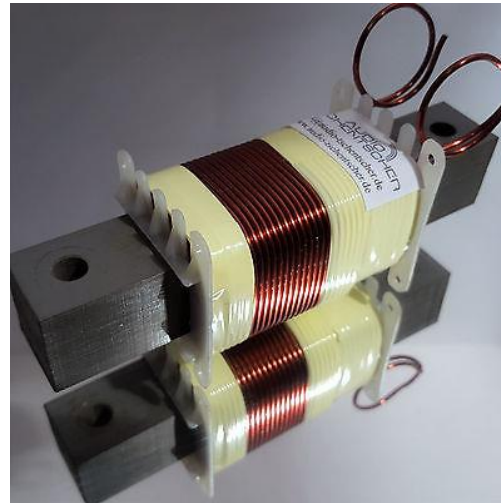
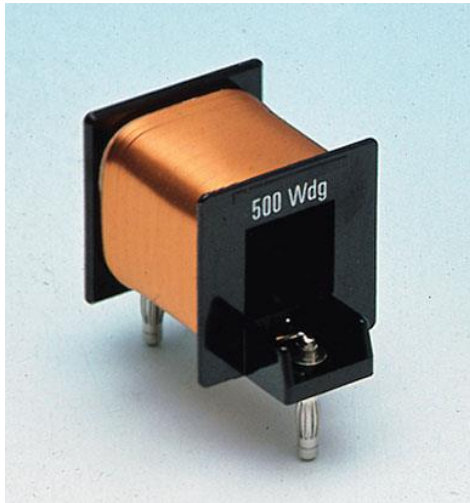


(2) Die Spule im Wechselstromkreis



experimentelle Ergebnisse:

Der Gleichstromwiderstand R ist kleiner als der Wechselstromwiderstand Z .

$$R < Z$$

Erklärung:

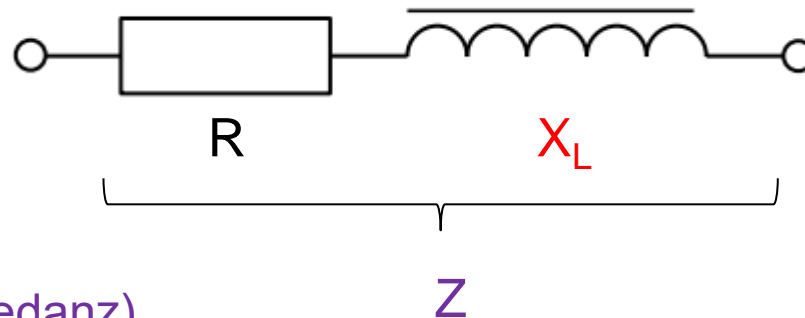
Der Widerstand R im Gleichstromkreis entspricht dem ohmschen Widerstand des Spulendrahtes.

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

Im Wechselstromkreis entsteht infolge der Selbstinduktion in der Spule ein zusätzlicher Widerstand.

Man nennt ihn **induktiven Widerstand X_L** .

► Ersatzschaltung:



R ... ohmscher Widerstand

X_L ... induktiver Widerstand

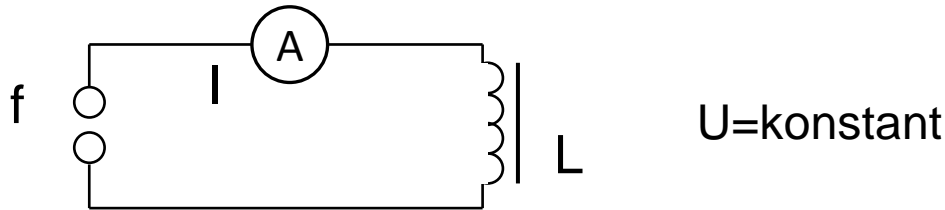
Z ... Scheinwiderstand (Impedanz)

Fallunterscheidung:

$$(A) \quad X_L \gg R \quad R \approx 0 \quad Z = X_L$$

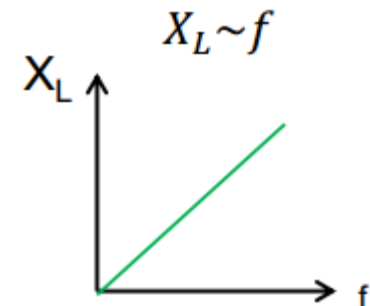
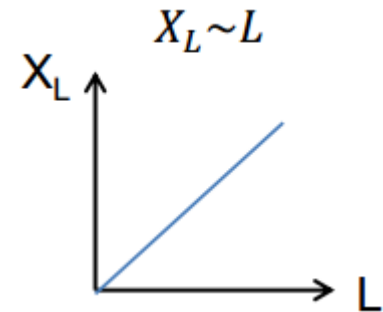
... hohe Induktivität L der Spule \rightarrow ideale Spule (ohne ohmschen Anteil)

Abhängigkeit des Widerstandes X_L :



(1) Je größer die Induktivität L ,
desto kleiner die Stromstärke I ,
desto größer der induktive Widerstand X_L

(2) Je größer die Frequenz f ,
desto kleiner die Stromstärke,
desto größer der induktive Widerstand X_L



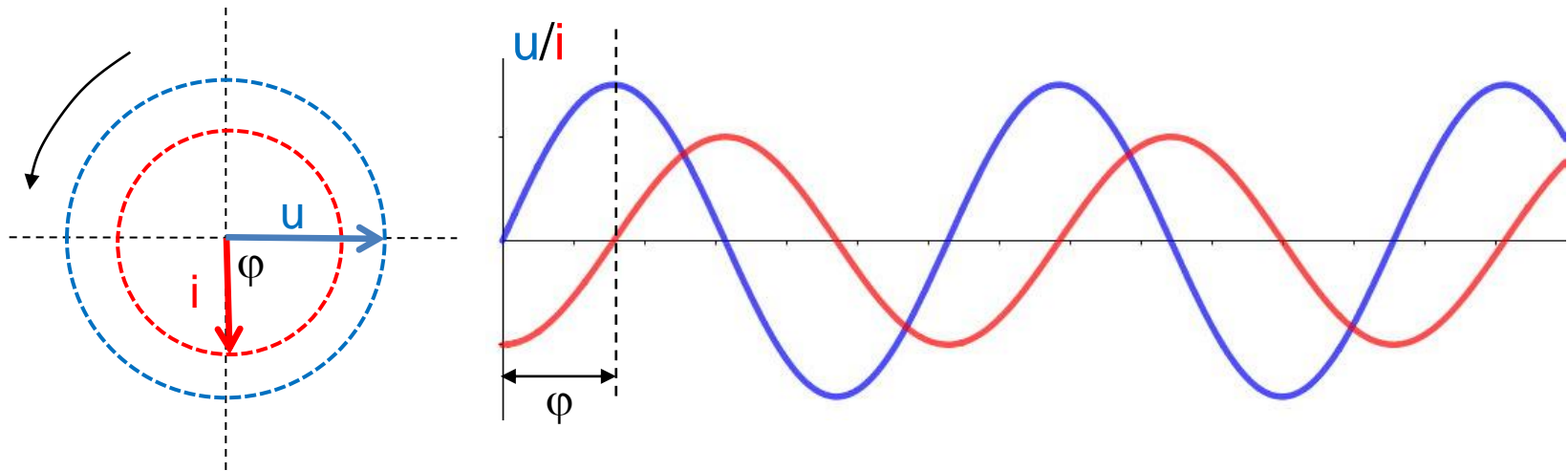
quantitativ gilt für den induktiven Widerstand X_L :

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L$$

bzw.

$$X_L = \omega \cdot L$$

Verlauf von u und i (Phasenbeziehung):



Zwischen Spannung und Stromstärke tritt (ebenfalls) eine Phasenverschiebung φ auf.

Die Stromstärke i eilt der Spannung u um $\varphi = \pi/2$ ($= T/4$) hinterher.

► Der induktive Widerstand X_C ist (auch) ein **Blindwiderstand**.

Bei einer idealen Spule wird im Wechselstromkreis keine Energie verbraucht.

(B) der ohmsche Widerstand ist nicht vernachlässigbar ...

→ reale Spule

Der Gesamtwiderstand Z im Wechselstromkreis setzt sich aus dem ohmschen Widerstand R und dem induktiven Widerstand X_L zusammen.

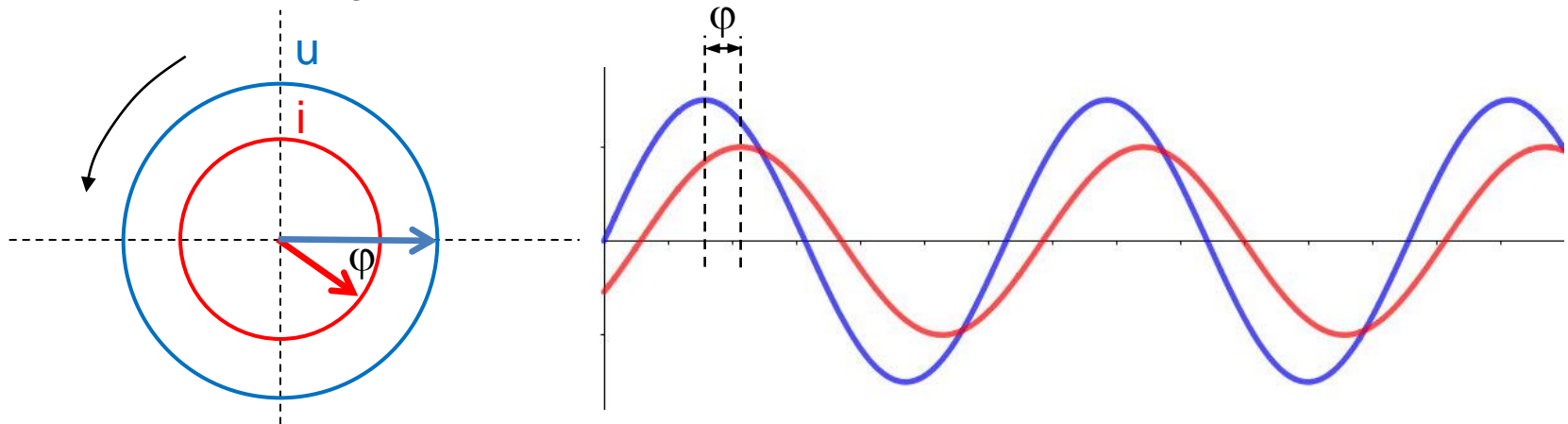
~~$Z = R + X_L$~~

gilt nicht !

Es gilt:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

Phasenbeziehung:



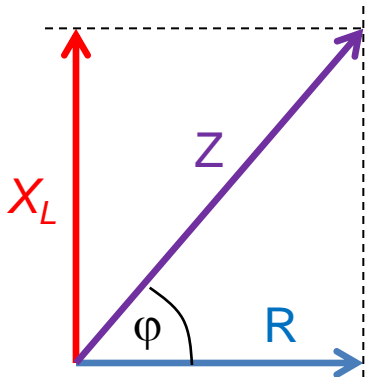
Zwischen $u(t)$ und $i(t)$ tritt eine Phasenverschiebung $0 \leq \varphi \leq \frac{\pi}{2}$ auf.

Sie ist von der Induktivität L und der Frequenz f abhängig.

Widerstands-Zeiger-Diagramm (reale Spule):

Der Betrag der Widerstände kann maßstäblich als Widerstandszeiger (Vektor) dargestellt werden.

Zwischen dem Widerstandszeiger R und dem Widerstandszeiger X_L besteht eine Phasenverschiebung von $\pi/2$ (90°).



Die Vektoraddition von R und X_L ergibt Z

Für den Betrag von Z erhält man:

$$Z^2 = R^2 + X_L^2$$

und für die Phasenverschiebung φ :

$$\tan(\varphi) = \frac{X_L}{R}$$

Ändern sich R bzw. X_L ,
so verändert sich auch
der Scheinwiderstand Z
und die Phasenverschiebung
zwischen u und i .