

Institut für Experimentalphysik der Technischen Universität Graz

&

Institut für Physik der Universität Graz

LABORÜBUNGEN 2: ELEKTRIZITÄT, MAGNETISMUS, OPTIK

Übungsnummer: 8

Übungstitel: Hochpass, Tiefpass, Schwingkreis (KFU)

Betreuer: Andreas Hohenau

Gruppennummer: 42

Name: Nico Eisner

Name: Philip Waldl

Mat. Nr.: 12214121

Mat. Nr.: 12214120

Datum der Übung: 12.01.2024

WS 2023/2024

Inhaltsverzeichnis

1 Aufgabenstellung	3
2 Voraussetzungen & Grundlagen	3
2.1 Hochpass	3
2.2 Tiefpass	4
2.3 RLC Parallelschwingkreis	5
2.4 RLC Serienschwingkreis	6
3 Versuchsanordnung	7
3.1 Hochpass	7
3.2 Tiefpass	8
3.3 RLC Parallelschwingkreis	8
3.4 RLC Seriellschwingkreis	8
4 Geräteliste	9
5 Versuchsdurchführung & Messergebnisse	9
5.1 Hochpass	9
5.2 Tiefpass	10
5.3 RLC Parallelschwingkreis	11
5.4 RLC Serienschwingkreis	12
6 Auswertung und Unsicherheitsanalyse	13
6.1 Hochpass	13
6.2 Tiefpass	14
6.3 RLC Parallelschwingkreis	15
6.4 RLC Seriellschwingkreis	16
7 Diskussion	17
7.1 Hochpass	17
7.2 Tiefpass	18
7.3 RLC Parallelschwingkreis	19
7.4 RLC Seriellschwingkreis	20
8 Zusammenfassung	20
8.1 Hochpass	21
8.2 Tiefpass	22
8.3 RLC Parallelschwingkreis	23
8.4 RLC Serienschwingkreis	23
Literatur	24

1 Aufgabenstellung

Im Experiment Hochpass, Tiefpass, Schwingkreis gilt es vier Aufgaben zu erledigen.

Der erste Teil besteht darin, das Bodediagramm eines CR-Hochpasses zu erstellen. Im zweiten Teil wird das Bodediagramm eines RC-Tiefpasses erstellt. Im dritten Teil wird das Schwingverhalten eines RLC Parallelschwingkreis untersucht und die Sprungantwort wird aufgenommen. Im vierten und letzten Teil wird das Frequenzverhalten eines RLC Serienschwingkreises untersucht und die Resonanzkurve wird aufgenommen.

Alle Informationen und Methodiken wurden uns von der Technischen Universität bereitgestellt [2].

2 Voraussetzungen & Grundlagen

2.1 Hochpass

Ein Hochpass ist ein Bauteil, welches Spannungen erst ab einer gewissen Grenzfrequenz f_G durch lässt. Ein Signal unterhalb der Grenzfrequenz f_G wird nur stark gedämpft durchgelassen.

Man unterscheidet unter zwei Arten eines Hochpasses, dem CR-Hochpass und dem RL-Hochpass.

Der CR-Hochpass besteht aus einem in Serie geschalteten Kondensator C und einem Widerstand R . Das Ausgangssignal wird am Widerstand R abgegriffen.

Der RL-Hochpass besteht aus einem in Serie geschalteten Widerstand R und einer Spule L . Das Ausgangssignal wird an der Spule L abgegriffen.

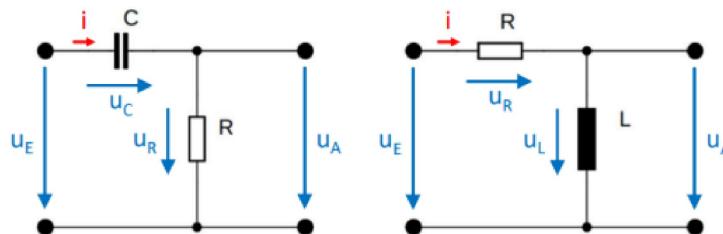


Abb. 1: Schaltbild eines CR-Hochpass (links) und RL-Hochpass (rechts). Entnommen aus Skriptum Hochpass, Tiefpass, Schwingkreis Seite 13 [2].

Die Grenzfrequenz f_G lässt sich mit folgenden Formeln berechnen, wobei die erste für einen CR-Hochpass und die zweite für einen RL-Hochpass ist.

$$f_G = \frac{1}{2\pi RC} \quad \Delta f_G = \left| \frac{\partial f_G}{\partial R} * \Delta R \right| + \left| \frac{\partial f_G}{\partial C} * \Delta C \right| \quad (1)$$

$$f_G = \frac{R}{2\pi L} \quad \Delta f_G = \left| \frac{\partial f_G}{\partial R} * \Delta R \right| + \left| \frac{\partial f_G}{\partial L} * \Delta L \right| \quad (2)$$

Für die weiteren Berechnungen benötigt man noch den Amplituden- $|G_{j\omega}|$ und Phasengang φ . Die Gleichungen für einen CR-Hochpass sehen wie folgt aus:

$$|G_{j\omega}| = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{(\omega RC)^2}}} \quad \Delta|G_{j\omega}| = \left| \frac{\partial|G_{j\omega}|}{\partial\omega} * \Delta\omega \right| + \left| \frac{\partial|G_{j\omega}|}{\partial R} * \Delta R \right| + \left| \frac{\partial|G_{j\omega}|}{\partial C} * \Delta C \right| \quad (3)$$

$$\varphi = \arctan\left(\frac{1}{\omega RC}\right) \quad \Delta\varphi = \left| \frac{\partial\varphi}{\partial\omega} * \Delta\omega \right| + \left| \frac{\partial\varphi}{\partial R} * \Delta R \right| + \left| \frac{\partial\varphi}{\partial C} * \Delta C \right| \quad (4)$$

Für einen RL-Hochpass sehen die Gleichungen wie folgt aus:

$$|G_{j\omega}| = \frac{\omega L}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \quad \Delta|G_{j\omega}| = \left| \frac{\partial|G_{j\omega}|}{\partial\omega} * \Delta\omega \right| + \left| \frac{\partial|G_{j\omega}|}{\partial R} * \Delta R \right| + \left| \frac{\partial|G_{j\omega}|}{\partial L} * \Delta L \right| \quad (5)$$

$$\varphi = \operatorname{arccot}\left(\omega \frac{L}{R}\right) \quad \Delta\varphi = \left| \frac{\partial\varphi}{\partial\omega} * \Delta\omega \right| + \left| \frac{\partial\varphi}{\partial R} * \Delta R \right| + \left| \frac{\partial\varphi}{\partial L} * \Delta L \right| \quad (6)$$

2.2 Tiefpass

Ein Tiefpass lässt im Gegensatz zu einem Hochpass nur Spannungen mit Frequenzen niedriger der Grenzfrequenz f_G durch. Signale über der Grenzfrequenz werden nur stark gedämpft durchgelassen.

Wie auch beim Hochpass gibt es beim Tiefpass zwei verschiedenen Arten. Der RC-Tiefpass besteht aus einem in Serie geschaltenem Widerstand R und einem Kondensator C , wobei das Ausgangssignal am Kondensator C abgegriffen wird. Eine weitere Realisierung ist der LR-Tiefpass, welcher aus einer Spule L und einem Widerstand R besteht, wo das Ausgangssignal am Widerstand abgegriffen wird.

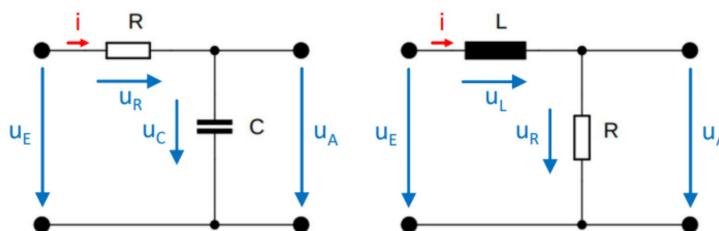


Abb. 2: Schaltbild eines RC-Tiefpass (links) und LR-Tiefpass (rechts). Entnommen aus Skriptum Hochpass, Tiefpass, Schwingkreis Seite 13 [2].

Auch bei einem Tiefpass lässt sich die Grenzfrequenz f_G berechnen, wobei die Formel gleich wie bei einem Hochpass ist. Für einen RC-Tiefpass wäre das Formel 1 und für einen LR-Tiefpass die Formel 2.

Für die weiteren Berechnungen benötigt man noch den Amplitudengang $|G_{j\omega}|$ und Phasengang φ . Der Amplitudengang $|G_{j\omega}|$ für einen RC-Tiefpass lässt sich mit der Formel 3 und der eines LR-Tiefpass mit der Formel 5 berechnen. Der Phasengang φ wird den folgenden Formeln berechnet, wobei die erste für einen RC-Tiefpass und die zweite für einen LR-Tiefpass ist.

$$\varphi = -\arctan(\omega RC) \quad \Delta\varphi = \left| \frac{\partial\varphi}{\partial\omega} * \Delta\omega \right| + \left| \frac{\partial\varphi}{\partial R} * \Delta R \right| + \left| \frac{\partial\varphi}{\partial L} * \Delta L \right| \quad (7)$$

$$\varphi = -\arctan(\omega \frac{L}{R}) \quad \Delta\varphi = \left| \frac{\partial\varphi}{\partial\omega} * \Delta\omega \right| + \left| \frac{\partial\varphi}{\partial R} * \Delta R \right| + \left| \frac{\partial\varphi}{\partial L} * \Delta L \right| \quad (8)$$

2.3 RLC Parallelschwingkreis

Dieser besteht aus der Parallelschaltung eines Kondensators C und einer Spule L .

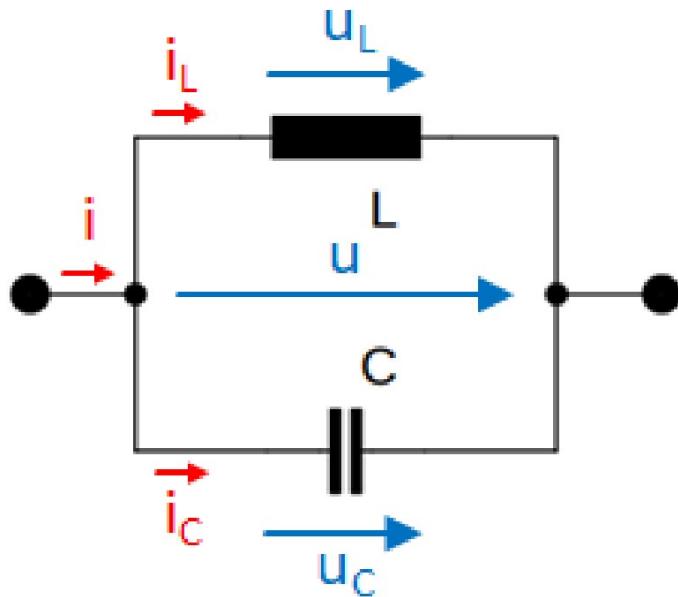


Abb. 3: Schaltbild eines verlustfreien RLC Parallelschwingkreises. Entnommen aus Skriptum Hochpass, Tiefpass, Schwingkreis Seite 19 [2].

Der Parallelschwingkreis funktioniert wie folgt. Der Kondensator wird durch eine Energiequelle aufgeladen und erzeugt dabei ein elektrisches Feld. Klemmt man die Energiequelle ab, so entlädt sich der Kondensator und baut in der Spule ein Magnetisches Feld auf, welches die Feldenergie des Kondensators übernimmt. Fließt kein Strom mehr, so wirkt die Spule dem Entgegen und versucht diesen Aufrecht zu erhalten. Die Spule baut ihr Magnetfeld ab und lädt den Kondensator wieder auf, jedoch mit einem umgekehrten Vorzeichen. Ist die Energie des Magnetfeldes abgebaut, so ist die gesamte Energie wieder als elektrische Energie beim Kondensator und der vorgang wiederholt sich.

Dies ist jedoch nur bei ungedämpften Schwingkreisen der Fall, bei realen Schwingkreisen sind die Verluste des Kondensators und der Spule zu berücksichtigen.

Die Eigenfrequenz ω_0 lässt sich mit der Thomsonschen Schwingungsgleichung berechnen.

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}} \quad \Delta\omega_0 = \left| \frac{\partial\omega_0}{\partial L} * \Delta L \right| + \left| \frac{\partial\omega_0}{\partial C} * \Delta C \right| \quad (9)$$

Mithilfe der Eigenfrequenz ω_0 lässt sich die Frequenz f_0 bestimmen.

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} \quad (10)$$

Die Güte Q entspricht jener des Serienschwingkreises als Kehrwert.

2.4 RLC Serienschwingkreis

Im Gegensatz zu dem RLC Parallelschwingkreis besteht der Serienschwingkreis aus einem Kondensator C welcher in Serie mit einer Spule L geschalten ist. Die elektromagnetische Energie schwingt zwischen den Bauteilen. Im Kondensator wird sie als elektrische Energie und in der Spule als magnetische Energie gespeichert. Ideal kann die Energie zwischen den Bauteilen ewig hin und her pendeln. In der Realität treten Verluste auf, welche als Widerstand R beschrieben werden.

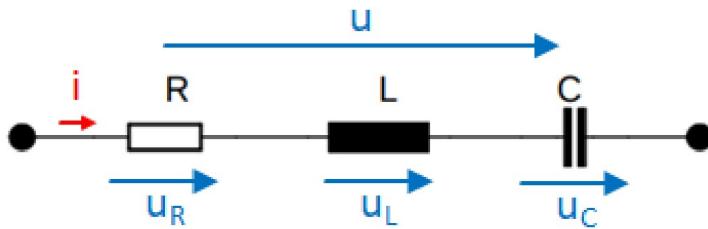


Abb. 4: Schaltbild eines RLC Seriellschwingkreises. Entnommen aus Skriptum Hochpass, Tiefpass, Schwingkreis Seite 24 [2].

Um die Obere- und Untere Grenzfrequenz zu bestimmen ω_{go} & ω_{gu} benötigt man die Grenzfrequenz ω_0 sowie den Widerstand R und die Spule L .

$$\omega_{go} = \sqrt{\omega_0^2 + (\frac{R}{2L})^2} + (\frac{R}{2L}) \quad \Delta\omega_{go} = |\frac{\partial\omega_{go}}{\partial\omega_0} * \Delta\omega_0| + |\frac{\partial\omega_{go}}{\partial L} * \Delta L| + |\frac{\partial\omega_{go}}{\partial R} * \Delta R| \quad (11)$$

$$\omega_{gu} = \sqrt{\omega_0^2 + (\frac{R}{2L})^2} - (\frac{R}{2L}) \quad \Delta\omega_{go} = |\frac{\partial\omega_{go}}{\partial\omega_0} * \Delta\omega_0| + |\frac{\partial\omega_{go}}{\partial L} * \Delta L| + |\frac{\partial\omega_{go}}{\partial R} * \Delta R| \quad (12)$$

Aus diesen lässt sich die Bandbreite B bestimmen.

$$B = \omega_{go} - \omega_{gu} \quad (13)$$

Die Güte Q eines Schwingkreises ist hauptsächlich durch die der Spule L bestimmt. Sie lässt sich aber auch durch den Kehrwert der Dämpfung d bestimmen.

$$Q = \frac{1}{d} = \frac{\omega_0}{B} \quad \Delta Q = |\frac{\partial Q}{\partial\omega_0} * \Delta\omega_0| + |\frac{\partial Q}{\partial B} * \Delta B| \quad (14)$$

3 Versuchsanordnung

Die Bilder der Schaltpläne wurden dem Skript Hochpass, Tiefpass, Schwingkreis entnommen [2].

Der Aufbau der einzelnen Schaltungen erfolgt auf einem Steckbrett mit BNC- und 4mm Buchsen.

Die verwendeten Komponenten werden in Kapitel Versuchsdurchführung beschrieben.

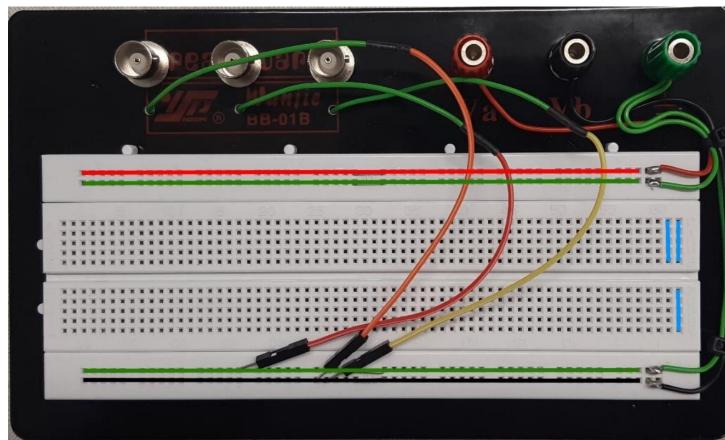


Abb. 5: Steckbrett mit BNC und 4mm Buchsen. Entnommen aus Skriptum Hochpass, Tiefpass, Schwingkreis Seite 2 [2].

3.1 Hochpass

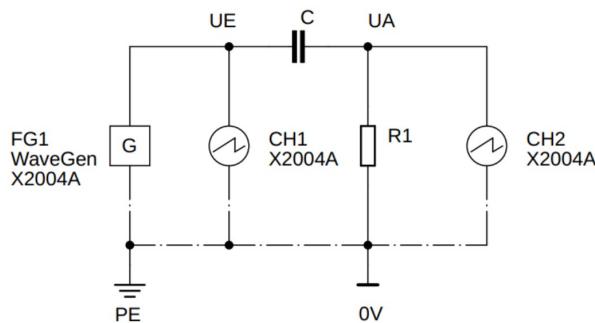


Abb. 6: Schaltplan

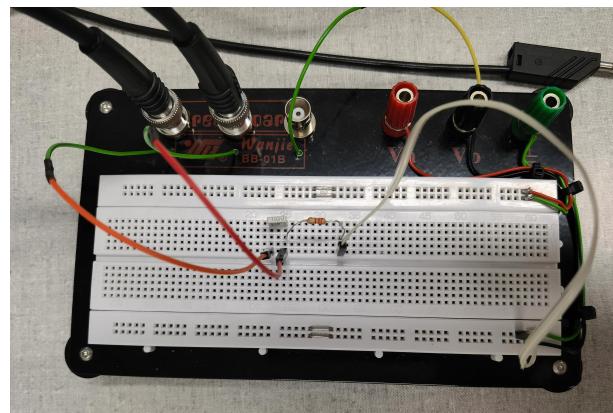


Abb. 7: Steckbrett

3.2 Tiefpass

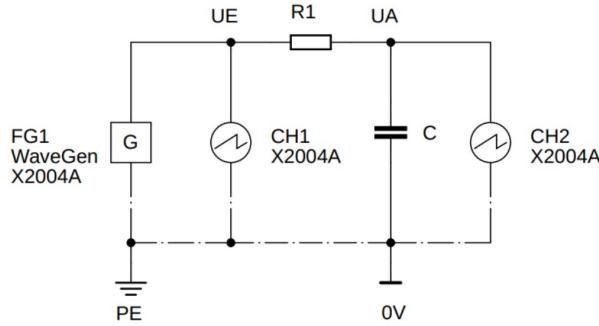


Abb. 8: Schaltplan

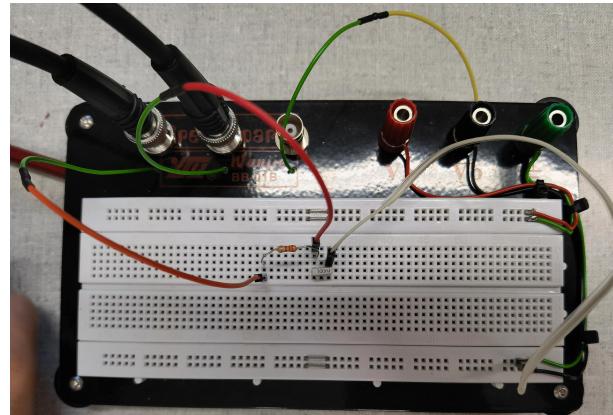


Abb. 9: Steckbrett

3.3 RLC Parallelschwingkreis

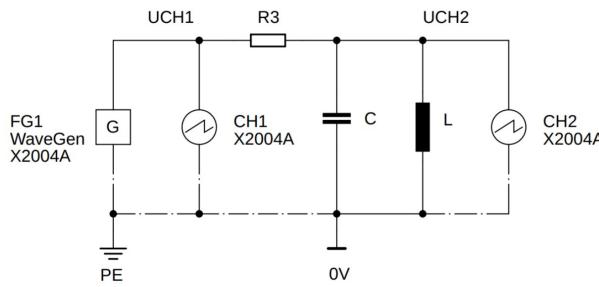


Abb. 10: Schaltplan

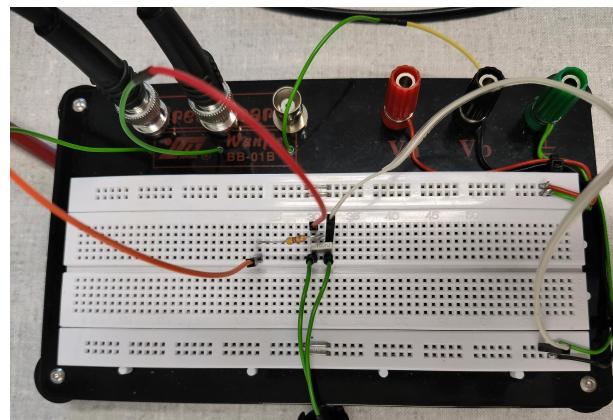


Abb. 11: Steckbrett

3.4 RLC Seriellschwingkreis

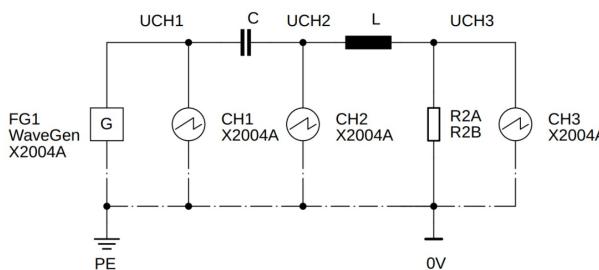


Abb. 12: Schaltplan

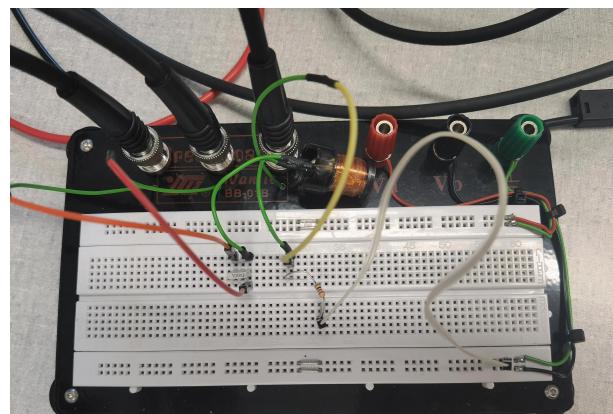


Abb. 13: Steckbrett

4 Geräteliste

Unsicherheiten des Kondensators und der Spule implizit angenommen.

Tab. 1: Im Versuch verwendete Geräte und Utensilien.

Gerät	Gerätenummer	Unsicherheit
Oszilloskop	Keysight DSOX2004A	n.a
Funktionsgenerator Oszi	Keysight DSOX2004A	n.a
Multimeter	Fluke 175	$\pm(0.9 + 1\text{dig.})$ [1]
Steckbrett	n.a	n.a
Widerstände	R1 = 3282 Ω R2A = 22 Ω R3 = 4696 Ω	$\pm 30\Omega$ $\pm 1\Omega$ $\pm 42\Omega$
Kondensator	C = 100nF	$\pm 1nF$
Spule	L = 10mH	$\pm 10\mu H$

5 Versuchsdurchführung & Messergebnisse

5.1 Hochpass

Der Versuch wird wie in Abbildung 7 aufgebaut. Der Widerstand $R1$ wird mithilfe des Multimeters bestimmt und beträgt $R1 = (3282 \pm 30)\Omega$. Um die richtige Frequenz f am Funktionsgenerator des Oszilloskopes einzustellen benötigt man die Grenzfrequenz f_g , welche mit der Formel 1 bestimmt wird. Anschließend nimmt man 20 Werte auf. Es ist dabei zu beachten Werte oberhalb und unterhalb der Grenzfrequenz $f_g = (485 \pm 10)Hz$ aufzunehmen. Am Oszilloskop liest man den Spitze-Spitze Wert (U_{pp}) der jeweiligen Channels ab, sowie den Phasenversatz φ_{EA} . Wobei $U_{CH1} = U_E$ und $U_{CH2} = U_A$. Diese Werte lassen sich über die "Measure" Funktion des Oszilloskopes anzeigen.

Tab. 2: Messwerte der Eingangsspannung U_E und Ausgangsspannung U_A sowie Signalfrequenz f und Phasenwinkel φ_{EA} .

$f \pm 0.5 / \text{Hz}$	$U_E \pm 0.01 / \text{V}$	$U_A \pm 0.01 / \text{V}$	$\varphi_{EA} \pm 1 / \text{deg.}$
10	2.05	0.08	-88
50	2.05	0.24	-83
100	2.05	0.44	-77
150	2.05	0.64	-72
200	2.05	0.80	-66
250	2.05	0.96	-61
300	2.05	1.11	-57
350	2.05	1.21	-53
400	2.05	1.33	-49
480	2.03	1.45	-44
600	2.01	1.61	-39
1000	2.01	1.81	-26
1500	2.01	1.93	-17
2000	2.01	1.97	-13
2500	2.01	1.97	-10
3000	2.01	1.99	-8
3500	2.01	1.99	-7
4000	2.01	2.01	-6
6000	2.01	2.01	-4
10000	2.01	2.01	-2

5.2 Tiefpass

Der Versuch wird wie in Abbildung 9 aufgebaut. Der Widerstand $R1$ und der Kondensator C bleiben die gleichen wie im vorherigen Abschnitt. Dadurch bleibt auch die Grenzfrequenz f_g gleich. Es werden 20 Werte aufgenommen, wie im vorherigen Abschnitt bleiben die Channels des Oszilloskopes gleich.

Tab. 3: Messwerte der Eingangsspannung U_E und Ausgangsspannung U_A sowie Signalfrequenz f und Phasenwinkel φ_{EA} .

$f \pm 0.5 / \text{Hz}$	$U_E \pm 0.01 / \text{V}$	$U_A \pm 0.01 / \text{V}$	$\varphi_{EA} \pm 1 / \text{deg.}$
10	2.05	2.05	1
50	2.05	2.01	6
100	2.05	1.99	11
150	2.05	1.93	17
200	2.05	1.89	22
250	2.05	1.81	27
300	2.05	1.73	31
350	2.05	1.65	36
400	2.05	1.57	39
480	2.03	1.45	44
600	2.01	1.29	51
1000	2.01	0.880	65
1500	2.01	0.640	72
2000	2.01	0.480	75
2500	2.01	0.400	80
3000	2.01	0.360	80
3500	2.01	0.320	81
4000	2.01	0.280	85
6000	2.01	0.200	86
10000	2.01	0.120	87

5.3 RLC Parallelschwingkreis

Mit der Spule $L = (10m \pm 10\mu)H$ und dem Kondensator $C = (100 \pm 1)nF$ wird der Versuch wie in Abbildung 11 aufgebaut. Der Widerstand $R3$ wird mit dem Multimeter vermessen und hat den Wert $R3 = (4696 \pm 42)\Omega$. Am Oszilloskop wird mit der "Math" Funktion der Spannungsabfall am Widerstand $R3$ dargestellt. Dazu Subtrahiert man die Spannung U_{CH1} mit U_{CH2} .

Der Messbereich wird durch die Resonanzfrequenz f_0 bestimmt. Diese lässt sich mit den Formeln 9 und 10 bestimmen. Die Messung erfolgt bei ca. einem Fünfzigstel der Resonanzfrequenz $f_0 = (5032 \pm 30)Hz$ und wird als CSV Datei abgespeichert.

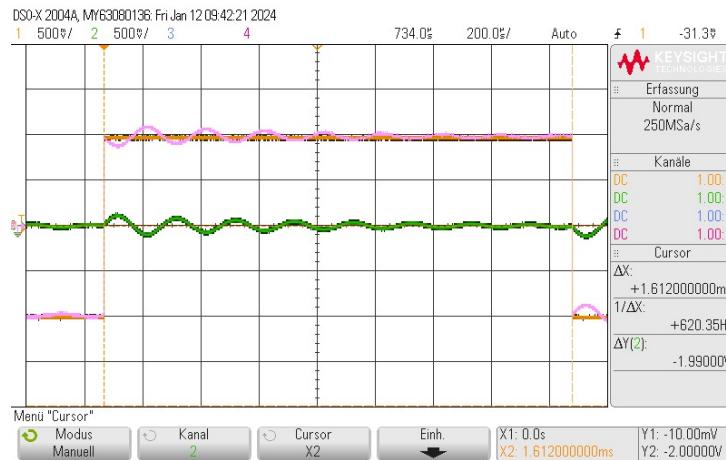


Abb. 14: Screenshot des Oszilloskopes mit den Messungen für RLC Parallelschwingkreis.

5.4 RLC Serienschwingkreis

Die Schaltung wird wie in Abbildung 13 aufgebaut. Mit $L = (10m \pm 10\mu)H$ und $C = (100 \pm 1)nF$. Der Widerstand $R2A$ wird mit dem Multimeter gemessen und hat den Wert von $R2A = (22 \pm 1)\Omega$. Der Channel 1 des Oszilloskopes entspricht der Eingangsspannung $U_{CH1} = U_E$. Der Channel 3 des Oszilloskopes entspricht der Spannung am Widerstand $R2A$: $U_{CH3} = U_R$. Um die Spannung am Kondensator U_C und der Spule U_L zu bestimmen wird die "Math" Funktion des Oszilloskopes verwendet. Dabei ist $U_C = U_{CH1} - U_{CH2}$ und $U_L = U_{CH2} - U_{CH3}$. Des Weiteren wird auch die Phasenverschiebung φ_{UI} zwischen U_E und U_R durch die "Measure" Funktion des Oszilloskopes bestimmt.

Tab. 4: Messwerte der oben genannten Größen.

$f \pm 0.5 / \text{Hz}$	$U_E \pm 0.01 / \text{V}$	$U_{CH2} \pm 1 / \text{V}$	$U_R \pm 0.01 / \text{mV}$	$\varphi_{EA} \pm 1 / \text{deg.}$	$U_C \pm 0.01 / \text{V}$
4000	2.05	3.22	275	-77	5.05
4100	2.03	3.62	300	-75	5.34
4200	2.03	4.06	330	-73	5.72
4300	2.03	4.54	360	-72	6.12
4400	2.04	5.07	392	-68	6.56
4500	2.04	5.67	426	-64	6.98
4600	2.05	6.27	460	-60	7.41
4700	2.04	6.87	498	-51	7.77
4800	2.04	7.36	523	-40	8.01
4900	2.05	7.76	539	-20	8.07
5000	2.05	8.10	534	7	7.95
5100	2.04	8.10	531	27	7.63
5200	2.05	8.04	515	42	7.27
5300	2.05	7.66	482	53	6.77
5400	2.05	7.43	458	60	6.25
5500	2.05	7.07	426	64	5.77
5600	2.05	6.73	402	69	5.30
5700	2.05	6.44	370	70	4.89
5800	2.05	6.05	350	72	4.50
5900	2.05	5.81	330	74	4.14

6 Auswertung und Unsicherheitsanalyse

In der Auswertung werden zur erhöhten Genauigkeit durchgehend ungerundete Werte bis zu den Endergebnissen verwendet und nur zur Darstellung gerundet.

Zur Berechnung der Unsicherheiten wird die Größtunsicherheitsmethode verwendet.

Anmerkung. Da die Unsicherheiten teilweise sehr klein ausfallen kann es sein, dass diese in den Diagrammen nicht sichtbar sind.

6.1 Hochpass

Aus den Messdaten der Tabelle 2 wird das Bodediagramm erstellt. Die Werte der Tabelle werden in QTI-Plot exportiert. Der Amplitudengang berechnet sich aus der Differenz der Ausgangsspannung U_A zur Eingangsspannung U_E (U_A/U_E) und besitzt somit keine Einheit. Beim Plot des Bodediagrammes des Amplitudenganges ist zu beachten, die Achsen logarithmisch darzustellen. Für das Bodediagramm des Phasengangs wird jedoch nur die x-Achse logarithmisch skaliert. Die y-Achse bleibt linear skaliert.

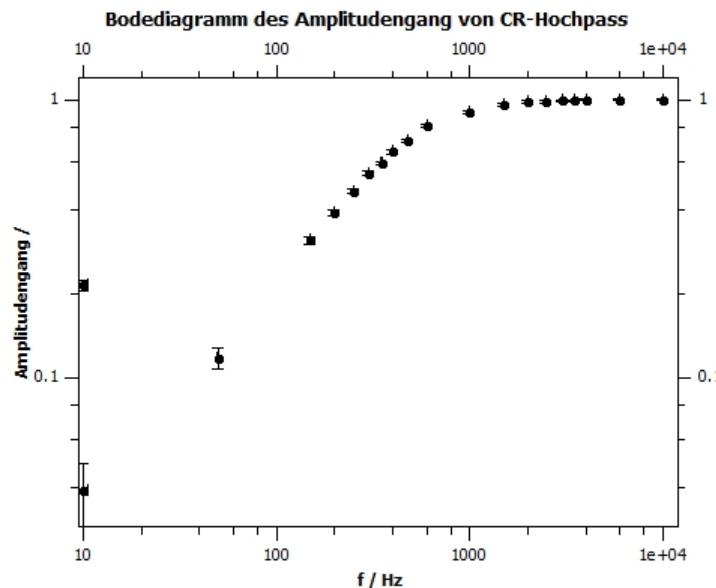


Abb. 15: Amplitudengang (y-Achse, log) in Abhängigkeit der Frequenz f (x-Achse, log) eines CR-Hochpasses.

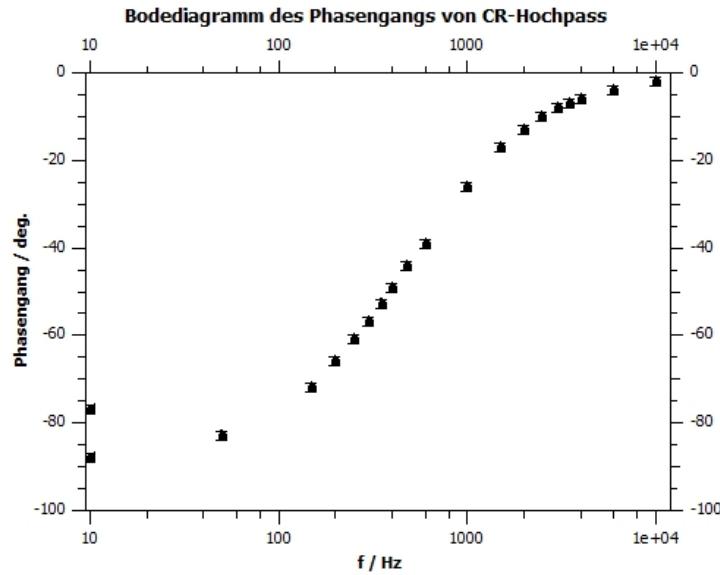


Abb. 16: Phasengang (y-Achse, lin) in Abhängigkeit der Frequenz f (x-Achse, log) eines CR-Hochpasses.

6.2 Tiefpass

Die Messdaten der Tabelle 3 werden in QTI-Plot exportiert. Wie zuvor ist auf die korrekte Skalierung der Achsen zu achten.

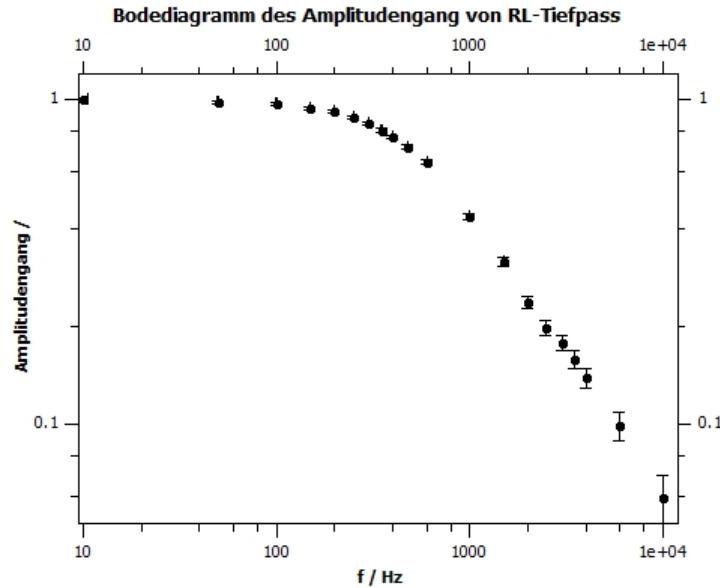


Abb. 17: Amplitudengang (y-Achse, log) in Abhängigkeit der Frequenz f (x-Achse, log) eines RL-Tiefpasses.

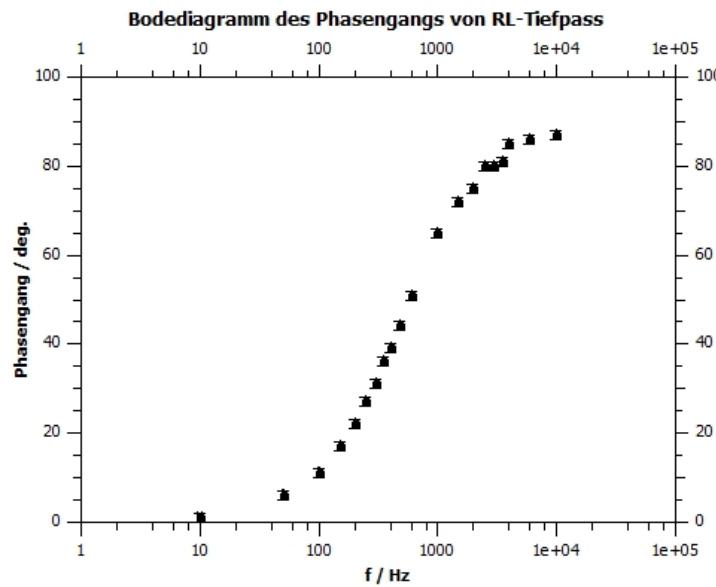


Abb. 18: Phasengang (y-Achse, lin) in Abhängigkeit der Frequenz f (x-Achse, log) eines RL-Tiefpasses.

6.3 RLC Parallelschwingkreis

Lädt man die CSV Datei in QTI-Plot, so erhält man alle Daten der aufgenommenen Funktion. Gesucht ist dabei der Strom in Abhängigkeit der Zeit. Dieser lässt sich über das Ohm'sche Gesetz berechnen indem man die Spannung U_R durch den Widerstand R_3 dividiert. Hier ist wieder darauf zu achten, die Achsen linear zu skalieren.

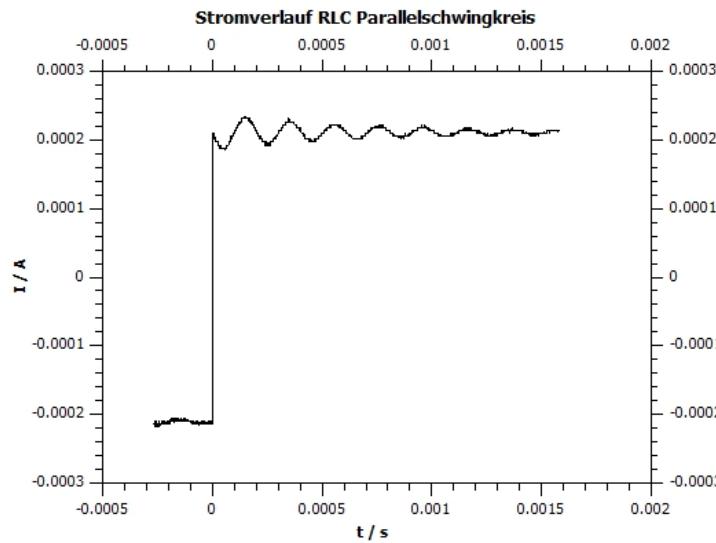


Abb. 19: Strom I (y-Achse, lin) in Abhängigkeit der Zeit t (x-Achse, lin) eines RLC-Parallelschwingkreis.

Mithilfe der Zoom- und Datareader Funktion in QTI-Plot lässt sich die Periodendauer bestimmen. Diese beträgt $\Delta t = (0.00019 \pm 0.00001)s$. Mithilfe dieser lässt sich die Grenzfrequenz $\omega_0 = (33070 \pm 0.5)$ (Unsicherheit implizit bestimmt) bestimmen. Mithilfe der Formeln 11 und 12 lassen sich die Obere- und Untere Grenzfrequenz bestimmen. Diese

haben die Werte $\omega_{go} = (471972 \pm 4647) \text{Hz}$ und $\omega_{go} = (2317.4 \pm 23) \text{Hz}$. Setzt man diese Werte in die Bandbreite B (Formel 13) ein so erhält man den Wert von $B = (469600 \pm 4647)$.

Da es sich um einen Parallelschwingkreis handelt, benötigt man den Kehrwert der Formel 14. Man erhält für die Güte $Q = (14.20 \pm 0.15)$ und parallel dazu die Dämpfung $d = (0.0705 \pm 0.0007)$.

6.4 RLC Seriellschwingkreis

Die Messdaten der Tabelle 4 werden in QTI-Plot exportiert. Dort lassen sich die Amplitudengänge der einzelnen Spannungen darstellen. Es werden der Amplitudengang des Widerstandes U_R/U_E , des Kondensators U_C/U_E und der Spule U_L/U_E dargestellt. Es ist auf die richtige Skalierung der Achsen zu achten.

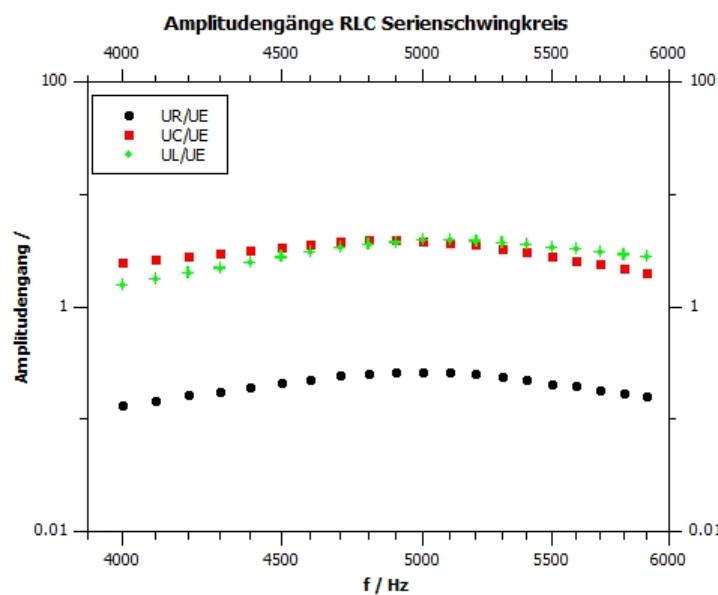


Abb. 20: Amplitudengänge (y-Achse, log) in Abhängigkeit der Frequenz f (x-Achse, log) eines RLC-Seriellschwingkreis.

Um die Impedanz X zu berechnen, dividiert man die einzelnen Spannungen durch den zuvor berechneten Strom I . Für die Gesamtimpedanz X_{ges} addiert man die Einzelimpedanzen sowie den Widerstand R .

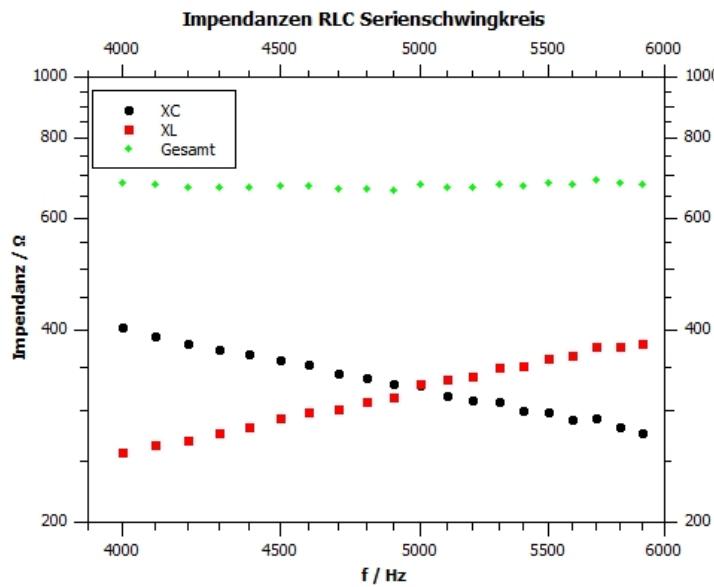


Abb. 21: Impedanzen X (y-Achse, log) in Abhängigkeit der Frequenz f (x-Achse, log) eines RLC-Seriellschwingkreis.

Aus der Tabelle 4 lässt sich noch der Phasengang in Abhängigkeit der Frequenz darstellen. Hier verläuft der Phasengang zwischen Spannung U und Strom I .

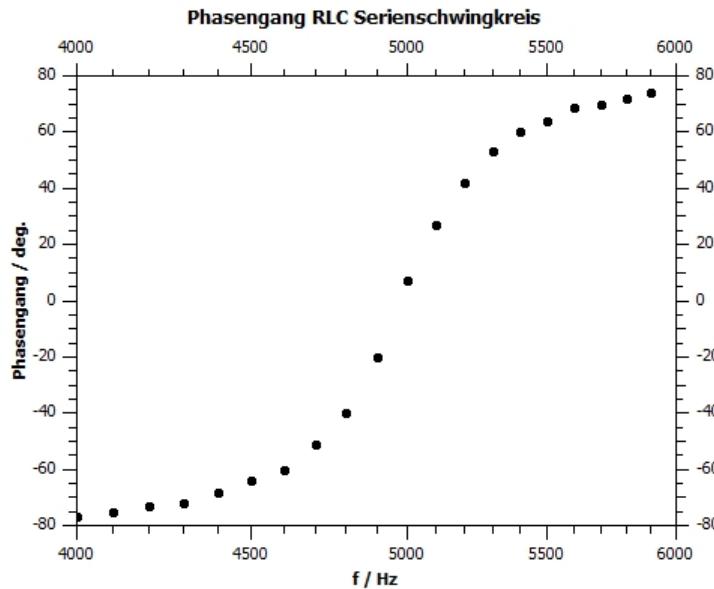


Abb. 22: Phasengang (y-Achse, lin) in Abhängigkeit der Frequenz f (x-Achse, log) eines RLC-Seriellschwingkreis.

7 Diskussion

7.1 Hochpass

Vergleicht man die Bodediagramme mit dem theoretisch berechneten Verlauf, so lässt sich erkennen, dass es einen ähnlichen Verlauf zeigt. Es lässt sich daher auf eine fehlerfreie

Durchführung schließen.

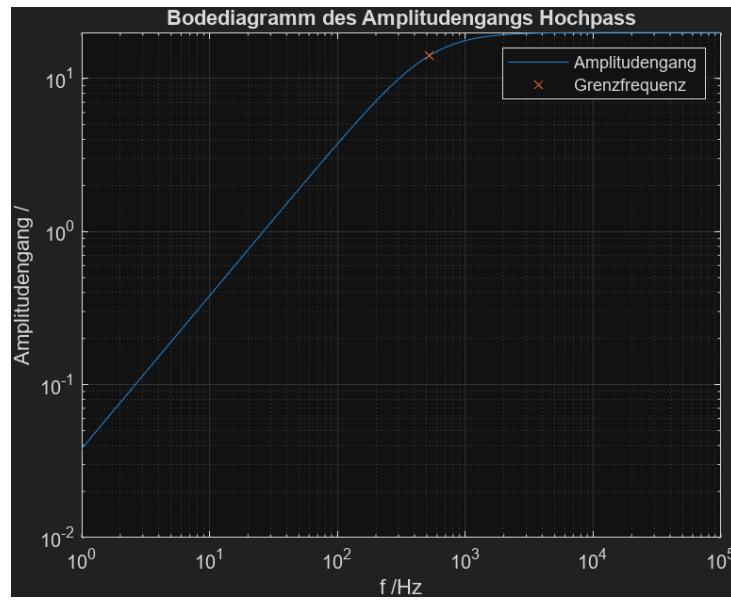


Abb. 23: Theoretisch berechneter Wert des Amplitudenganges für den CR Hochpass.

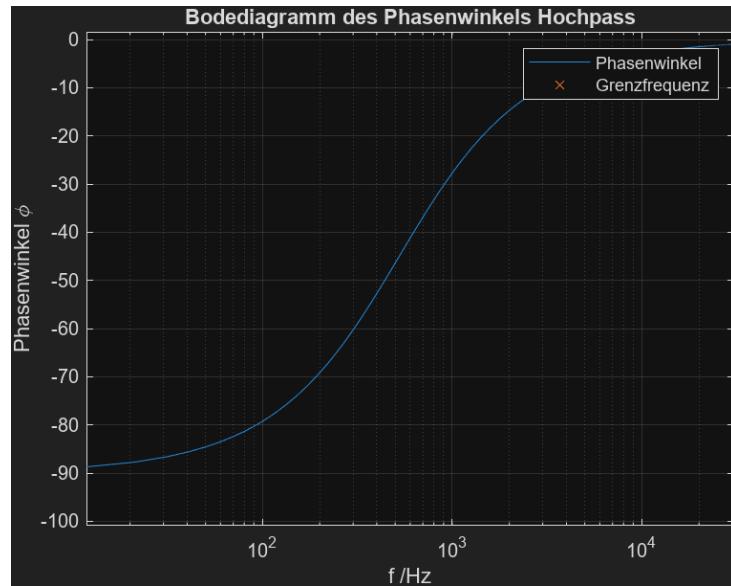


Abb. 24: Theoretisch berechneter Wert des Phasengangs für den CR Hochpass.

7.2 Tiefpass

Vergleicht man die Bodediagramme mit dem theoretisch berechneten Verlauf, so lässt sich erkennen, dass es einen ähnlichen Verlauf zeigt. Es lässt sich daher auf eine fehlerfreie Durchführung schließen.

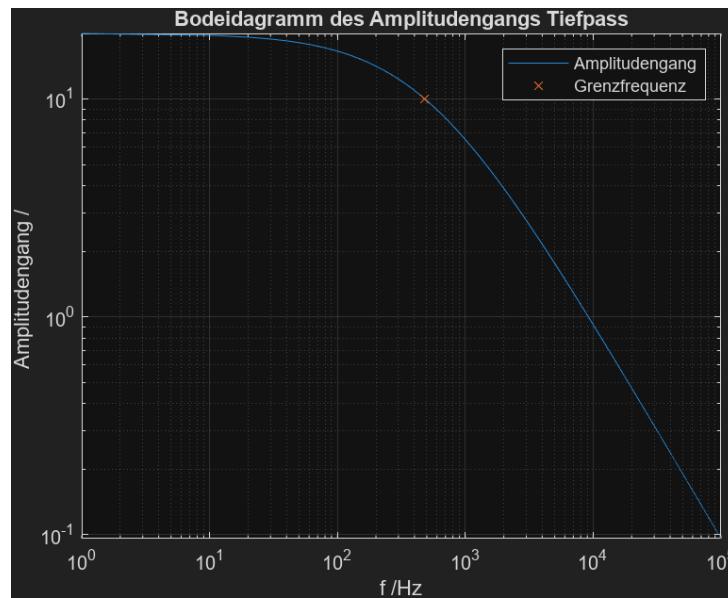


Abb. 25: Theoretisch berechneter Wert des Amplitudenganges für den RC Tiefpass.

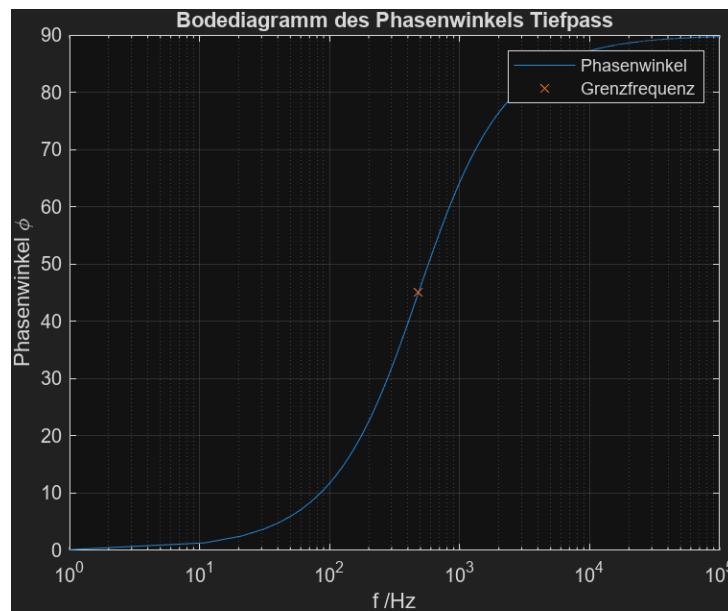


Abb. 26: Theoretisch berechneter Wert des Phasengangs für den RC Tiefpass.

7.3 RLC Parallelschwingkreis

Durch die Gütegleichung eines Serienschwingkreises

$$Q_g = \frac{\sqrt{\frac{L}{C}}}{R} \quad \Delta Q_g = \left| \frac{\partial Q_g}{\partial L} * \Delta L \right| + \left| \frac{\partial Q_g}{\partial C} * \Delta C \right| + \left| \frac{\partial Q_g}{\partial R} * \Delta R \right| \quad (15)$$

und dessen Kehrwert lässt sich durch die bekannten Bauteile $R3$, L und C die Güte $Q_g = (14.9 \pm 0.6)$ berechnen. Da der berechnete Wert dem der Gütegleichung mit Unsicherheit dem in der Auswertung berechneten Wert von $Q = (14.20 \pm 0.15)$ überschneidet, lässt sich auch hier auf eine fehlerfreie Durchführung schließen.

7.4 RLC Seriellschwingkreis

Vergleicht man den wert der Impedanzen mit dem theoretisch berechneten Verläufen, so lässt sich erkennen, dass es einen ähnlichen Verlauf zeigt. Es lässt sich daher auf eine fehlerfreie Durchführung schließen.

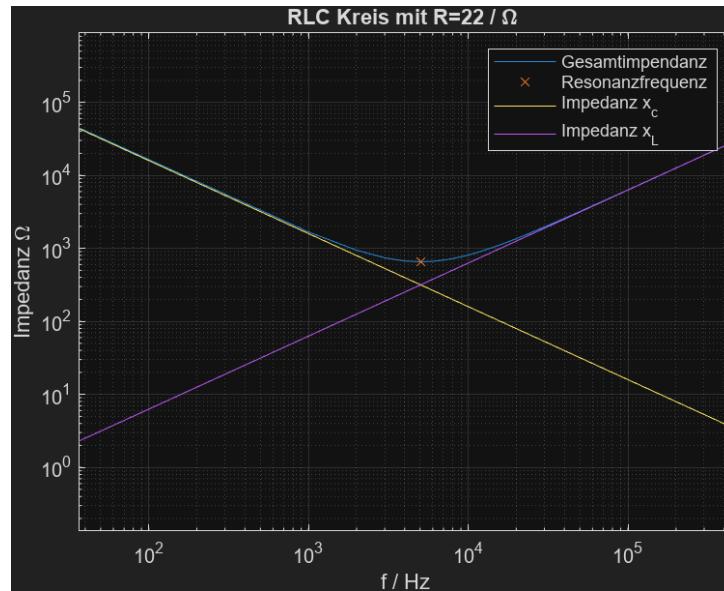


Abb. 27: Theoretisch berechneter Wert der Impedanzen.

8 Zusammenfassung

Hier nocheinmal alle Werte zusammengefasst.

8.1 Hochpass

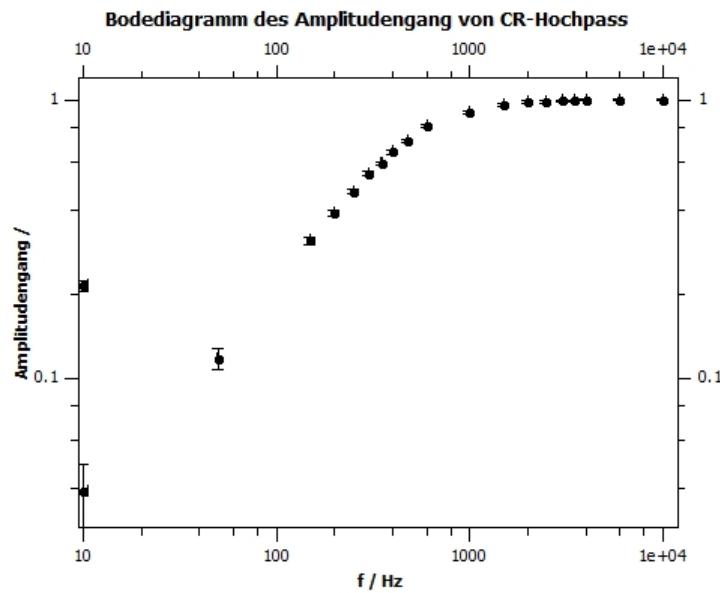


Abb. 28: Amplitudengang (y-Achse, log) in Abhängigkeit der Frequenz f (x-Achse, log) eines CR-Hochpasses.

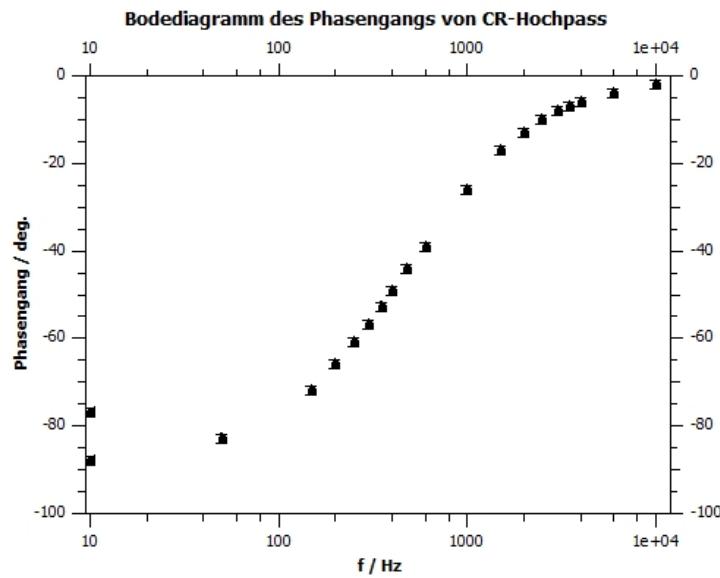


Abb. 29: Phasengang (y-Achse, lin) in Abhängigkeit der Frequenz f (x-Achse, log) eines CR-Hochpasses.

8.2 Tiefpass

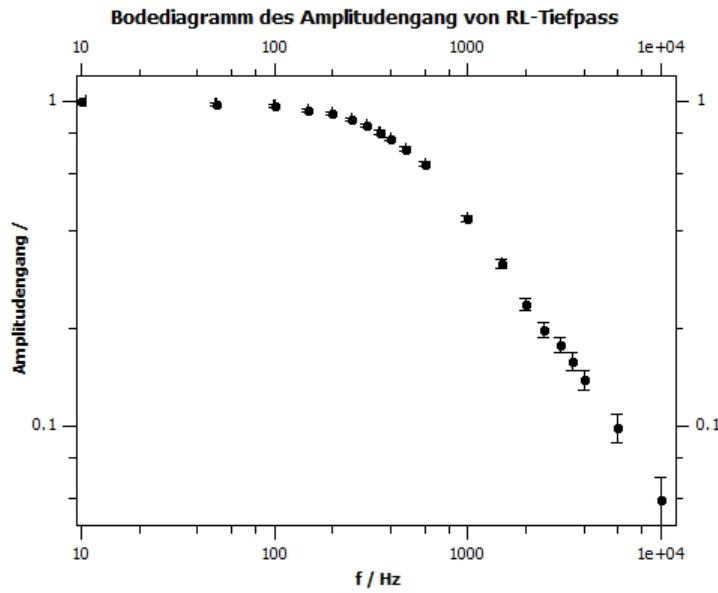


Abb. 30: Amplitudengang (y-Achse, log) in Abhängigkeit der Frequenz f (x-Achse, log) eines RL-Tiefpasses.

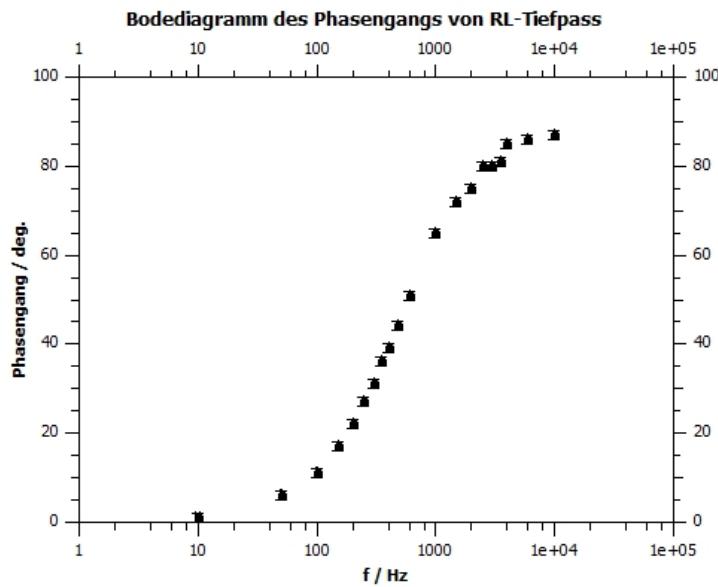


Abb. 31: Phasengang (y-Achse, lin) in Abhängigkeit der Frequenz f (x-Achse, log) eines RL-Tiefpasses.

8.3 RLC Parallelschwingkreis

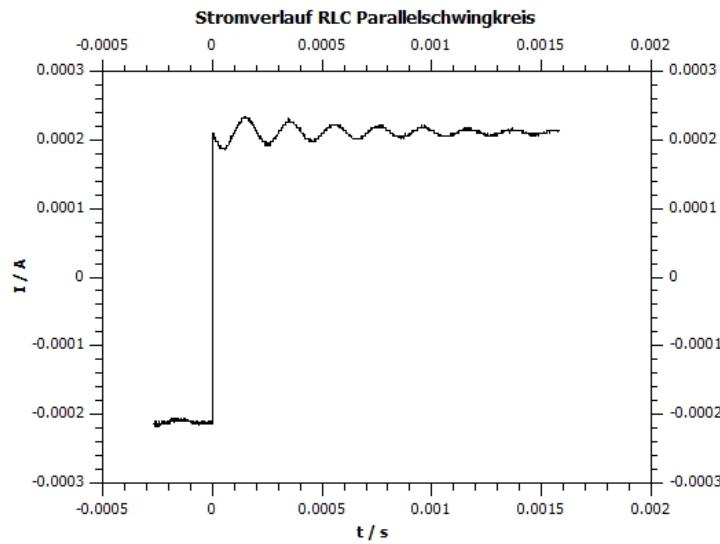


Abb. 32: Strom I (y-Achse, lin) in Abhängigkeit der Zeit t (x-Achse, lin) eines RLC-Parallelschwingkreis.

$$Q = (14.20 \pm 0.15)$$

8.4 RLC Serienschwingkreis

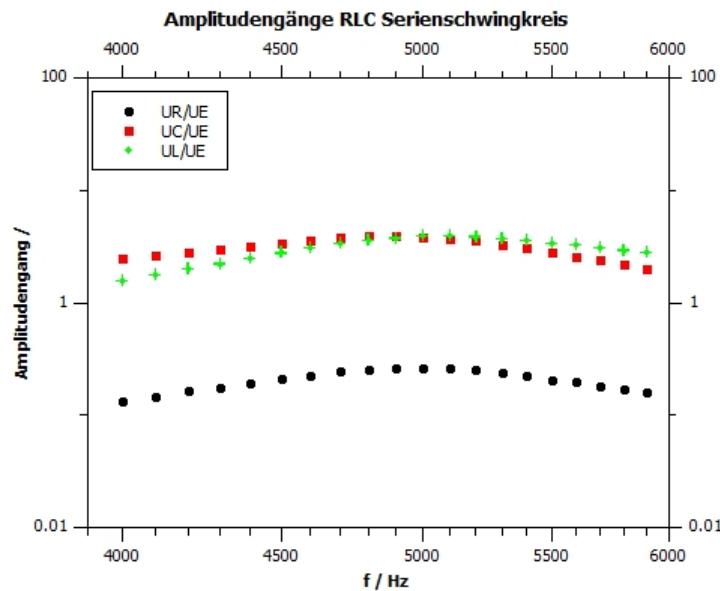


Abb. 33: Amplitudengänge (y-Achse, log) in Abhängigkeit der Frequenz f (x-Achse, log) eines RLC-Seriellschwingkreis.

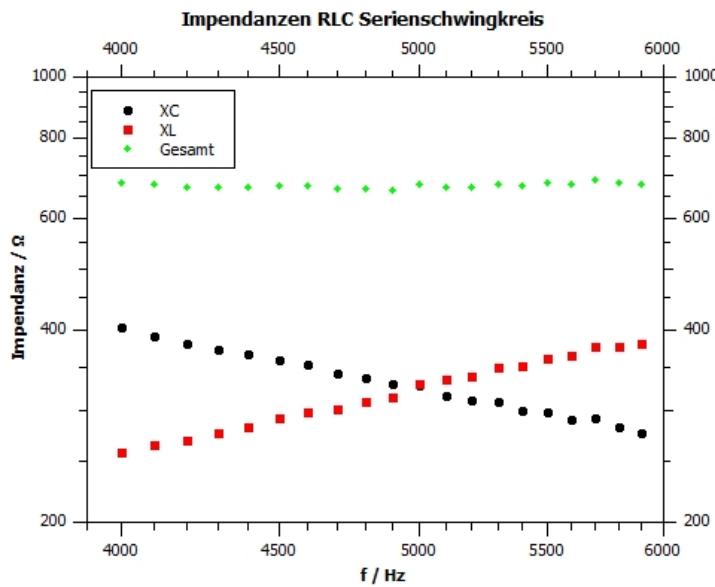


Abb. 34: Impedanzen X (y-Achse, log) in Abhängigkeit der Frequenz f (x-Achse, log) eines RLC-Serienschwingkreis.

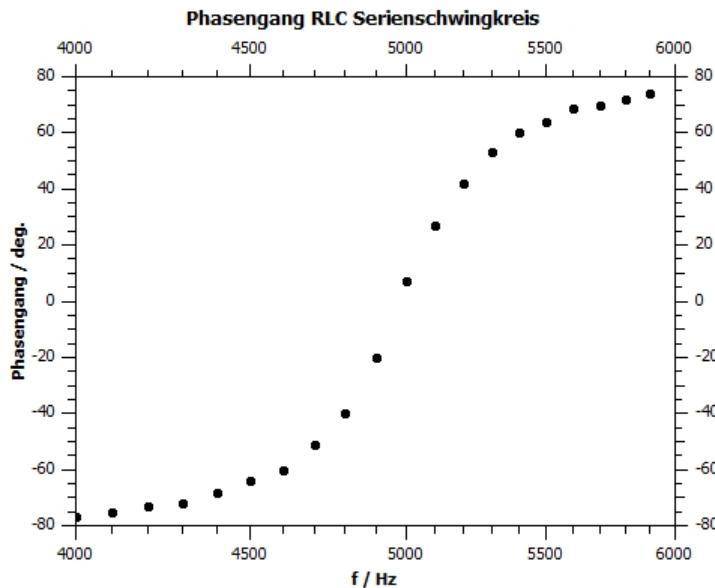


Abb. 35: Phasengang (y-Achse, lin) in Abhängigkeit der Frequenz f (x-Achse, log) eines RLC-Serienschwingkreis.

Literatur

- [1] Fluke. *Fluke 175 Echteffektiv Multimeter*. (besucht am 12.01.2024). URL: <https://www.fluke.com/de-at/produkt/elektrische-pruefungen/digitalmultimeter/fluke-175>.
- [2] TU Graz TeachCenter. "Laborübungen 2: Elektrizität, Magnetismus, Optik". Kurs: PHYD30UF. (besucht am 12.01.2024). URL: <https://tc.tugraz.at/main/course/view.php?id=796>.