



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
WIEN  
Vienna University of Technology

# Elektrotechnische Grundlagen der Informatik (LU 182.692)

## Protokoll der 2. Laborübung: „Filter“ „Transiente Vorgänge und Frequenzverhalten“ b) Messungen

Gruppennr.: 10

Datum der Laborübung: 19.05.2017

Matr. Nr.	Kennzahl	Name
1609418	033 535	GEISELBRECHTINGER Max
1625753	033 535	HAAR Martin

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

# 1 RC-Tiefpass

# 2 RL-Hochpass

# 3 RLC-Tiefpass

## 3.1 Aufgabenstellung

In diesem Beispiel war ein RLC-Tiefpass aufzubauen und mit drei verschiedenen Widerständen jeweils die Sprungantwort und das Bodediagramm zu messen.

## 3.2 Schaltung

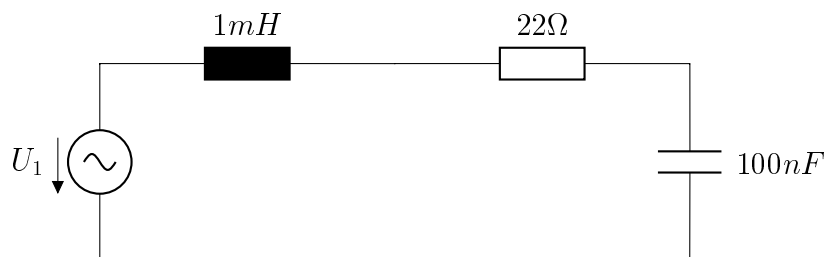


Abbildung 1: RLC-Glied Messschaltung.

Der Widerstand  $R$ , wird im Laufe der Messungen zweimal ersetzt, einmal durch  $180\Omega$  und einmal durch  $1k\Omega$ .

Hier handelt es sich um einen Tiefpass zweiter Ordnung, dies ist daran zu erkennen, dass, der Schaltkreis zwei frequenzabhängige Bauelemente (L und C) enthält. Während die Impedanz der Spule im seriellen Zweig mit steigender Frequenz größer wird, so wird die Impedanz des Kondensators im Parallelzweig kleiner.

Bei sehr niedrigen Frequenzen (10 - 1000Hz) ist der Blindwiderstand des Kondensators größer  $1500\Omega$ , während die Spule einen Blindwiderstand von kleiner  $1\Omega$  hat. An dem Verhältnismäßig großen Widerstand im Parallelzweig fällt daher sehr wenig Spannung ab und der Tiefpass hat eine sehr geringe Dämpfung. Steigt nun die Frequenz, ändern sich auch die Blindwiderstände und der Spannungsabfall am Kondensator wird immer größer, was zu einer größeren Dämpfung führt.

### 3.3 Sprungantwort $R = 22\Omega$

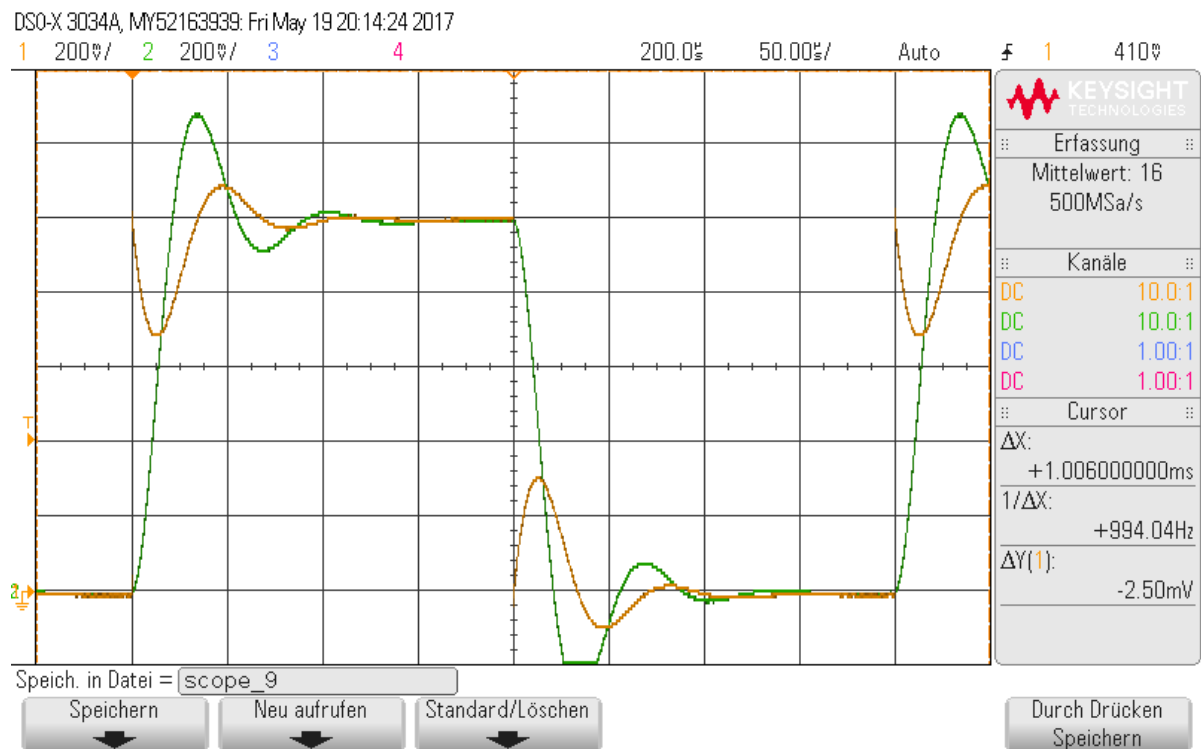


Abbildung 2: Sprungantwort mit  $R = 22\Omega$

Bereits in der Sprungantwort ist zu erkennen, dass das System mit einem Widerstand von nur  $22\Omega$  überschwingen wird, da die Ausgangsspannung an den Flanken stark überschwingt. Die Schwingungen an der Eingangsspannung werden durch die Spule in der Schaltung verursacht.

### 3.4 Bodediagramm $R = 22\Omega$

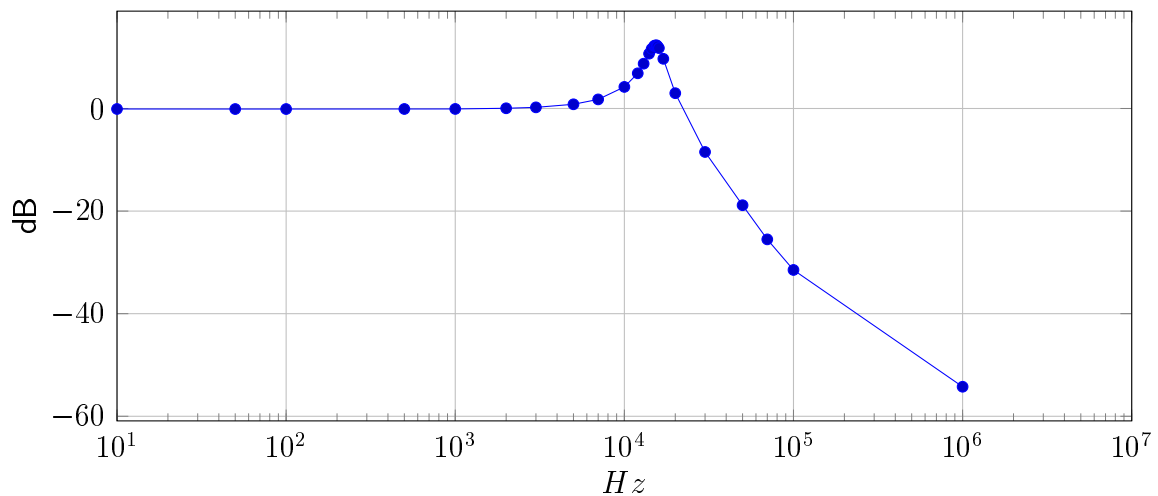


Abbildung 3: Bode Diagramm RLC-Tiefpass,  $R = 22\Omega$ , Amplitudengang

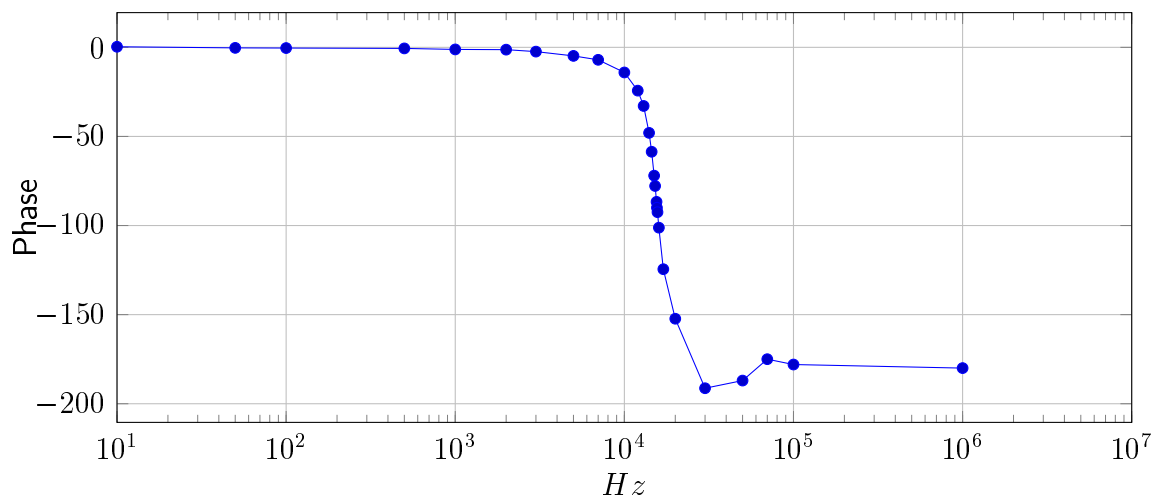


Abbildung 4: Bode Diagramm RLC-Tiefpass,  $R = 22\Omega$ , Phasengang

Da es sich bei dieser Messung um einen Tiefpass handelt ist die Dämpfung bis zur Grenzfrequenz 0dB und das Eingangssignal wird unverändert durchgelassen. Wie bereits in der Sprungantwort festgestellt schwingt das Filter genau bei der Grenzfrequenz, das heißt die Ausgangsspannung ist größer als die Eingangsspannung. Danach beginnt das Fiter mit  $-40dB/Dec$  zu dämpfen. Die Phase dreht von  $0^\circ$  auf  $-180^\circ$ , genau bei der Grenzfrequenz ist die Phase auf  $-90^\circ$ .

Die letzten 5 Messpunkte sind sehr ungenau, da das Ausgangssignal bereits so stark gedämpft ist, dass keine genauen Messungen mehr durchgeführt werden konnten.

Die genaue Grenzfrequenz sollte mittels Variation der Frequenz festgestellt werden. Die Frequenz am Funktionsgenerator wird so lange erhöht bis die Phasenverschiebung genau  $-90^\circ$  beträgt.

Ermittelte Grenzfrequenz:  $f_0 = 15580 \text{ Hz}$

Berechnete Grenzfrequenz:  $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{100\text{nF} \cdot 1\text{mH}}} = 15916 \text{ Hz}$

Unterschied zwischen berechneter/gemessener Werte: 2,11%

### 3.5 Sprungantwort $R = 180\Omega$

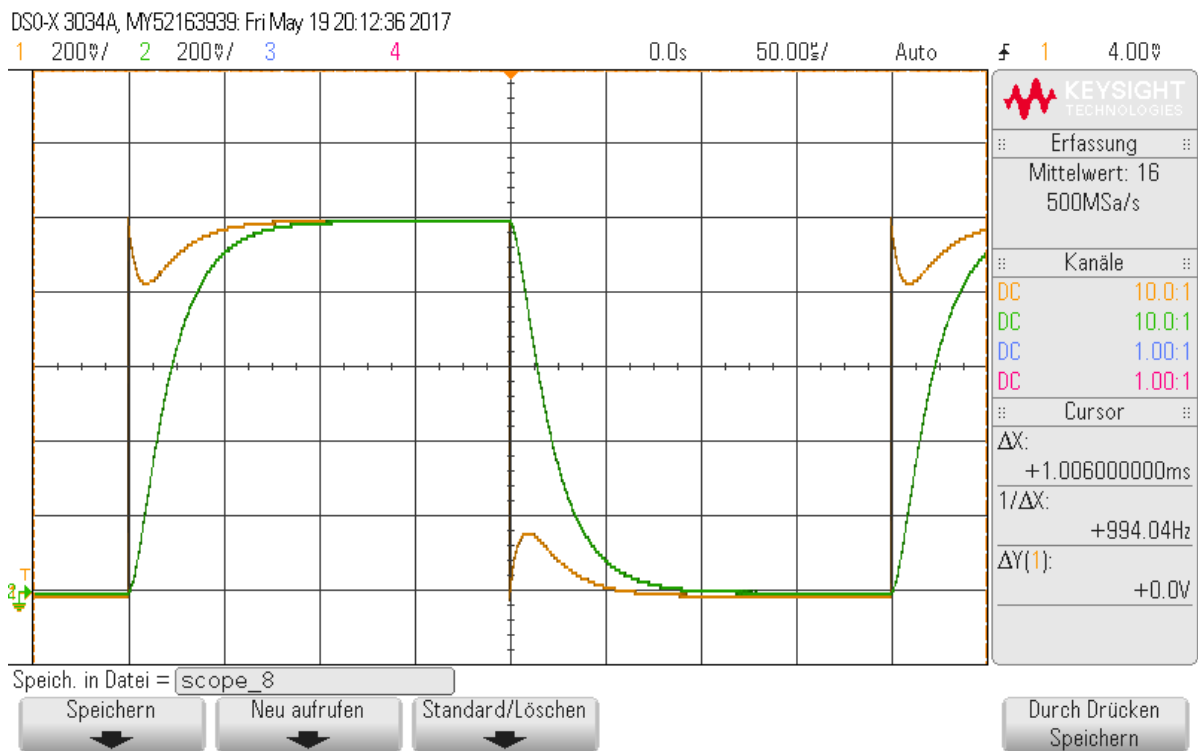


Abbildung 5: Sprungantwort mit  $R = 180\Omega$

Mit dem größeren Widerstand, steigt die Ausgangsspannung relativ schnell an, es kommt jedoch nicht zu überschwingungen  $\Rightarrow$  Filter kritischer Dämpfung.

### 3.6 Bodediagramm $R = 180\Omega$

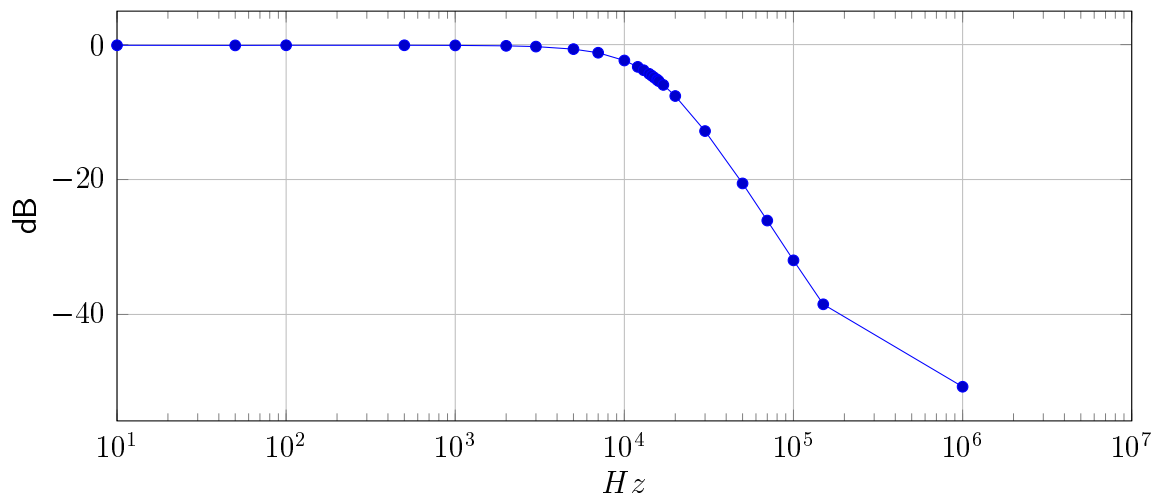


Abbildung 6: Bode Diagramm RLC-Tiefpass,  $R = 180\Omega$ , Amplitudengang

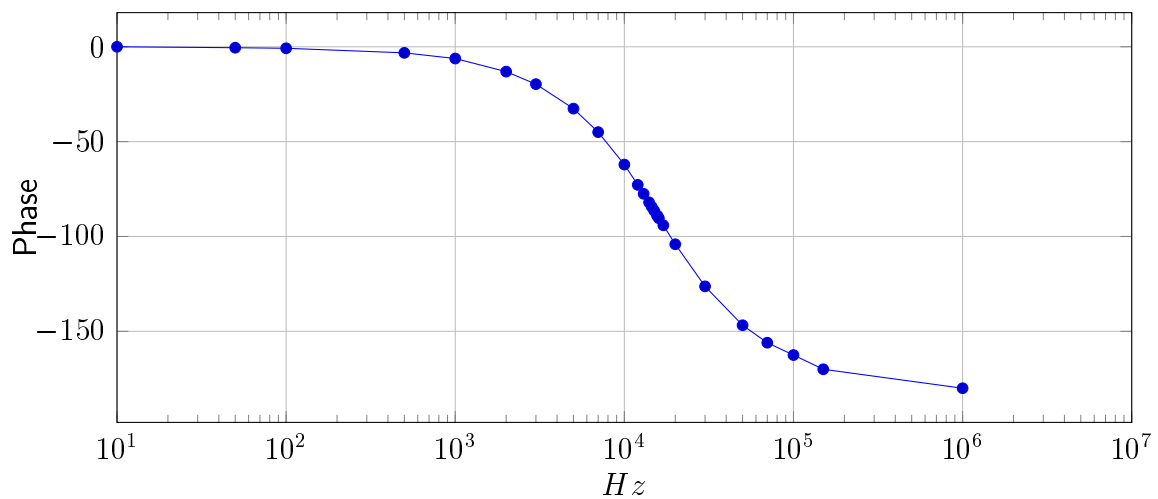


Abbildung 7: Bode Diagramm RLC-Tiefpass,  $R = 180\Omega$ , Phasengang

Da es sich hier um ein Filter kritischer Dämpfung handelt, beginnt die Dämpfung, kurz vor der Grenzfrequenz. Bei genau  $-90^\circ$  Phasenverschiebung, dämpft das Filter mit -5dB. Ab der Grenzfrequenz wird mit -40dB/Dec gedämpft.

### 3.7 Sprungantwort $R = 1k\Omega$

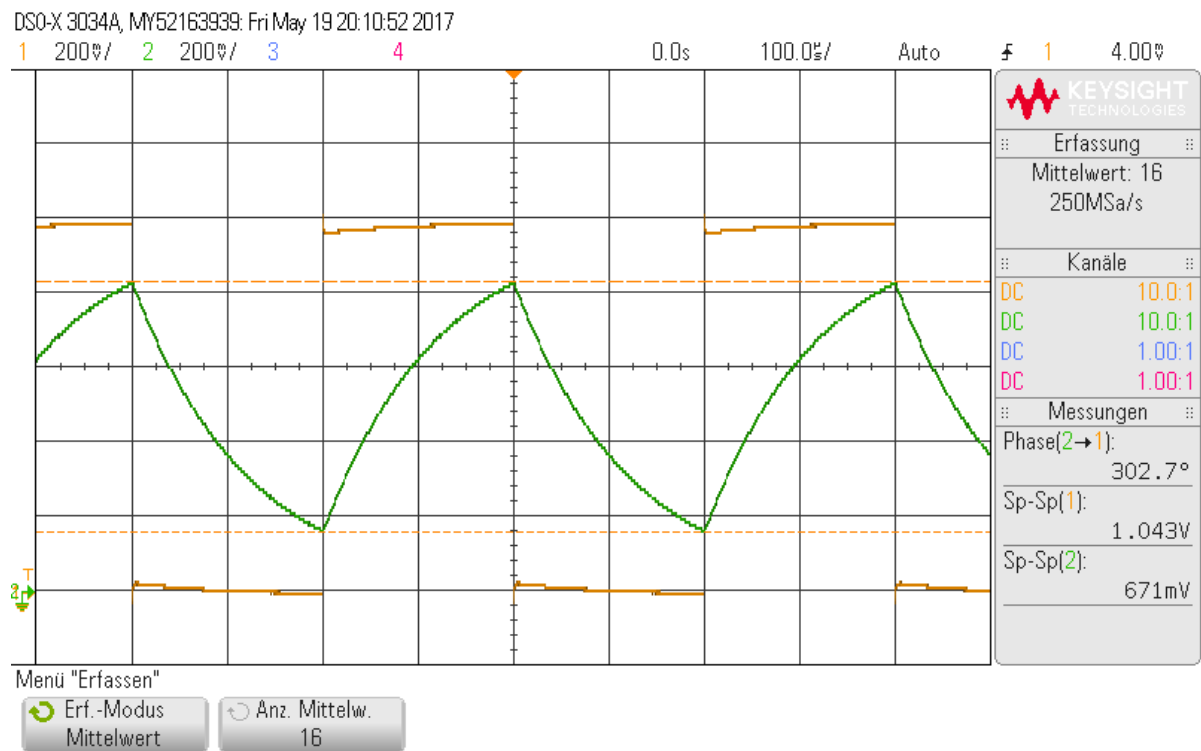


Abbildung 8: Sprungantwort mit  $R = 1k\Omega$

Mit einem sehr großen Widerstand von  $R = 1k\Omega$  ist die Zeitkonstante  $\tau$  sehr groß, d.h. das Filter braucht sehr lange bis die Dämpfung erreicht wird.

### 3.8 Bodediagramm $R = 1k\Omega$

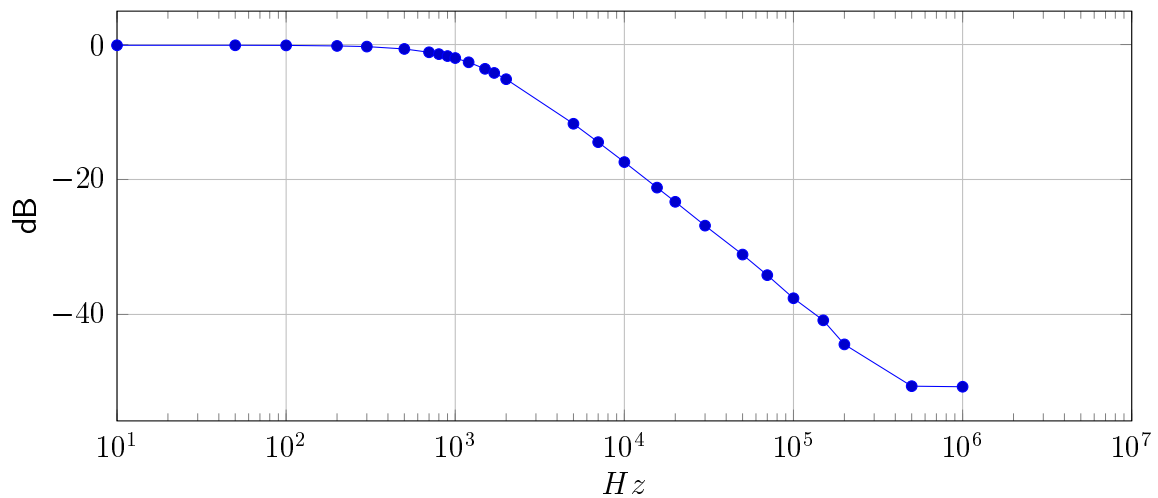


Abbildung 9: Bode Diagramm RLC-Tiefpass,  $R = 1k\Omega$ , Amplitudengang

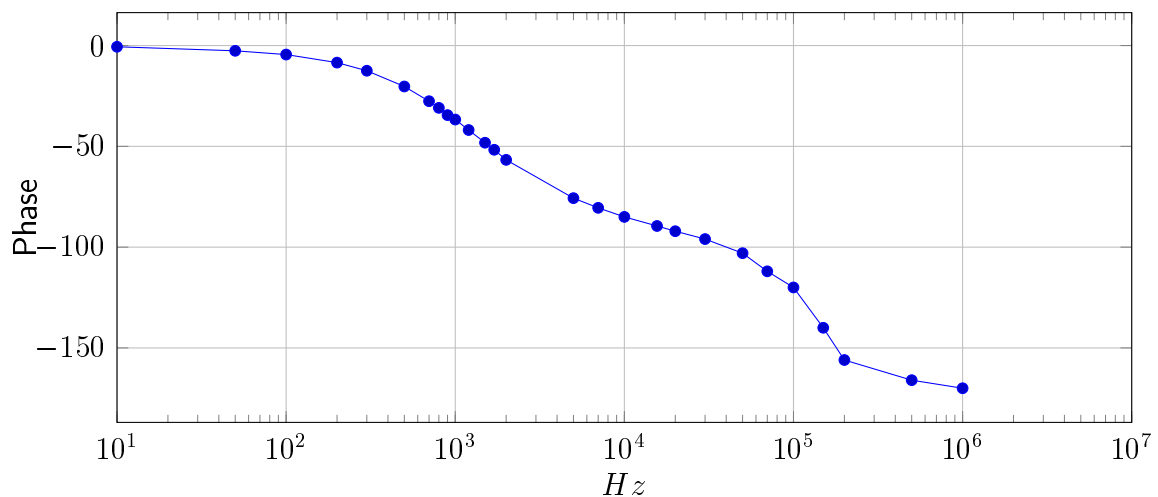


Abbildung 10: Bode Diagramm RLC-Tiefpass,  $R = 1k\Omega$ , Phasengang

Dieses schlechte Dämpfungsverhalten, welches bereits in der Sprunganwort zu erkennen war, zeichnet sich auch im Bodediagramm ab. Das Filter beginnt bereits sehr früh zu dämpfen, jedoch beträgt die Filtersteilheit nur -20dB/Dec. Dies liegt daran, dass nur der RC-Teil aktiv ist. Die Grenzfrequenz des RL-Teils liegt weit darüber, bei ca.  $150kHz$ . Dieser Knick ist allerdings im Amplitudengang nur mehr sehr schlecht zu erkennen, da bei dieser hohen Frequenz das Ausgangssignal bereits so stark gedämpft wurde, dass keine vernünftigen Messergebnisse mehr aufgenommen werden konnten. Im Phasengang, ist die Drehung von  $-90^\circ$  auf  $-180^\circ$  bei ca.  $150kHz$  zu erkennen.



Grenzfrequenz des RC-Teiles:  $f_g = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi * 1k\Omega * 100nF} = 1591Hz$

Grenzfrequenz des LC-Teiles:  $f_g = \frac{R}{2\pi L} = \frac{1k\Omega}{2\pi * 1mH} = 159155Hz$

### 3.9 Pol- Nullstellendiagramm

### 3.10 Vergleich: Messung und Simulationen

Die Messungen stimmen bis auf kleine Bauteil- und Messungenauigkeiten mit den Simulationen überein.

Die Messungen von der Ausgangssingale in seine sehr Hochfrequenten Bereich ( $> 100kHz$ ) sind im Vergleich zu den Simulationen sehr ungenau, da das Signal bereits zu stark gedämpft ist.

