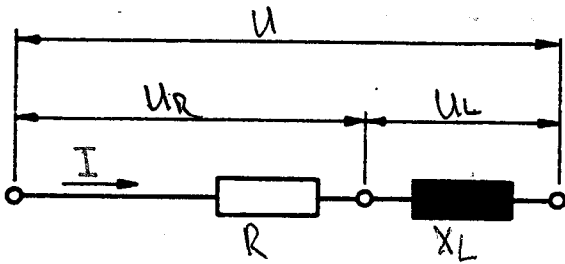


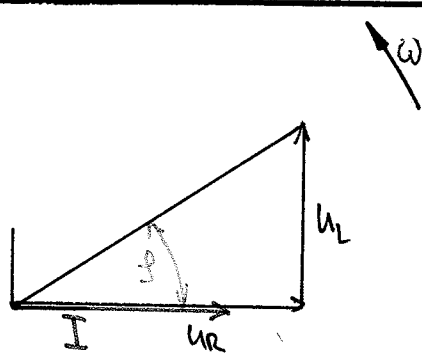
# Schaltungen von $R$ , $X_L$ und $X_C$

## Serieschaltung

Wechselstromgrößen müssen geometrisch addiert werden!



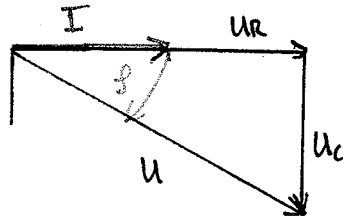
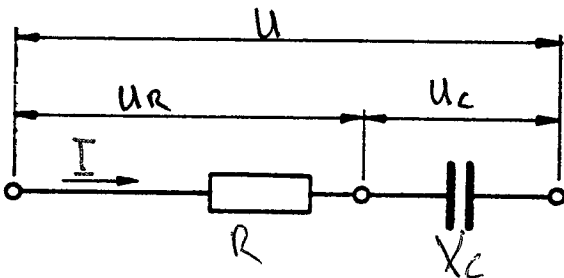
z.B. Ersatzschaltung für induktive Verbraucher (real)



$$Z = \frac{U}{I}$$

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

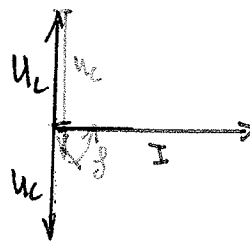
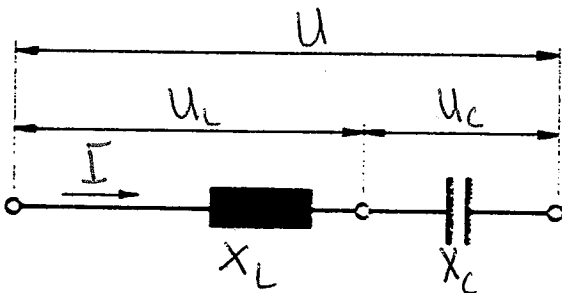
$$U = \sqrt{U_R^2 + U_L^2}$$



$$Z = \frac{U}{I}$$

$$= \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

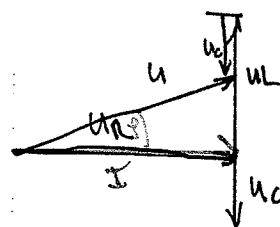
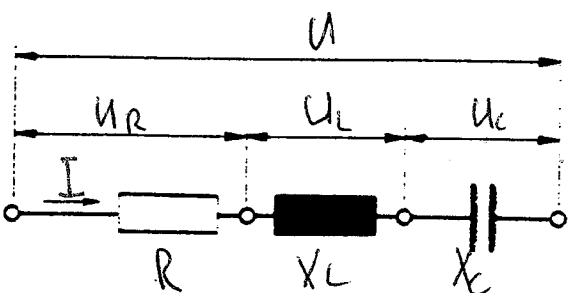
$$U = \sqrt{U_R^2 + U_C^2}$$



$$Z = \frac{U}{I}$$

$$= X_L - X_C$$

$$U = U_L - U_C$$

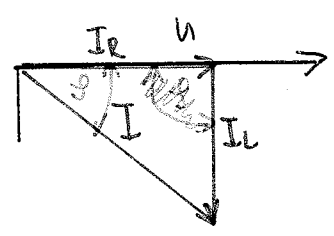
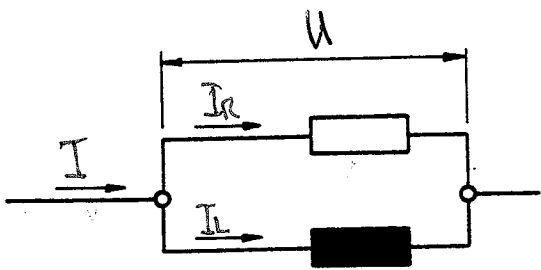


$$Z = \frac{U}{I}$$

$$= \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

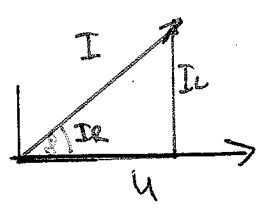
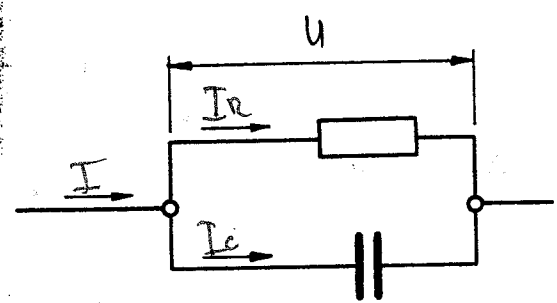
$$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}$$

# Parallelschaltung



$$Z = \frac{U}{I}$$

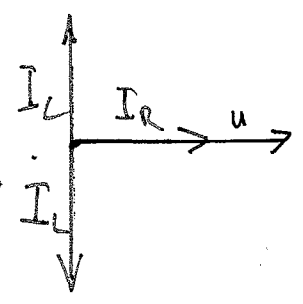
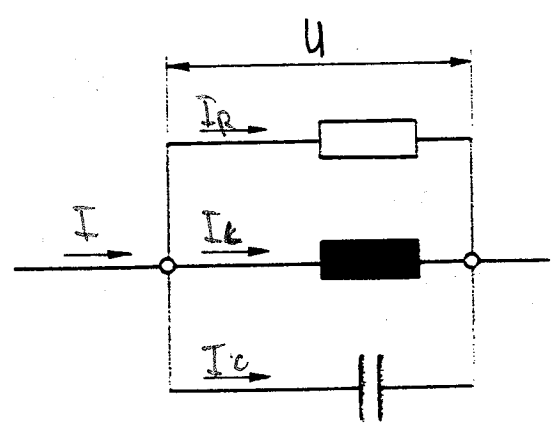
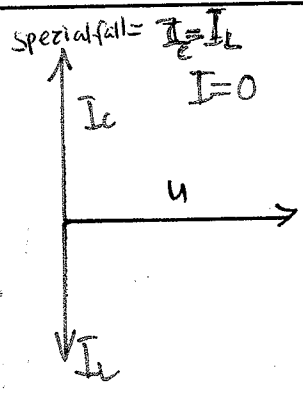
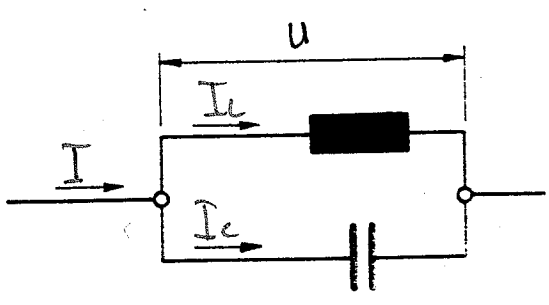
$$I = \sqrt{I_R^2 + I_L^2}$$



$$Z = \frac{U}{I}$$

$$I = \sqrt{I_R^2 + I_C^2}$$

z.B. Ersatzschaltung für \_\_\_\_\_

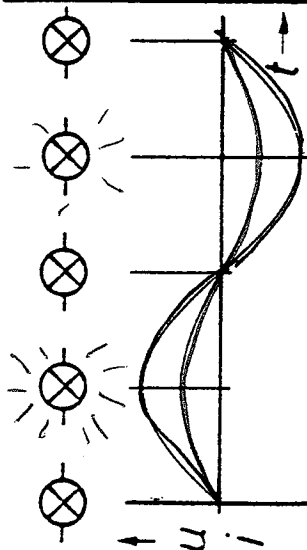
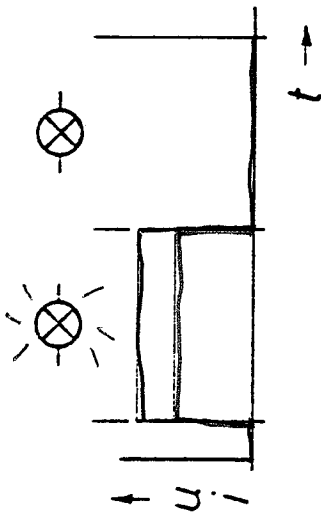


Wechselstromwiderstände

Phasenverschiebung

Ohmscher Widerstand R

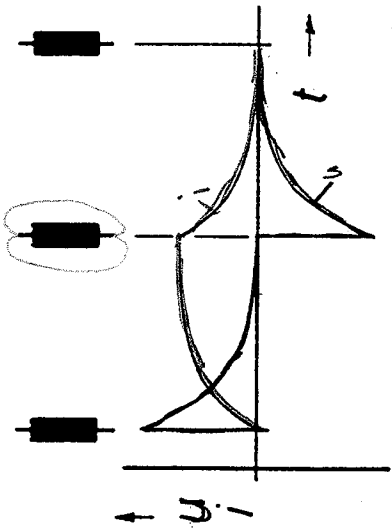
z.B. Glühlampe, Heizung, Leitung



i und u gleichzeitig

Induktivität L

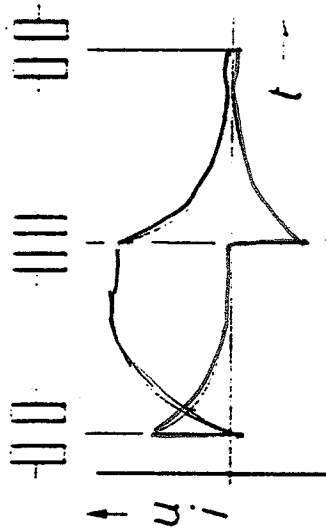
z.B. Spule, Motor, Transformator



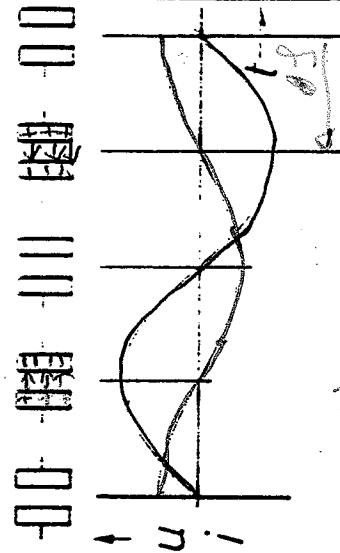
i geht u nach

Kapazität C

z.B. Kondensator



i führt u



i geht u voraus

Verhalten bei Gleichspannung:

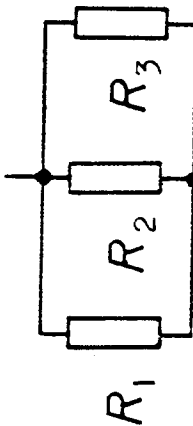
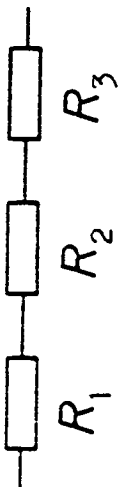
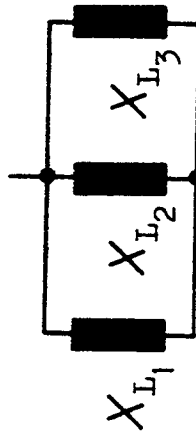
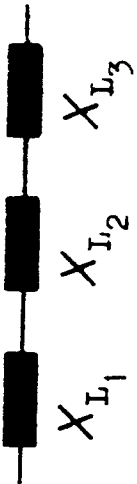
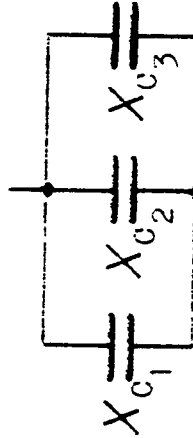
Verhalten bei Wechselspannung:

Das zeitliche Vor- und Nachteilen des Stromes gegenüber der Spannung nennt man Phasenverschiebungswinkel  $\phi$ . Sie wird z.B. durch den Phasenverschiebungswinkel  $\phi$  (Phi) angegeben. Diese Phasenverschiebungen sind jeweils max.  $90^\circ$ .

# Frequenzeinfluss des Wechselstromes

<p><u>Wirkwiderstand R</u></p> <p>(Ohmscher Widerstand, Gleichstromwiderstand)</p> <p>Bei Gleich- und Wechselstrom gleich Wirkung</p> $R = \frac{U}{I}$ <p>In jedem Widerstand entsteht</p>	<p><u>Scheinwiderstand Z</u></p> <p>(Impedanz, Wechselstromwiderstand)</p> <p>Aus den Messwerten von <math>\sim U</math> und <math>\sim I</math></p> $Z = \frac{U}{I}$ <p>bzw. geometrisch</p> <p>Bestimmung</p> <p><u>Beispiel:</u> Gegeben: <math>R = 300 \Omega</math> <math>X_L = 200 \Omega</math> Gesucht: <math>Z</math></p> <p>Lösung:</p> $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$ $= 360,5 \Omega$	<p><u>Induktiver Widerstand <math>X_L</math></u></p> <p>(induktiver Blindwiderstand, induktive Reaktanz, Induktanz)</p> <p>Entsteht durch Selbstinduktion</p> $X_L = \omega \cdot L$ <p><u>Beispiel:</u> Gegeben: <math>L = 31,5 \text{ mH}</math> <math>f = 1000 \text{ Hz}</math> Gesucht: <math>X_L</math></p> <p>Lösung:</p> $X_L = \omega \cdot L$ $= 197,8 \Omega$	<p><u>Kapazitiver Widerstand <math>X_C</math></u></p> <p>(kapazitiver Blindwiderstand, kapazitive Reaktanz, Kapazitätanz)</p> <p>Entsteht durch frequenzabhängiges Laden/Entladen</p> $X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$ <p><u>Beispiel:</u> Gegeben: <math>C = 2 \mu\text{F}</math> <math>f = 50 \text{ Hz}</math> Gesucht: <math>X_C</math></p> <p>Lösung:</p> $X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$ $= 1592 \Omega$	

# Widerstände und deren Baugrößen



Serieschaltungen

Parallelschaltungen

## Frequenzabhängige Spannungsteiler (Frequenzfilter)

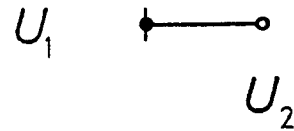
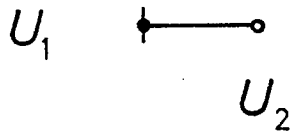
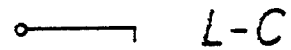
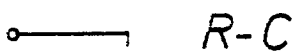
Aufgaben von  $L$ : \_\_\_\_\_

Aufgaben von  $C$ : \_\_\_\_\_

$U_1$  = Eingangsspannung

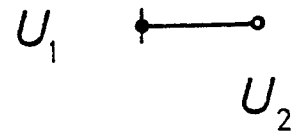
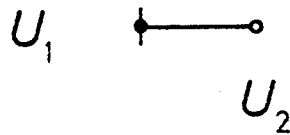
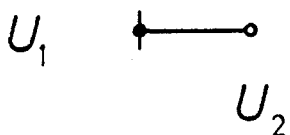
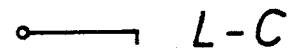
$U_2$  = Ausgangsspannung

### Tiefpassfilter



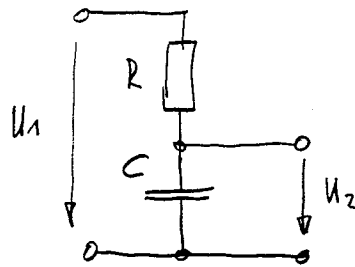
Je kleiner (tiefer) die Frequenz, desto grösser die Spannung  $U_2$ .

### Hochpassfilter



Je grösser (höher) die Frequenz, desto grösser die Spannung  $U_2$ .

1. Von der Reihenschaltung gemäss Schema sind die folgenden Werte zu berechnen:  $Z$ ,  $I$ ,  $\varphi_{U,I}$ ,  $U_2$



$$R = 1 \text{ k}\Omega$$

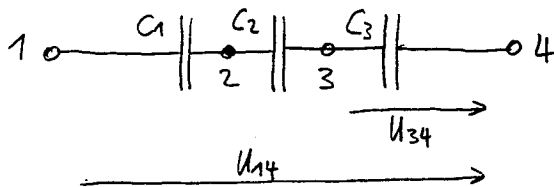
$$C = 1 \mu\text{F}$$

$$U_1 = 100 \text{ V}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

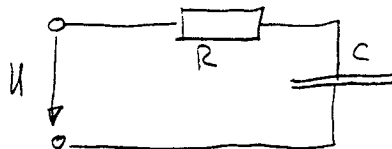
2. Berechnen Sie die Spannung  $U_{3,4}$  in der gegebenen Schaltung:

$$C_1 = 1 \mu\text{F}, C_2 = 10 \mu\text{F}, C_3 = 0,1 \mu\text{F}, f = 100 \text{ Hz}, U_{1,4} = 10 \text{ V}$$



3. In einer Schaltung wird ein Phasenwinkel  $\varphi_{U,I} = 50^\circ$  benötigt. Stellen Sie ein Verhältnis der kapazitiven Blindgrösse zur Wirkgrösse auf, welches diesen Winkel realisiert.

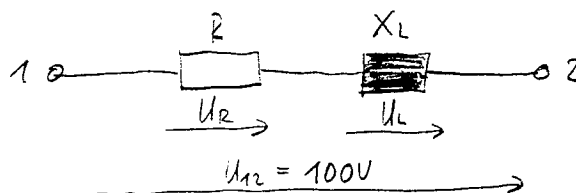
4. Gegeben folgende Schaltung mit  $R_1 = 1,2 \text{ k}\Omega$ ,  $C = 1 \mu\text{F}$ ,  $I = 30 \text{ mA}$



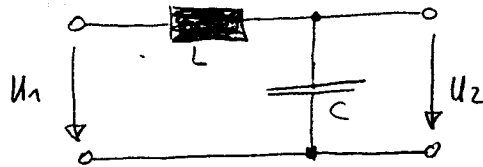
Zeichnen Sie das Zeiger- sowie das Liniendiagramm, in welchem  $U$ ,  $U_C$ ,  $U_R$  und  $I$  enthalten sind, sowie den Leistungsverlauf (Massstab bitte „korrekt“ wählen!).

5. Gegeben folgende Schaltung mit  $R = 100 \Omega$ ,  $X_L = 50 \Omega$ .  $U_{1,2} = 100 \text{ V}$

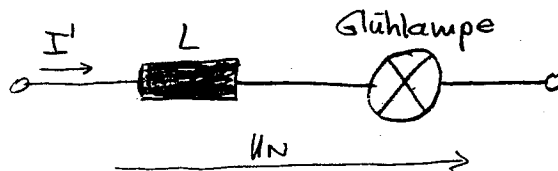
Zeichnen Sie das Zeigerdiagramm und berechnen Sie:  $Z$ ,  $I$ ,  $U_R$ ,  $U_L$ ,  $\varphi_{U,I}$



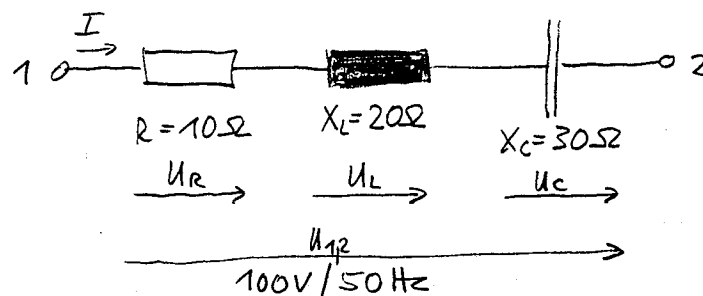
6. Berechnen Sie für die Frequenz  $f = 100 \text{ kHz}$  die Spannung  $U_2$  der Schaltung gemäss Schema. Die bekannten Daten sind:  $U_1 = 1 \text{ V}$ ,  $L = 0,1 \text{ H}$  und  $C = 0,1 \mu\text{F}$



7. Der Strom in einer Glühlampe soll durch die Reihenschaltung mit einer Drossel (Spule) auf  $I' = 0,3 \text{ A}$  reduziert werden. Die Schaltung hat die Daten:  $U_N = 220 \text{ V}$ ,  $f = 50 \text{ Hz}$ , Glühlampe  $100 \text{ W}/220\text{V}$ . Berechnen Sie die benötigte Induktivität der Drossel.

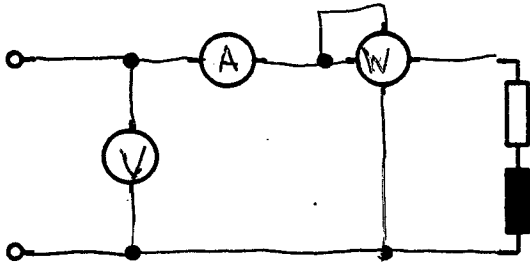


8. Berechnen Sie für die Schaltung folgende Werte:  $Z_{j2}$ ,  $I$ ,  $U_R$ ,  $U_L$ ,  $U_C$ ,  $\varphi_{U,I}$ . Die gegebenen Daten sind im Schaltplan angegeben. Zeichnen Sie zuerst das allgemeine Widerstandszeigerdiagramm.





# Leistung



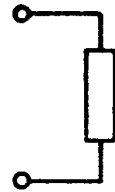
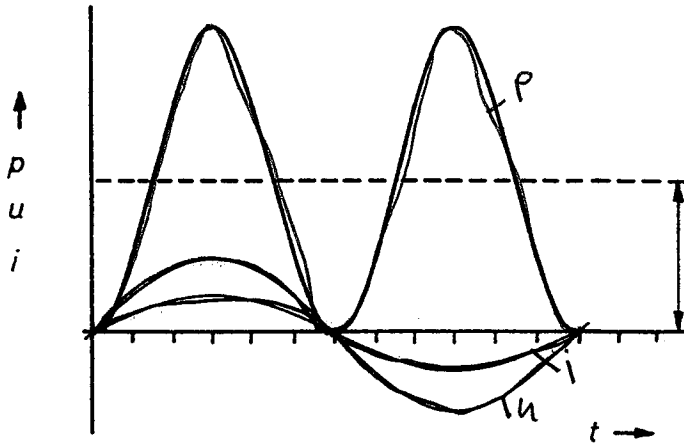
$$U = \text{---}; I = \text{---}$$

$$\Rightarrow U \cdot I = \text{---}$$

$$P = U \cdot I$$

$$\Rightarrow P \neq U \cdot I$$

Wirkleistung

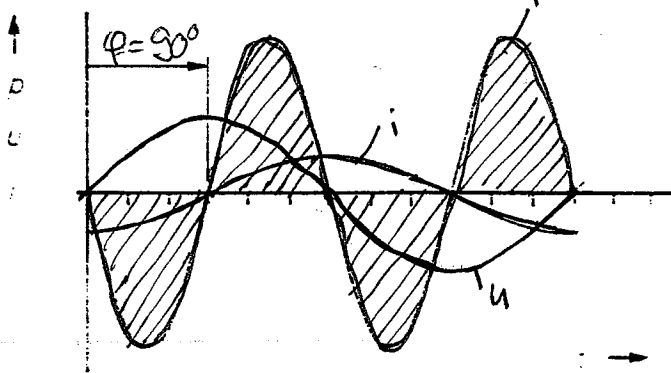


$$\varphi = 0^\circ$$

$$P = U \cdot I$$

$$P = U \cdot I \cdot \cos 0^\circ$$

Blindleistung

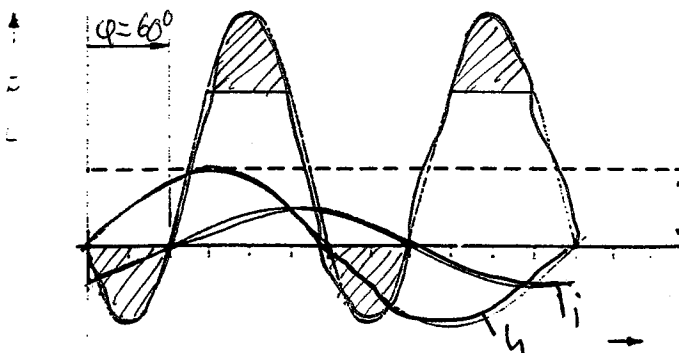


$$\varphi = 90^\circ$$

$$P = 0$$

$$P = U \cdot I \cdot \cos 90^\circ$$

Scheinleistung



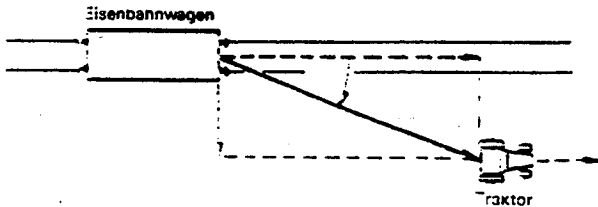
$$\varphi = 60^\circ$$

$$P < U \cdot I$$

$$P = U \cdot I \cdot \cos 60^\circ$$

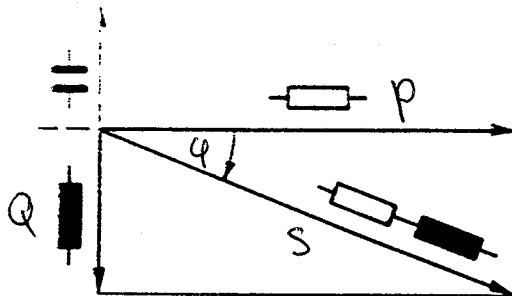
# Leistungsdreieck

## Vergleich aus der Mechanik



Die Zugkraft im Seil zum Traktor kann in eine Kraft  $F_p$  in der Schienenrichtung und in eine Kraft  $F_q$ , die den Wagen zu entgleisen versucht, zerlegt werden.

## Verhältnisse im elektrischen Stromkreis



$S$  = Scheinleistung in VA

$P$  = Wirkleistung in W

$Q$  = Blindleistung in var

$\cos \varphi$  = Leistungsfaktor

$S = U \cdot I$	$= \sqrt{P^2 + Q^2}$
$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi = S \cdot \cos \varphi$	$= \sqrt{S^2 - Q^2}$
$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi = S \cdot \sin \varphi$	$= \sqrt{S^2 - P^2}$
$\cos \varphi = \frac{P}{S}$	$\sin \varphi = \frac{Q}{S}$

**Beispiel:** Ein Einphasenmotor nimmt bei 230 V 2,34 A auf. Der Leistungsmesser zeigt 400 W an.

Bestimmen Sie die Scheinleistung, den Leistungsfaktor, die Blindleistung (rechnerisch und graphisch)!

Lösung:

$S = U \cdot I = 230V \cdot 2,34A = 538VA$	
$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{400W}{538VA} = 0,74$	
$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$	