



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN
Vienna University of Technology

Elektrotechnische Grundlagen der Informatik (LU 182.085)

Protokoll der 2. Laborübung: “Transiente Vorgänge und Frequenzverhalten”

Gruppennr.: 14 Datum der Laborübung: 19.4.2010

Matr. Nr.	Kennzahl	Name
0326077	033535	Bernhard Froemel
0326266	033535	Karoline Knoth

Kontrolle	✓
Verhalten eines Filters 1. Ordnung	
Verhalten eines RL-Filters	
Dynamisches System 2. Ordnung	

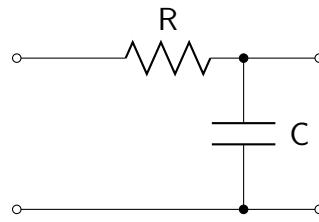
Inhaltsverzeichnis

1	Verhalten eines Filters 1. Ordnung	3
1.1	Aufgabenstellung	3
1.2	Alternativer Schaltplan	3
1.3	Sprungantwort	3
1.4	Grenzfrequenz	4
1.5	Bode Diagramm	4
2	Verhalten eines RL-Filters	5
2.1	Aufgabenstellung	5
2.2	Sprungantwort	6
2.3	Grenzfrequenz	7
2.4	Bode Diagramm	7
2.5	PN - Diagramm	9
3	Dynamisches System 2. Ordnung	11
3.1	Aufgabenstellung	11
3.2	Resonanzfrequenz	11
3.3	Bode Diagramme	11

1 Verhalten eines Filters 1. Ordnung

1.1 Aufgabenstellung

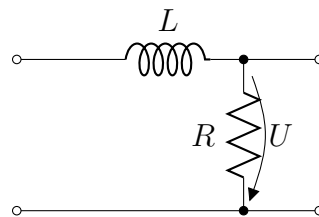
Realisieren Sie am Experimentierboard die Schaltung aus 1 mit $R = 22 \text{ k}\Omega$ und $C = 10 \mu\text{F}$.



Schaltplan 1: RC - Tiefpaß

1.2 Alternativer Schaltplan

Abbildung (2) zeigt einen alternativen Schaltplan für die Realisierung eines Tiefpasses. Statt des Kondensators wurde eine Spule in die Schaltung aufgenommen und Widerstand und Spule haben Plätze getauscht. Bei hohen Frequenzen wird der Widerstand der Spule L höher, wodurch am Widerstand R eine geringere Spannung anliegt.



Schaltplan 2: RL - Tiefpaß

1.3 Sprungantwort

Die Sprungantwort in Diagramm 1 sieht fast genau so wie in der Simulation aus. Die Zeitkonstante τ wurde nach (1) ermittelt und ergab 0.22 ms .

$$\tau = R \cdot C = 22 \cdot 10^3 \Omega \cdot 10^{-8} \text{ F} = 0.22 \text{ ms} \quad (1)$$



Diagramm 1: Sprungantwort Tiefpaß

1.4 Grenzfrequenz

Die Grenzfrequenz ergab sich nach Berechnung in (2) mit einem Wert von 723.8 Hz

$$f_g = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot C} = 723.8 \text{ Hz} \quad (2)$$

1.5 Bode Diagramm

Im Diagramm 2 ist zu sehen, dass das Verhalten des Filters dieselbe Tendenz zeigt wie in der Simulation. Phase und Amplitude ändern sich bis etwa 100 Hz nicht. Erst bei den darüberliegenden Frequenzen kommt es zur Phasenverschiebung und Abschwächung des Ausgangssignals. Auffällig ist, dass die Abschwächung in der Simulation stärker war.

Frequenz	350Hz	450Hz	550Hz	650Hz	750Hz	850Hz	950Hz	1.05kHz
U_{Ein}	2.16 [V]	2.16 [V]	2.16 [V]	2.16 [V]	2.13 [V]	2.13 [V]	2.13 [V]	2.13 [V]
U_{Aus}	1.94 [V]	1.80 [V]	1.7 [V]	1.6 [V]	1.5 [V]	1.42 [V]	1.33 [V]	1.26 [V]
Phasenverschiebung	23°		35°				49°	

Tabelle 1: RC-Filter, Messergebnis Teil 1

Frequenz	2kHz	4kHz	6kHz	8 kHz	10kHz	20kHz
U_{Ein}	2.13 [V]	2.13 [V]	2.13 [V]	2.13 [V]	2.13 [V]	2.13 [V]
U_{Aus}	0.8 [V]	0.47 [V]	0.28 [V]	0.22 [V]	0.18 [V]	0.10 [V]
Phasenverschiebung	66°	75°	80°			85°

Tabelle 2: RC-Filter, Messergebnis, Teil 2

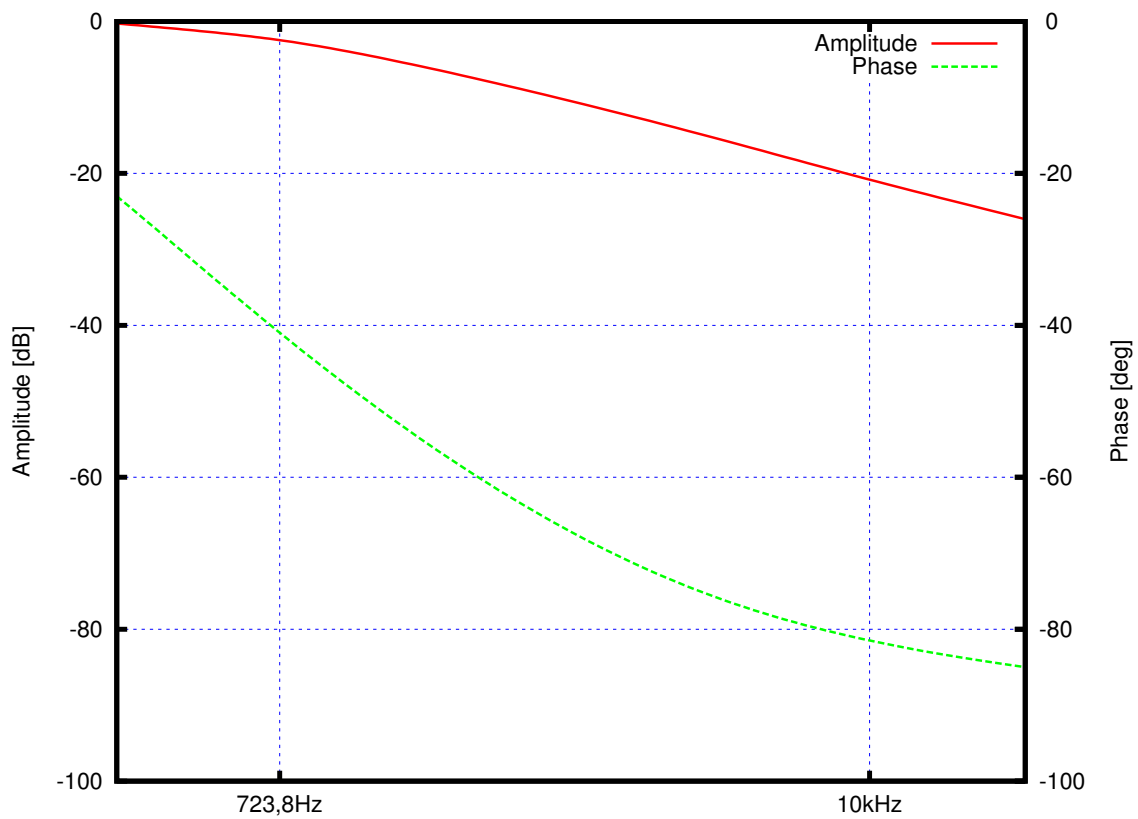
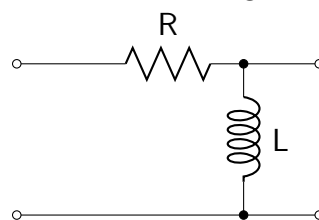


Diagramm 2: Bode Diagram Tiefpaß

2 Verhalten eines RL-Filters

2.1 Aufgabenstellung

Realisieren Sie am Experimentierboard die Schaltung 3 mit $R = 120\Omega$ und $L = 100\mu\text{H}$.

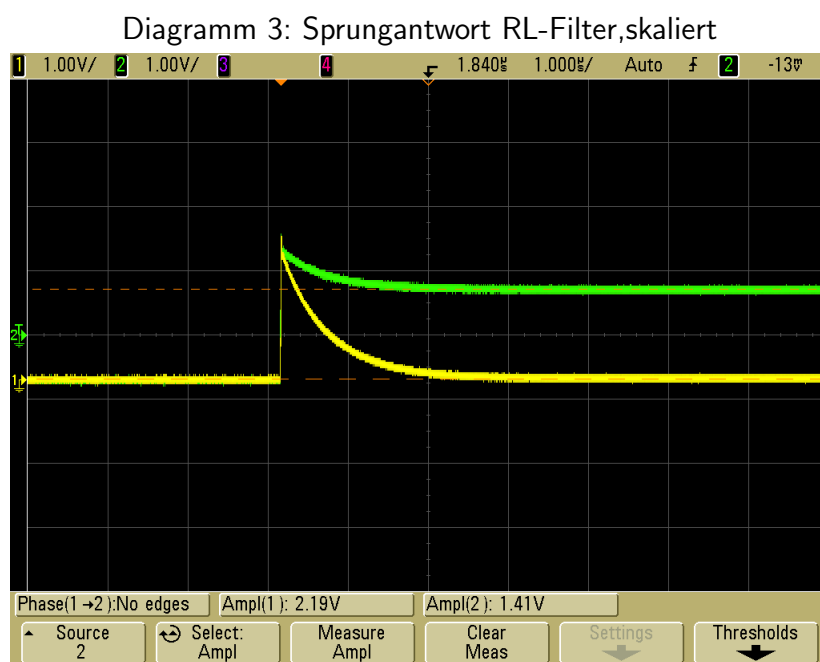
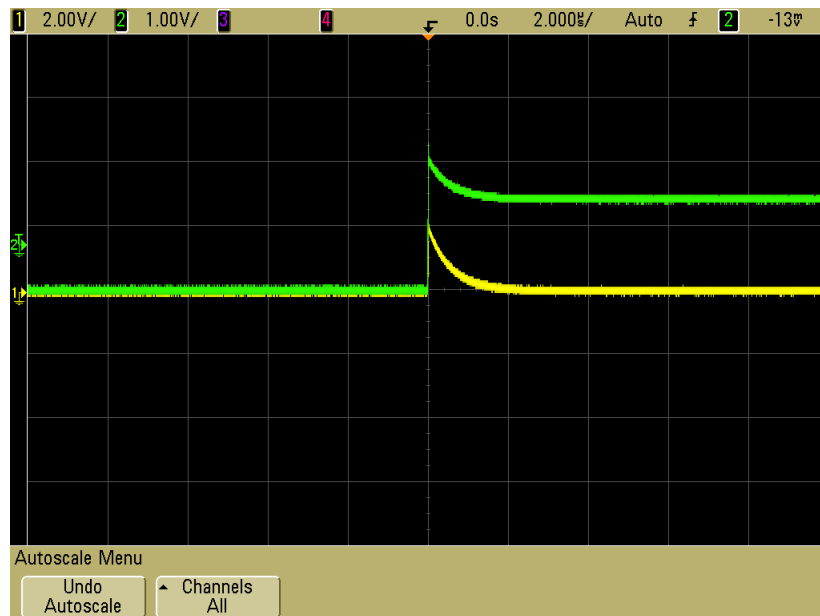


Schaltplan 3: RL-Filter

2.2 Sprungantwort

Auch hier verhält sich die aufgenommene Sprungantwort genau wie die Simulierte (Abb. 3 und 4). Die Zeitkonstante beträgt nach Berechnung laut (3) $0,83\mu\text{s}$

$$\tau = \frac{L}{R} = \frac{100 * 10^{-6}\text{H}}{120\Omega} = 0,83\mu\text{s} \quad (3)$$



2.3 Grenzfrequenz

Die Grenzfrequenz f_g haben wir in (4) ermittelt. Sie beträgt 191 kHz.

$$f_g = \frac{R}{2\pi * L} = 191 \text{ kHz} \quad (4)$$

2.4 Bode Diagramm

Für unsere Messungen welche in Tabellen 3, 4 und 5 aufgelistet sind, ergab sich das Bode-Diagramm in Abb. 5. Auch hier ist das Ergebnis nahezu das Gleiche wie in der Simulation. Niedere Frequenzen bis 1 MHz werden durch die Spule abgeschwächt und um 90° phasenverschoben.

Frequenz	100Hz	1kHz	10kHz	100kHz	120kHz	140kHz	160kHz	180kHz
\bar{U}_{Ein}	1.52 [V]	1.52 [V]	1.5 [V]	1.56 [V]	1.59 [V]	1.63 [V]	1.65 [V]	1.69 [V]
\bar{U}_{Aus}	25 [mV]	80 [mV]	145 [mV]	750 [mV]	860 [mV]	980 [mV]	1.08 [V]	1.15 [V]
Phasenverschiebung			63°			50°		

Tabelle 3: RL-Filter, Messergebnis Teil 1

Frequenz	190kHz	200kHz	220kHz	240kHz	300kHz	400kHz	500kHz	600kHz
\bar{U}_{Ein}	1.7 [V]	1.71 [V]	1.74 [V]	1.76 [V]	1.84 [V]	1.94 [V]	1.99 [V]	2.0 [V]
\bar{U}_{Aus}	1.2 [V]	1.24 [V]	1.30 [V]	1.38 [V]	1.52 [V]	1.68 [V]	1.80 [V]	1.86 [V]
Phasenverschiebung	46°		43°			28°		20°

Tabelle 4: RL-Filter, Messergebnis Teil 2

Frequenz	700kHz	800kHz	900kHz	1MHz	10MHz
\bar{U}_{Ein}	2.03 [V]	2.06 [V]	2.06 [V]	2.06 [V]	2.21 [V]
\bar{U}_{Aus}	1.90 [V]	1.94 [V]	1.99 [V]	2.00 [V]	2.17 [V]
Phasenverschiebung		16°			5°

Tabelle 5: RL-Filter, Messergebnis Teil 3

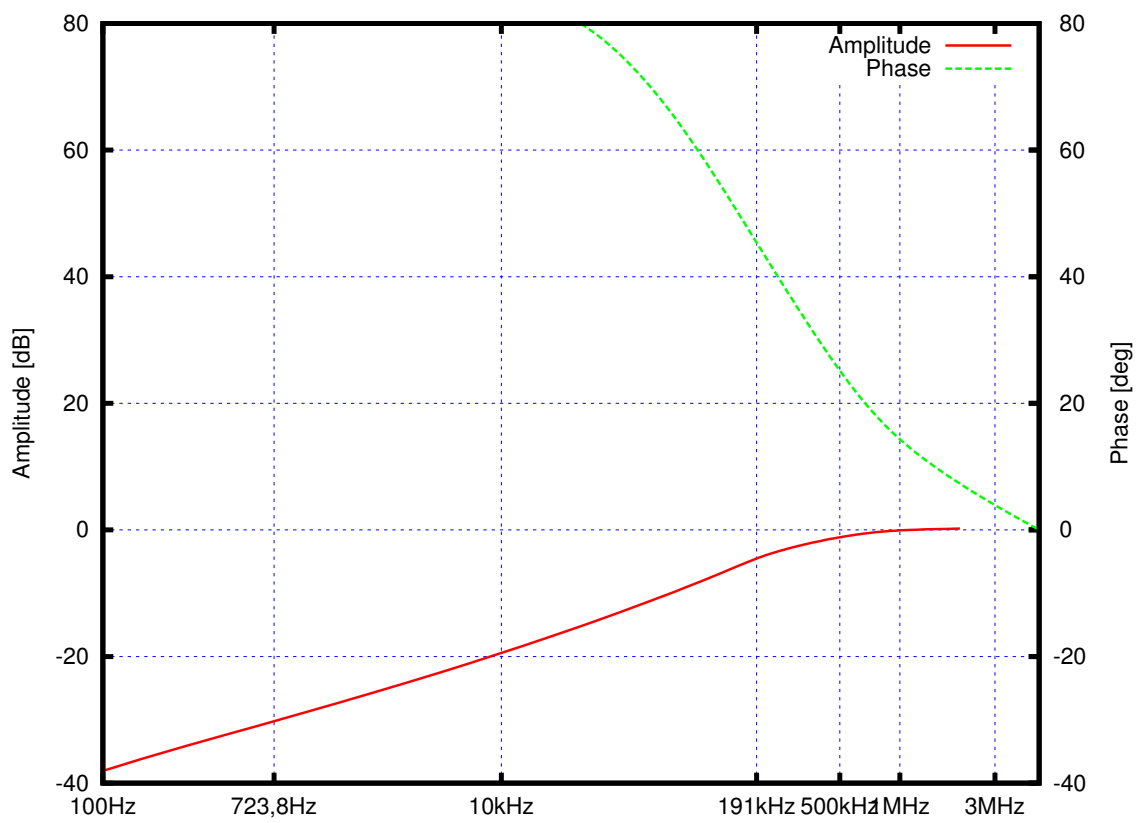


Diagramm 5: Bode Diagramm RL-Filter

2.5 PN - Diagramm

Das PN- Diagramm wurde anhand von (5) ermittelt. Die Nullstellen des Nenners (Polstellen) und die Nullstellen des Zählers (Nullstellen) wurden dafür berechnet. Die Ergebnisse (6) und (7) sind in Diagramm 6 zu sehen.

Nachdem keine einzige Nullstelle im rechten Bereich des Diagramms zu finden ist, ist die Schaltung stabil.

$$\frac{Ls}{Ls + R} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} L &= 0.0001; \\ R &= 120; \\ P &= [L \ 0]; \\ Q &= [L \ R \ 0]; \\ sys &= tf(P, Q); \\ zer \ pol \ k &= sys2zp(sys) \\ zer &= 0 \quad (6) \\ pol &= -1200000 \quad (7) \\ k &= 1 \end{aligned}$$

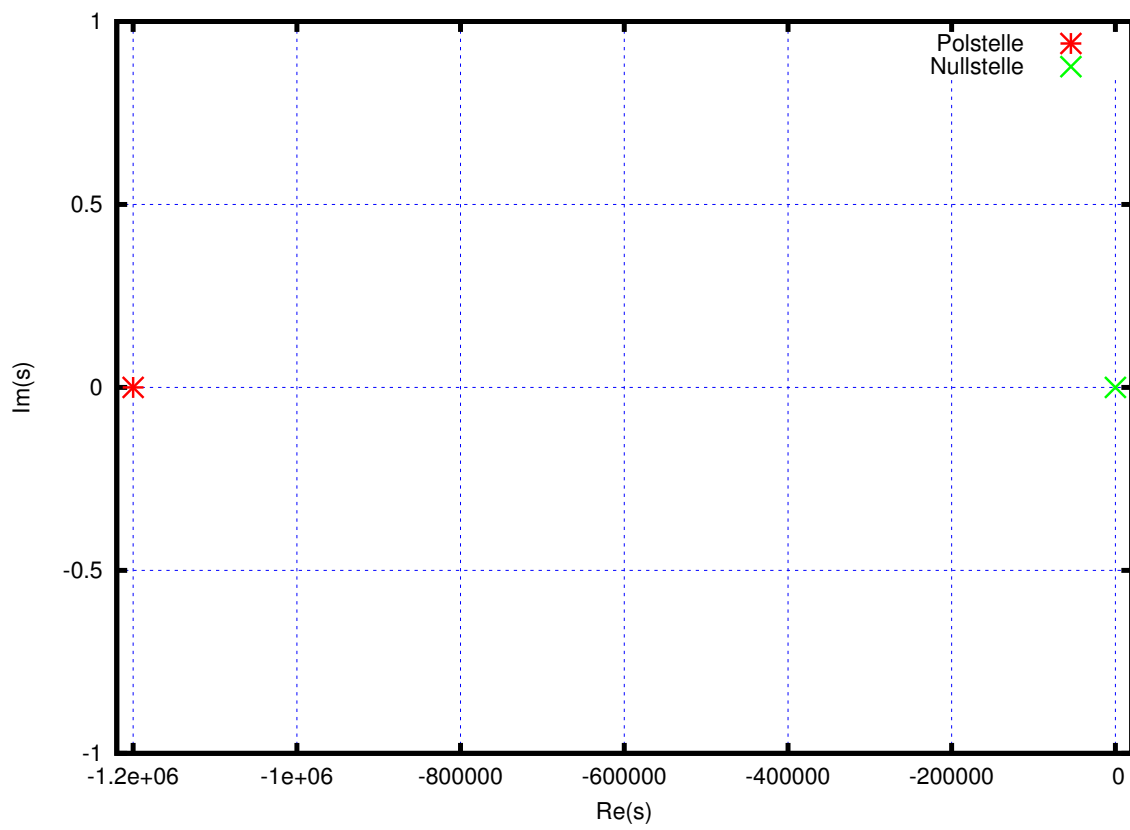
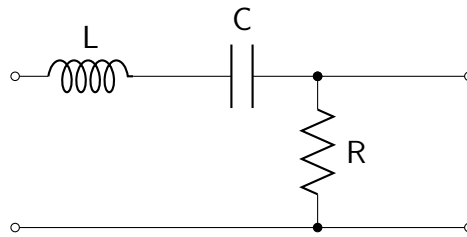


Diagramm 6: PN- Diagramm des RL-Filters

3 Dynamisches System 2. Ordnung

3.1 Aufgabenstellung



Schaltplan 4: System 2. Ordnung

3.2 Resonanzfrequenz

Die Resonanzfrequenz wurde von uns nach (8) ermittelt und beträgt 159.669 kHz. Abbildung 7 zeigt die Resonanzfrequenz am Oszilloskop.

$$\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = 159,669\text{kHz} \quad (8)$$

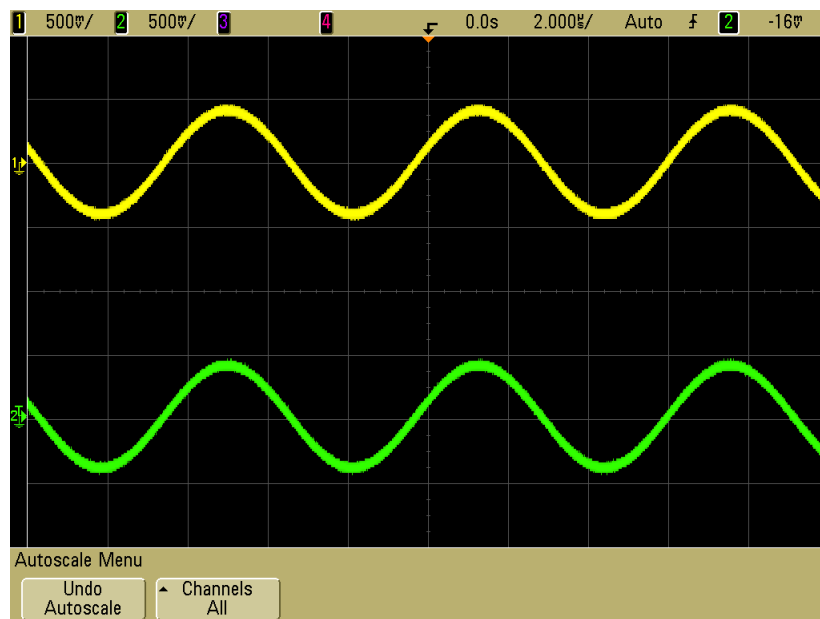


Diagramm 7: Resonanzfrequenz

3.3 Bode Diagramme

Auch hier entsprechen die Kenntnisse aus unseren Messungen in den Tabellen 6 und 7 denen aus der Simulation: Im Bodediagramm welches die Schaltung bei einem Widerstand von 10Ω zeigt (Diagramm 8), sieht man, dass Signale welche unter 200 kHz liegen bei zunehmender Frequenz weniger abgeschwächt werden bei einer Phasenverschiebung von 90° .

Die Phasenverschiebung bei Frequenzen die darüber liegen beträgt -90° bei einer stärkeren Abschwächung.

Das Halten der Phase von 90° und die schwächer werdene Amplitude deuten darauf hin, dass im unteren Frequenzbereich der Einfluss der Spule auf das Signal stärker ist, während im oberen Bereich der Kondensator größeren Einfluss auszuüben scheint.

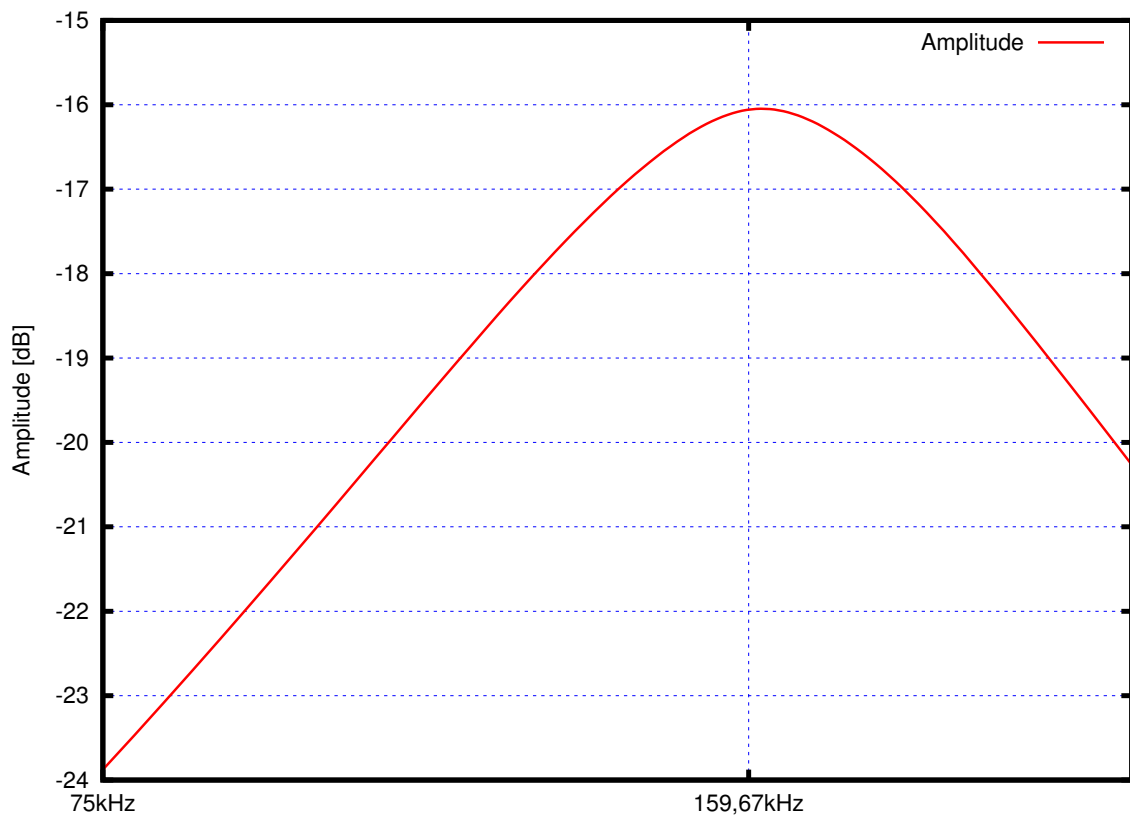


Diagramm 8: Bode Diagramm 10Ω

Im Diagramm 9 mit einem Widerstand von $220\,\Omega$ hingegen ist der Einfluss des Kondensators im unteren Frequenzbereich wesentlich höher, während seine Wirkung im oberen Frequenzbereich geringer ist.

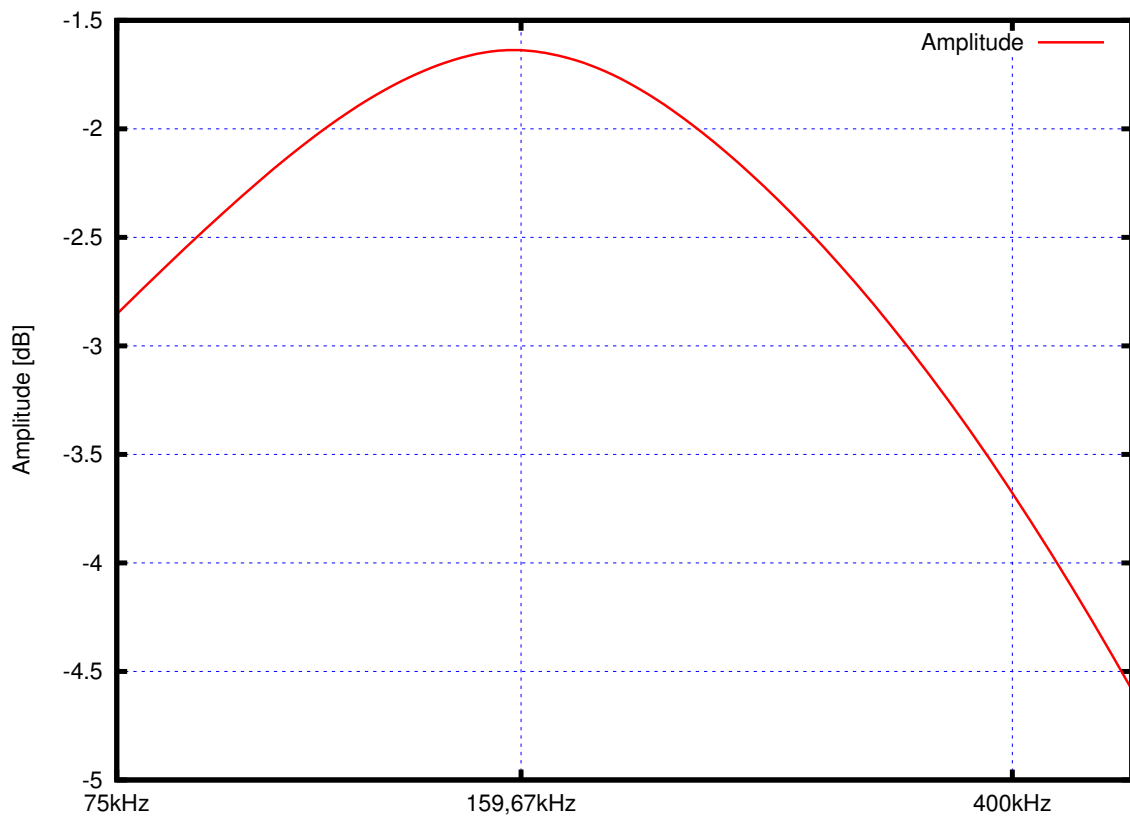


Diagramm 9: Bode Diagramm $220\,\Omega$

Bei einem Widerstand von $10\text{ k}\Omega$ (Diagramm 10) sieht man, dass der Bereich in dem sich Kondensator und Spule aufheben sehr viel größer ist.

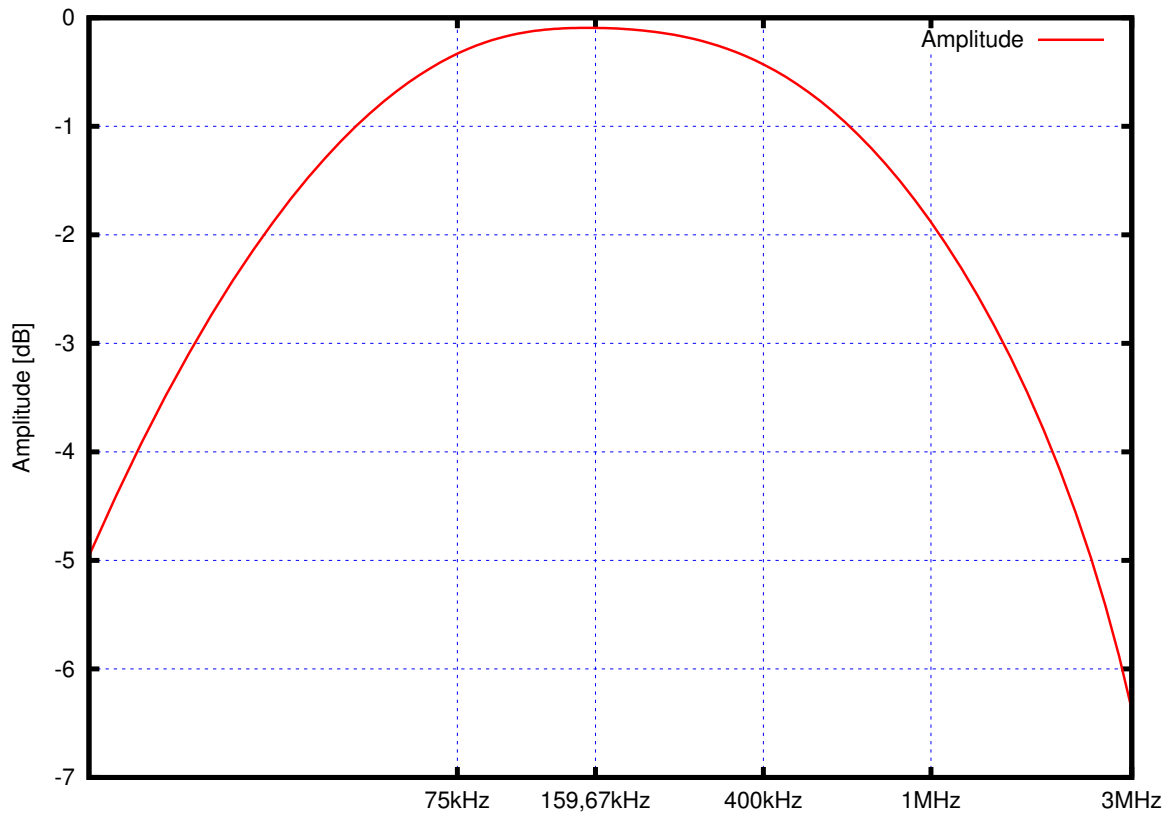


Diagramm 10: Bode Diagramm $10\text{ k}\Omega$

	Frequenz	75kHz	90kHz	120kHz	140kHz	159.6kHz	160kHz	180kHz	200kHz	240kHz
$R_1 = 10\Omega$	U_{Ein}	0.97 [V]	0.57 [V]	0.7 [V]	0.45 [V]	0.25 [V]	0.26 [V]	0.431 [V]	0.619 [V]	0.84 [V]
	U_{Aus}	0.972 [V]	0.09 [V]	0.13 [V]	0.16 [V]	0.17 [V]	0.169 [V]	0.159 [V]	0.141 [V]	0.109 [V]
	Phasenverschiebung	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°
$R_1 = 220\Omega$	U_{Ein}	1.06 [V]	1.06 [V]	1.06 [V]	1.05 [V]	1.05 [V]	1.05 [V]	1.05 [V]	1.05 [V]	1.05 [V]
	U_{Aus}	1.06 [V]	1.06 [V]	1.05 [V]	1.05 [V]	1.05 [V]	1.05 [V]	1.05 [V]	1.05 [V]	1.05 [V]
	Phasenverschiebung	2°	2°	3°	2°	2°	2°	3°	2°	2°
$R_1 = 1\text{ k}\Omega$	U_{Ein}	0.95 [V]	0.91 [V]	0.885 [V]	0.87 [V]	0.861 [V]	0.860 [V]	0.88 [V]	0.88 [V]	0.89 [V]
	U_{Aus}	0.67 [V]	0.74 [V]	0.835 [V]	0.86 [V]	0.861 [V]	0.860 [V]	0.89 [V]	0.84 [V]	0.83 [V]
	Phasenverschiebung	-42°	-31°	-15°	-8°	-1°	0°	8°	14°	23°

Tabelle 6: Dynamisches System 2. Ordnung, Messergebnis Teil 1

	Frequenz	260kHz	280kHz	1MHz	2MHz	4MHz	6MHz	7MHz	9MHz	10MHz
$R_1 = 10\Omega$	U_{Ein}	0.89 [V]	0.94 [V]	—	—	—	—	—	—	—
	U_{Aus}	0.97 [V]	0.91 [V]	0 [V]	0 [V]	0 [V]	0 [V]	0 [V]	0 [V]	0 [V]
	Phasenverschiebung	0°	0°	—	—	—	—	—	—	—
$R_1 = 220\Omega$	U_{Ein}	1.05 [V]	1.05 [V]	1.02 [V]	1.04 [V]	1.05 [V]	1.08 [V]	1.08 [V]	— [V]	— [V]
	U_{Aus}	1.05 [V]	1.05 [V]	0.337 [V]	0.177 [V]	0.08 [V]	0.04 [V]	0.024 [V]	— [V]	— [V]
	Phasenverschiebung	3°	2°	72°	85°	92°	—	—	—	—
$R_1 = 1\text{ k}\Omega$	U_{Ein}	0.89 [V]	0.91 [V]	1.02 [V]	1.05 [V]	1.038 [V]	1.05 [V]	1.06 [V]	1.08 [V]	1.08 [V]
	U_{Aus}	0.81 [V]	0.78 [V]	0.33 [V]	0.172 [V]	0.075 [V]	0.034 [V]	—	—	—
	Phasenverschiebung	25°	30°	72°	82°	89°	101°	—	—	—

Tabelle 7: Dynamisches System 2. Ordnung, Messergebnis Teil 2