

# Praktikum ETiT 1

## Grundlagen der Elektrotechnik

### Versuch 2

### Kapazitäten & Induktivitäten

### Musterprotokoll

Aufgabe	2.5	2.6	2.7			2.8 (Vorbereitung)
Punkte	14	42	44			20

Skizze + verwendete Messgeräte : 2 Punkte

Wesentliche Formeln: 1 Punkt

Aufgabe	2.5.1	2.5.2	2.5.3			Summe
Punkte	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>2</b>			14
Aufgabe	2.6.1	2.6.2	2.6.3			
Punkte	<b>9</b>	<b>15</b>	<b>18</b>			42
Aufgabe	2.7.1	2.7.2	2.7.3			
Punkte	<b>11</b>	<b>15</b>	<b>18</b>			44
					Summe	100

## 2.5 Plattenkondensator mit variablem Plattenabstand/ Dielektrikum

### 2.5.1 Messung der Kapazität des Plattenkondensators in Luft bei variablem Plattenabstand

Verwendete Messgeräte:

- Kapazitätsgmessgerät „Megger B131“
- Variabler Plattenkondensator

1

Aufbau:

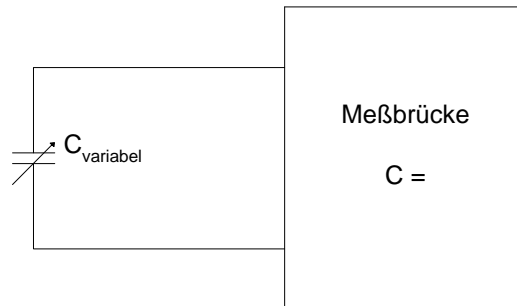


Bild 2.5-1: Schaltung zur Messung der Kapazität eines Plattenkondensators

Versuchsdurchführung:

Wir berechnen die gesuchten Größen mithilfe der folgenden Formel:

$$C_{\text{Rech}} = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{x}$$

$x/\text{mm}$	$C_{\text{rech}}/\text{pF}$	$C_{\text{mess}}/\text{pF}$
1	455,73	370,00
2	227,87	226,00
3	151,91	164,00
4	113,93	133,00
5	91,15	108,00
10	45,57	62,40
15	30,38	46,60
20	22,79	40,60
30	15,19	29,00
40	11,39	25,00
50	9,11	23,30

2

- 1) Die ermittelten Kapazitätswerte sind als Funktion  $C_{\text{mess}} = f(x)$  zusammen mit den in der Vorbereitung berechneten Werten  $C_{\text{rech}}$  in ein gemeinsames Diagramm einzuzeichnen.

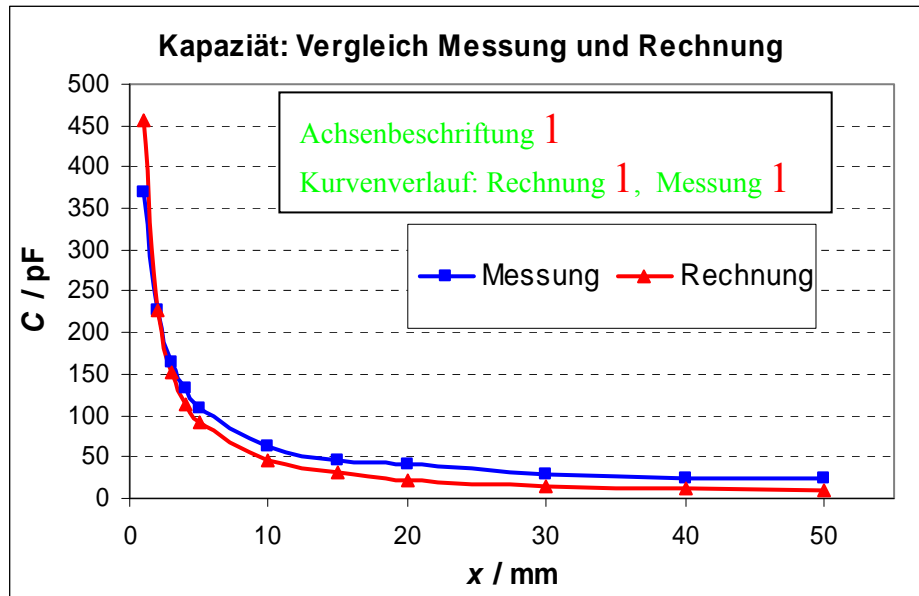


Bild 2.5-1a: Vergleich der gemessenen und berechneten Kapazität eines Plattenkondensators

- 2) Die Abweichungen zwischen den ermittelten und berechneten Kapazitätswerten sind zu diskutieren.

Der Kurvenverlauf ist qualitativ ähnlich. Bei sehr kleinen Abständen (1 mm) fällt auf, dass die Abweichung vom Sollwert relativ groß ist. Dies ist auf mögliche **ungenau Feineinstellungen** des Plattenabstandes zurückzuführen. Weicht die Einstellung nur um wenige 1/100 mm ab, so liegt ein vergleichsweise großer Fehler vor.

Im Bereich größerer Abstände liegt die Kurve konstant oberhalb der berechneten Kurve. Diese Abweichung können teilweise durch sofortiges Ablesen der Kapazität erklärt werden, da das Messgerät den Wert nachträglich verringerte.

Weitere Störfaktoren sind die **Kapazitäten der Kabel** sowie die vorhandene **Erdkapazität** und mögliche **Randeffekte**. Diese Faktoren wurden durch die regelmäßige Kalibrierung des Messgerätes gedämpft.

2

 $\Sigma$ Aufg.2.5.1 = 8

### 2.5.2 Messung der Kapazität des Plattenkondensators bei variablem Dielektrikum und festem Plattenabstand

Verwendete Messgeräte:

- Kapazitätsmessgerät „Megger B131“
- Plattenkondensator
- PVC- Platte

1

Aufbau: Analog zu 2.5.1

Dielektrikum	$x / \text{mm}$	$C_{\text{mess}}/\text{pF}$	$\epsilon_r$
PVC- Platte	4,8	294,0	2,752
Luft	4,8	106,8	1

1

1

Berechnen Sie die Dielektrizitätskonstante des Materials?

Aus dem Vergleich der Kapazitätsmessung bei gleichem Abstand mit bzw. ohne Dielektrikum lässt sich die Dielektrizitätskonstante des Materials (PVC-Platte) berechnen.

$$C \sim \epsilon, \quad \epsilon_{r,PVC} = \frac{C_{PVC}}{C_{Luft}} \cdot \epsilon_{r,Luft} = 2,752$$

1

**ΣAufg.2.5.2 = 4**

### 2.5.3 Messung der Kapazität eines Elektrolytkondensators

Verwendete Messgeräte:

- Kapazitätsmessgerät „Megger B131“
- Kondensator  $C_1$

1

Aufbau: Analog zu 2.5.1

Wir bestimmen die Kapazität des Kondensators  $C_1$  durch direkte Messung mit dem oben angegebenen Kapazitätsmessgerät und erhalten eine Kapazität von

$$C_1 = 2,462 \mu\text{F.} \quad 1$$

**Summe Aufgabe 2.5: 14**

## 2.6 RC-Glied: Zeitkonstante, Frequenzgang, Strom-Ortskurve, BODE-Diagramm

### 2.6.1 Bestimmung der Kapazität aus der Zeitkonstanten

Verwendete Messgeräte:

- Funktionsgenerator FG200
- Oszilloskop TDS 1002
- Frequenzzähler
- Widerstand  $R_{VC} = 1\text{k}\Omega$
- Kondensator  $C_2$

2

**Aufbau:**

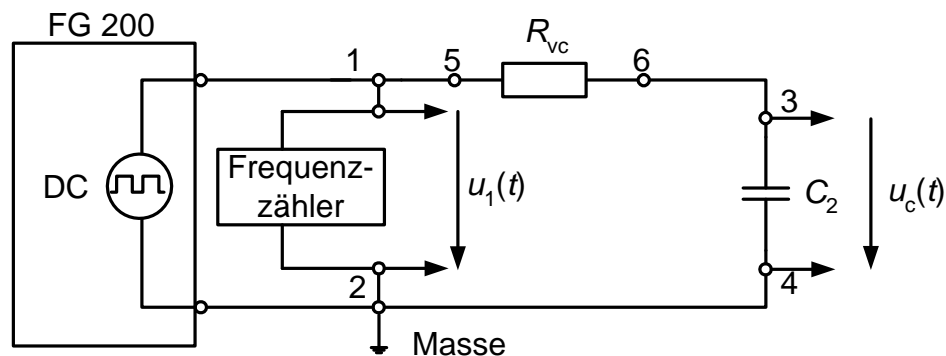


Bild 2.6-1: Schaltung zur Bestimmung der Kapazität über die Zeitkonstante

$f_{\text{soll}} / \text{Hz}$	$f_{\text{ist}} / \text{Hz}$	$U_{C,\text{max}} / \text{V}$	$U_{C,\text{min}} / \text{V}$	$\Delta t / \text{ms}$	$C_2 / \mu\text{F}$	$T / \text{ms}$
200	200	7,08	0,64	2,50	1,040	1,040
400	400	6,40	1,84	1,26	1,011	1,011
600	600	5,66	2,48	0,83	1,006	1,006

**1****2****1**

- 1) Berechnen Sie aus den gemessenen Grössen die Kapazität des Kondensators  $C_2$ .  
Aus den Messungen lässt sich die Kapazität zu

$$C_2 = \frac{\Delta t}{R_{VC} \cdot \ln\left(\frac{U_{C,\text{max}}}{U_{C,\text{min}}}\right)} \approx 1 \mu\text{F} \text{ mit } R_{VC}=1 \text{ k}\Omega \text{ bestimmen.}$$

- 2) Wie groß ist die Zeitkonstante des  $RC$ -Gliedes?  
Die Zeitkonstante berechnet sich zu

$$T = \frac{\Delta t}{\ln\left(\frac{U_{C,\text{max}}}{U_{C,\text{min}}}\right)} = R_{VC} \cdot C_2 \approx 1 \text{ ms}$$

Angabe des Mittelwertes 1P

- 3) Zeichnen Sie die berechnete Zeitkonstante in den Ausdruck des Oszilloskops ein.  
Die Zeichnung der berechneten Zeitkonstante ist im Bild 2.6.1a dargestellt. **2**  
Die zeichnerisch bestimmte Zeitkonstante beträgt ca. 1 ms, was unserem berechneten Wert sehr nahe kommt.

Beschreibung: NICHT nötig

Der arithmetische Mittelwert für die Zeitkonstante beträgt 1,019 ms. Diesen tragen wir in unseren Ausdruck ein. Dabei gehen wir wie folgt vor: Zunächst zeichnen wir das 63%Niveau der Eingangsspannung parallel zur x-Achse und markieren den Schnittpunkt mit dem Graphen. Durch diesen Punkt legen wir eine Parallele zur y-Achse und markieren deren Schnittpunkt mit dem 100%Niveau. Nun kann von diesem Schnittpunkt aus eine Verbindungstangente zum Minimum des Graphen gezogen werden. Auf dem Nullniveau liest man nun die Zeitkonstante ab.

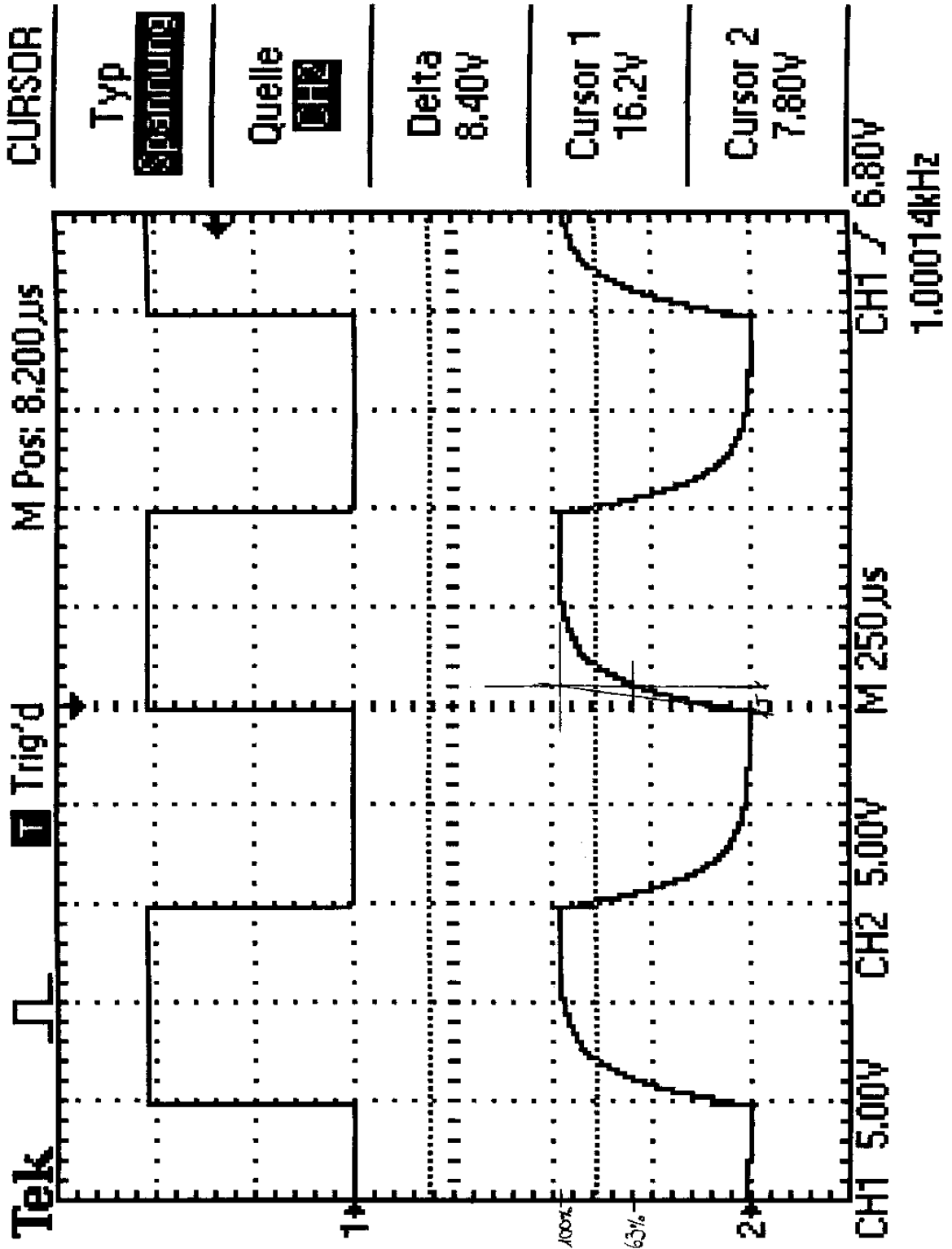


Bild 2.6-1a: Eintragen der Zeitkonstante des RC-Gliedes

ΣAufg.2.6.1 =9

## 2.6.2 Bestimmung der Ortskurve, Vergleich mit der Rechnung

Verwendete Messgeräte:

- Funktionsgenerator FG200
- Oszilloskop TDS 1002
- Voltmeter
- Ampèremeter
- Frequenzzähler
- Widerstand  $R_{VC} = 1 \text{ k}\Omega$
- Kondensator  $C_2$

2

**Aufbau:**

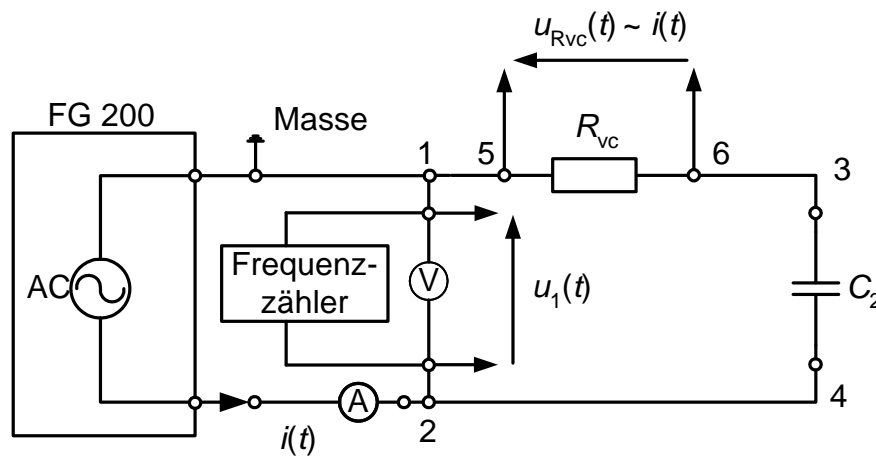


Bild 2.6-2: Schaltung zur Messung der Ortskurve  $\underline{I}(\omega)$  des RC-Gliedes

$f_{\text{soll}} / \text{Hz}$	$f_{\text{ist}} / \text{Hz}$	$\omega / \text{s}^{-1}$	$U_R / \text{V}$	$I_{\text{Amp}} / \text{mA}$	$I_{\text{mess}} / \text{mA}$	$I_{\text{rech}} / \text{mA}$	$\Delta t / \text{ms}$	$\varphi_{\text{mess}} / ^\circ$	$\varphi_{\text{rech}} / ^\circ$
10	10	62,83	0,18	0,27	0,18	0,188	24,0	-86,40	-86,40
50	50	314,16	0,67	0,93	0,67	0,899	4,00	-72,00	-72,56
100	100	628,32	1,54	1,63	1,54	1,596	1,56	-56,16	-57,86
200	200	1256,64	2,26	2,41	2,26	2,347	0,54	-38,88	-38,51
300	299	1878,67	2,52	2,72	2,52	2,648	0,26	-27,99	-28,03
400	400	2513,27	2,70	2,88	2,70	2,787	0,16	-23,04	-21,70
500	501	3147,88	2,78	2,94	2,78	2,859	0,10	-18,04	-17,62
1000	997	6264,34	2,88	3,04	2,88	2,962	0,03	-11,49	-9,07
2000	2000	12566,37	2,90	3,08	2,90	2,991	0,01	-3,60	-4,55

1

1

1

1

1

Die Spannung  $U_1$  wurde konstant auf ca. 3 V gehalten.

Wir berechnen die gesuchten Größen mithilfe der folgenden Formeln:

gemessener Phasenwinkel:  $\varphi_{\text{mess}} = -f \cdot \Delta t \cdot 360^\circ$

berechneter Phasenwinkel:  $\varphi_{\text{rech}} = -\arctan\left(\frac{1}{\omega R_{VC} C_2}\right)$

gemessener Strom:  $I_{\text{mess}} = \frac{U_R}{R_{VC}}$

berechneter Strom:

$$I_{rech} = \frac{U_1}{R_{vc} + \frac{1}{j\omega C_2}}$$

1) Die gemessene Ortskurve  $\underline{I} = f(\omega)$  ist zu zeichnen.

Die Zeichnung der gemessenen Ortskurve ist im Bild 2.6.2a dargestellt.

3

2) Berechnen Sie für ein  $RC$ -Glied mit  $R = R_{vc} = 1 \text{ k}\Omega$  und  $C = C_2 = 1 \text{ }\mu\text{F}$  die theoretische Ortskurve für  $U_1 = 3 \text{ V}$  und zeichnen Sie die Ergebnisse in obige Ortskurve ein.

Die Zeichnung der theoretischen Ortskurve ist im Bild 2.6.2a dargestellt.

3

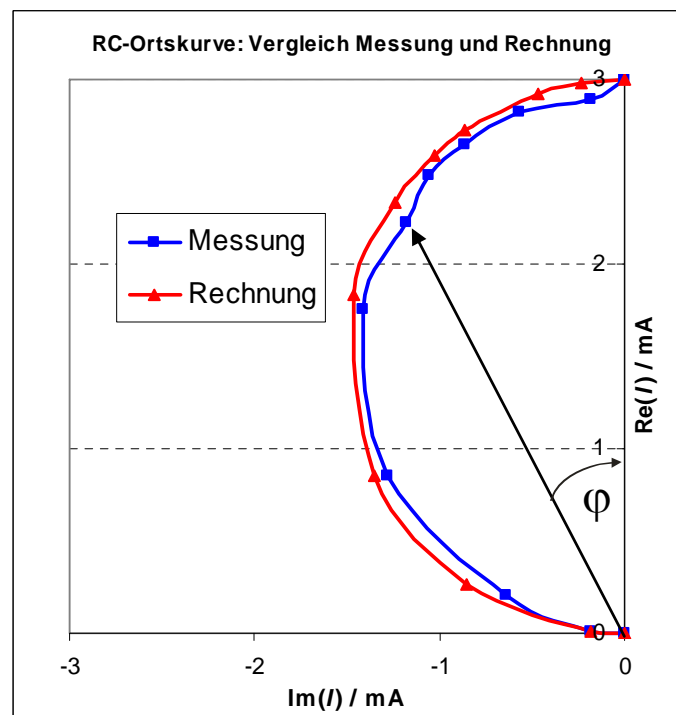


Bild 2.6.2a: Vergleich der gemessenen und berechneten  $RC$ -Ortskurven

3) Vergleichen Sie die gemessenen Werte von  $I$  und  $\varphi$  mit den theoretischen Werten.

Die gemessenen Werte unterscheiden sich nur sehr wenig von den berechneten Werten. Bei dem Strom (digital) sind die Abweichungen **sehr gering** gegenüber die Phasenverschiebung (Cursor). Die geringen Abweichungen sind auf **Messungenungenauigkeiten** und nicht immer **konstant** gehaltener **Eingangsspannung** zurückzuführen.

2

**$\Sigma$ Aufg.2.6.2 =15**

### 2.6.3 Bestimmung des BODE-Diagramms mit Amplituden und Phasengang

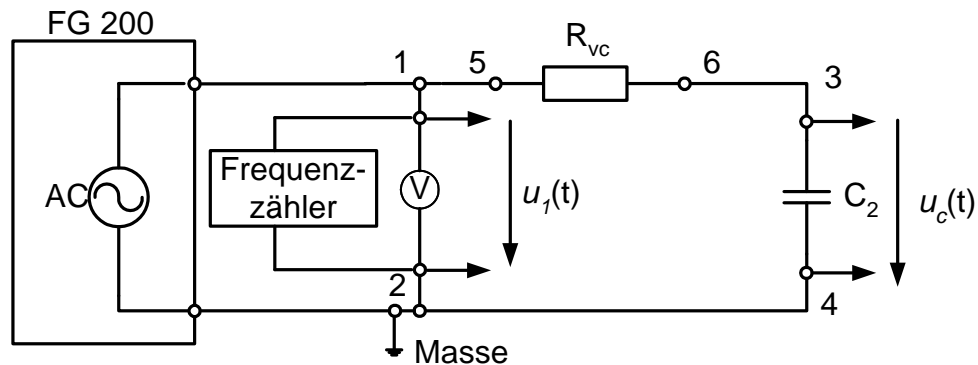
Verwendete Messgeräte:

- Funktionsgenerator FG200
- Oszilloskop TDS 1002
- Voltmeter
- Frequenzzähler

2



- Widerstand  $R_{VC} = 1 \text{ k}\Omega$
- Kondensator  $C_2$

**Aufbau:**Bild 2.6-3: Schaltung zur Bestimmung des BODE-Diagramms des  $RC$ -Gliedes

$f_{\text{soll}}/\text{Hz}$	$f_{\text{ist}}/\text{Hz}$	$\omega/\text{s}^{-1}$	$U_1/\text{V}$	$U_C/\text{V}$	$\Delta t/\text{ms}$	$L_{\text{mess}}/\text{dB}$	$L_{\text{rech}}/\text{dB}$	$\Psi_{\text{mess}}/^\circ$	$\Psi_{\text{rech}}/^\circ$
10	10	62,83	2,92	2,910	-	-0,030	-0,017	--	-3,59
50	50	314,16	2,92	2,790	0,940	-0,396	-0,409	-16,92	-17,44
100	102	628,32	2,93	2,490	0,860	-1,413	-1,445	-31,57	-32,14
200	200	1256,64	2,91	1,840	0,710	-3,982	-4,115	-51,12	-51,48
300	303	1884,96	2,91	1,390	0,570	-6,418	-6,583	-62,17	-62,05
500	500	3141,59	2,91	0,913	0,404	-10,068	-10,362	-72,72	-72,34
1000	1006	6283,19	2,92	0,474	0,220	-15,792	-16,072	-79,67	-80,95
2000	2002	12566,37	2,93	0,239	0,120	-21,769	-22,012	-86,48	-85,45
5000	5028	31415,93	2,94	0,095	0,050	-29,812	-29,947	-90,50	-88,18
10000	10011	62831,85	2,94	0,048	0,024	-35,742	-35,965	-86,49	-89,09

1

1

1

1

1

1) Berechnen Sie den Amplitudengang und der Phasengang und zeichnen Sie damit das BODE-Diagramm.  
Die Zeichnung des BODE-Diagramms ist im Bild 2.6.3a dargestellt.

2) Berechnen Sie alternativ den theoretischen Amplituden und Phasengang und zeichnen Sie die Werte in das Diagramm mit den gemessenen Werten ein.  
Die Zeichnung des BODE-Diagramms ist im Bild 2.6.3a dargestellt.

Wir berechnen die gesuchten Größen mithilfe der folgenden Formeln:

Gemessener Phasenwinkel:  $\Psi_{\text{mess}} = \angle(U_1, U_C) = -\Delta t \cdot f \cdot 360^\circ$

Berechneter Phasenwinkel:  $\Psi_{\text{rech}} = -\arctan\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)$  mit  $\omega_0 = \frac{1}{R_{VC}C_2} = 1000 \text{ s}^{-1}$

Gemessener Amplitudengang:  $L_{\text{mess}} = 20 \cdot \lg \frac{U_C}{U_1}$

Berechneter Amplitudengang: 
$$L_{rech} = 20 \cdot \lg \left( \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}} \right)$$

mit  $\omega_0 = \frac{1}{R_{VC}C_2} = 1000 \text{ s}^{-1}$

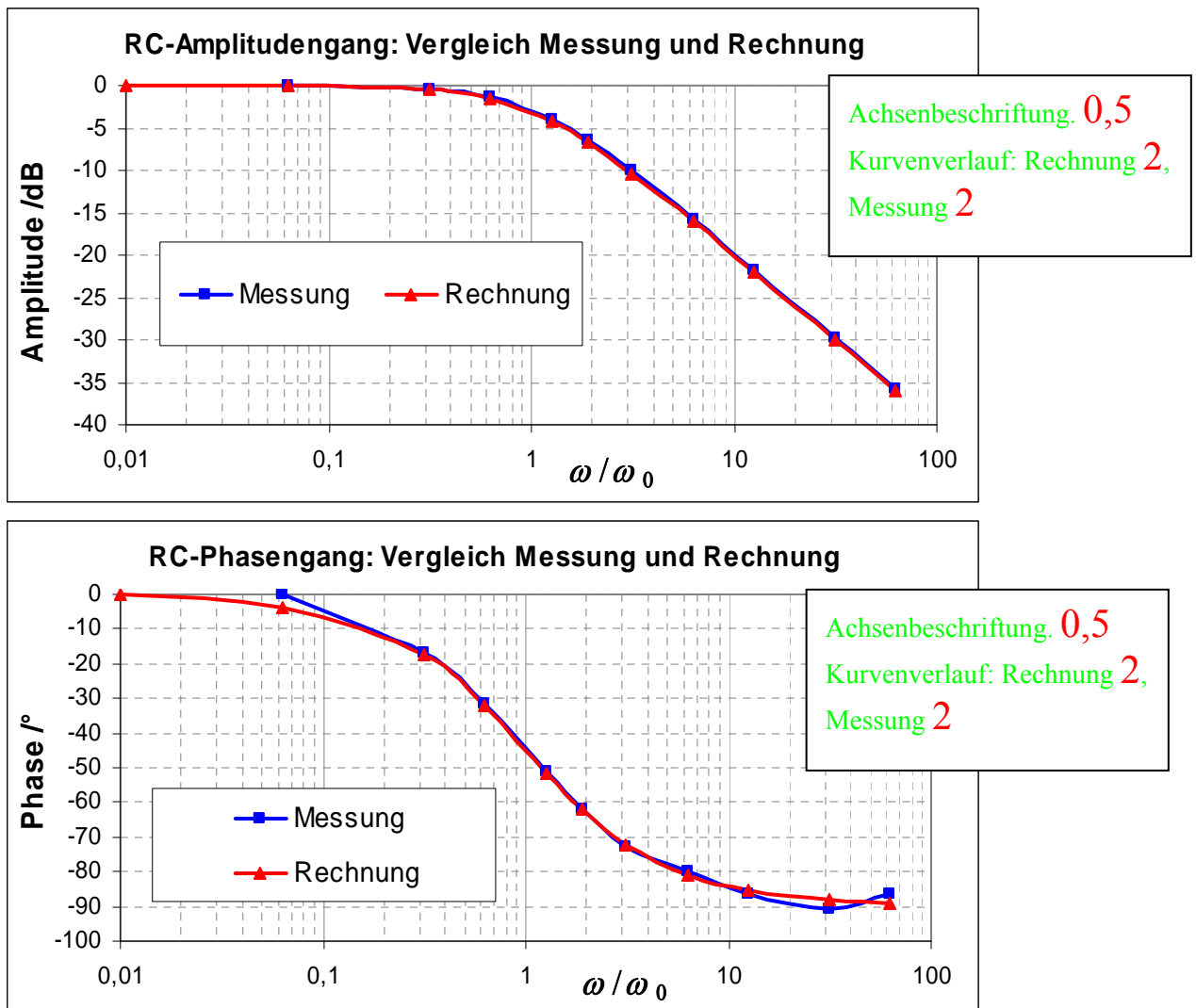


Bild 2.6-3a: BODE-Diagramm des RC-Gliedes, Vergleich Messung und Rechnung

3) Die Unterschiede sind zu diskutieren.

Die gemessenen Werte stimmen sehr gut mit den berechneten Werten überein. Kleine Abweichungen sind auf ungenaue Messungen zurückzuführen. Gut zu erkennen ist das Tiefpassverhalten und der Amplitudenrückgang um  $-3 \text{ dB}$ , bei der Eckkreisfrequenz  $\omega_0$  und bei Phase von  $-45^\circ$ .

2

$\Sigma$ Aufg.2.6.3 = 18  
Summe Aufgabe 2. = 42

**2.7 RL-Glied: Zeitkonstante, Frequenzgang, Strom-Ortskurve, BODE-Diagramm**

**2.7.1 Bestimmung der Induktivität aus der Zeitkonstanten**

Verwendete Messgeräte:

- Funktionsgenerator FG 200
- Oszilloskop TDS 1002
- Verstärker
- Frequenzzähler
- Ohm'scher Widerstand  $R_{VSP} = 100\Omega$
- Luftspule mit  $R_{SP} = 5,05\Omega$

2

**Aufbau:**

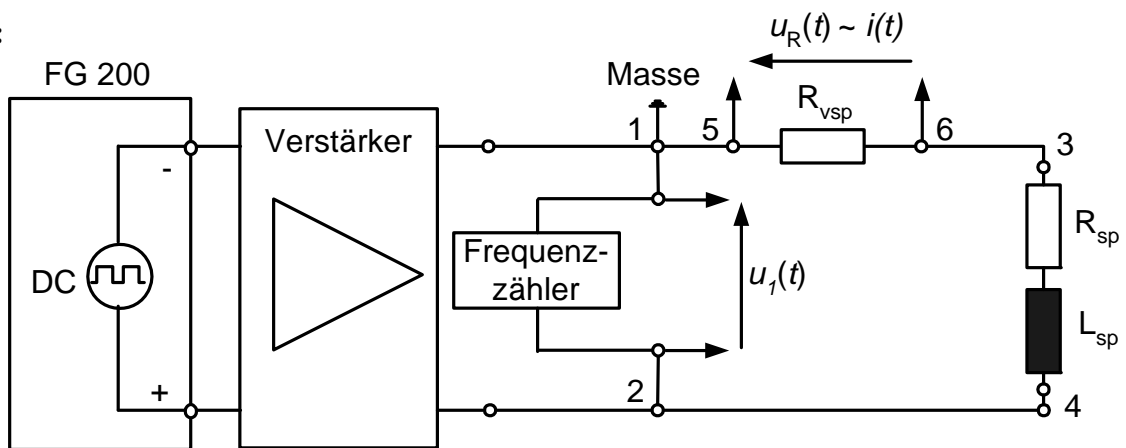


Bild 2.7-1: Schaltung zur Bestimmung der Spuleninduktivität

Versuchsdurchführung:

Der Versuch wird gemäß der Anleitung aufgebaut und die Messwerte  $U_{RVSP,max}$ ,  $U_{RVSP,min}$  und die zeitliche Verschiebung der beiden Signale mit Hilfe der Cursorfunktion des Oszilloskops abgelesen.

$f_{soll}$ /Hz	$f_{ist}$ /Hz	$U_{RVSP,max}$ /V	$U_{RVSP,min}$ /V	$\Delta t$ /ms	$L_{SP}$ /mH	$T$ /ms
4000	3998	8,00	1,36	0,125	7,41	0,07
7000	6995	7,12	2,64	0,0715	7,56	0,072
10000	10008	6,56	3,28	0,0499	7,57	0,072

1

1

1

1) Berechnen Sie die Induktivität  $L_{Sp}$ .  
Die Selbstinduktivität der Spule ergibt sich zu

$$L_{SP} = \frac{\Delta t \cdot (R_{VSP} + R_{SP})}{\ln\left(\frac{U_{RVSP,max}}{U_{RVSP,min}}\right)}$$

Mittelwert: 1

Der Mittelwert der Selbstinduktivität beträgt 7,518 mH

2) Wie groß ist die Zeitkonstante des  $RL$ -Gliedes?

Die Zeitkonstante berechnet sich zu

$$T = \frac{L_{SP}}{R_{VSP} + R_{SP}}$$

Mittelwert: 1

Die Zeitkonstante beträgt 0,071 ms.

3) Zeichnen Sie die Zeitkonstante in den Ausdruck des Oszilloskops ein.  
Die Zeitkonstante ist im Bild 2.7-1a dargestellt.

2

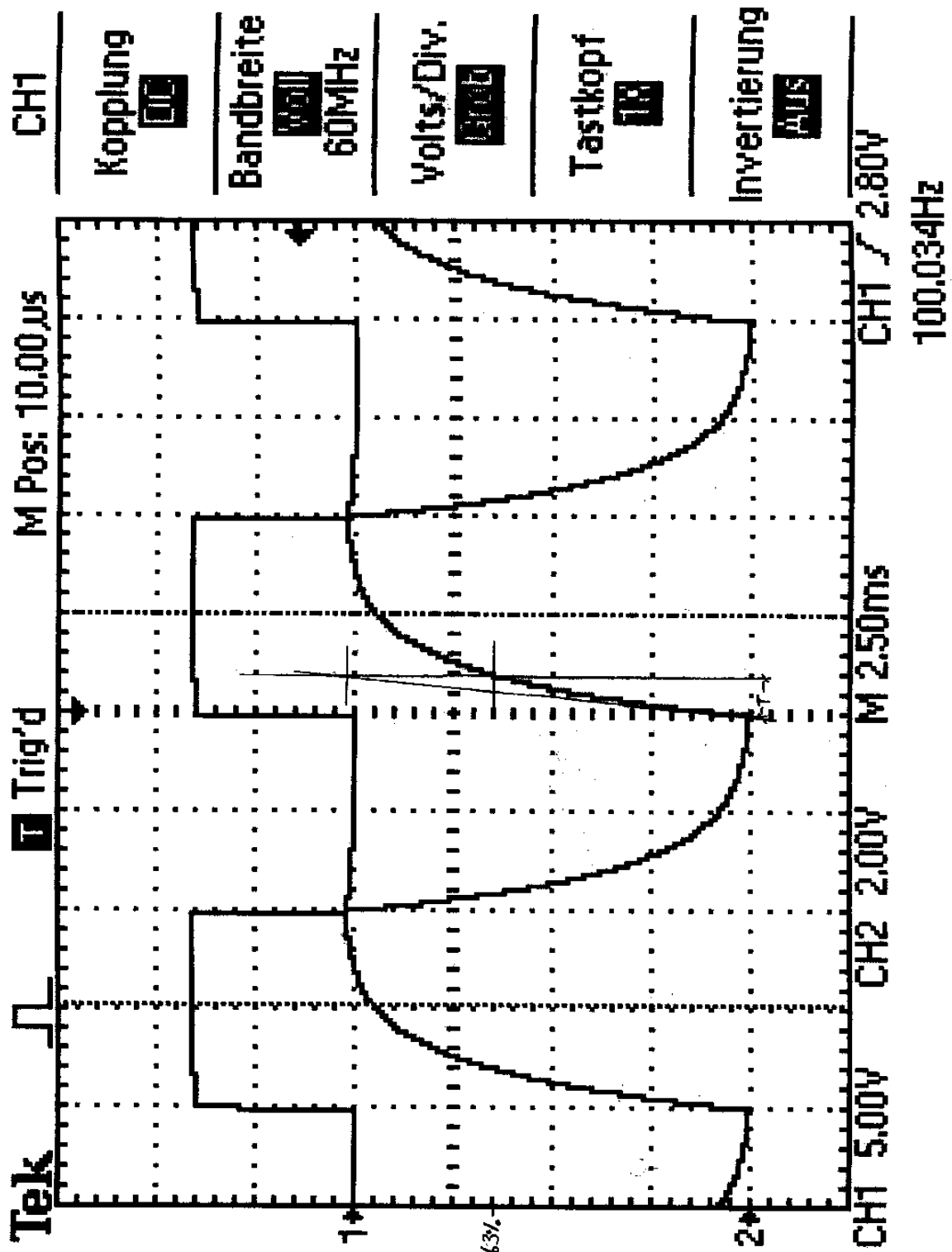


Bild 2.7-1a: Eintragen der Zeitkonstante des *RL*-Gliedes

- 4) Vergleichen Sie die oben bestimmten Werte  $L_{sp}$  mit dem in der Vorbereitung berechneten theoretischen Wert.

Man erkennt dass der Mittelwert der drei berechneten Selbstinduktivitäten, der sich zu 7,5 mH ergibt, erheblich größer ist als der theoretische Wert, der in den Vorbereitungsaufgaben zu 5,66 mH berechnet wurde. Diese Abweichung kann verschiedene Ursachen haben: Zum Einen wurde in der Rechnung von einem Spulenwiderstand von 5,05 Ohm bei 20 Grad Celsius ausgegangen, der jedoch von dem tatsächlichen Widerstand während des Versuchs aufgrund unterschiedlicher **Temperatur** abweichen könnte. Durch die unregelmäßige Wicklung der Spule können weiterhin Unterschiede zwischen theoretischen und berechneten Werten auftreten, darüber hinaus wird bei der Bestimmung der theoretischen Induktivität den auftretenden **Strefefeldern** keinerlei Rechnung getragen. Nicht zuletzt gestaltet es sich schwierig exakte Spannungsminima bzw. Maxima mit Hilfe der Cursor abzulesen, da die Kurve durch auftretende Peaks häufig beeinträchtigt wird. 2

**ΣAufg.2.7.1 = 11**

### 2.7.2 Bestimmung der Ortskurve, Vergleich mit der Rechnung

Verwendete Messgeräte:

- Funktionsgenerator FG 200
- Oszilloskop TDS 1002
- Verstärker 2
- Wechselstrom-Voltmeter
- Wechselstrom-Amperemeter
- Ohm'scher Widerstand  $R_{VSP} = 100 \Omega$
- Luftspule mit  $R_{SP} = 5,05 \Omega$

**Aufbau:**

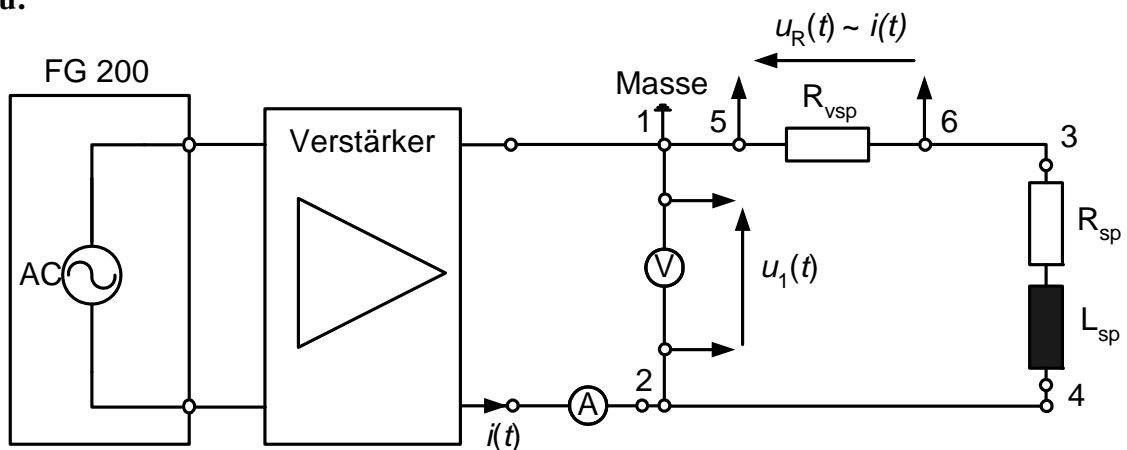


Bild 2.7-3: Schaltung zur Bestimmung der Ortskurve des  $RL$ -Gliedes

Versuchsdurchführung

Die Messschaltung wird gemäß der Versuchsanleitung aufgebaut und der Funktionsgenerator auf Sinussignal gestellt. Man misst die Spannung am Vorwiderstand  $R_{VSP}$  und kann sich somit die tatsächlichen Werte des Stroms ableiten indem man

$$I_{mess} = \frac{U_R}{R_{VSP}}$$

berechnet.

Desweiteren misst man die zeitliche Verschiebung  $\Delta t$  mit Hilfe der Cursor-Funktion des Oszilloskops und kann sich somit die tatsächliche Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung über den Zusammenhang

$$\varphi_{mess} = \Delta t \cdot f \cdot 360^\circ$$

ableiten. Die Kreisfrequenz ermittelt man über den Zusammenhang  $\omega = 2\pi f$ .

Die theoretischen Werte für den Strom und den Phasenwinkel berechnen sich zu:

$$I_{rech} = \frac{U_1}{\sqrt{(R_{VSp} + R_{Sp})^2 + j\omega L_{Sp}^2}}; \varphi_{rech} = \arctan\left(\frac{\omega L_{Sp}}{R_{VSp} + R_{Sp}}\right)$$

$f_{soll}/\text{Hz}$	$f_{ist}/\text{Hz}$	$\omega/\text{s}^{-1}$	$U_R/\text{V}$	$I_{Amp}/\text{mA}$	$I_{rech}/\text{mA}$	$U_R/R_{VSP}/\text{A}$	$\Delta t/\mu\text{s}$	$\varphi_{mess}/^\circ$	$\varphi_{rech}/^\circ$
100	100,13	629,135	3,38	34,0	33,16	0,0338	81,0	2,92	1,94
500	510,84	3209,702	3,27	32,0	32,69	0,0327	70,0	12,87	9,81
1000	1051,05	6603,942	3,03	31,0	31,27	0,0303	64,0	24,22	19,59
2000	1993,80	12527,41	2,52	25,0	27,53	0,0252	59,0	42,35	34,02
2500	2535,38	15930,26	2,24	22,0	25,22	0,0224	54,0	49,29	40,64
5000	5102,00	32056,81	1,35	13,0	16,68	0,0135	35,0	64,29	59,93
10000	10090,0	63397,34	0,70	6,0	9,36	0,0070	21,0	76,28	73,68
20000	20073,0	126122,37	0,29	2,0	4,85	0,0029	11,0	79,49	81,63
25000	25003,0	157098,48	0,20	1,0	3,91	0,0020	9,0	81,01	83,26

1

1

1

1

1

Die Spannung  $U_1$  wurde den ganzen Versuch über konstant auf 3,5 V gehalten.

1) Die gemessene Ortskurve  $\underline{I} = f(\omega)$  ist zu zeichnen.

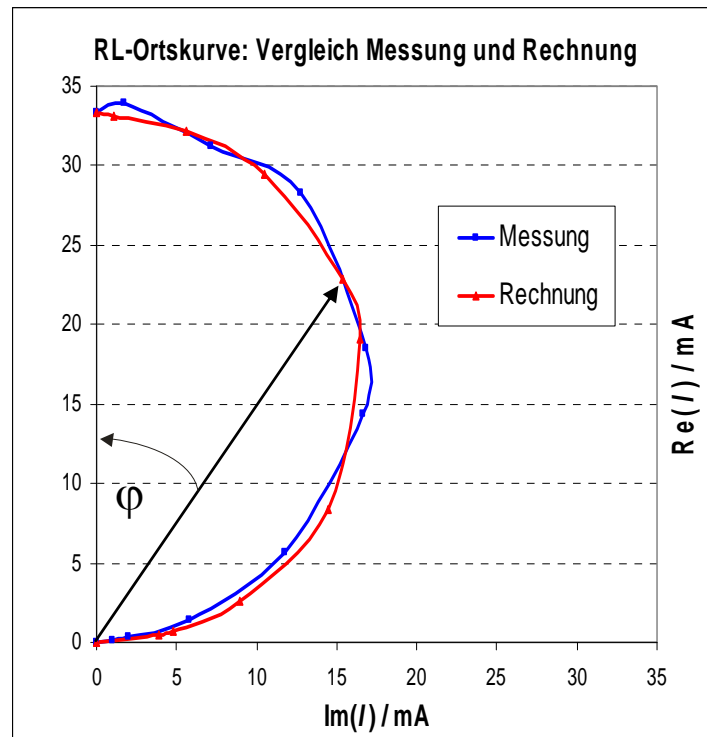
Die Zeichnung der Ortskurve ist in Anhang A5.

3

2) Berechnen Sie für ein  $RL$ -Glied die theoretische Ortskurve für  $U_1 = 3,5 \text{ V}$  und zeichnen Sie die Ergebnisse in obige Ortskurve ein.

Die Zeichnung der Ortskurve ist im Bild 2.7-3a dargestellt.

3

Bild 2.7-3a: Ortskurve des  $RL$ -Gliedes, Vergleich Messung und Rechnung

3) Vergleichen Sie die gemessenen Werte von  $I$  und  $\varphi$  mit den theoretischen Werten. Die gemessenen Werte unterscheiden sich nur wenig von den berechneten Werten. Die geringen Abweichungen sind auf **Messungsungenauigkeiten** und nicht immer **konstant** gehaltener **Eingangsspannung** zurückzuführen.

2

 $\Sigma$ Aufg.2.7.2 = 15

### 2.7.3 Bestimmung des BODE-Diagramms mit Amplituden und Phasengang

Verwendete Messgeräte:

- Funktionsgenerator FG 200
- Oszilloskop TDS 1002
- Verstärker
- Wechselstrom-Voltmeter
- Ohm'scher Widerstand  $R_{VSP} = 100 \Omega$
- Luftspule mit  $R_{SP} = 5,05 \Omega$

2

**Aufbau:** FG 200

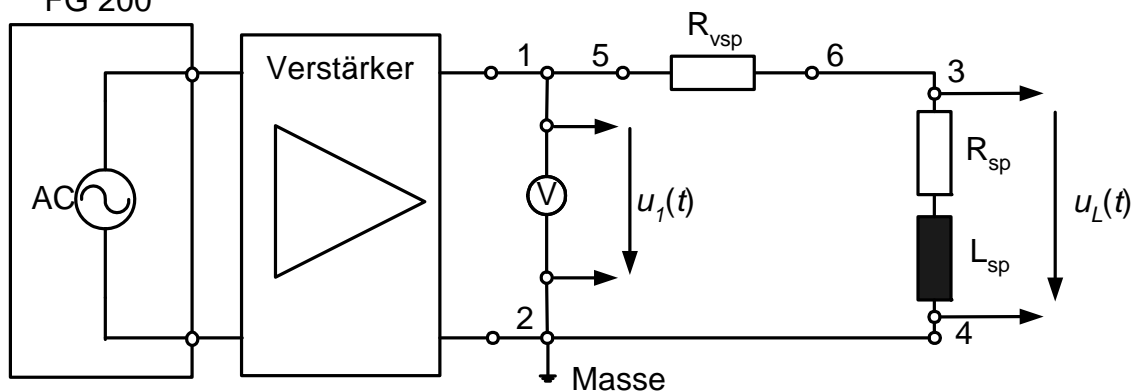


Bild 2.7-3: Schaltung zur Bestimmung des BODE-diagramms eines  $RL$ -Gliedes.

## Versuchsdurchführung

Die Spannungen  $U_1$  und  $U_L$  werden mit dem Oszilloskop gemessen, die Phasenverschiebung zwischen den beiden Signalen  $\Delta t$ , wird mit der Cursor-Funktion ermittelt.

1) Berechnen Sie den Amplitudengang und der Phasengang und zeichnen Sie damit das BODE-Diagramm.

Im Bild 2.7-3a ist das gemessene BODE-diagramm eines  $RL$ -Gliedes dargestellt.

2) Berechnen Sie alternativ den theoretischen Amplituden und Phasengang und zeichnen Sie die Werte in das Diagramm mit den gemessenen Werten ein.

Im Bild 2.7-3a ist das berechnete BODE-diagramm eines  $RL$ -Gliedes dargestellt.

Die Berechnung des gemessenen und des berechneten Phasenwinkels  $\Psi_{\text{mess}}$  und  $\Psi_{\text{rech}}$  und des berechneten und gemessenen Amplitudenganges  $L_{\text{mess}}$  und  $L_{\text{rech}}$  sowie der Eckkreisfrequenz  $\omega_0$  erfolgt über die Formeln:

$$\Psi_{\text{mess}} = f \cdot \Delta t \cdot 360^\circ ; L_{\text{mess}} = 20 \cdot \lg \frac{U_L}{U_1} ; \Psi_{\text{rech}} = \arctan\left(\frac{\omega_0}{\omega}\right) ; L_{\text{rech}} = 20 \cdot \lg \left( \frac{\frac{\omega}{\omega_0}}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}} \right)$$

$$\text{mit } \omega_0 = \frac{R_{VSp} + R_{Sp}}{L_{Sp}} = 13972,76 \text{ s}^{-1}$$

$f_{\text{sol}}/\text{Hz}$	$f_{\text{ist}}/\text{Hz}$	$\omega/\text{s}^{-1}$	$U_1/\text{V}$	$U_L/\text{V}$	$\Delta t/\mu\text{s}$	$\Psi_{\text{mess}}/^\circ$	$\Psi_{\text{rech}}/^\circ$	$L_{\text{mess}}/\text{dB}$	$L_{\text{rech}}/\text{dB}$
100	100	628,32	5,00	0,34	1120,0	40,32	87,43	-23,38	-26,95
500	497	3122,74	5,00	1,13	370,0	66,20	77,40	-12,92	-13,23
1000	999	6276,90	5,00	2,09	172,0	61,86	65,81	-7,58	-7,75
2000	2001	12572,65	5,00	3,39	68,0	48,98	48,02	-3,38	-3,49
2500	2499	15701,68	5,00	3,78	47,0	42,28	41,67	-2,43	-2,53
5000	5000	31415,93	5,00	4,60	14,0	25,20	23,98	-0,72	-0,78
10000	10004	62856,99	5,00	4,91	4,4	15,85	12,53	-0,16	-0,21
20000	20009	125720,25	4,97	4,99	1,0	7,20	6,34	0,03	-0,05
25000	24990	157016,80	4,98	5,08	0,4	3,60	5,09	0,17	-0,03

1

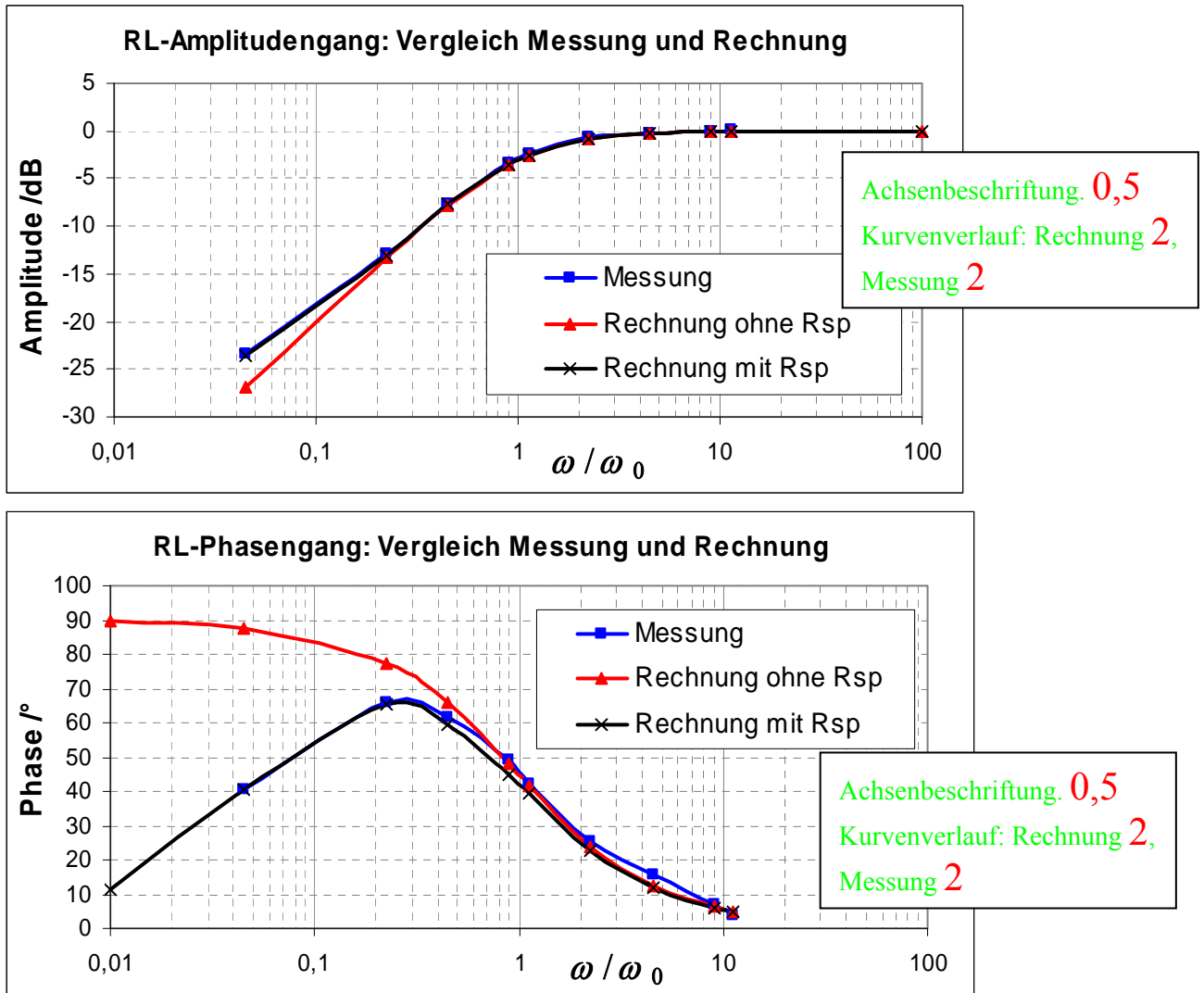
1

1

1

1



Bild 2.7-3a: BODE-diagramm eines  $RL$ -Gliedes.

3) Die Unterschiede sind zu diskutieren.

Beim Vergleich der Kurven sowohl beim Amplituden als auch beim Phasengang zeigen sich relativ große Abweichungen unterhalb der Eckkreisfrequenz  $\omega_0$ , wenn der Spulenwiderstand in der Rechnung vernachlässigt wird. Bei höheren Frequenzen lässt sich wieder eine gute Übereinstimmung zwischen den gemessenen und berechneten Werten feststellen. Bei kleinen Frequenzen ist der ohmsche Widerstand der Spule bei den Berechnungen mit einzubeziehen. Sein Einfluss wird unterhalb der Eckkreisfrequenz  $\omega_0$  immer dominanter, wohingegen der Einfluss der Induktivität abnimmt. Eine weitere Fehlerquelle mag in der Ungenauigkeit beim Ablesen der Zeitdifferenz von Strom und Spannung liegen. 2

$\Sigma$ Aufg.2.7.3 = 18  
Summe Aufgabe 2.7: 44

Gesamtsumme 100