

# Physik-Praktikum:OSZ

## Einleitung

Ein Oszilloskop ist ein sehr wichtiges Hilfsmittel in der Elektrotechnik, weil sich damit sehr schnelle periodische Vorgänge messen lassen. Das ist deshalb möglich, weil die Anzeige ohne bewegliche mechanische Teile auskommt, und daher nicht von deren Massenträgheit abhängig ist.

Es geht daher um das Arbeiten mit dem Oszilloskop in diesem Versuch: wie es funktioniert, was für Einstellmöglichkeiten (z.B. Triggerung) es gibt, wie man eine Messung durchführt und wie man einen Tastkopf abgleicht.

## Versuchsaufbau und Durchführung

Ein Funktionsgenerator liefert eine Sinusschwingung, die auf das zu messende Bauteil gelegt wird. Auf dem Zweikanal-Oszilloskop wird dann die Eingangs- und die Ausgangsspannung angezeigt, womit man die Amplituden und ihr Verhältnis sowie die Phasenverschiebung bestimmen kann. Von allen drei Bauteilen (Serienschwingkreis, Tiefpass, Hochpass) wird die Resonanzfrequenz (bzw. Grenzfrequenz) bestimmt, und die Durchlasskurve (bzw. Übertragungskurve) im angegebenen Frequenzbereich bei etwa 10 Messpunkten gemessen. Schließlich wird noch ein Tastkopf kalibriert und die Übertragungskurve von Tief- und Hochpass bei einer anliegenden Rechteckspannung qualitativ aufgezeichnet.

## Serienschwingkreis

Berechnete Resonanzfrequenz:

$$f_{R, rech} = \frac{1}{2 \pi \sqrt{L C}} = 28 \text{ kHz ;}$$

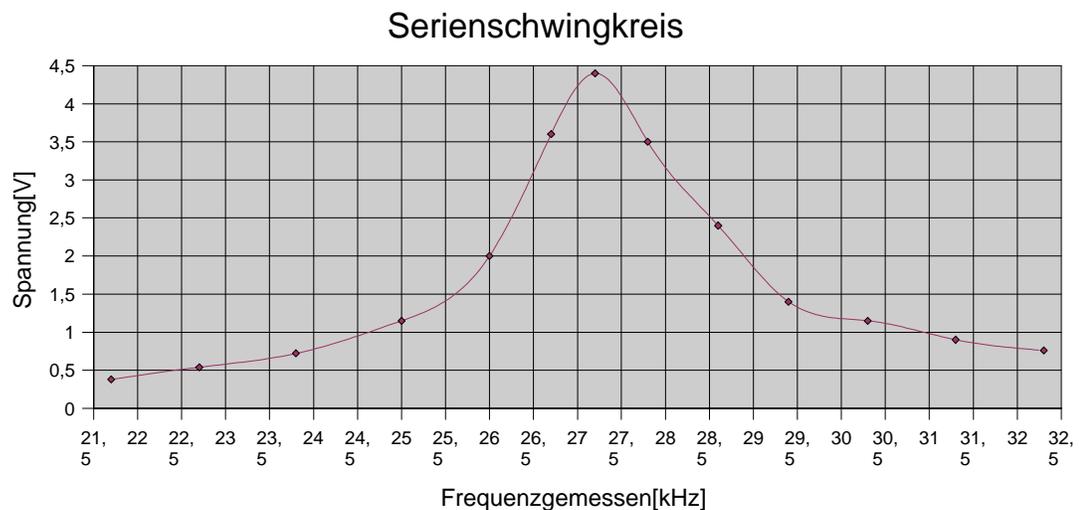
Gemessene Resonanzfrequenz:

$$f_{R, mess} = 27 \text{ kHz ;}$$

Ursache für den geringeren gemessenen Wert:

Das Koaxialkabel ist wie ein zylindrischer Kondensator aufgebaut, und hat daher eine nicht zu vernachlässigende Kapazität. Die Kapazität geht bei der Berechnung der Resonanzfrequenz im Nenner ein, d.h. dadurch wird die gemessene Resonanzfrequenz geringer, was bei unserer Messung auch der Fall war. Ein Kabel hat zwar auch eine Induktivität, die dürfte (bei den verwendeten Frequenzen) aber vernachlässigbar sein.

Durchlasskurve (Frequenz eingestellt am Funktionsgenerator von 21 kHz bis 32 kHz in 1 kHz-Schritten):



Bestimmung der Bandbreite:

Maximalamplitude: 4,4 V  $\Rightarrow$  Bandbreite ist Bereich mit Spannung  $> 3,11$  V :

lineare Interpolation liefert: zwischen 26,0 kHz und 28,8 kHz  $\Rightarrow$  Bandbreite = 2,8 kHz

Güte:

$$Q = \frac{f_r}{BB} = \frac{27 \text{ kHz}}{2,8 \text{ kHz}} = 9,6$$

### Abgleich des Tastkopfes

Gemessene Resonanzfrequenz des Serienschwingkreises mit dem Tastkopf:

$$f_{R, \text{Tast}} = 30,8 \text{ kHz}$$

### Tiefpass

Berechnete Grenzfrequenz:

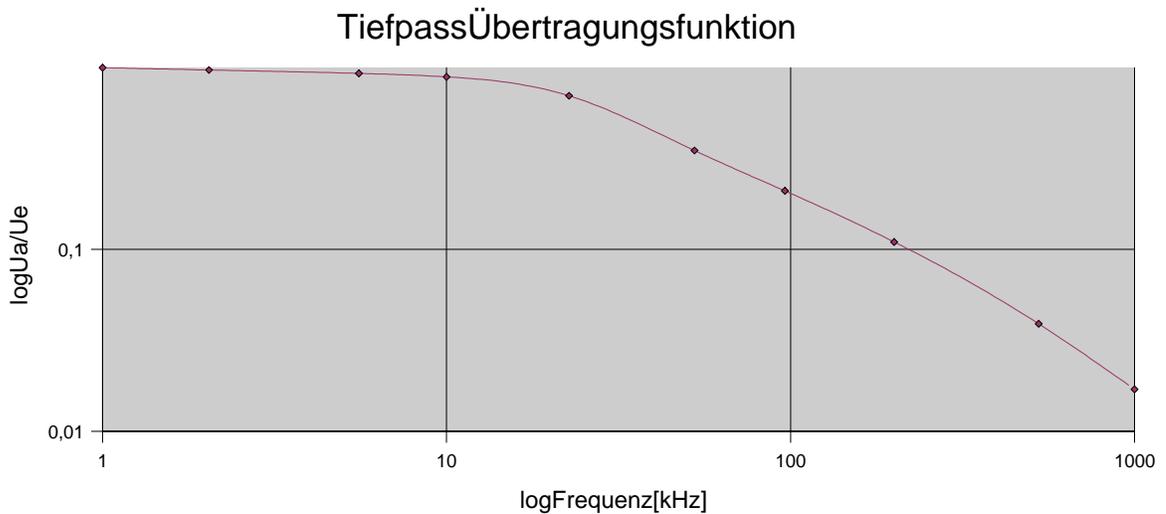
$$f_{G, \text{rech}} = \frac{1}{2 \pi R C} = 23,4 \text{ kHz}$$

Gemessene Grenzfrequenz (wo Phasenverschiebung  $\Delta \varphi = 45^\circ$ ) (2 Messungen):

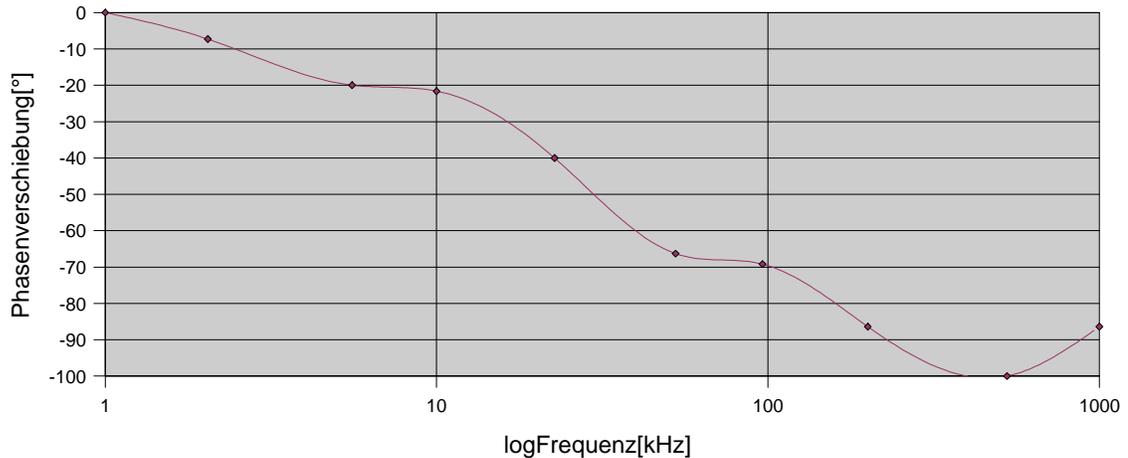
$$f_{G, \text{mess 1}} = 20,8 \text{ kHz}$$

$$f_{G, \text{mess 2}} = 22,2 \text{ kHz}$$

Übertragungskurve:



## TiefpassPhasenverschiebung



### Hochpass

Berechnete Grenzfrequenz:

$$f_{G, rech} = \frac{1}{2 \pi R C} = 23,4 \text{ kHz}$$

Gemessene Grenzfrequenz (wo Amplitude  $U = U_0 / \sqrt{2}$ ):

$$f_{G, mess} = 21,3 \text{ kHz}$$

Übertragungskurve und Phasenverschiebung: siehe Anhang.

### Fragen

#### Nennen Sie die markantesten Unterschiede zwischen Schwingkreis, Hoch- und Tiefpaß. Welche Rolle spielen diese Bausteine in der Technik?

Ein Schwingkreis beinhaltet einen Kondensator und eine Spule, so dass die elektrische Energie periodisch in elektrische Feldenergie im Kondensator und in magnetische Feldenergie in der Spule umgewandelt wird. Tief- und Hochpassfilter die Spule, daher können sie nicht schwingen.

Schwingkreise kommen überall dort zum Einsatz, wo elektromagnetische Schwingungen erzeugt bzw. empfangen werden müssen, also letztendlich in jedem Sender und Empfänger, sowie überall, wo Schwingungen auf elektrischem Weg erzeugt (z.B. bei der Klangsynthese durch Frequenzmodulation in Synthesizern) oder empfangen werden (denn Serienschwingkreise lassen nur einen engen Frequenzbereich um die Resonanzfrequenz passieren).

Hoch- und Tiefpässe kommen dort zum Einsatz, wenn ein breites Frequenzspektrum getrennt werden muss. Durch Zusammenschaltung eines Hochpasses und eines Tiefpasses höherer Grenzfrequenz konstruiert man einen Bandpass, und die Kombination von Hoch-, Tief- und Bandpässen ergibt Frequenzweichen (eingesetzt z.B. im Lautsprecher, meist 3-Weg-Weiche zur Ansteuerung von Tief-, Mittel- und Hochtönen). Die Zusammenschaltung eines Hochpasses und eines Tiefpasses tieferer Grenzfrequenz ergibt eine Bandsperre.

#### Betrachten Sie ein Feder-Masse-System und diskutieren Sie die möglichen Analogien zu einem einfachen LRC-Schwingkreis!

Im Vergleich zu einem Schwingkreis wird bei einer hookschen Feder potenzielle Energie (verursacht durch die rücktreibende Federkraft) periodisch in kinetische Energie und zurück umgewandelt.

<i>Feder-Masse-System</i>	<i>Schwingkreis</i>	<i>Bemerkungen</i>
Massestück	Ladung	Beides wird periodisch verschoben.

<b>Feder-Masse-System</b>	<b>Schwingkreis</b>	<b>Bemerkungen</b>
potenzielle Energie	Energie im Kondensator	So wird die Energie gespeichert, wenn die Masse bzw. Ladung in Ruhe ist.
kinetische Energie	Energie in der Spule	So wird die Energie gespeichert, wenn die Masse bzw. Ladung in Bewegung ist.
rücktreibende Kraft	Spannung	Diese Größe verursacht die Umkehr der Bewegungsrichtung der Masse/Ladung.
Masse (Trägheit der Masse)	Induktivität (Lenz'sche Regel)	Sorgt dafür, dass die Masse/Ladung über den Nullpunkt hinaus schwingt.
Auslenkung	Ladungsmenge im Kondensator	
Geschwindigkeit	Strom (= bewegte Ladung)	
mechanische Reibung	ohmscher Widerstand	Sorgt für die Dämpfung der Schwingung.
Federkonstante	1 / Kapazität	Proportionalitätsfaktor, der die Abhängigkeit der rücktreibenden Kraft/Spannung von der Auslenkung/Ladung angibt

Die Gravitation bei einem Feder-Masse-System entspricht einem konstanten Gleichspannungsanteil beim Schwingkreis. Beides beeinflusst aber die Schwingung an sich nicht, sondern verschiebt nur den Nullpunkt und damit die Amplituden.

### **Welcher Effekt tritt durch den induktiven Widerstand eines Serienschwingkreises bei Hochfrequenz auf?**

Durch den induktiven Widerstand, der mit der Frequenz anwächst, wächst der Widerstand annähernd proportional mit der Frequenz:

$$\lim_{f \rightarrow \infty} Z = \lim_{f \rightarrow \infty} \left( R + i \left( 2 \pi f \cdot L + \underbrace{\frac{1}{2 \pi f C}}_{\rightarrow 0} \right) \right) = R + 2 \pi i f L \approx f \cdot \text{const}$$