

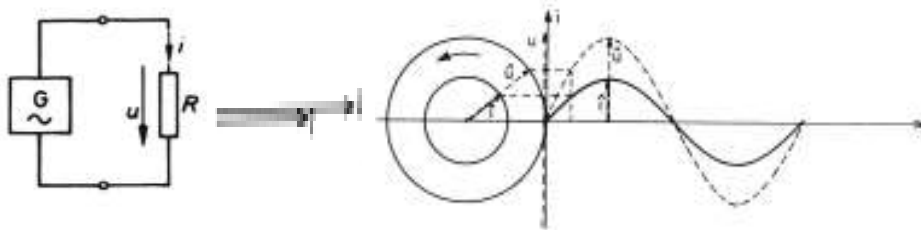
# Wechselstromwiderstände

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



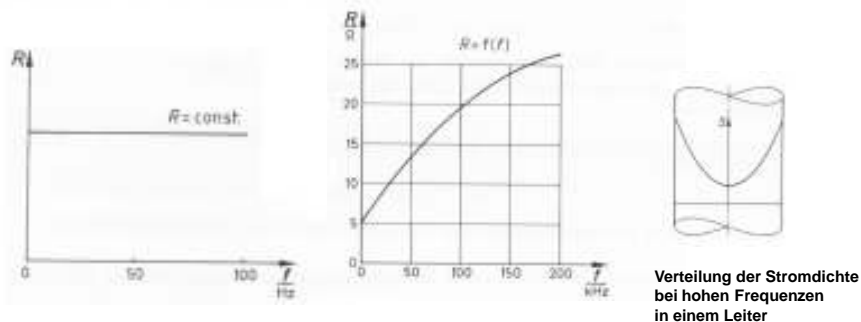
### Auswertung:

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

Leitwert:

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

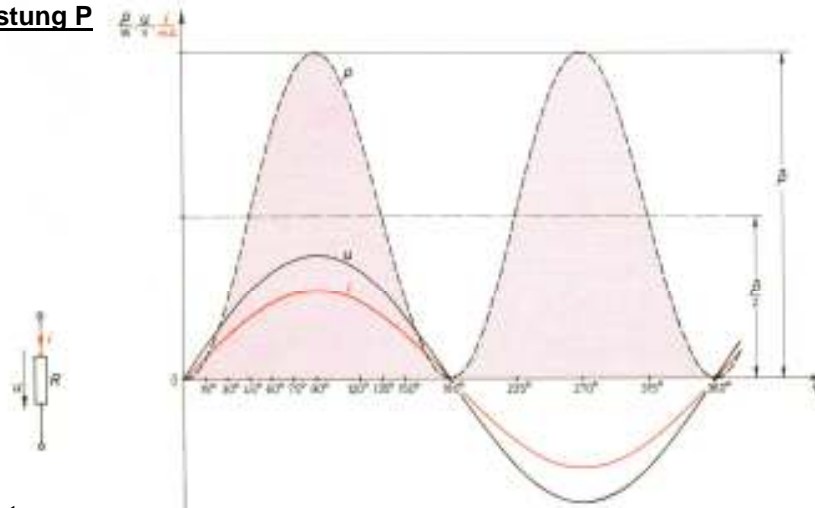
$$G = \frac{1}{R} = \frac{I}{U} \left[ \frac{A}{V} = \frac{1}{\Omega} = S \right]$$

**Stromverdrängung:****Auswertung:**

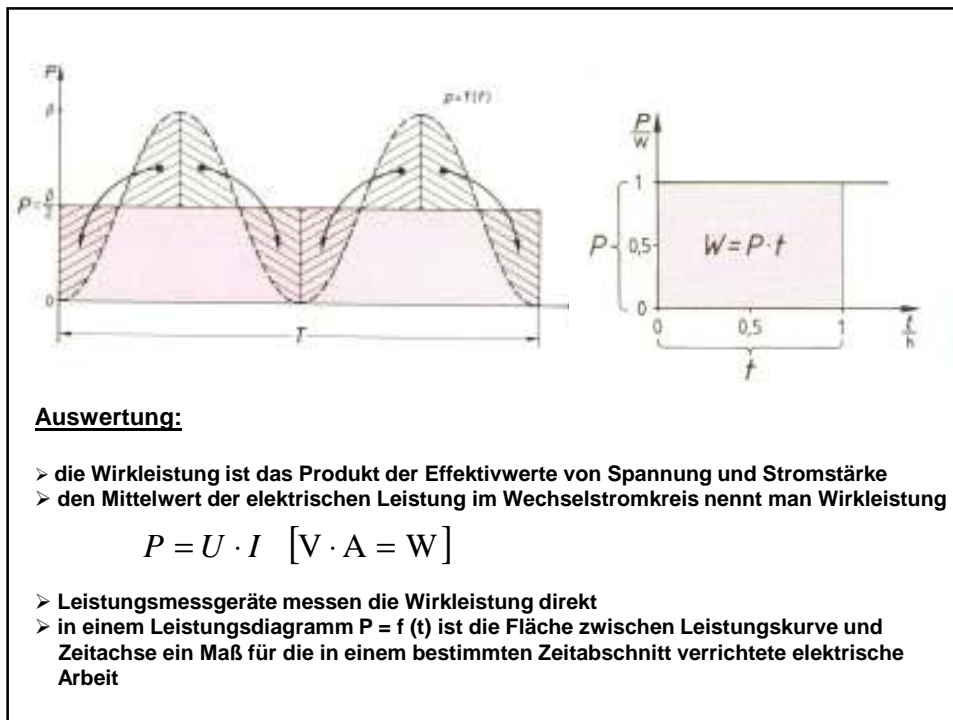
- bei niedrigen Frequenzen (Energietechnik 50 Hz) spielt die Stromverdrängung keine Rolle
- bei höheren Frequenzen (Nachrichtentechnik) wird die Frequenzabhängigkeit erkennbar

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

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

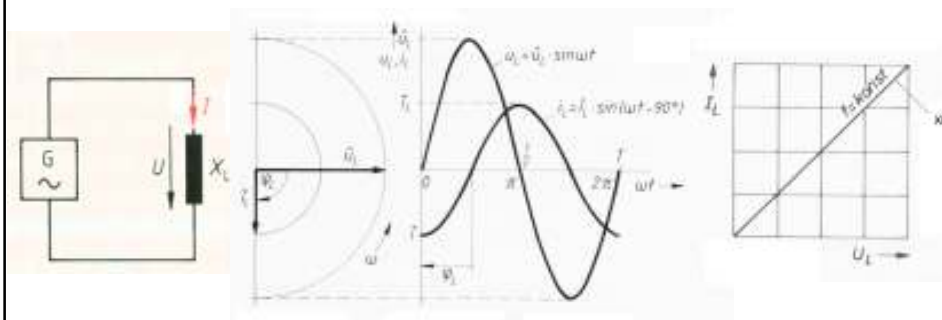
**Wirkleistung P****Auswertung:**

- 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

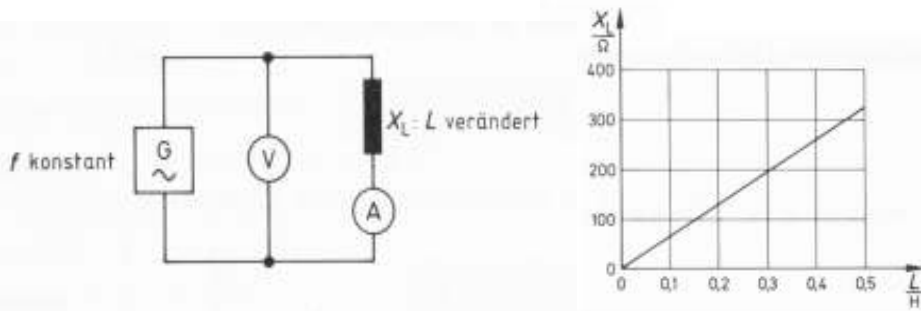


### Induktiver Blindwiderstand $X_L$

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:



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

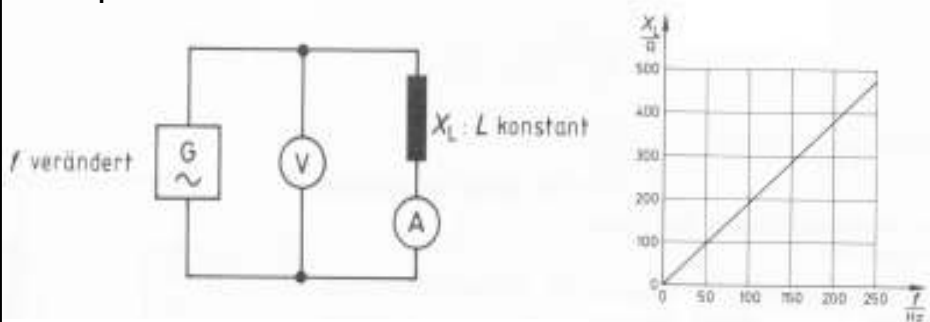


**Auswertung:**

**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:**

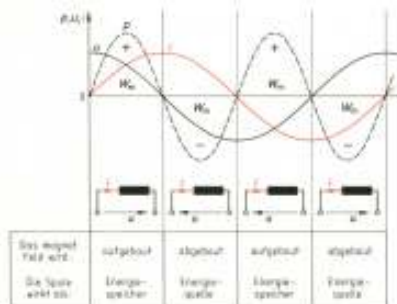
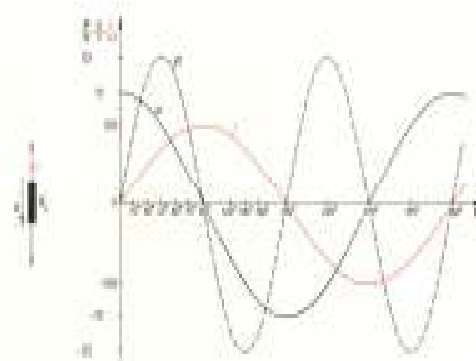
$$B_L = \frac{1}{X_L} = \frac{1}{\omega \cdot L} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot L} \quad \left[ \frac{1}{\Omega} = S \right]$$

**Induktive Blindleistung  $Q_L = U_L \cdot I_L$  [var]**

(lies: Volt-Ampere-reaktiv)

**Regeltablelle von Spannung, Stromstärke und Leistung von induktiven Blindleistung  $Q_L$**

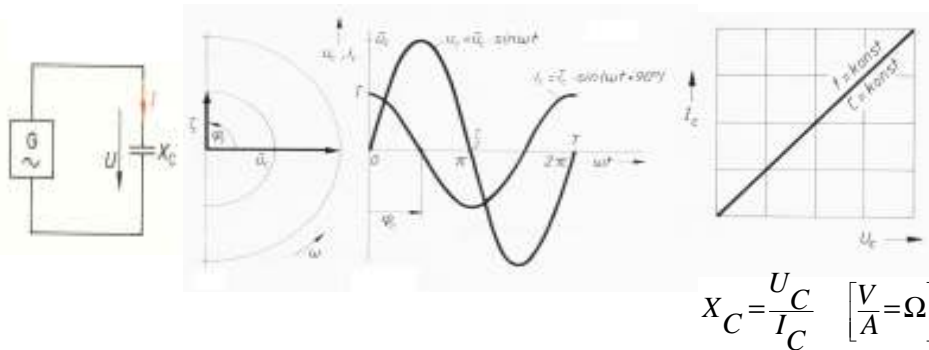
u in Volt	i in Ampere	u in Volt	Q in var
0	0	0	0
10	20	0,8	200
20	10	0,8	400
30	0	0,8	0
40	-10	0,8	-400
50	-20	0,8	-800
60	-30	0,8	-1200
70	-40	0,8	-1600
80	-50	0,8	-2000
90	-60	0,8	-2400
100	-70	0,8	-2800
110	-80	0,8	-3200
120	-90	0,8	-3600
130	-100	0,8	-4000
140	-110	0,8	-4400
150	-120	0,8	-4800
160	-130	0,8	-5200
170	-140	0,8	-5600
180	-150	0,8	-6000
190	-160	0,8	-6400
200	-170	0,8	-6800
210	-180	0,8	-7200
220	-190	0,8	-7600
230	-200	0,8	-8000
240	-210	0,8	-8400
250	-220	0,8	-8800
260	-230	0,8	-9200
270	-240	0,8	-9600
280	-250	0,8	-10000
290	-260	0,8	-10400
300	-270	0,8	-10800



**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!**

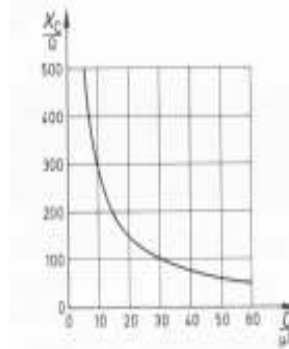
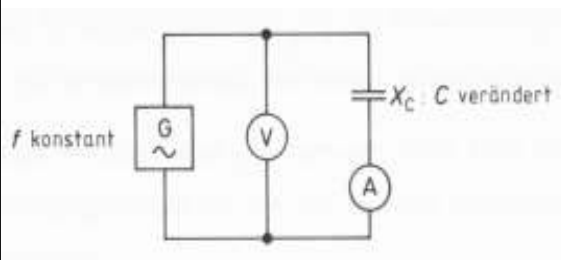
### Kapazitiver Blindwiderstand $X_C$



#### Auswertung:

- der Phasenverschiebungswinkel beträgt  $90^\circ$  ( $\varphi = +90^\circ$ )
- der Strom eilt der Spannung um  $90^\circ$  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 $X_C$

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

## 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:**

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

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

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

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

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

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

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