: Operationsverstärker

			$\Sigma$
10	13	12	$\Sigma 35$

### Definition: Idealer Operationsverstärker

Wenn im Folgenden ein *idealer Operationsverstärker* verwendet wird, so bedeutet dies, dass für die interne Spannungsverstärkung  $A \rightarrow \infty$  gilt, für den internen Eingangswiderstand  $r_i \rightarrow \infty$  gilt, und für den internen Ausgangswiderstand  $r_t = 0 \Omega$  gilt.

### a) Wissen / Verständnis (10 Punkte)

Die Buffer-Schaltung in Abbildung 11 realisiert bei Verwendung eines idealen, nicht in Sättigung betriebenen Operationsverstärkers eine ideale, über  $U_0$  einstellbare Spannungsquelle, wie aus Vorlesung und Übung bekannt. Wie ändert sich die Beziehung zwischen  $U_0$  und  $U_{\text{out}}$ , wenn...

- i) ein Lastwiderstand  $R_L > 0 \Omega$  an die Ausgangsklemmen angeschlossen wird?
- ii) der interne Verstärkungsfaktor  $A$  des Operationsverstärkers *nicht* als unendlich angenommen werden kann, das heißt  $A < \infty$  (bei  $R_L > 0 \Omega$ ) gilt?

Erläutern Sie Ihre Antworten.

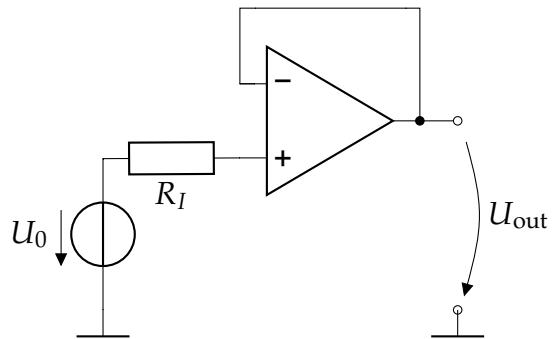


Abbildung 11

Lösung:

**b) Anwendung (13 Punkte)**

Nehmen Sie an, der Operationsverstärker in der unten dargestellten Schaltung sei ideal und befindet sich nicht in Sättigung. Bestimmen Sie den Eingangswiderstand  $r_{in}$  sowie den Ausgangswiderstand  $r_{out}$  der Schaltung und tragen Sie beide in das jeweilige Feld ein. Erläutern Sie jeweils Ihren Lösungsweg.

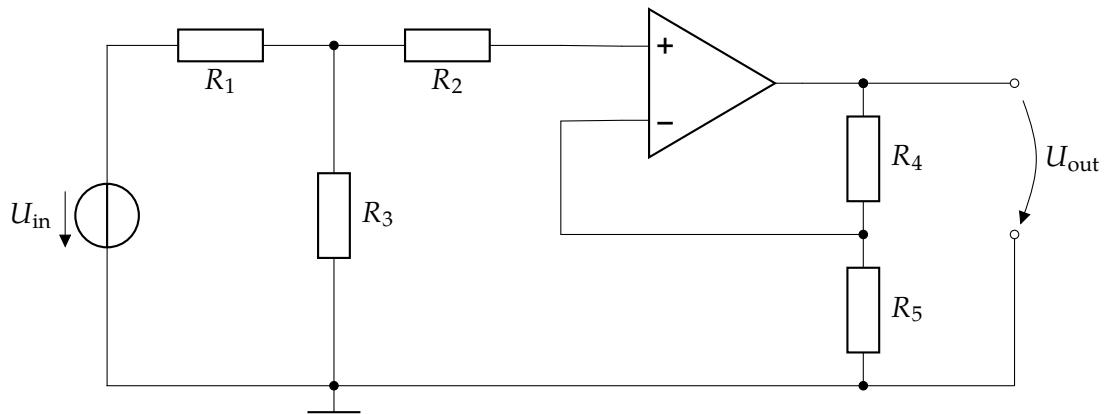


Abbildung 12

$$r_{in} =$$

$$r_{out} =$$

**Lösung:**

c) Synthese (12 Punkte)

Abbildung 13 zeigt eine unbekannte Schaltung, welche so an einen Widerstand  $R_L$  sowie eine Kapazität  $C_L$  angeschlossen werden soll, dass  $I_2 = 10 \cdot I_1$  gilt, unabhängig von den Bauteilwerten von  $R_L$  und  $C_L$ . Entwerfen Sie eine geeignete Schaltung unter Verwendung eines idealen Operationsverstärkers mit negativer Rückführung. Nehmen Sie an, der Operationsverstärker werde nicht in Sättigung betrieben und es gelte  $R_L < \infty$ . Zeichnen Sie Ihre Lösung in Abbildung 13 ein und erläutern Sie Ihren Lösungsweg.

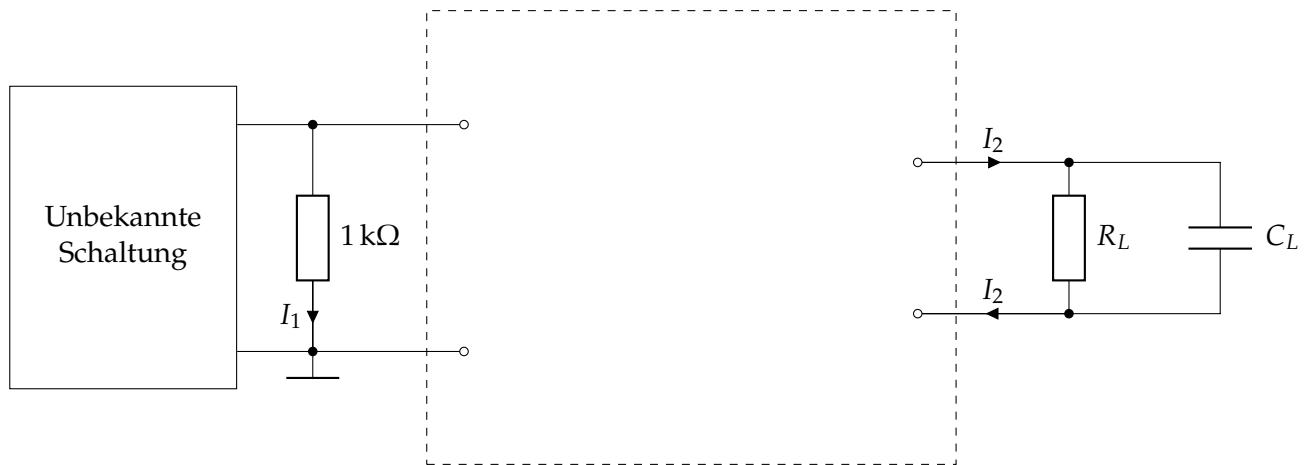


Abbildung 13

Lösung:

## **Extra-Platz für Lösungen**

**Fortsetzung von Aufgabe \_\_\_\_ (bitte auch dort vermerken):**