



# Elektrotechnische Grundlagen der Informatik (LU 182.692)

## Protokoll der 2. Laborübung: "Filter" "Transiente Vorgänge und Frequenzverhalten" a) LTSPICE-Simulationen

Gruppennr.: ... Datum der Laborübung: .....

Matr. Nr.	Kennzahl	Name
1614835		Jan Nausner
1633068		David Pernerstorfer

<b>Kontrolle</b>	✓
Verhalten eines Filters 1. Ordnung	
Verhalten eines RL-Filters	
Dynamisches System 2. Ordnung	

# 1 RC-Tiefpassfilter 1. Ordnung

## 1.1 Aufgabenstellung

Die Sprungantwort und der Amplituden- bzw. Phasengang eines RC-Tiefpassfilters 1. Ordnung soll mittels LTSpice simuliert werden.

## 1.2 Schaltplan

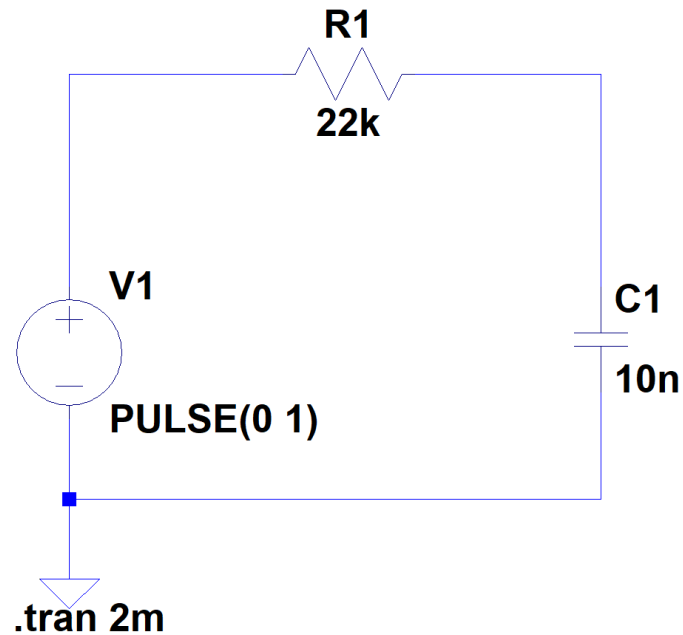


Figure 1: RC-Tiefpassfilter 1. Ordnung

## 1.3 Durchführung

Zuerst wird die RC-Schaltung mit  $R1 = 22k\Omega$  und  $C1 = 10nF$  zusammengefügt. Dazu wird mit der PULSE-Option der Sprung von  $0V$  auf  $1V$  angelegt. Die Sprungantwort des Systems wird dann im Bereich von  $0s$  bis  $2ms$  geplottet. Nun soll der Amplituden- und Phasengang simuliert werden. Dazu wird eine sinusförmige Spannung mit  $1V_{pp}$  ( $0,5V$  Amplitude) angelegt. Es wird eine dekadische Simulation im Bereich von  $1Hz$  bis  $1MHz$  durchgeführt und das daraus resultierende Bode-Diagramm aufgezeichnet.

## 1.4 Ergebnis

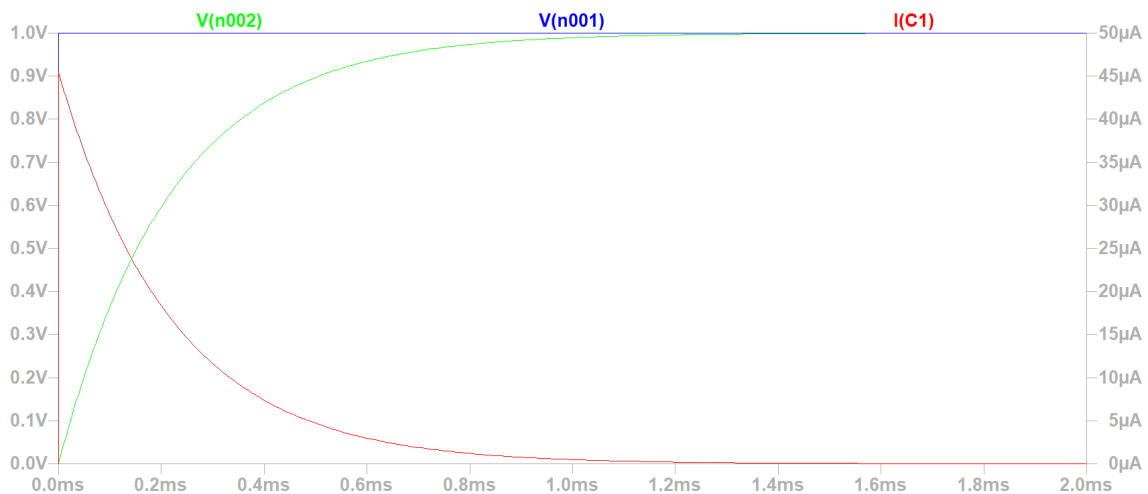


Figure 2: Sprungantwort RC-Tiefpassfilter 1. Ordnung

Anhand dieses Diagramms erkennt man sehr gut, wie der Strom  $I(C1)$  am Kondensator zuerst maximal ist und bei steigender Spannung  $V(n002)$  am Kondensator immer stärker abfällt. Der Strom erreicht seinen Tiefpunkt, sobald die Spannung am Kondensator maximal ist.

Die Zeitkonstante

$$\tau = R1 * C1 = 22k\Omega * 10nF = 220\mu s$$

besagt, dass nach  $222\mu s$  63% der Maximalspannung von  $C1$  erreicht wird. Dies lässt sich gut am Diagramm ablesen, wo die Spannung  $V(n002)$  bei  $0,22ms$  ca.  $0,63V$  beträgt. Nach  $5 * \tau = 1,1ms$  wird 99% der Maximalspannung erreicht, der Kondensator ist de facto vollständig geladen, die Spannung ist maximal.

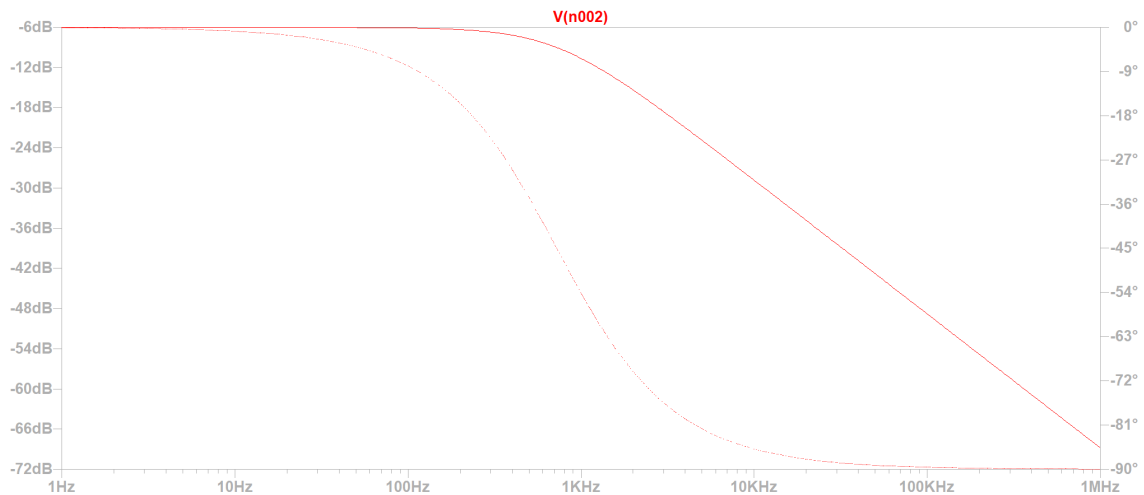


Figure 3: Bode-Diagramm RC-Tiefpassfilter 1. Ordnung

Ein Bode-Diagramm dient der Darstellung der Filtereigenschaften. Auf der X-Achse wird hierfür die Frequenz in dekadischen Abständen aufgetragen und auf der Y-Achse das Übertragungsverhalte  $20 \log(\frac{U_a}{U_e})$  bzw. der Phasengang.

Das Übertragungsverhalten, welches als Quotient von Ausgangs- und Eingangsspannung definiert ist, ergibt sich aus folgender Formel:

$$\frac{U_a}{U_e} = \frac{Z_{C1}}{Z_{R1} + Z_{C1}} = \frac{\frac{1}{j\omega C1}}{R1 + \frac{1}{j\omega C1}} = \frac{1}{1 + j\omega R1 C1}$$

Wenn die Frequenz bei 0 liegt, dann sind Aus- und Eingangsspannung gleich groß. Geht die Frequenz gegen  $\infty$  lässt der Filter kein Signal mehr durch.

Die Grenzfrequenz des Filters wird bei

$$f_c = \frac{1}{2\pi R1 C1} \approx 723 Hz$$

erreicht.

Hier beträgt die Dämpfung ca.  $-3 dB$  und der Phasengang  $-45^\circ$  und die Spannung über  $R1$  und  $C1$  ist gleich. Man kann anhand des Diagramms auch gut erkennen, dass die Filtersteilheit bei einem RC-Tiefpass 1.Ordnung  $-20 dB/Dekade$  beträgt.

## 2 RL-Hochpassfilter 1. Ordnung

### 2.1 Aufgabenstellung

Die Sprungantwort und der Amplituden- bzw. Phasengang eines RL-Hochpassfilters 1. Ordnung soll mittels LTSpice simuliert werden.

### 2.2 Schaltplan

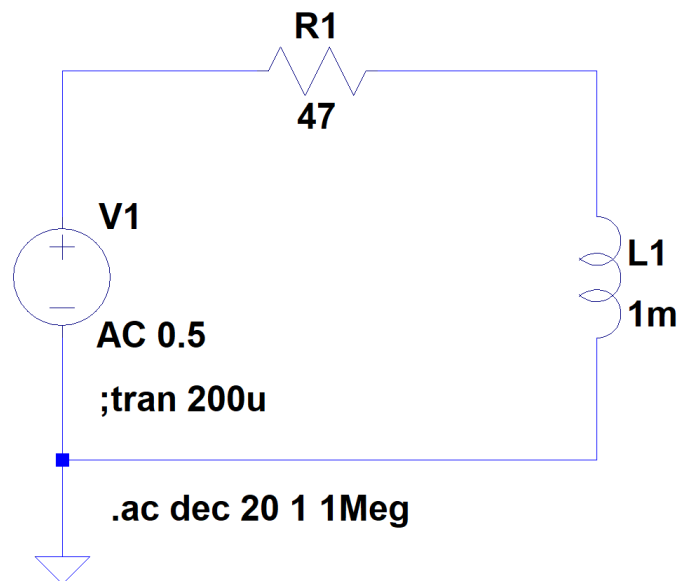


Figure 4: RL-Hochpassfilter 1. Ordnung

### 2.3 Durchführung

Zuerst wird die RL-Schaltung mit  $R1 = 47\Omega$ ,  $L1 = 1mH$  und  $R_L = 0\Omega$  zusammengefügt. Dazu wird mit der PULSE-Option der Sprung von  $0V$  auf  $1V$  angelegt. Die Sprungantwort des Systems wird dann im Bereich von  $0s$  bis  $200\mu s$  geplottet. Nun soll der Amplituden- und Phasengang simuliert werden. Dazu wird eine sinusförmige Spannung mit  $1V_{pp}$  ( $0,5V$  Amplitude) angelegt. Es wird eine dekadische Transientensimulation im Bereich von  $1Hz$  bis  $1MHz$  durchgeführt und das daraus resultierende Bode-Diagramm aufgezeichnet. Danach wird der Widerstand  $R_L$  auf  $1,2\Omega$  geändert, die Simulation des Amplituden- und Phasenganges wiederholt und das neue Bode-Diagramm aufgezeichnet.

## 2.4 Ergebnis

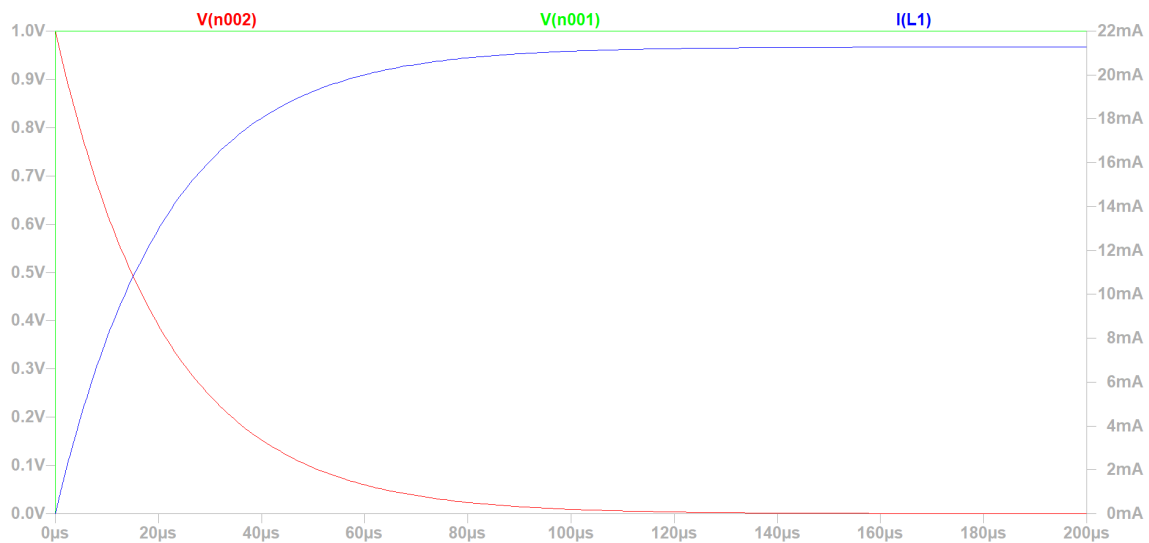


Figure 5: Sprungantwort RL-Hochpassfilter 1. Ordnung

Anhand dieses Diagramms erkennt man sehr gut, wie der Strom  $I(L1)$  an der Spule zuerst minimal ist und bei fallender Spannung  $V(n002)$  an der Spule immer stärker ansteigt. Der Strom erreicht sein Maximum, sobald die Spannung an der Spule minimal ist.

Die Zeitkonstante

$$\tau = \frac{L1}{R1} = \frac{1mH}{47} \approx 21,3\mu s$$

besagt, dass  $L1$  nach  $21,3\mu s$  zu 63% aufmagnetisiert ist. Nach  $5 * \tau \approx 106,4\mu s$  ist  $L1$  zu 99% aufmagnetisiert, der Strom ist maximal.

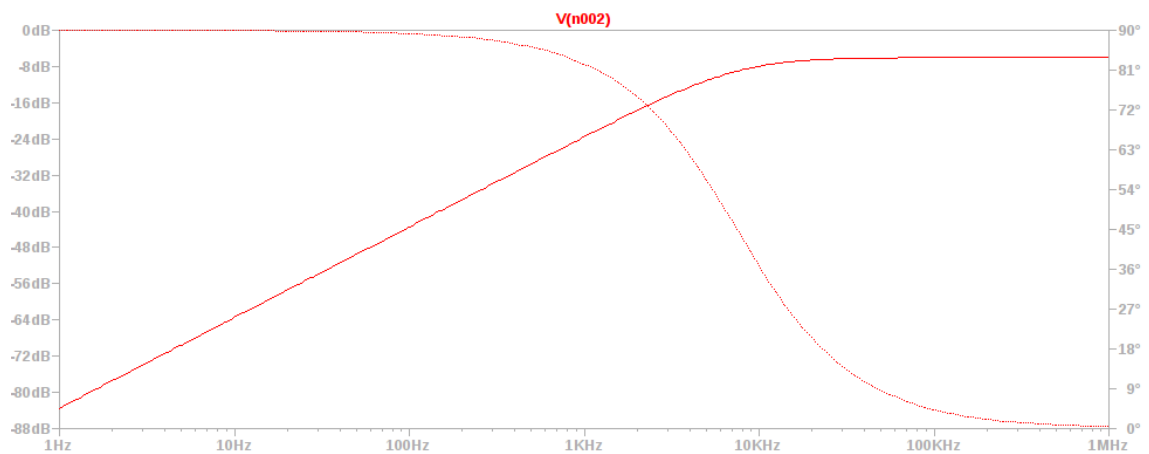


Figure 6: Bode-Diagramm RL-Hochpassfilter 1. Ordnung

Das Übertragungsverhalten, welches als Quotient von Ausgangs- und Eingangsspannung definiert ist, ergibt sich aus folgender Formel:

$$\frac{U_a}{U_e} = \frac{Z_{L1}}{Z_{R1} + Z_{L1}} = \frac{j\omega L1}{R1 + j\omega L1}$$

Wenn die Frequenz bei 0 liegt, dann lässt der Filter kein Signal durch. Geht die Frequenz gegen  $\infty$ , dann sind Aus- und Eingangsspannung gleich groß. Die Grenzfrequenz des Filters wird bei

$$f_c = \frac{R1}{2\pi * L1} \approx 7,5 kHz$$

erreicht.

Hier beträgt die Dämpfung ca. 3dB und der Phasengang 45° und die Spannung über  $R1$  und  $L1$  ist gleich. Man kann anhand des Diagramms auch gut erkennen, dass die Filtersteilheit bei einem RL-Tiefpass 1.Ordnung 20dB/Dekade beträgt.

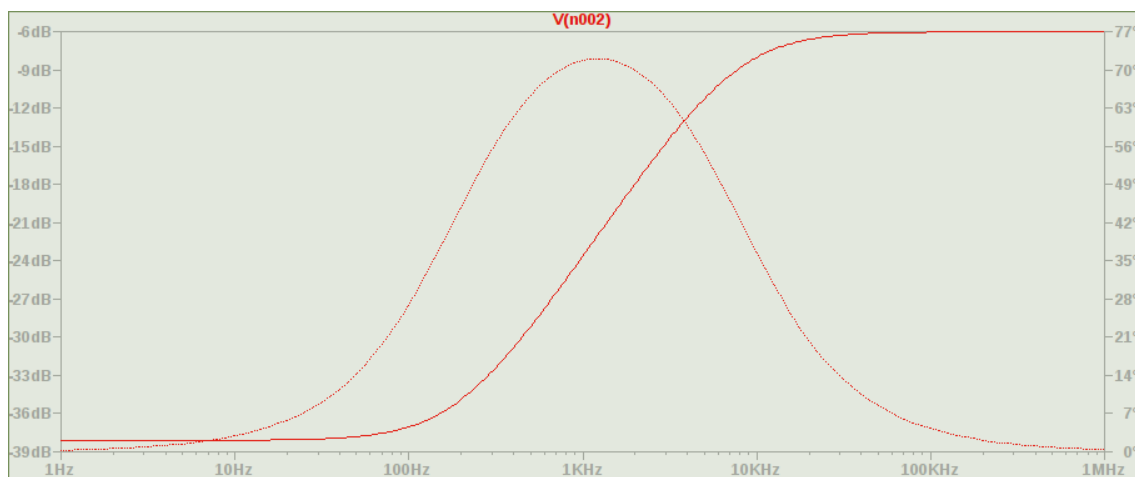


Figure 7: Bode-Diagramm RL-Hochpassfilter 1. Ordnung mit Serienwiderstand 1,2Ω

Durch den parasitären Serienwiderstand wird die Schaltung verändert und somit auch die Filtereigenschaften. Verglichen mit dem Bode-Diagramm für das System ohne parasitären Serienwiderstand zeigt sich, dass hier eine starke Veränderung des gewünschten Hochpassverhaltens eintritt und dieses kaum mehr vorhanden ist.

### 3 Simulation eines dynamischen Systems 2. Ordnung

#### 3.1 Aufgabenstellung

Der Amplituden- und Phasengang eines dynamischen Systems 2. Ordnung soll mittels LT-Spice simuliert werden.

#### 3.2 Schaltplan

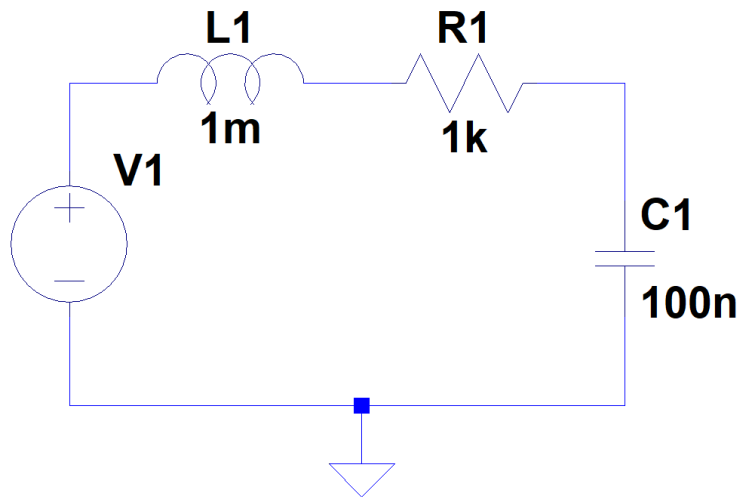


Figure 8: RLC-System

#### 3.3 Durchführung

Zuerst wird die Schaltung mit  $R = 22\Omega$ ,  $L = 1mH$  ( $R_s = 0\Omega$ ) und  $C = 100nF$  zusammengefügt. Der Frequenzbereich von  $1Hz$  bis  $1MHz$  wird simuliert. Die entsprechende Einstellung findet man unter *Simulate - Edit Simulation Command - Reiter AC Analysis*. Folgende Einstellungen werden vorgenommen.

- Type of Sweep: *Decade*
- Number of Points per Decade: 100
- Start frequency: 1
- Stop frequency: 1MEG

Nun wird die Simulation gestartet und Phasengang und Amplitudengang werden geplottet. Die gleiche Simulation wird mit geänderten Widerstandswerten durchgeführt ( $180\Omega$ ,  $1k\Omega$ ).



### 3.4 Ergebnis



Figure 9: Bode-Diagramm RLC-System mit  $22\Omega$  Widerstand

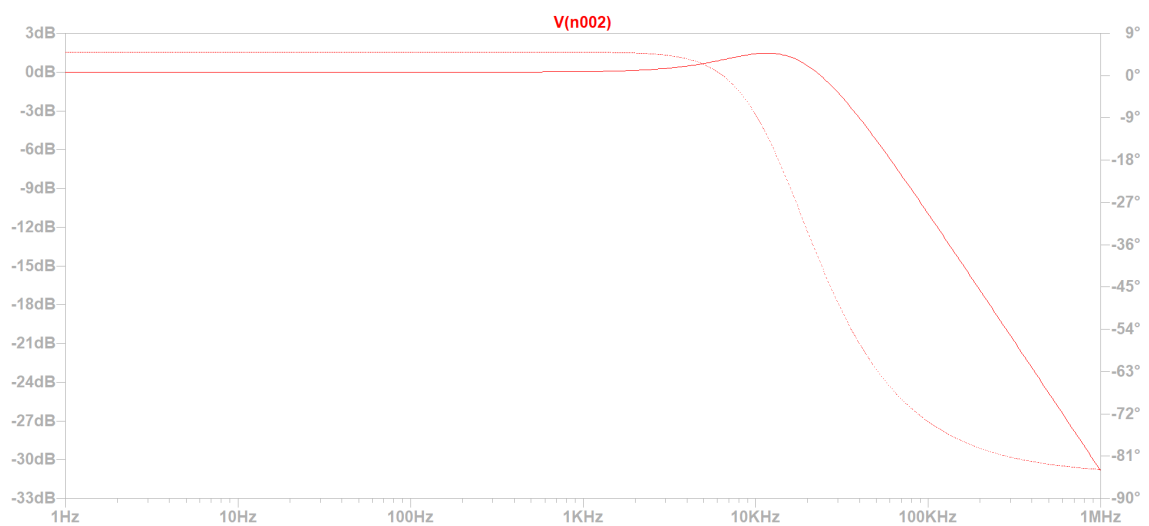


Figure 10: Bode-Diagramm RLC-System mit  $180\Omega$  Widerstand

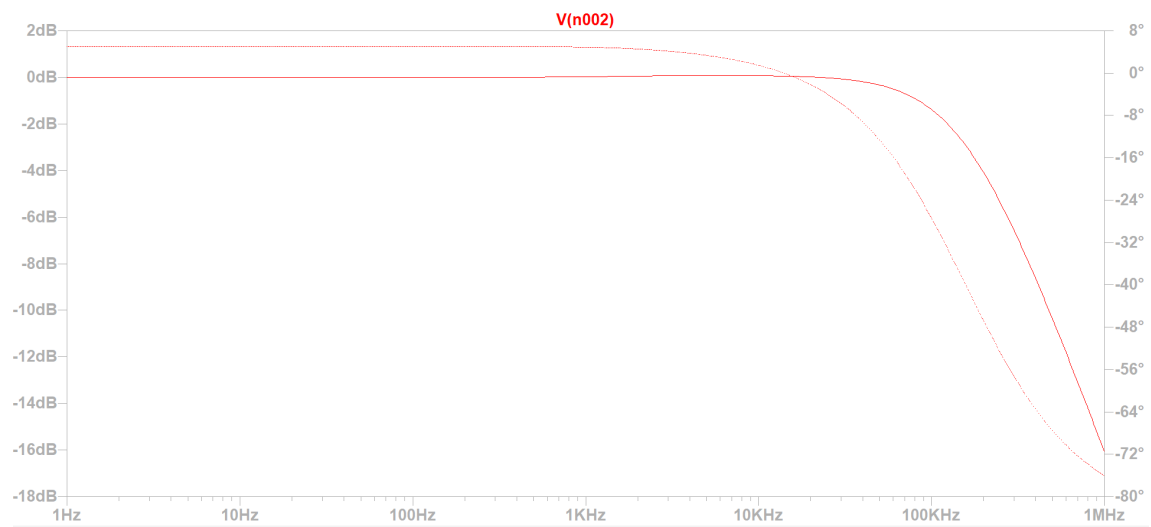


Figure 11: Bode-Diagramm RLC-System mit  $1k\Omega$  Widerstand

