

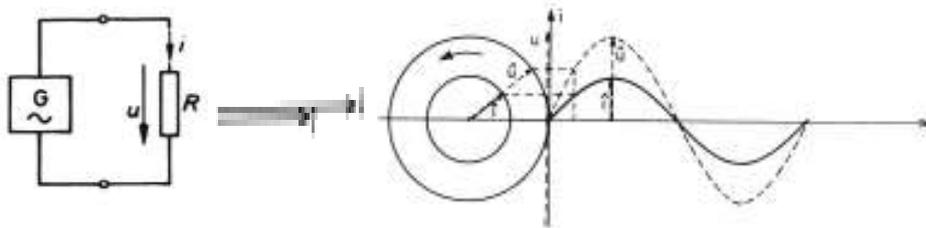
Wechselstromwiderstände

Wirkwiderstand, ideale Spule und
idealer Kondensator im
Wechselstromkreis

Wirkwiderstand R

In einem Wirkwiderstand R wird elektrische Energie in Wärmeenergie umgesetzt.
Er verursacht im Wechselstromkreis die gleiche Wirkung wie im Gleichstromkreis.

Bedingung: Frequenz (f) und Widerstand (R) sind konstant



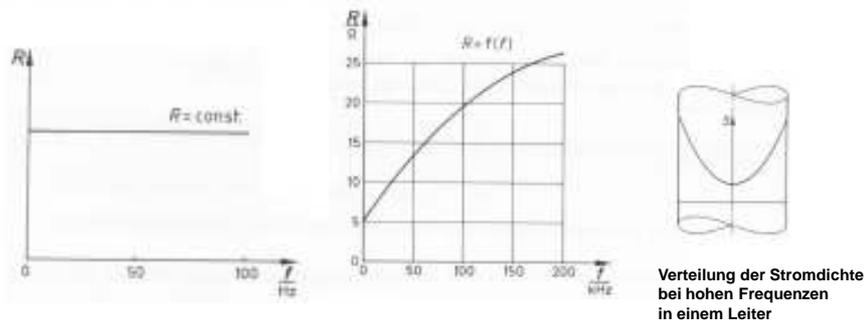
Auswertung:

- > gleiche Frequenz von Spannung und Strom
- > Phasenwinkel zwischen i und u ist 0 Grad $\varphi = 0^\circ$

Leitwert:

$$R = \frac{u}{i} = \frac{\hat{u} \cdot \sin \omega t}{\hat{i} \cdot \sin \omega t} = \frac{\hat{u}}{\hat{i}} = \frac{U_{eff}}{I_{eff}}$$

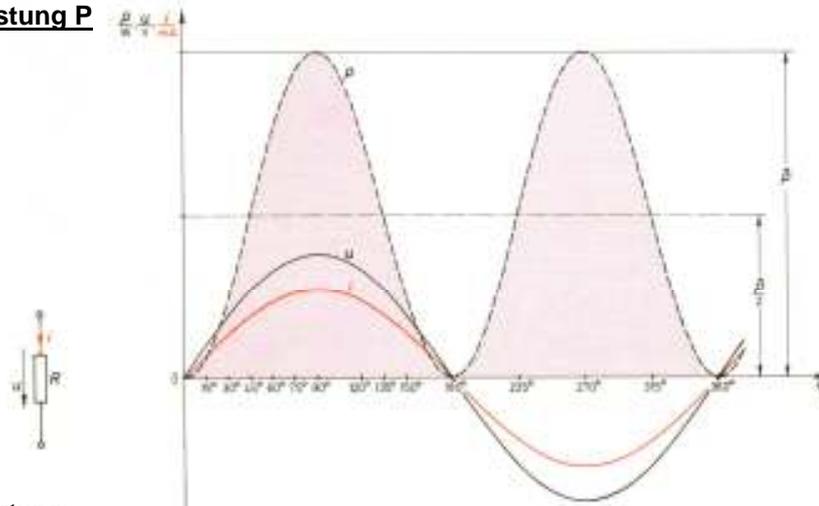
$$G = \frac{1}{R} = \frac{I}{U} \left[\frac{A}{V} = \frac{1}{\Omega} = S \right]$$

Stromverdrängung:**Auswertung:**

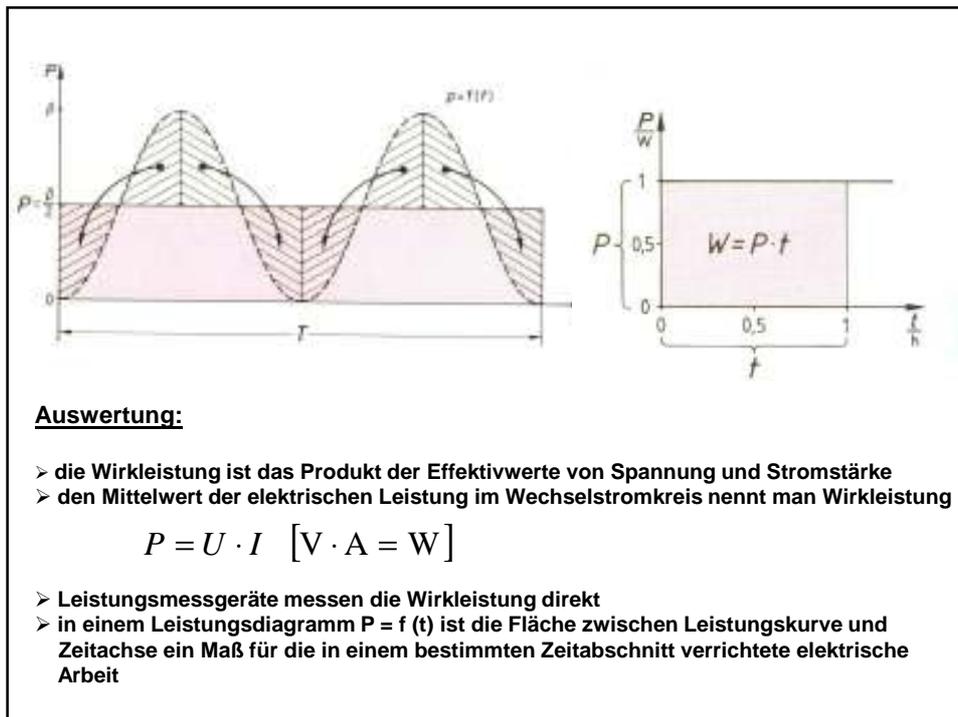
- bei niedrigen Frequenzen (Energietechnik 50 Hz) spielt die Stromverdrängung keine Rolle
- bei höheren Frequenzen (Nachrichtentechnik) wird die Frequenzabhängigkeit erkennbar

$f \uparrow \rightarrow R \uparrow \rightarrow i \downarrow = \text{Skin- oder Hauteffekt}$

Stromverdrängungsfaktor: $k = \frac{R_{\approx}}{R_{-}}$

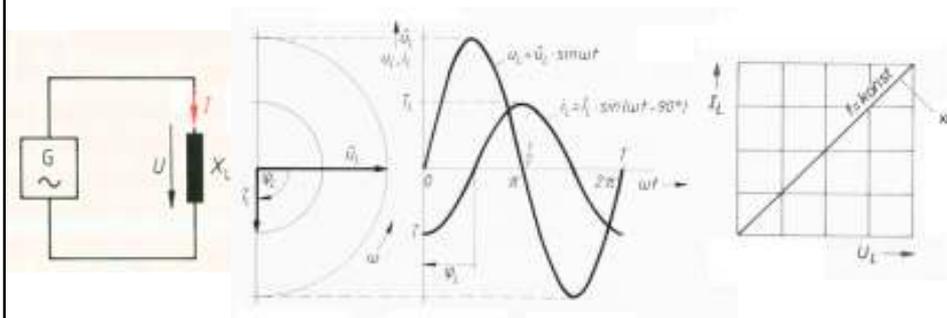
Wirkleistung P**Auswertung:**

- die Leistungskurve verläuft oberhalb der Zeitachse, d.h. die Augenblickswerte sind positiv
- sie hat einen sinusförmigen Verlauf und schwingt um den Mittelwert
- die Frequenz der Leistung ist doppelt so groß wie die Frequenz von Spannung und Strom
- ein Wirkwiderstand nimmt unabhängig von der Richtung der Spannung und der Stromstärke fortwährend elektrische Energie auf und gibt sie z. B. in Form von Wärme an die Umgebung ab



Induktiver Blindwiderstand X_L

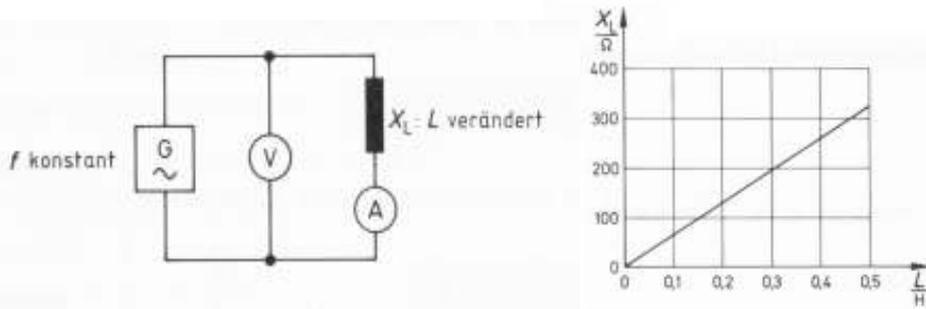
Der Scheinwiderstand Z ist der wirksame Wechselstromwiderstand einer Spule. Er setzt sich aus dem Wirkwiderstand R und dem induktiven Blindwiderstand X_L zusammen. Nachfolgend wird R zunächst vernachlässigt → verlustfreie oder ideale Spule:



Auswertung:

- der Phasenverschiebungswinkel beträgt 90° ($\varphi = -90^\circ$)
- der Strom eilt der Spannung um 90° nach
- bei konstanter Frequenz und konstanter Induktivität (f und $L = \text{const.}$) gilt das Ohmsche Gesetz

Messung des induktiven Blindwiderstandes in Abhängigkeit von der Induktivität bei konstanter Frequenz:

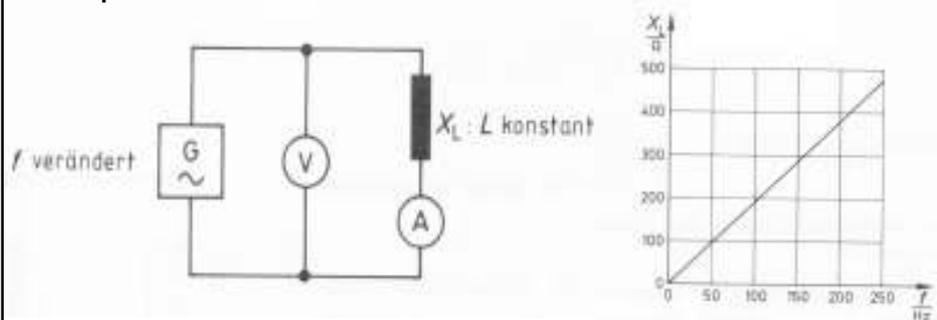


Auswertung:

Der Blindwiderstand ist von der Induktivität abhängig:

- $X_L \sim L$ für $f = \text{const.}$
- $L \uparrow \rightarrow X_L \uparrow$
- bei $L \rightarrow 0$ geht $X_L \rightarrow 0$
- bei $L \rightarrow \infty$ geht $X_L \rightarrow \infty$

Messung des induktiven Blindwiderstandes in Abhängigkeit von der Frequenz bei konstanter Induktivität:



Auswertung:

Der Blindwiderstand ist von der Frequenz abhängig:

- $X_L \sim f$ für $L = \text{const.}$
- $f \uparrow \rightarrow X_L \uparrow$
- bei $f \rightarrow 0$ geht $X_L \rightarrow 0$
- bei $f \rightarrow \infty$ geht $X_L \rightarrow \infty$

Blindwiderstand:

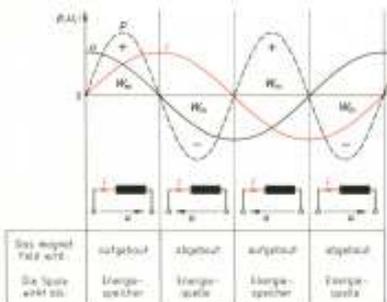
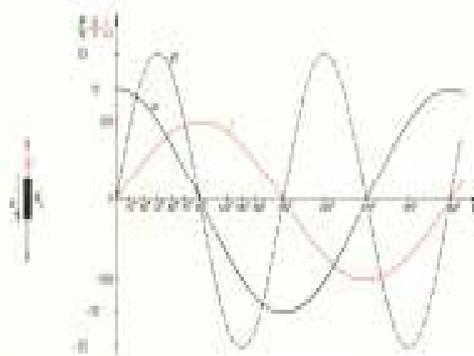
$$X_L = \frac{U_L}{I_L} = \omega \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \quad \left[\frac{1}{s} \cdot \frac{Vs}{A} = \frac{V}{A} = \Omega \right]$$

Blindleitwert:

$$B_L = \frac{1}{X_L} = \frac{1}{\omega \cdot L} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot L} \quad \left[\frac{1}{\Omega} = S \right]$$

Induktive Blindleistung $Q_L = U_L \cdot I_L$ [var] (lies: Volt-Ampere-reaktiv)

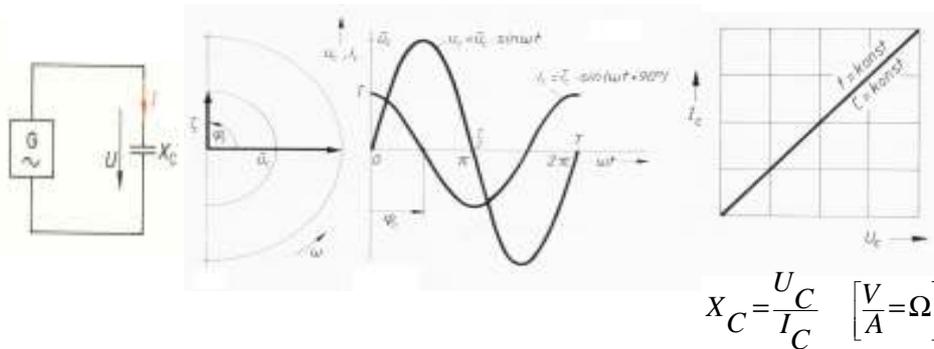
Kopplinkwerte von Spannung, Stromstärke und Leistung von induktiven Blindleistung Q_L			
u in Volt	I in Ampere	u · I in Volt-A	Q in Volt-Ampere
0	0	0	0
10	20	200	200
20	10	200	400
30	6,7	200	600
40	5,0	200	800
50	4,0	200	1000
60	3,3	200	1200
70	2,9	200	1400
80	2,5	200	1600
90	2,2	200	1800
100	2,0	200	2000
110	1,8	200	2200
120	1,7	200	2400
130	1,5	200	2600
140	1,4	200	2800
150	1,3	200	3000
160	1,2	200	3200
170	1,2	200	3400
180	1,1	200	3600
190	1,1	200	3800
200	1,0	200	4000



Auswertung:

- die Leistungsschwingung erfolgt mit doppelter Frequenz gegenüber dem Strom (i) und der Spannung (u)
- die Blindleistung (Q_L) ist ein Maß der hin- und herpendelnden Energie. Diese Energie ist nach außen nicht wirksam.
- der Blindwiderstand (X_L) setzt keine nach außen wirksame Leistung um. Die Wirkleistung ist daher Null. $P = 0!$

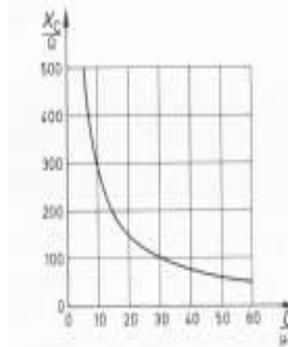
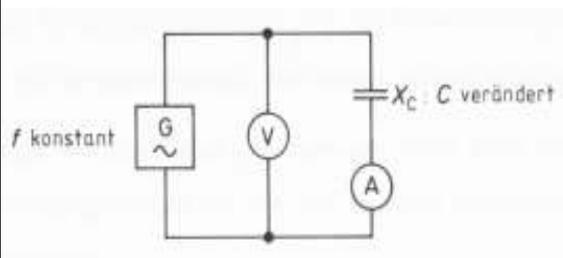
Kapazitiver Blindwiderstand X_C



Auswertung:

- der Phasenverschiebungswinkel beträgt 90° ($\varphi = +90^\circ$)
- der Strom eilt der Spannung um 90° voraus
- bei konstanter Frequenz und konstanter Kapazität (f und $C = \text{const}$) gilt das Ohmsche Gesetz

Messung des kapazitiven Blindwiderstandes in Abhängigkeit von der Kapazität bei konstanter Frequenz:



Auswertung:

Der Blindwiderstand ist von der Kapazität abhängig:

- $X_C \sim \frac{1}{C}$ für $f = \text{const.}$
- $C \uparrow \rightarrow X_C \downarrow$
- bei $C \rightarrow 0$ geht $X_C \rightarrow \infty$
- bei $C \rightarrow \infty$ geht $X_C \rightarrow 0$

Blindwiderstand X_C

$$X_C = \frac{U_C}{I_C} = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} \quad \left[\frac{1}{\text{Hz} \cdot \text{F}} = \frac{1}{\frac{\text{As}}{\text{s}} \cdot \frac{\text{Vs}}{\text{A}}} = \frac{\text{V}}{\text{A}} = \Omega \right]$$

Aufgaben:

- **1.Aufgabe:** Ein Kondensator mit einem kapazitiven Blindwiderstand von $X_C=450 \Omega$ liegt an einer Wechselspannung von $U=380\text{V}$ bei $f = 50\text{Hz}$.
Wie groß ist die Stromstärke?
- **2.Aufgabe:** Ein Kondensator mit einer Kapazität von $C= 7\mu\text{F}$ wird an eine Wechselspannung von $U = 110 \text{ V}$ bei $f = 50 \text{ Hz}$ angeschlossen.
Wie groß ist der kapazitive Blindwiderstand X_C des Kondensators?
- **3.Aufgabe:** In einer Verstärkerschaltung soll ein Kondensator bei einer Frequenz von $f = 40 \text{ Hz}$ einen Blindwiderstand von $X_C= 60 \Omega$ haben.
Welchen Wert muss dann die Kapazität C haben?

Lösungen:

$$1. \quad I = \frac{U}{X_C} = \frac{380V}{450\Omega} = \underline{\underline{0,844A}}$$

$$2. \quad X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50\text{Hz} \cdot 7\mu\text{F}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50\text{s}^{-1} \cdot 7 \cdot 10^{-6} \frac{\text{As}}{\text{V}}}$$

$$\underline{\underline{X_C = 455\Omega}}$$

$$3. \quad X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C};$$

$$C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 40\text{Hz} \cdot 60\Omega} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 40\text{s}^{-1} \cdot 60 \frac{\text{V}}{\text{A}}}$$

$$\underline{\underline{C = 66,3\mu\text{F}}}$$

Kapazitive Blindleistung $Q_C = U_C \cdot I_C$ [var]