

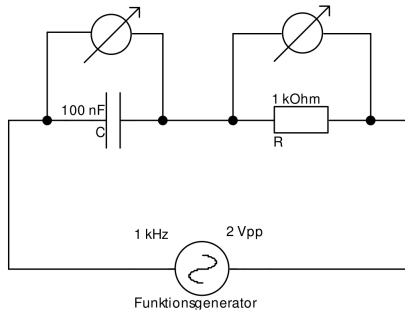
# Elektronikpraktikum Auswertung: Versuch 2

Gruppe 1  
Patrick Heuer  
Benjamin Lotter

# Aufgabe 1

## Bestimmung von komplexem Widerstand und Phase

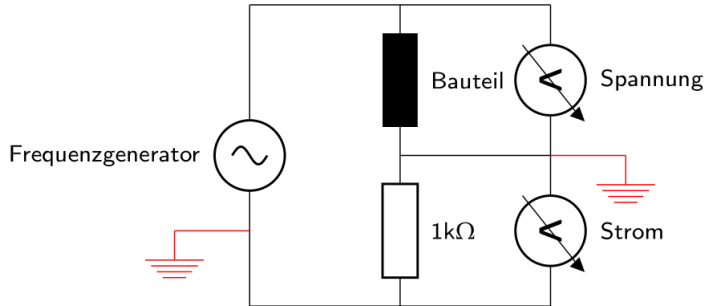
- Bestimmung des Widerstands durch Messung von Strom und Spannung
- Strommessung = Spannungsmessung an bekanntem Widerstand



# Aufgabe 1

## Bestimmung von komplexem Widerstand und Phase

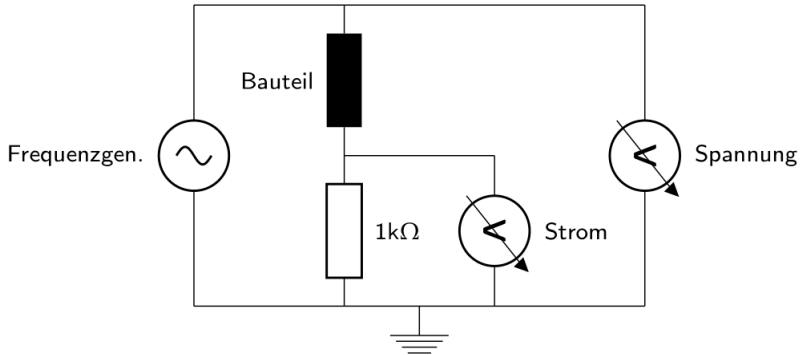
- Problem: Erdschleife



# Aufgabe 1

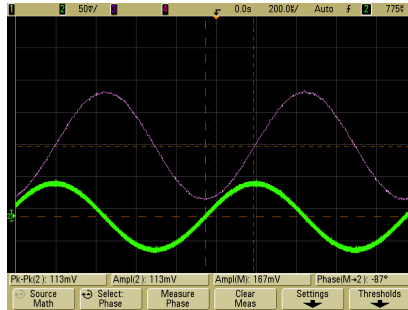
## Bestimmung von komplexem Widerstand und Phase

- Problem: Erdschleife
- Lösung: Erdungen aufeinander legen
- Abfall über Bauteil: "Math function 1 - 2"



# Aufgabe 1

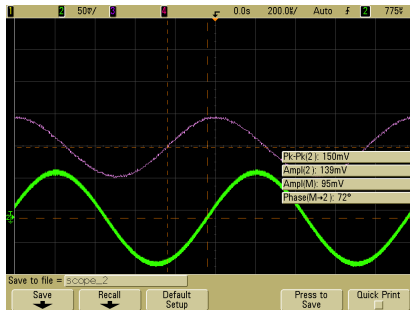
## Kondensator



	$I$	$U$	$\varphi$
Kondensator	$113\mu A$	$167mV$	$-87^\circ$

# Aufgabe 1

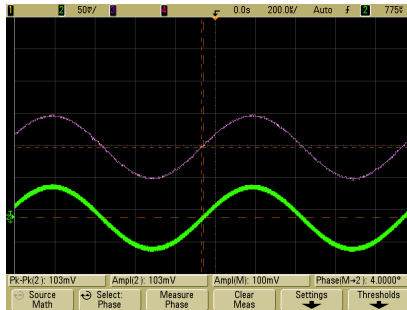
## Spule



	$I$	$U$	$\varphi$
Kondensator	$113\mu A$	$167mV$	$-87^\circ$
Spule	$139\mu A$	$95mV$	$72^\circ$

# Aufgabe 1

## Widerstand



	$I$	$U$	$\varphi$
Kondensator	$113\mu A$	$167mV$	$-87^\circ$
Spule	$139\mu A$	$95mV$	$72^\circ$
Widerstand	$104\mu A$	$100mV$	$4^\circ$

- Komplexer Widerstand:  $Z = \frac{U}{I} (\cos(\varphi) + i \sin(\varphi))$

$$Z_C \approx 77.35 - i475.85\Omega$$

$$Z_L \approx 211.20 - i650.00\Omega$$

$$Z_R \approx 968.51 - i67.72\Omega$$



- Komplexer Widerstand:  $Z = \frac{U}{I} (\cos(\varphi) + i \sin(\varphi))$

$$Z_C \approx 77.35 - i475.85\Omega$$

$$Z_L \approx 211.20 - i650.00\Omega$$

$$Z_R \approx 968.51 - i67.72\Omega$$

- $C = -i \frac{1}{2\pi f Z_C}$  und  $L = \frac{Z_L}{i2\pi f}$ :

$$C \approx 108 - i5.64nF$$

$$L \approx 103.45 - i33.61mH$$

# Aufgabe 1

## Auswertung

	Theorie	Messung
$\varphi_C$	$-90^\circ$	$-87^\circ$
$\varphi_L$	$90^\circ$	$72^\circ$
$\varphi_R$	$0^\circ$	$4^\circ$

- Gründe für Abweichung:
  - ohmscher Widerstand der Bauteile
  - Widerstand in Messgeräten
  - Messungenauigkeit

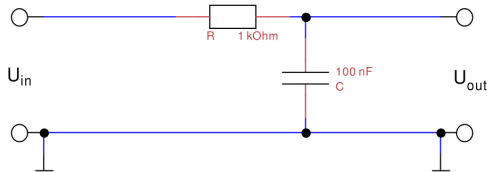
- Bode Diagramm: Auftragung Dämpfung über Frequenz
- Visualisierung von Dämpfung
- Dezibel:

$$V^* = 20 \log_{10} \left( \frac{U_2}{U_1} \right)$$

- Hoch-, Tief-, Sperr-, Bandpassfilter
- Unterdrückung von Frequenzbereichen
- Ordnung gibt an wie stark die Dämpfung ausfällt: 1. Ordnung:  $6\text{dB}$  pro Oktave, 2. Ordnung  $12\text{dB}$  pro Oktave etc.
- nichtlineares Verhalten

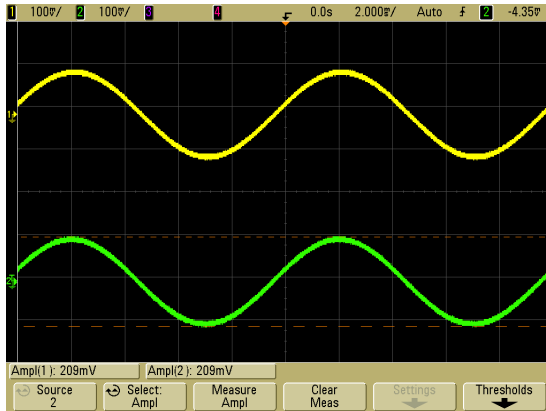
# Aufgabe 2

## Tiefpassfilter 1. Ordnung



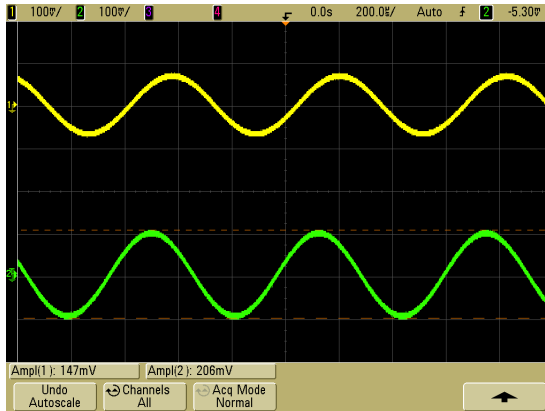
# Tiefpassfilter 1. Ordnung

100Hz



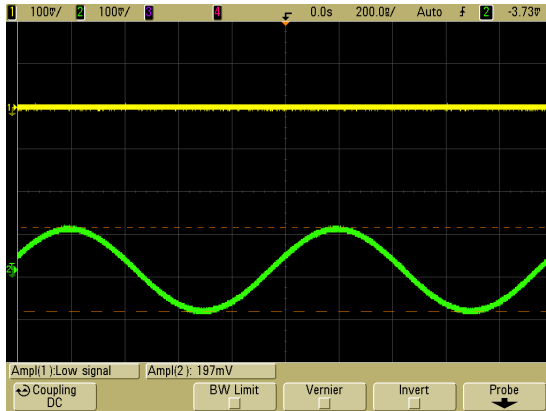
# Tiefpassfilter 1. Ordnung

1.6kHz



# Tiefpassfilter 1. Ordnung

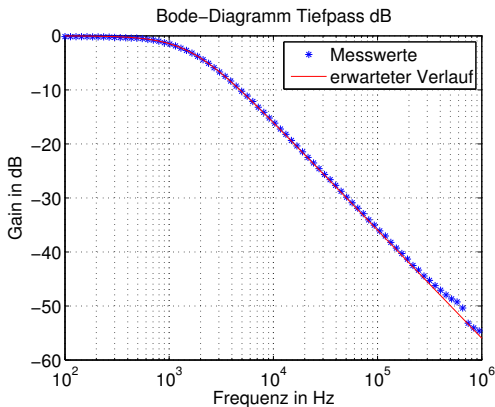
## 1MHz





# Aufgabe 2

## Tiefpass 1. Ordnung

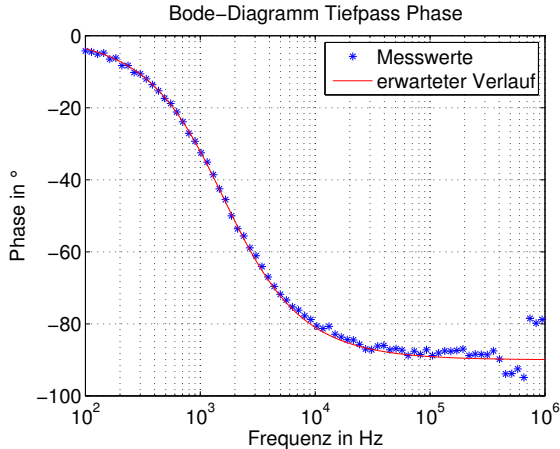


- Erwarteter Verlauf:

$$V = 20 \log_{10} \left( \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega CR)^2}} \right)$$

# Aufgabe 2

## Tiefpass 1. Ordnung



- Erwarteter Verlauf:

$$\varphi = -\arctan(\omega CR)$$

# Aufgabe 2

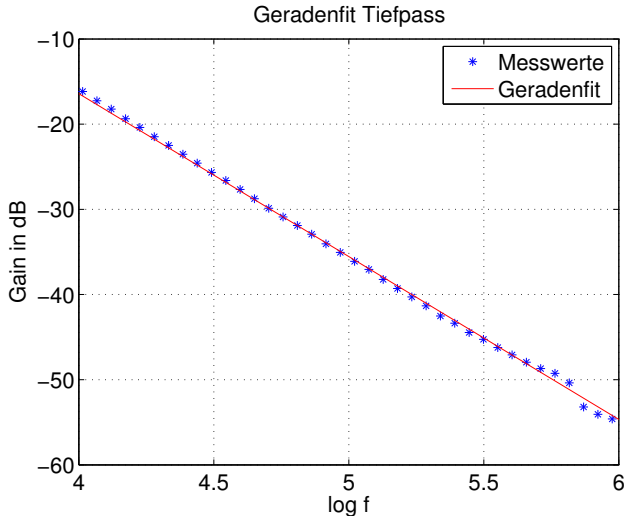
## Tiefpass 1. Ordnung

- 3dB-Frequenz: linearer Abfall des Signals
- $\frac{U_{in}}{U_{out}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$
- Theoretischer Grenzfrequenz:  $f_{c_T} = \frac{1}{2\pi CR} \approx 1591.55Hz$
- Aus Bode Diagramm bei  $dB = 3.185845$ :  $f_{c_T} \approx 1656Hz$

# Aufgabe 2

## Tiefpass 1. Ordnung

- Bestimmung der Steigung:



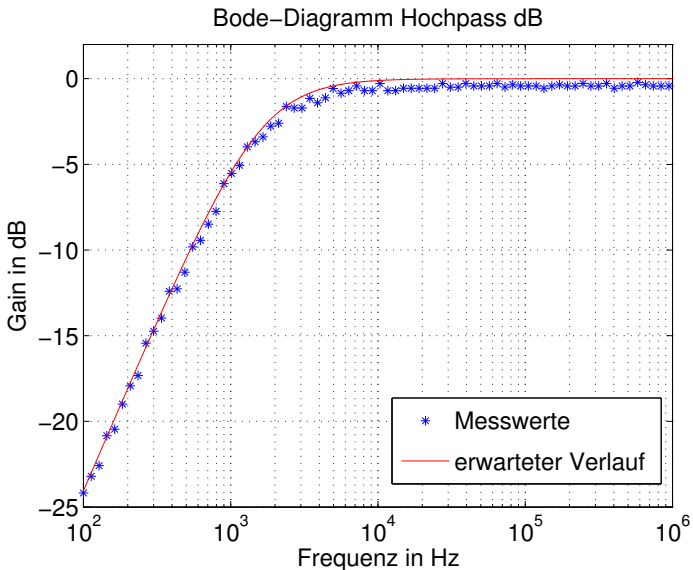
# Aufgabe 2

## Tiefpass 1. Ordnung

- Fit Wert:  $-19.12 \frac{dB}{Dekade} = -5.74 \frac{dB}{Oktave}$
- Theoretischer Wert:  $-20 \frac{dB}{Dekade} = -6 \frac{dB}{Oktave}$

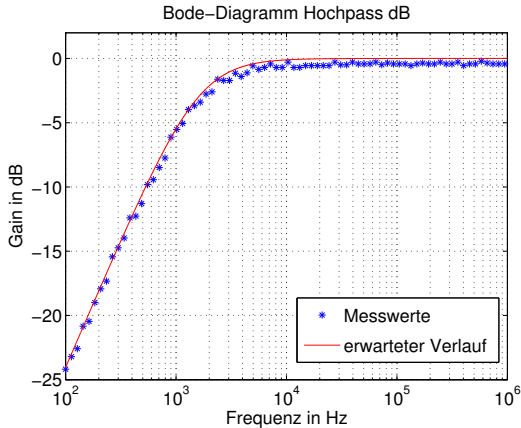
# Aufgabe 2

## Hochpass 1. Ordnung



# Aufgabe 2

## Hochpass 1. Ordnung

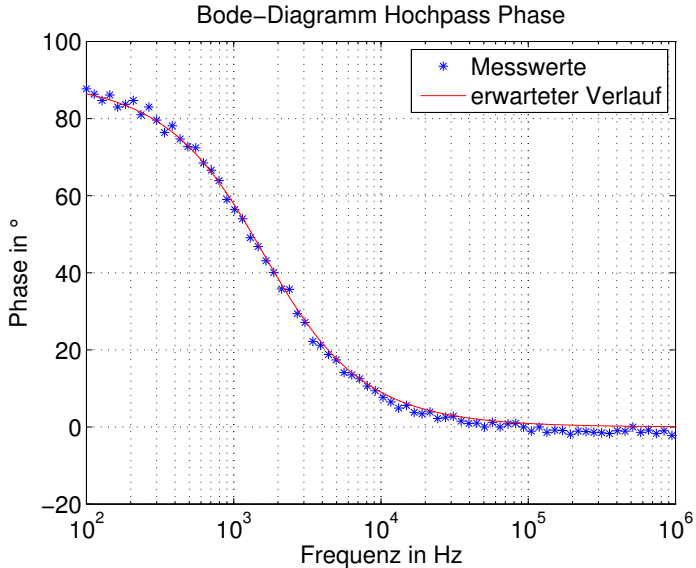


- Erwarteter Verlauf:

$$V = 20 \log_{10} \left( \frac{\omega CR}{\sqrt{1 + (\omega CR)^2}} \right)$$

# Aufgabe 2

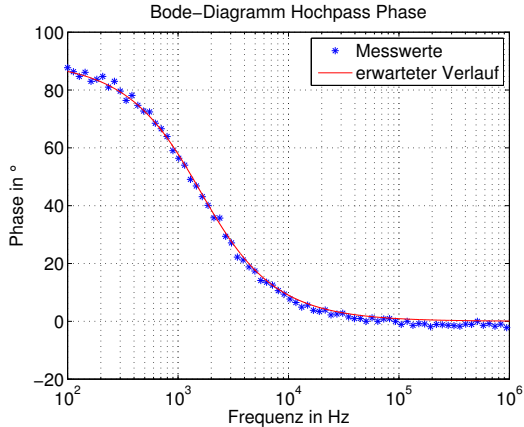
## Hochpass 1. Ordnung





# Aufgabe 2

## Hochpass 1. Ordnung

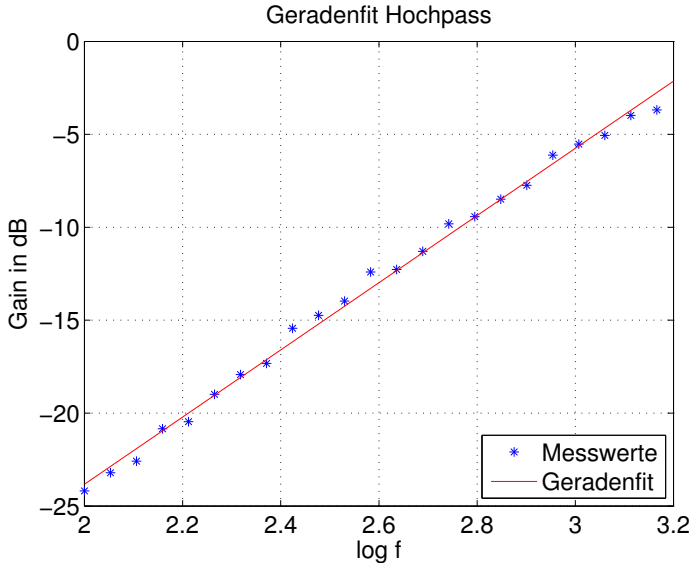


- Erwarteter Verlauf:

$$\varphi = \arctan\left(\frac{1}{\omega C}\right)$$

# Aufgabe 2

## Hochpass 1. Ordnung



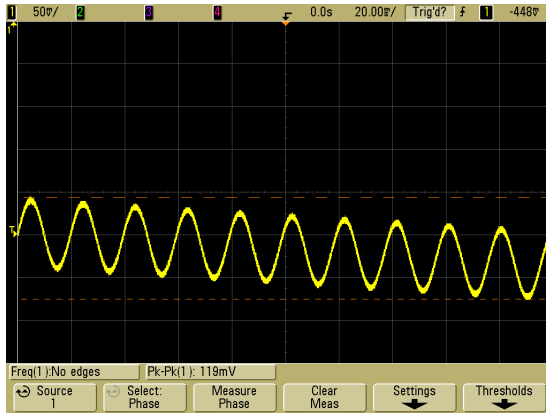
# Aufgabe 2

## Hochpass 1. Ordnung

- Theoretische Grenzfrequenz:  $f_{c_T} = \frac{1}{2\pi CR} = 1591.55\text{Hz}$
- Aus Bode Diagramm bei  $\text{dB} = -3.398500$ :  $f_{c_T} \approx 1656\text{Hz}$
- Fit Wert:  $-18.08 \frac{\text{dB}}{\text{Dekade}} = -5.42 \frac{\text{dB}}{\text{Oktave}}$
- Theoretischer Wert:  $-20 \frac{\text{dB}}{\text{Dekade}} = -6 \frac{\text{dB}}{\text{Oktave}}$

# Aufgabe 2

## AC-Modus des Oszilloskops



- Testsignal: Dreiecksspannung + Sinussignal
- Problem: Schwierigkeit bei automatischer Bestimmung der Amplitude - Sinus ist "schräg" und wandert

# Aufgabe 2

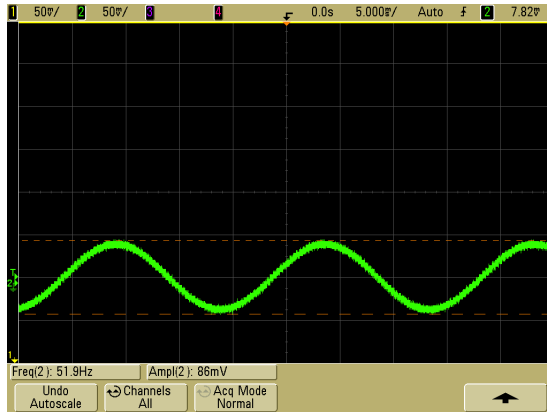
## AC-Modus des Oszilloskops

- Lösung 1: Vorschaltung eines Hochpassfilters
- Dreiecksspannung ist niedrigfrequentes Signal → wird herausgefiltert



# Aufgabe 2

## AC-Modus des Oszilloskops

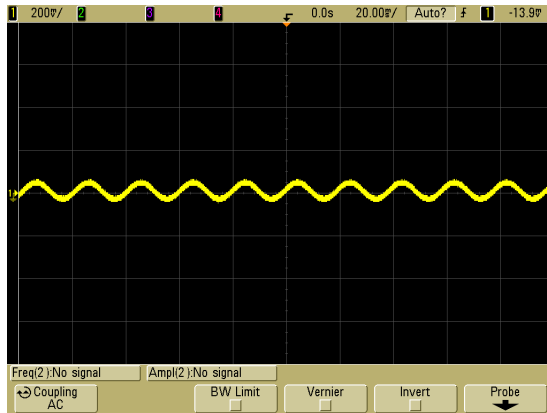


- Frequenz:  $f = 51.9\text{Hz}$
- Amplitude:  $\hat{U} = 86\text{mV}$

# Aufgabe 2

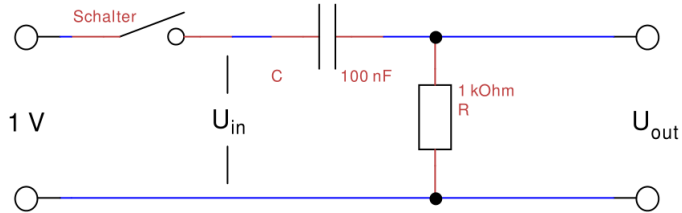
## AC-Modus des Oszilloskops

- Lösung 2: Eingang auf AC-Modus
- eingebauter Hochpassfilter
- Verwendung zum Filtern niedrigfrequenter Störungen



# Aufgabe 3

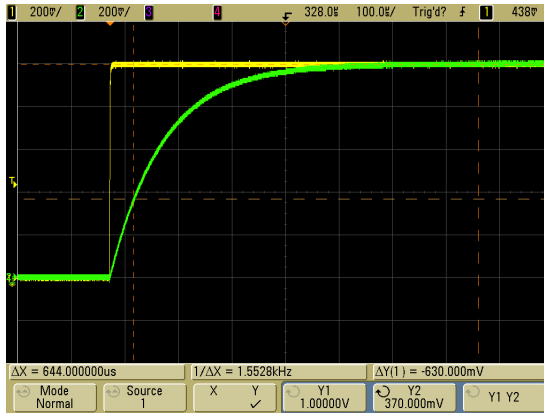
## Sprungantwort des Hochpassfilters





# Aufgabe 3

## Sprungantwort des Hochpassfilters

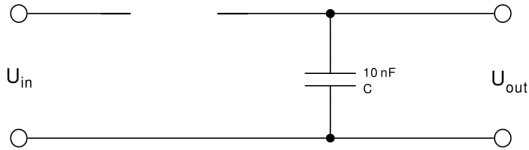


- Klassische Aufladekurve des Kondensators
- Charakteristische Zeit:  $\tau = R \cdot C = 0.1ms$
- gemessene Zeit:  $\tau = -\frac{t}{\ln\left(1 - \frac{U(t)}{U_0}\right)} = 0.096ms$

- Durch kompliziertere Schaltungen können schärfere Frequenztrennungen erreicht werden
- Beim Tiefpass wurde fälschlicherweise eine Spule mit  $L = 100mH$  verwendet

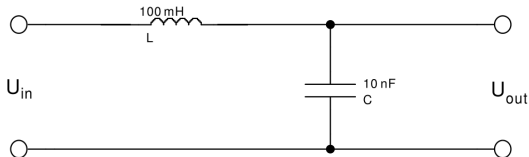
# Aufgabe 4

## Tiefpass 2. Ordnung



# Aufgabe 4

## Tiefpass 2.Ordnung

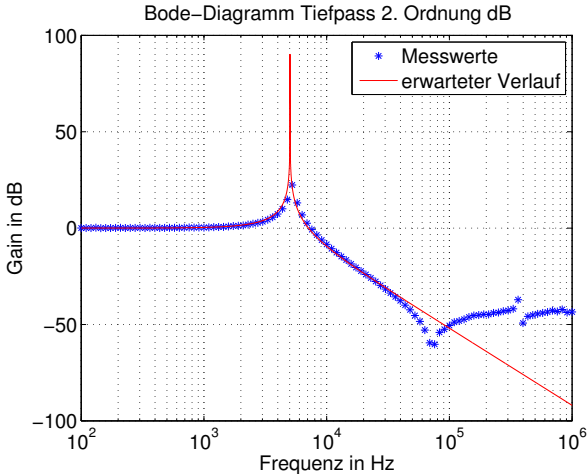


- Einbau von Spule
- Erwarteter Verlauf

$$\frac{U_{out}}{U_{in}} = \frac{1}{1 - \omega^2 LC}$$

# Aufgabe 4

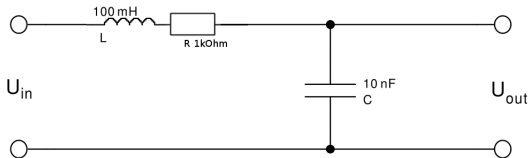
## Tiefpass Bode-Diagramm



- Unerwünschte Asymptote bei  $\omega = \sqrt{\frac{1}{LC}}$
- Schwingkreis ohne Dämpfung

# Aufgabe 4

## Tiefpass mit Widerstand

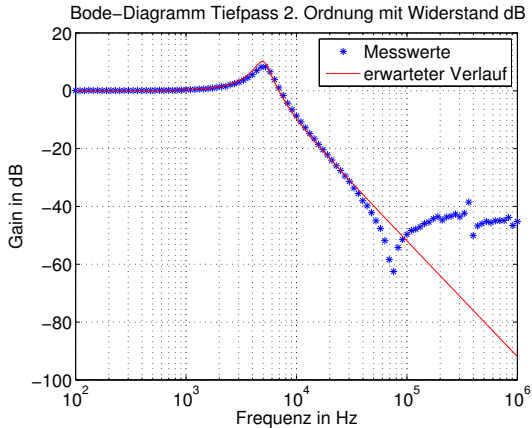


- Zusätzlicher Widerstand
- Erwarteter Verlauf

$$\frac{U_{out}}{U_{in}} = \frac{Z_C}{Z_C + Z_L + R} = \frac{1}{\sqrt{\omega^4 L^2 C^2 + \omega^2 R^2 C^2 - 2\omega^2 LC + 1}}$$

# Aufgabe 4

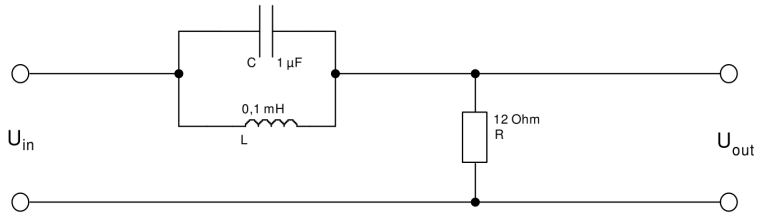
## Tiefpass mit Widerstand



- keine Asymptote
- Peak vor Abfall ist deutlich kleiner
- $R$  dämpft den Schwingkreis

# Aufgabe 4

## Sperrkreisfilter

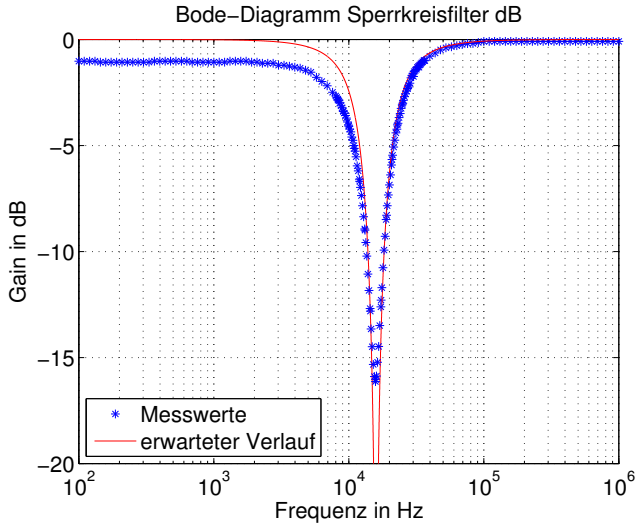


$$\frac{U_{out}}{U_{in}} = \frac{|Z_R|}{\left| \frac{1}{\frac{1}{Z_C} + \frac{1}{Z_L}} + Z_R \right|} = \frac{R}{\sqrt{\left( \frac{\omega L}{\omega^2 CL + 1} \right)^2 + R^2}}$$



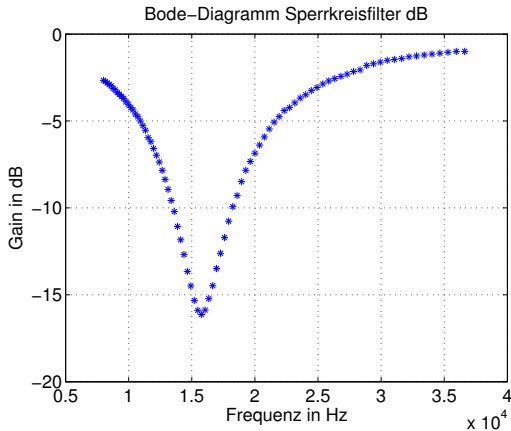
# Aufgabe 4

## Bode-Diagramm Sperrkreisfilter



# Aufgabe 4

## Bode-Diagramm Sperrkreisfilter



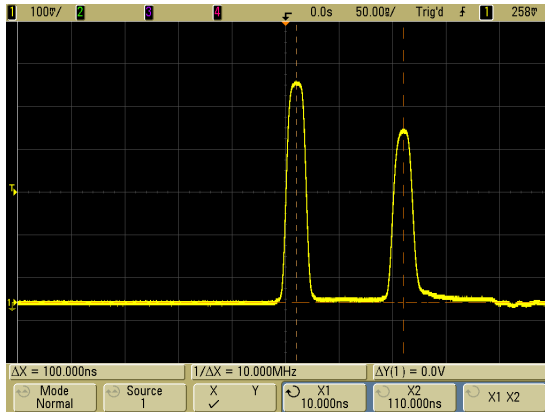
- Filtert einzelne Frequenz raus:  $f \approx 16\text{kHz}$
- Theorie:  $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = 15.91\text{kHz}$

- Untersuchung des Signalverhaltens bei Koaxialkabeln

# Aufgabe 5

## Signalgeschwindigkeit

- Kabelende wird offen gelassen
- Beobachtung: Zwei Pulse hintereinander durch Signalreflexion am offenen Kabelende



# Aufgabe 5

## Signalgeschwindigkeit

- Signal wird am offenen Kabelende reflektiert
- Signalgeschwindigkeit:  $v = \frac{20m}{100ns} = 2 \cdot 10^8 ms^{-1}$

# Aufgabe 5

## Abschlusswiderstand

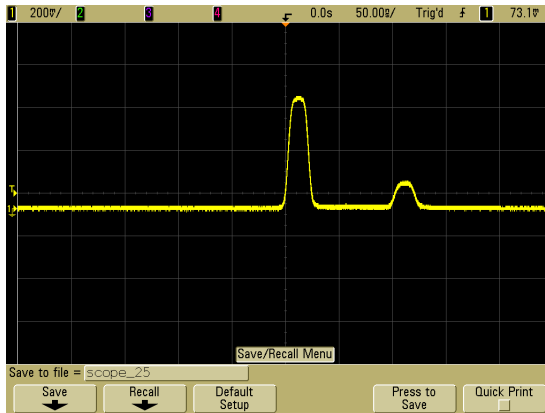
- Kabelende wird mit Potentiometer abgeschlossen
- Widerstand wird variiert



# Aufgabe 5

## Abschlusswiderstand

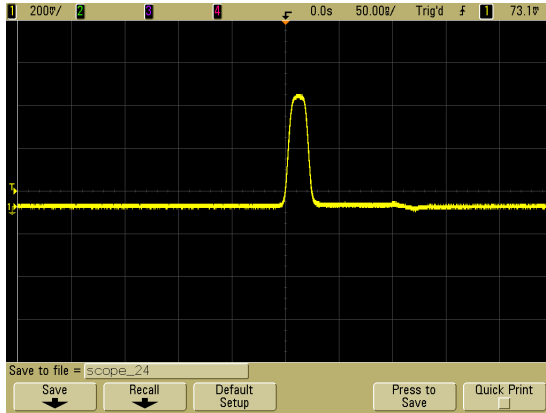
- Kabelende wird mit Potentiometer abgeschlossen
- Widerstand wird variiert



# Aufgabe 5

## Abschlusswiderstand

- Kabelende wird mit Potentiometer abgeschlossen
- Widerstand wird variiert



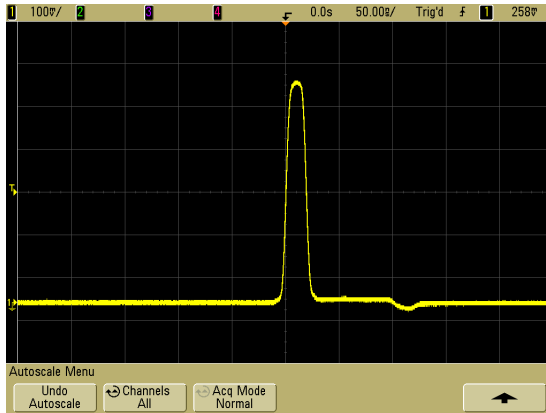
- Auslöschung des Signals bei  $R = 53.62\Omega$



# Aufgabe 5

## Abschlusswiderstand

- Kabel wird mit  $50\Omega$  abgeschlossen  $\rightarrow$  Auslöschung des Signals



# Aufgabe 5

## Abschlusswiderstand

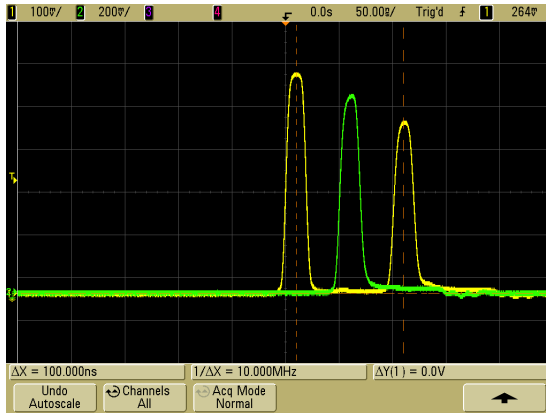
- Abschlusswiderstand kann Signal abdämpfen und auslöschen
- längere Impulssignale können sich überlagern

	Messwerte	Datenblatt
v	$2 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$	$2 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$
C'	$93.249 \text{ pFm}^{-1}$	$100.7 \text{ pFm}^{-1}$
L'	$268.1 \text{ nHm}^{-1}$	keine Angabe
R	$53.62 \Omega$	$50 \Omega$

# Aufgabe 5

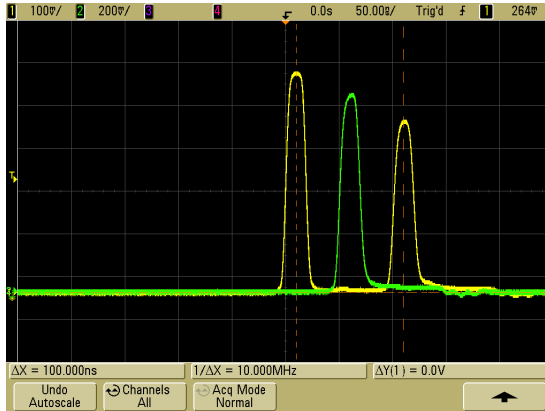
## Einfache Laufzeit

- Kabel wird an Kanal des Oszilloskops angeschlossen



# Aufgabe 5

## Einfache Laufzeit



- Erklärung:

- Kabel kommt an Kanal 1 an (gelb)
- Kabel kommt an Kanal 2 an (grün)
- Kabel wird an Kanal 2 reflektiert und wird in Kanal 1 (gelb)

gemessen

# Aufgabe 5

## Einfache Laufzeit

- Kanal 2 wird mit Abschlusswiderstand abgeschlossen



- Abschlusswiderstand löscht Signal aus → keine Reflexion

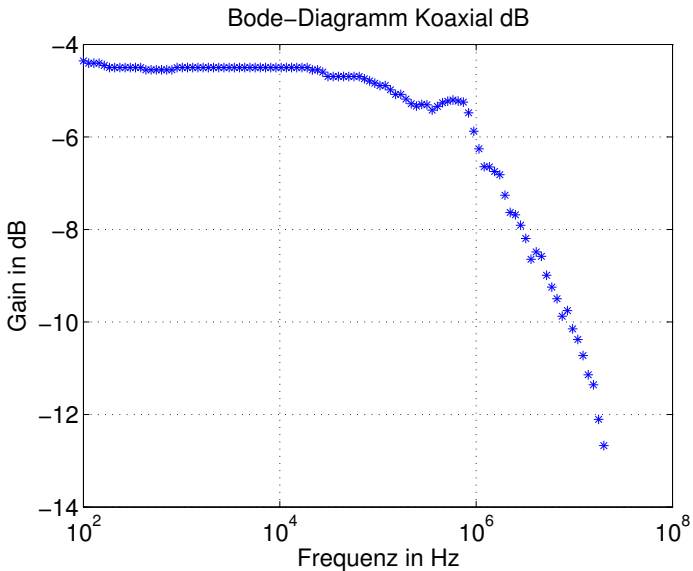
# Aufgabe 5

## Dämpfung

- 100m Kabel wird mit Sinusspannung untersucht

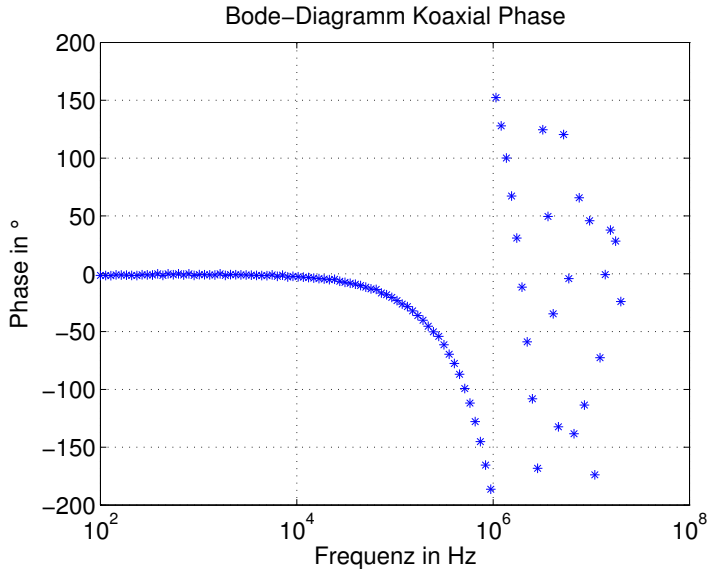
# Aufgabe 5

## Dämpfung



# Aufgabe 5

## Dämpfung





# Aufgabe 5

## Dämpfung

- Kabel wirkt wie Tiefpassfilter
- Phase oszilliert stark ab  $10^6 \text{ Hz}$