

► Phasenverschiebung an Wechselstromwiderständen

Mirco Tewes



Im Wechselstromkreis können die zeitlichen Verläufe von Stromstärke und Spannung an einem Bauteil gegeneinander verschoben sein. Die zeitliche Phasenverschiebung ist von den verwendeten Bauelementen abhängig. Während bei einem ohmschen Widerstand keine Phasenverschiebung auftritt, eilt bei einem idealen Kondensator die Stromstärke der Spannung um eine Viertelperiode voraus. Bei einer idealen Spule erreicht die Stromstärke hingegen ein Viertel einer Periode später als die Spannung ihr Maximum. Phasenverschiebungen treten demnach immer dann auf, wenn sich induktive oder kapazitive Widerstände in einem Wechselstromkreis befinden.

Um Phasenverschiebungen sehr einfach nachzuweisen, können die beiden Größen mit einem Spannungs- und einem Stromsensor über mehrere Perioden aufgezeichnet und graphisch dargestellt werden. Die Phasenverschiebungen sind dann sofort ersichtlich und lassen sich direkt aus den Graphen quantitativ bestimmen. Alternativ kann die Stromstärke auch mithilfe des Spannungsabfalls über einem weiteren ohmschen Widerstand gemessen werden. Dann muss aber mindestens eine der beiden Spannungssonden ein Differentialspannungssensor sein, der den Potentialunterschied unabhängig vom Massepotential misst.

Als Spannungsquelle eignen sich herkömmliche Kleinspannungsnetzgeräte, die meist eine Festspannung mit 50 Hz Frequenz liefern, oder Funktionsgeneratoren mit variabler Frequenz der Wechselspannung.

Versuchsaufbau

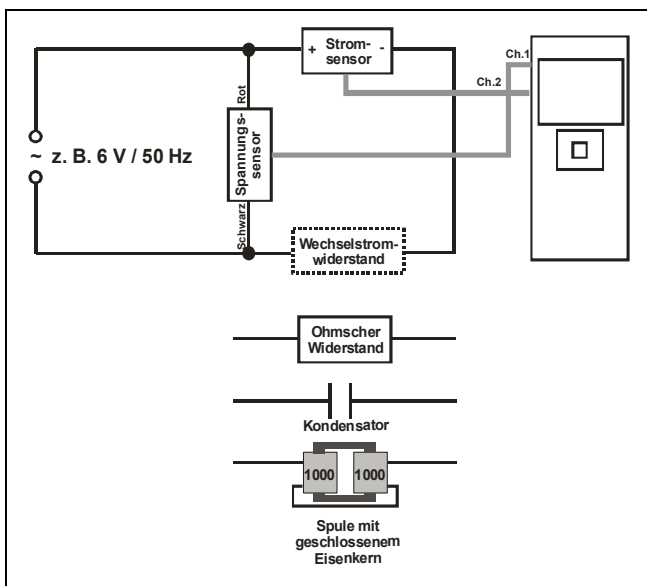


Abb.1: Versuchsaufbau mit TI-Nspire™ CX und Lab Cradle™, Wechselstromwiderstände

Material

- Kleinspannungsnetzgerät für Wechselspannung oder Funktionsgenerator, Verbindungsleiter

- 2 Spulen (z.B. je 1000 Windungen) mit geschlossenem Eisenkern (geblättert)
- Metallpapierkondensator, z.B. 4,7 μF oder mehr (kein Elektrolytkondensator)
- ohmscher Widerstand, z.B. 100 Ω
- (Taschen-)Computer mit Messwerterfassung (hier TI-Nspire™ CX mit Lab Cradle™)
- Spannungssensor (z.B. Voltage Probe, VP-BTA)
- Stromsensor (z.B. DCP-BTA)

Einstellungen

- Messmodus: Time Based (zeitbasiert)
- Messzeit: z.B. 0,05 s
- Messrate: z.B. 4000 Messungen pro Sekunde

Versuchsdurchführung

Für die Vorbereitung und Durchführung werden etwa 30 Minuten benötigt.

Die Schaltung wird nach Schaltplan aufgebaut. An der Spannungsquelle ist eine sinusförmige Wechselspannung mit maximal 6 V Spannung einzustellen. Messrate und Messzeit sind so zu wählen, dass über zwei bis fünf Perioden etwa 200 Messungen aufgenommen werden können.

In der Schaltung wird zunächst der **ohmsche Widerstand** als Wechselstromwiderstand verwendet. Stromstärke und Spannung werden gleichzeitig gemessen (hier 0,05 s). In den Abbildungen sind jeweils die Spannungskurve oben und die Stromstärkekurve unten zu sehen. Beide Graphen erreichen gleichzeitig ihr Maximum. Es liegt keine Phasenverschiebung vor.

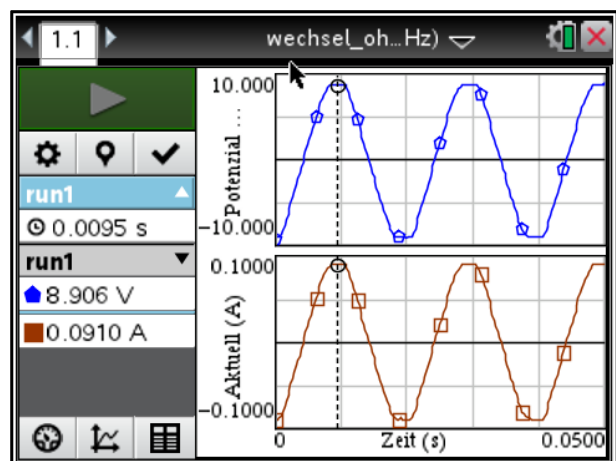


Abb.2: Spannungs- und Stromstärkeverlauf mit ohmschem Widerstand ($f = 50 \text{ Hz}$)

Verwendet man den **Kondensator** als Wechselstromwiderstand in der Schaltung, ist zu erkennen, dass die Stromstärke ihr Maximum früher erreicht als die Spannung. Die Stromstärke eilt der Spannung um eine Viertelperiode voraus.

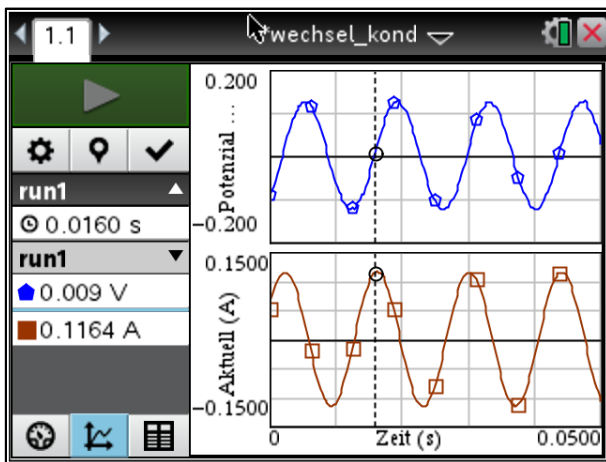


Abb.3: Spannungs- und Stromstärkeverlauf mit Kondensator ($f = 100 \text{ Hz}$, $C = 20 \mu\text{F}$)

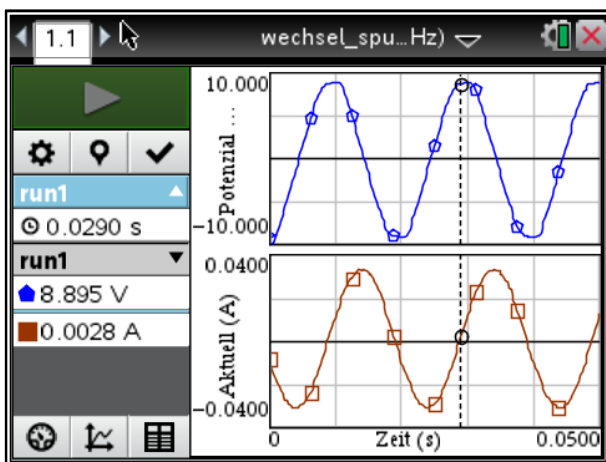


Abb.4: Spannungs- und Stromstärkeverlauf mit Spule ($f = 50 \text{ Hz}$)

Bei der Schaltung mit **Spule** lässt sich ebenfalls eine Phasenverschiebung feststellen. Hier erreicht zuerst die Spannung ihr Maximum. Die Spannung eilt der Stromstärke eine Viertelperiode voraus. Es ist zu beachten, dass bei einer realen Spule der ohmsche Widerstand des Spulendrahtes nicht immer vernachlässigbar ist. Dies kann zu abweichenden Phasenverschiebungen führen. Verwendet man Spulen mit hoher Induktivität, bleiben die Abweichungen gering.

Anmerkung der Redaktion

Dieser Artikel ist im Rahmen der T³-Arbeitsgruppe Physik entstanden und ergänzt das aktuelle Heft *Schülerexperimente im Physikunterricht mit digitaler Messwerterfassung - Die Top 13: Sicheres Gelingen - Hoher Lernerfolg*. Der Artikel ist an die Struktur der Materialien angepasst: Einführende Erläuterungen zum Experiment richten sich an Lehrkräfte. Das Arbeitsblatt ist auf der folgenden Seite als Kopiervorlage abgedruckt. In den Materialien finden Sie auch zusätzliche Hilfestellungen und Lösungshinweise.

Kontakt zur Autoren-Gruppe

Mirco Tewes, Bernau
Primo-Levi-Schule (Gymnasium) Berlin
postmaster@mrtewes.de

Anhang

Die folgenden Hilfestellungen sind für Ihre Schülerinnen und Schüler gedacht und können bei Bedarf verteilt oder den Lernern zur optionalen Verwendung bereit gestellt werden.

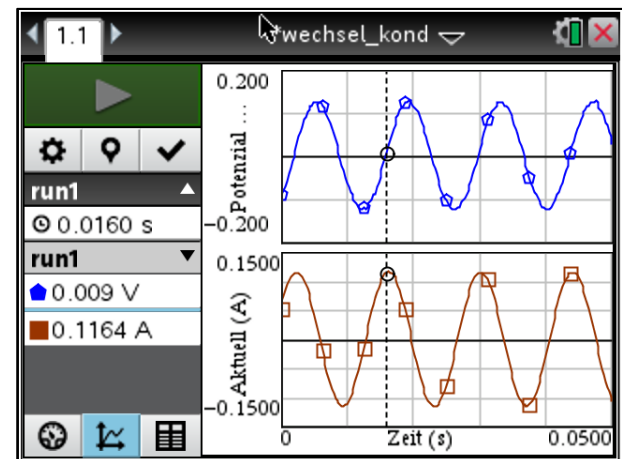
Hilfe 1 Einstellungen

Für die angestrebte Messung sind folgende Einstellungen geeignet:

- Messmodus: Time Based (zeitbasiert)
- Messzeit: z. B. 0,05 s
- Messrate: z. B. 4000 Messungen pro Sekunde

Hilfe 2 Beispielgraph / Bestimmen der Phasenverschiebung

Eine gelungene Messung könnte wie folgt aussehen:



Beispielgraph

Die Phasenverschiebung beträgt hier ein Viertel einer Periode. Dies kann man beispielsweise bestimmen, indem man den zeitlichen Abstand zweier zugehöriger Maxima der Spannungs- und Stromstärkekurve abliest. Es ist außerdem anzugeben, welche Größe vor der anderen das Maximum erreicht.

Phasenverschiebung an Wechselstromwiderständen

Aufgabenstellung

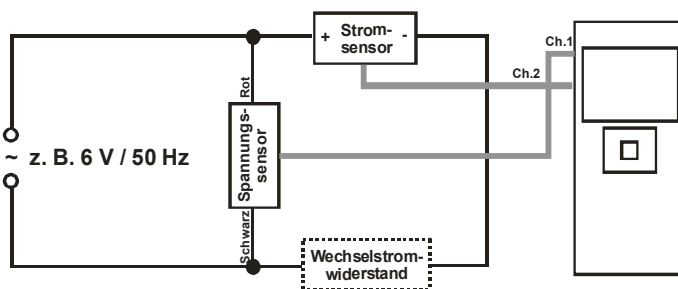
Bestimmen Sie jeweils die zeitliche Phasenverschiebung zwischen Stromstärke und Spannung in einem Wechselstromkreis mit ohmschen Widerstand, Kondensator oder Spule.

- (1) Bauen Sie die Schaltung nach Schaltplan auf. Benutzen Sie zunächst den ohmschen Widerstand als Wechselstromwiderstand. Beachten Sie die Polung der Sensoren (vgl. Schaltplan).
- (2) Wählen Sie an der Spannungsquelle eine sinusförmige Wechselspannung mit maximal 6 V Spannung. Stellen Sie die Messwerterfassung so ein, dass Sie über zwei bis fünf Perioden etwa 200 Messungen aufnehmen können. Hilfe 1
- (3) Führen Sie die Messung von Stromstärke und Spannung durch. Bestimmen Sie die zeitliche Phasenverschiebung zwischen den beiden Größen. Hilfe 2
- (4) Wiederholen Sie die Aufgabe (3) mit dem Kondensator und mit der Spule als Wechselstromwiderstände.

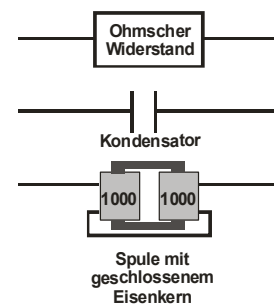
Material

- Kleinspannungsnetzgerät für Wechselspannung oder Funktionsgenerator
- 2 Spulen (z.B. je 1000 Windungen) mit geschlossenem Eisenkern (geblättert)
- Metallpapierkondensator, z.B. 4,7 μF oder mehr (kein Elektrolytkondensator)
- ohmscher Widerstand, z.B. 100 Ω
- Verbindungsleiter
- (Taschen-)Computer mit Messwerterfassung
- Spannungssensor
- Stromsensor

Versuchsaufbau



Schaltskizze / Aufbau



Wechselstromwiderstände