

PW8

November 18, 2025

1 Wechselstromspannung

In diesem Experiment werden frequenzabhängige Wechselstromwiderstände sowie die Resonanzkurve eines Serienschwingkreises untersucht. Durch geeignete Fit-Funktionen werden die Parameter C , L , ω_0 und δ bestimmt.

1.1 Bestimmung des Kapazitiven Wechselstromwiderstands

1.1.1 Durchführung und Versuchsaufbau

Ein Funktionsgenerator erzeugt eine sinusförmige Wechselspannung von etwa 1 V, die an eine Serienschaltung aus einem bekannten Ohm'schen Widerstand R und einem Kondensator C gelegt wird.

Mit zwei Digitalmultimetern werden die Effektivspannungen U_R und U_C im Frequenzbereich von 500 Hz bis 2500 Hz gemessen.

Der kapazitive Wechselstromwiderstand ergibt sich zu:

$$X_C = R \cdot \frac{U_C}{U_R}$$

Die Werte werden als Funktion der Kreisfrequenz $\omega = 2\pi\nu$ dargestellt.

Zur Bestimmung der Kapazität C wird folgende Funktion gefittet:

$$X_C(\omega) = \frac{1}{\omega C}$$

1.1.2 Unsicherheiten der Messgeräte

- Digitalmultimeter AC-Spannung: $\pm(0.8 \% + 3 \text{ Digits})$
- Widerstandsmessung für R :

1.1.3 Systematische Unsicherheiten

Innenwiderstände beeinflussen die Spannungsmessungen.

1.2 Bestimmung des induktiven Wechselstromwiderstands

1.2.1 Durchführung und Versuchsaufbau

Der Kondensator wird durch eine Spule ersetzt. Im selben Frequenzbereich werden die Spannungen U_R und U_L gemessen.

Der induktive Widerstand ergibt sich zu:

$$X_L = R \cdot \frac{U_L}{U_R}$$

Zur Bestimmung der Induktivität L wird folgender Fit benutzt:

$$X_L(\omega) = \omega L$$

1.2.2 Unsicherheiten der Messgeräte

Analog zum Kapazitätsversuch.

1.2.3 Systematische Unsicherheiten

Der Spulenwiderstand führt zu systematischen Abweichungen besonders bei niedrigen Frequenzen.

1.3 Resonanzkurve des Serienschwingkreises

1.3.1 Durchführung und Versuchsaufbau

Die Bauteile R , C und L werden in Serie geschaltet. Der Funktionsgenerator liefert ca. 1 V.

Für Frequenzen zwischen 500 Hz und 2500 Hz werden die Spannungen:

- $U_0(\omega)$: Gesamtspannung
- $U_C(\omega)$: Spannung am Kondensator

gemessen.

Die Resonanzkurve wird nach Gleichung (17) gefittet:

$$U_C(\omega) = \frac{U_{0,0} \omega_0^2}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\delta^2\omega^2}}$$

mit folgenden Parametern:

- ω_0 — Eigenkreisfrequenz
- δ — Dämpfungskonstante

1.3.2 Unsicherheiten der Messgeräte

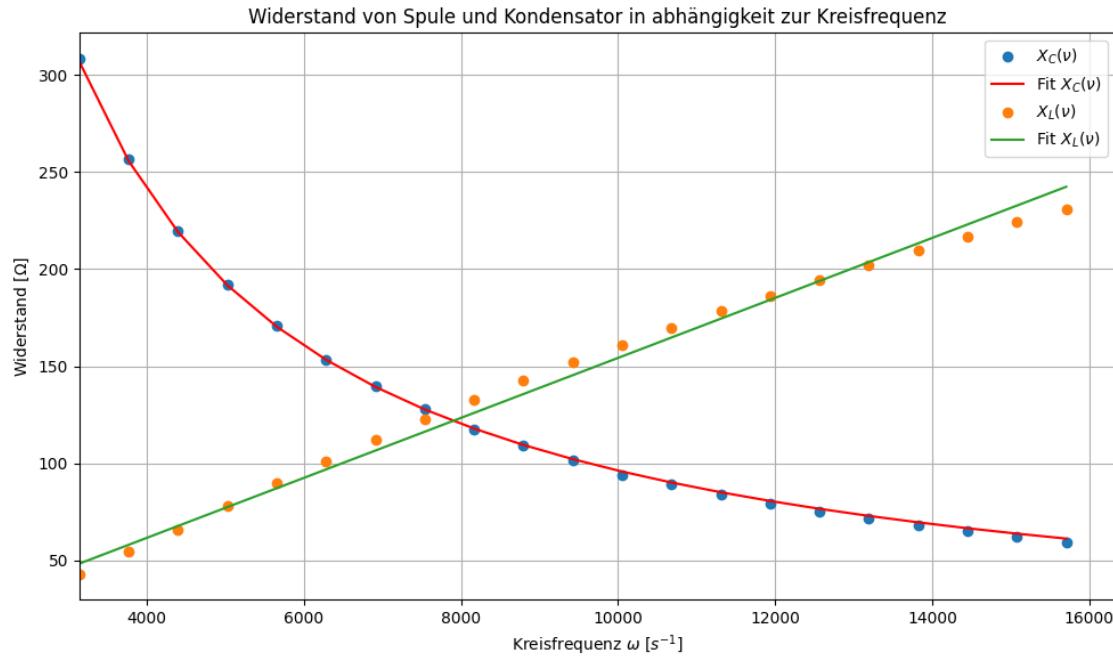
- Digitalmultimeter AC-Spannungsmessung: $\pm(0.8 \% + 3 \text{ Digits})$

1.3.3 Systematische Unsicherheiten

Die reale Dämpfung enthält Beiträge des Innenwiderstands des Generators sowie des ohmschen Widerstands der Spule.

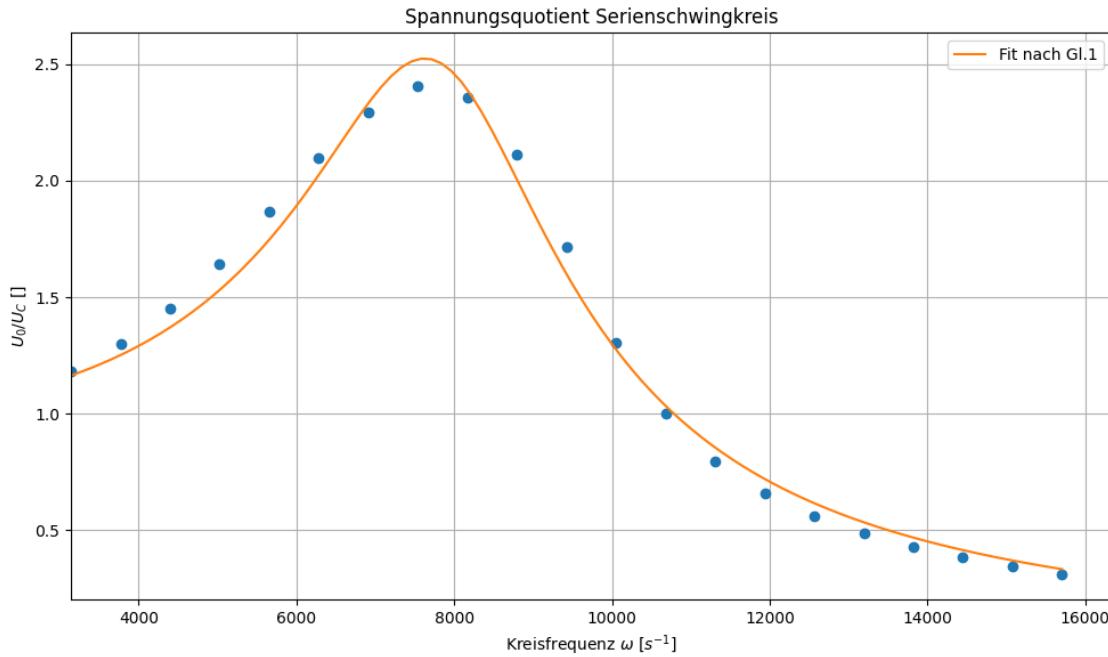
Eine unzureichende Messpunktdichte im Resonanzmaximum kann den Fit beeinträchtigen.

1.4 Ergebnisse:



$$C = (1.038 \pm 0.002) \text{ F}$$

$$L = (15.43 \pm 0.12) \text{ mH}$$



$$\omega_0 = (7959 \pm 48) \text{ s}^{-1}$$

$$\delta = (1610 \pm 33) \text{ s}^{-1}$$

$$R = (49.7 \pm 1.1) \Omega$$

$$R_{\text{gemessen}} = (25.7 \pm 0.5) \Omega$$

1.5 Diskussion

1.5.1 Kapazitiver und Induktiver Widerstand

Bei beiden Widerständen ist der Fit passend und lässt somit vermuten, dass auch die Werte für C und L mit der Theorie Übereinstimmen. Bezuglich Unsicherheit ergibt sich für beide Werte eine relative Unsicherheit von weniger als 1%, was sich nur aus dem Fit ergibt. Die wirkliche Unsicherheit ist wahrscheinlich größer, da diese ohne Fehlerfortpflanzung der Unsicherheit der Messgeräte und Bauteile bestimmt wurde.

1.5.2 Resonanzkurve des Serienschwingkreis

Man erkennt, dass das Verhältnis der Spannung zuerst steigt und daraufhin wieder fällt, desto höher die Frequenz eingestellt wird. Dieses Verhalten ist zu erwarten, da der Wurzelterm aus der

Gleichung nach dem Maximum die Überhand gewinnt. Dementsprechend ist das Resultat den Erwartungen entsprechend.

Der gemessen Widerstand und somit die Dämpfung ist niedriger als der Tatsächlich berechnete, was an Energie verlusten in der Spule, Kondensator und INnenwiderständen liegen kann, welche zusammen auf das doppelte vom tatsächlichen widerstand Führen.

1.6 Anhang:

U_{Rc} [V]	U_C [V]	U_{Rl} [V]	U_L [V]	f [Hz]	ω [rad/s]
0.083	0.998	0.271	0.455	500	3141.59
0.099	0.984	0.252	0.534	600	3769.91
0.113	0.969	0.235	0.603	700	4398.23
0.127	0.953	0.218	0.661	800	5026.55
0.141	0.936	0.203	0.709	900	5654.87
0.153	0.917	0.190	0.747	1000	6283.19
0.165	0.898	0.178	0.778	1100	6911.50
0.177	0.878	0.168	0.802	1200	7539.82
0.187	0.857	0.159	0.822	1300	8168.14
0.197	0.837	0.151	0.838	1400	8796.46
0.206	0.816	0.144	0.851	1500	9424.78
0.215	0.786	0.138	0.863	1600	10053.10
0.223	0.775	0.132	0.872	1700	10681.42
0.231	0.755	0.127	0.88	1800	11309.73
0.237	0.735	0.122	0.886	1900	11938.05
0.244	0.716	0.118	0.892	2000	12566.37
0.250	0.697	0.114	0.896	2100	13194.69
0.255	0.678	0.110	0.9	2200	13823.01
0.261	0.66	0.107	0.902	2300	14451.33
0.265	0.642	0.104	0.905	2400	15079.64
0.270	0.625	0.101	0.906	2500	15707.96

U_0 [V]	U_C [V]	f [1/s]
0.988	1.168	500.00
0.954	1.239	600.00
0.903	1.312	700.00
0.835	1.372	800.00
0.755	1.408	900.00
0.675	1.415	1000.00
0.607	1.393	1100.00
0.557	1.34	1200.00
0.533	1.255	1300.00
0.538	1.137	1400.00
0.579	0.992	1500.00
0.644	0.841	1600.00
0.71	0.709	1700.00
0.761	0.606	1800.00
0.798	0.527	1900.00
0.825	0.464	2000.00
0.845	0.413	2100.00
0.86	0.37	2200.00
0.872	0.335	2300.00
0.881	0.304	2400.00
0.888	0.278	2500.00