

Widerstand, Kondensator und Spule an Wechselspannung

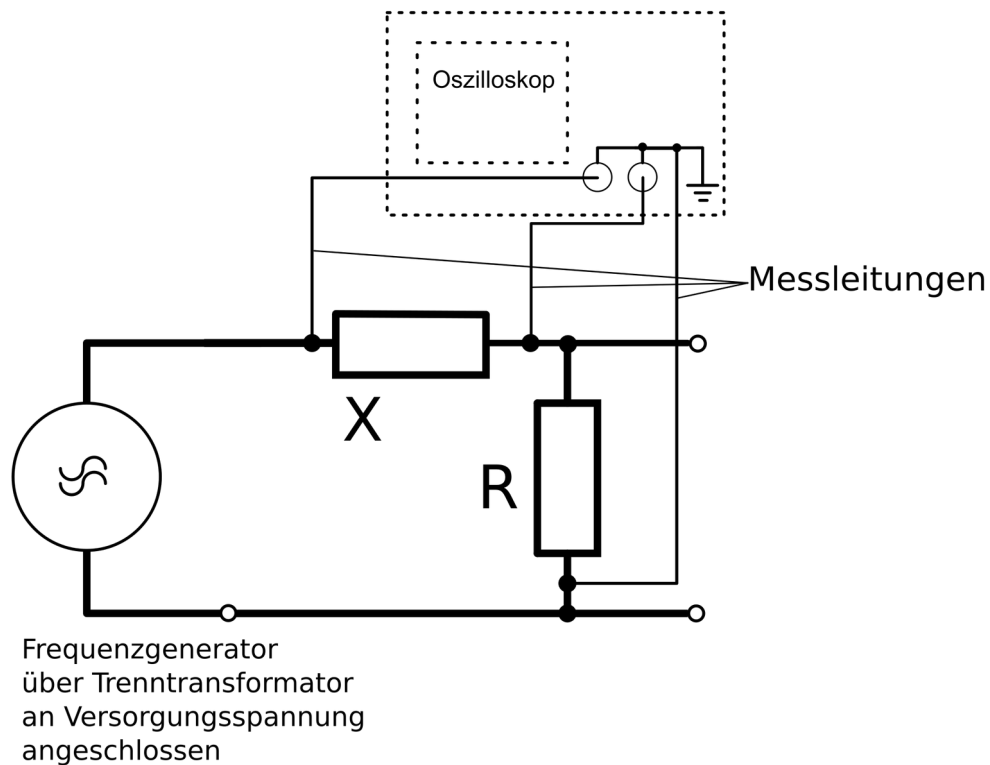


Abb. 1: Verwendete Messschaltung

Geräteliste:

Oszilloskop, Spule 1200 Wdg. Widerstand $1\text{ k}\Omega$, Kondensator ca $6\text{ }\mu\text{F}$,
Messwiderstand „R“ ca. $100\text{ }\Omega$

Versuchsbeschreibung:

Die Messschaltung wird wie in Abb. 1 Aufgebaut. Für „X“ wird das jeweilige Bauteil eingesetzt (schnelles Reagieren in der VL möglich), zunächst der Widerstand.

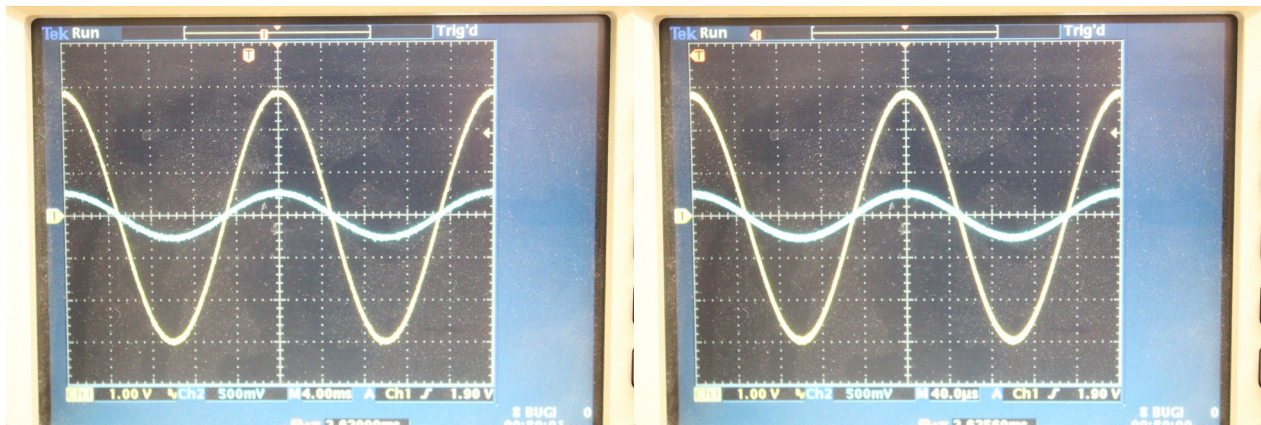


Abb. 2: Spannung (gelb) und Strom (blau) an einem Widerstand bei 50Hz links und bei 5 kHz rechts.

Die Cosinusfunktion der anliegenden Spannung und des fließenden Stromes (Spannung an „R“) werden auf den Schirm gebracht. Amplitude 1 bis 2 V bei einer Frequenz von 50 Hz. Idealerweise so zentrieren, dass genau eine Periode links und rechts vom Zentrum sichtbar ist. Der Widerstand zeigt im Bereich 50 Hz bis 5 KHz keinerlei Veränderung z.B. hinsichtlich der Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung (Abb. 2).

In den Versuchen kann durch Hinzuschalten der MATH-Funktion des Oszilloskops die Leistung der jeweiligen Schaltung direkt sichtbar gemacht werden. Die Multiplikation der beiden Verläufe zeigt positive oder im Falle der 90° Phasenverschiebung positive und negative Werte.

→ Was bedeutet negative Leistung?

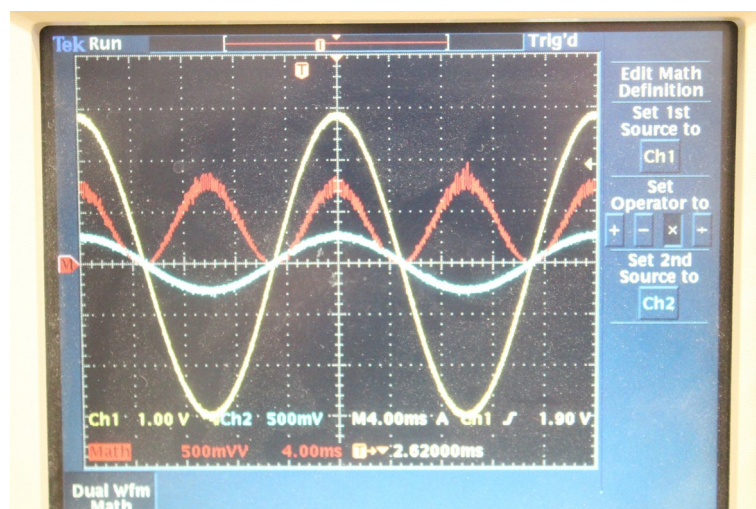


Abb. 3: Dissipierte (positive) Leistung in rot, darstellbar durch die Math-Funktion am Oszilloskop.

Das Verhalten von Wechselspannung und Strom an Spule und Kondensator:

Für eine Induktivität besteht eine Phasenverschiebung von 90° zwischen Strom und

Spannung, der Strom erreicht seine maximale Amplitude verzögert.

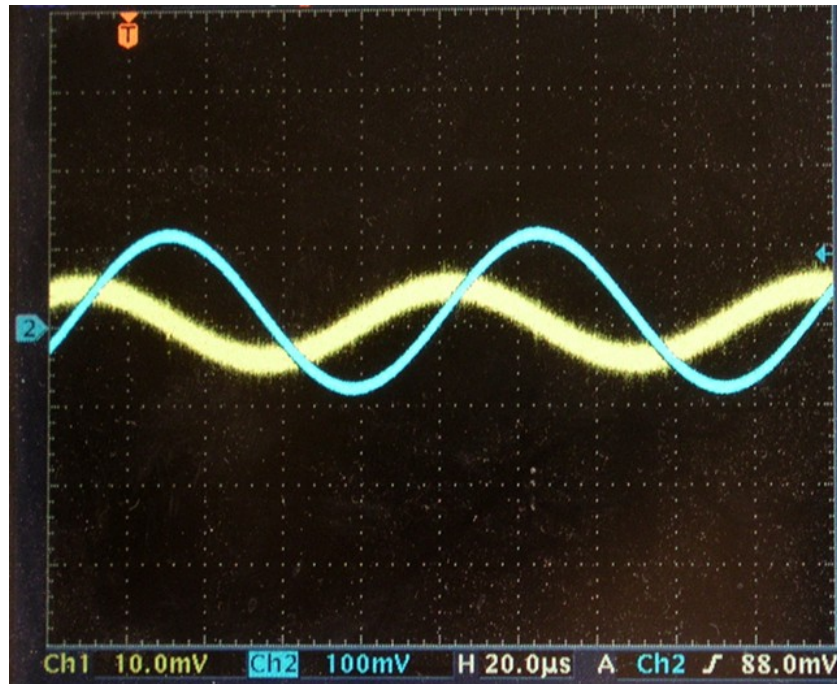


Abb. 4: Spannung (gelb) und Strom (blau) an einer Induktivität

Bei einem Kondensator erreicht der Strom 90° vor der Spannung seine maximale Amplitude.

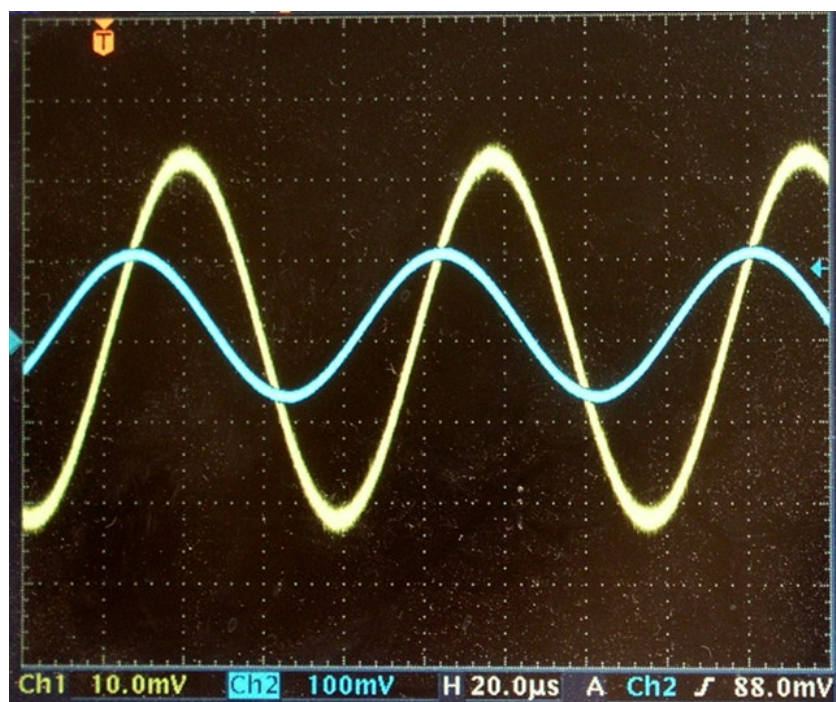


Abb. 5: Spannung (gelb) und Strom (blau) an einem Kondensator.

Bemerkungen:

Der Stromverlauf in Abhängigkeit von der Frequenz der angelegten Spannung zeigt bei Induktivitäten und Kapazitäten ein Verhalten, dass elegant mit Hilfe von komplexen Zahlen beschrieben werden kann.

Oftmals hilft auch eine Veranschaulichung im so genannten Zeigermodell der komplexen Zahlenebene.

Bei einem Kondensator liegt zum Zeitpunkt des Einschaltens ein sehr kleiner Widerstand vor, der Strom weist ein Maximum auf. Im Falle einer kontinuierlich veränderten Spannung

$$U(t) = U_0 \cos(\omega t) \quad , \quad \text{kann der so genannte Blindwiderstand} \quad X_C = \frac{1}{i \omega C} \quad \text{definiert}$$

werden, dessen Betrag mit steigender Frequenz abnimmt.

Eine Eindrucksvolle Präsentation der Phasenverschiebung gelingt mit analogen Messgeräten und sehr niedrigen Frequenzen $< 1 \text{ Hz}$. Dafür werden die Spannung an einem $32 \mu\text{F}$ Kondensator und an einem $1 \text{ k}\Omega$ Widerstand in Reihe mit Zeigermessinstrumenten gemessen (Abb. 6).

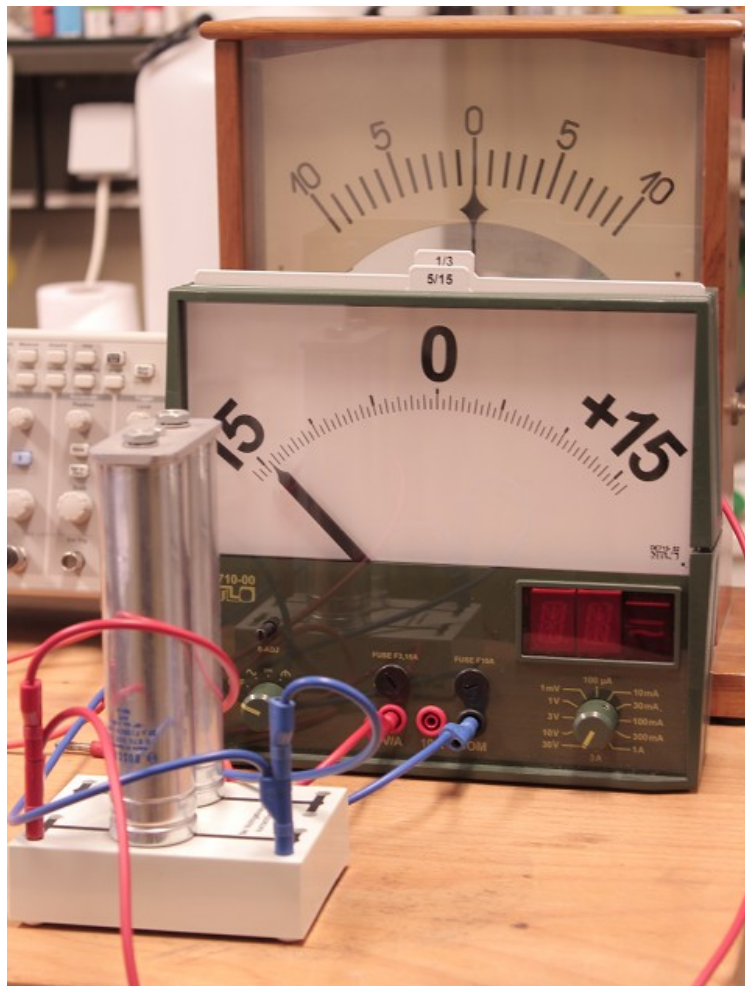


Abb. 6: Phasenverschiebung bei niedrigen Frequenzen, sichtbar gemacht mit analogen Messinstrumenten.

Beim Anschluss an das Oszilloskop muss in Betracht gezogen werden, dass die Masse der Messleitungen gekoppelt und mit Erde verbunden sind. Um den negativen Pol der Messleitung potentialfrei in die Schaltung einzubringen, kann der Funktionsgenerator (oder das Oszilloskop) über einen Trenntransformator betrieben werden.

Zum Messen des Stroms wird in einer Schaltung die Spannung an einem Ohmschen Widerstand gemessen, der Aufbau muss dafür dem entsprechenden Effekt angepasst werden. Um eine Phasenverschiebung von annähernd 90° zu erreichen, erfolgt die Messung der Induktivität am Besten bei hohen Frequenzen und die Messung des Kondensators bei niedrigen. Im Folgenden einige Beispielwerte zum Vorführen:

Kondensator an Wechselspannung:

Kondensator $1\mu F$ in Reihe mit einem Widerstand der Größe $1,5 k\Omega$, die Werte für den komplexen Widerstand des Kondensators

$$X_c = \frac{1}{2 \pi f C}$$

betragen dann ca.

$20 Hz$	$\rightarrow$	$7,9 k\Omega$
$100 Hz$	$\rightarrow$	$1,5 k\Omega$
$1 kHz$	$\rightarrow$	160Ω

Gemessen wird die Spannung des Frequenzgenerators und die Spannung am Widerstand. Die Phasenverschiebung ist in dieser Schaltung für kleine Frequenzen (z.B. $20 Hz$) maximal bei 90° , für $100 Hz$ beträgt sie 45° und zu höheren Frequenzen verschwindet sie.

Spule an Wechselspannung:

Um bei den Widerstandswerten zu bleiben, wird die Induktivität ($35 mH, 12 \Omega$) so ausgelegt, dass ihr komplexer Widerstand X_L bei einer Phasenlage von 45° ebenfalls $1,5 k\Omega$ beträgt. Daraus folgt für die Grenzfrequenz ein Wert von ca. $7 kHz$. Auch diese Schaltung lässt sich vielseitig einsetzen.

Für hohe Frequenzen (einige $10 kHz$) beträgt die Phasenverschiebung zwischen angelegter Spannung und Strom 90° .

Zunächst werden diese Schaltungen zugeschnitten auf die Verhältnisse für ideale Bauteile (L und C) präsentiert.