

Grundlagen der Elektrotechnik



Scheinleistung und Blindleistung

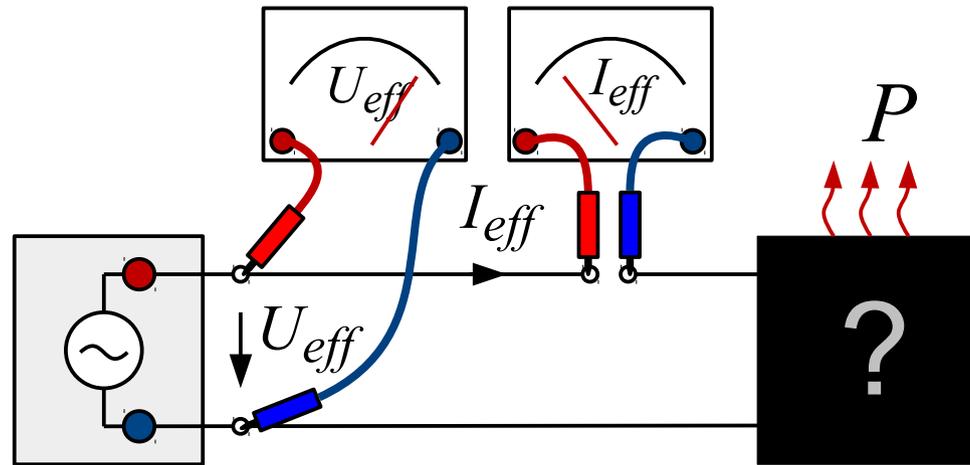
TH-Köln 2020

Prof. Dr. Eberhard Waffenschmidt

Scheinleistung und Blindleistung

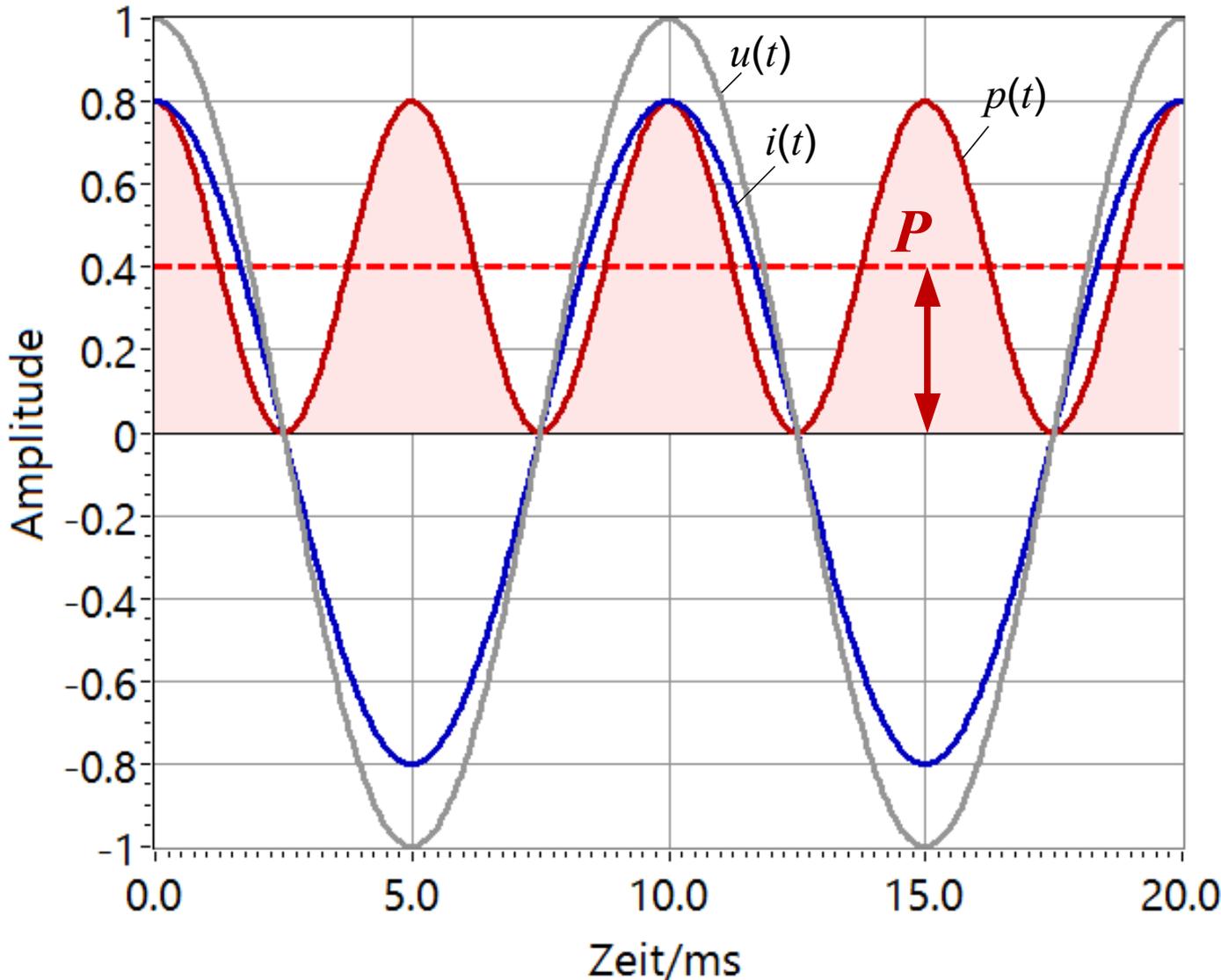
- Definition Scheinleistung
- Leistung bei sinusförmigen Verläufen
 - Wirkleistung
 - Blindleistung
 - Scheinleistung
- Komplexe Scheinleistung
- Vorzeichen von Blindleistung
- Blindleistung an einfachen Impedanzen

Definition Scheinleistung



$$\text{Scheinleistung } S = U_{eff} \cdot I_{eff} \geq P$$

Momentane Leistung: Widerstand



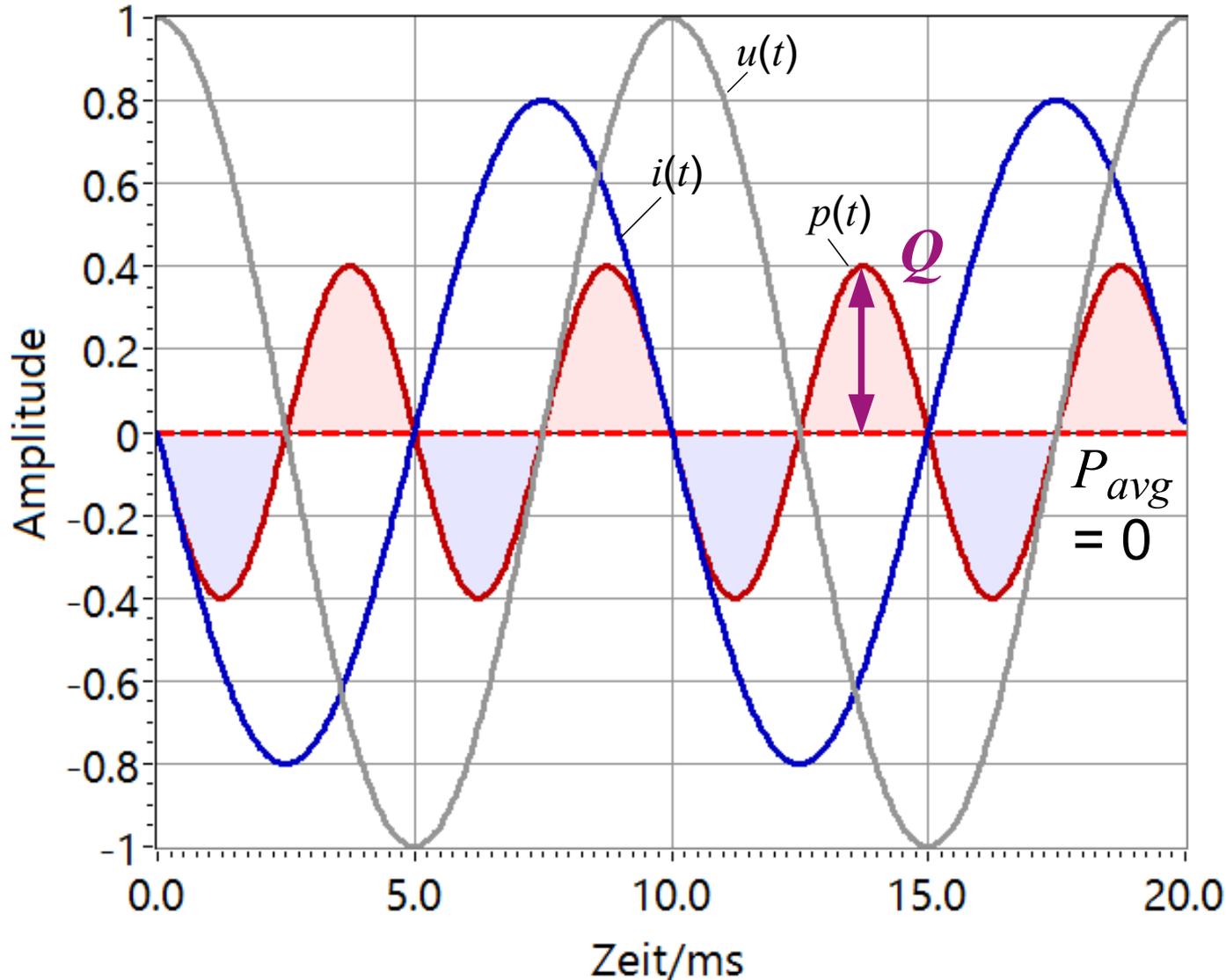
Strom und Spannung
keine
Phasenverschiebung:

- Leistung pulsiert
- Momentanleistung immer positiv
- Leistungsfluss immer zur Senke

Übertragung von
Wirkleistung

Reine Wirkleistung P :
$$p(t) = P \cdot (1 + \cos(2\omega t + \varphi))$$

Momentane Leistung: Kondensator



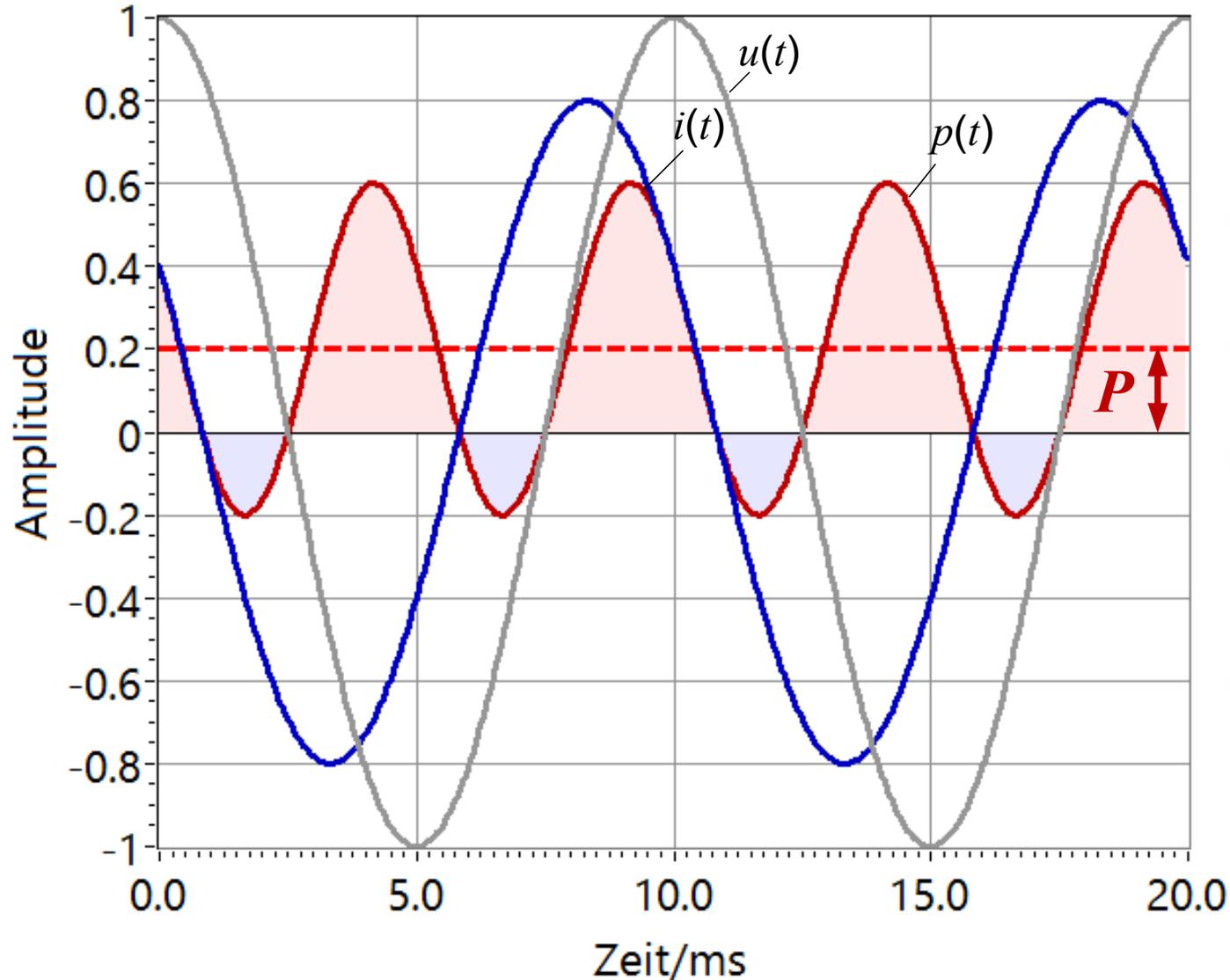
Strom und Spannung
 90° Phasenverschiebung:

- Momentanleistung ist positiv und negativ
- Mittelwert $P_{avg} = 0$
 \Rightarrow keine Wirkleistung
- Leistung pendelt zwischen Generator und Senke

Übertragung von
Blindleistung

(Verschiebungs-) Blindleistung Q : $p(t) = -Q \cdot \sin(2\omega t + \varphi)$

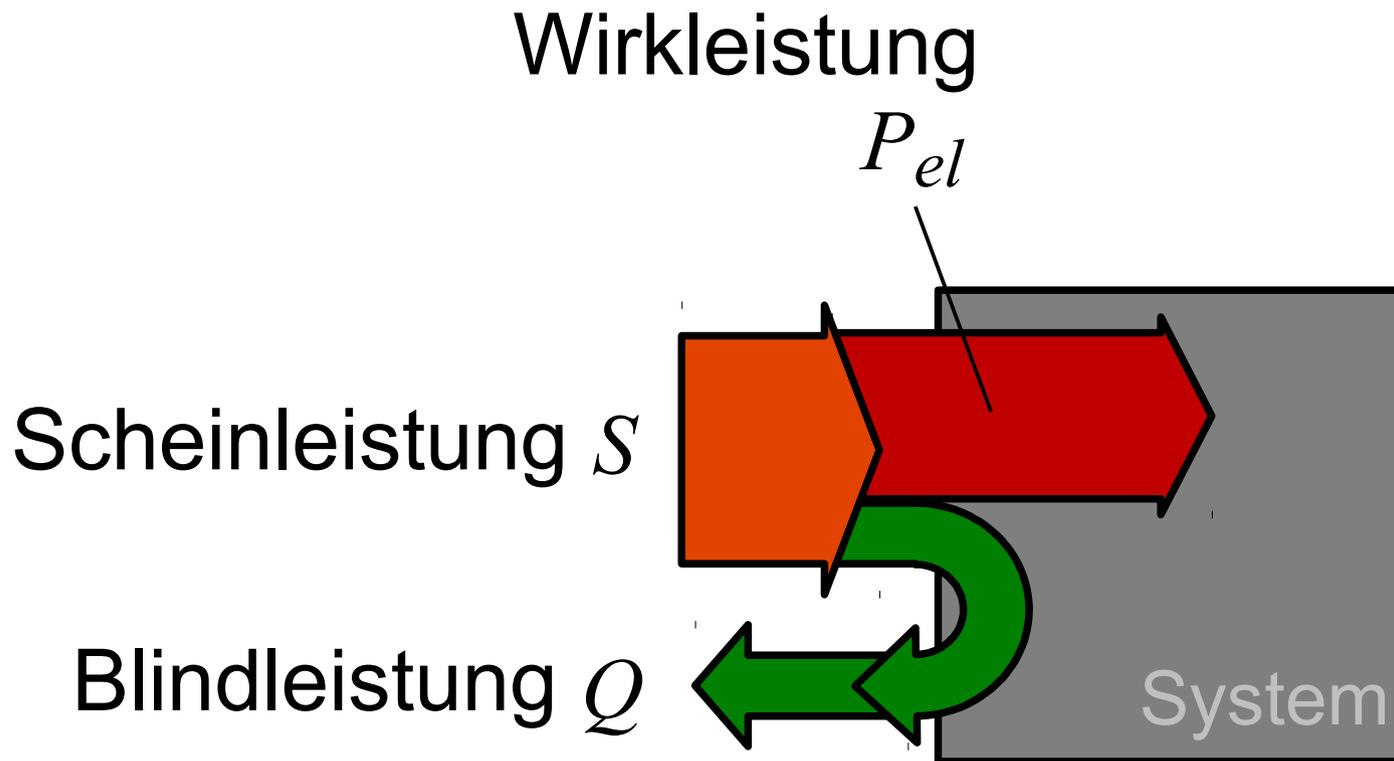
Momentane Leistung: kompl. Impedanz



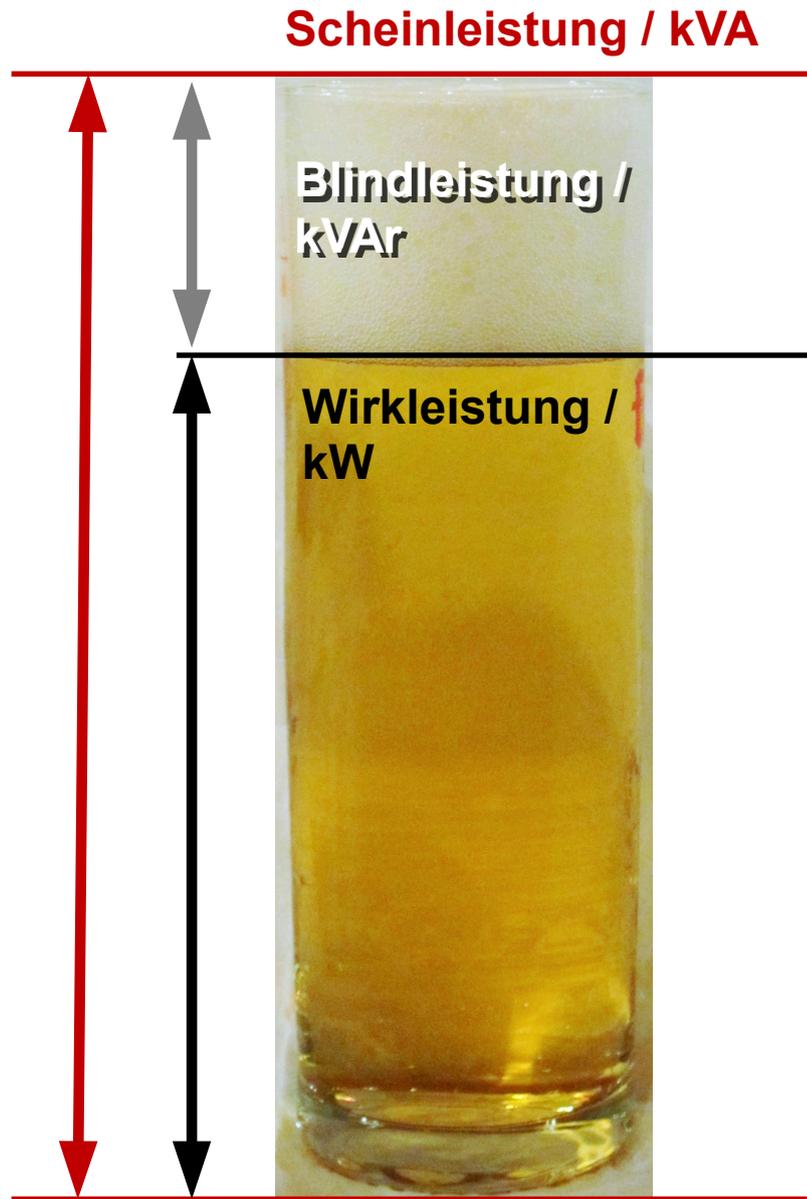
- Strom und Spannung beliebige
- Phasenverschiebung:
- Momentanleistung ist positiv und negativ
- Mittelwert $P_{avg} > 0$
=> Wirkleistung
- Teil der Leistung pendelt zwischen Generator und Senke
=> Blindleistung
- Überlagerung von Wirkleistung und Blindleistung ergibt **Scheinleistung**

Scheinleistung S : $p(t) = P \cdot (1 + \cos(2\omega t + \varphi)) - Q \cdot \sin(2\omega t + \varphi)$

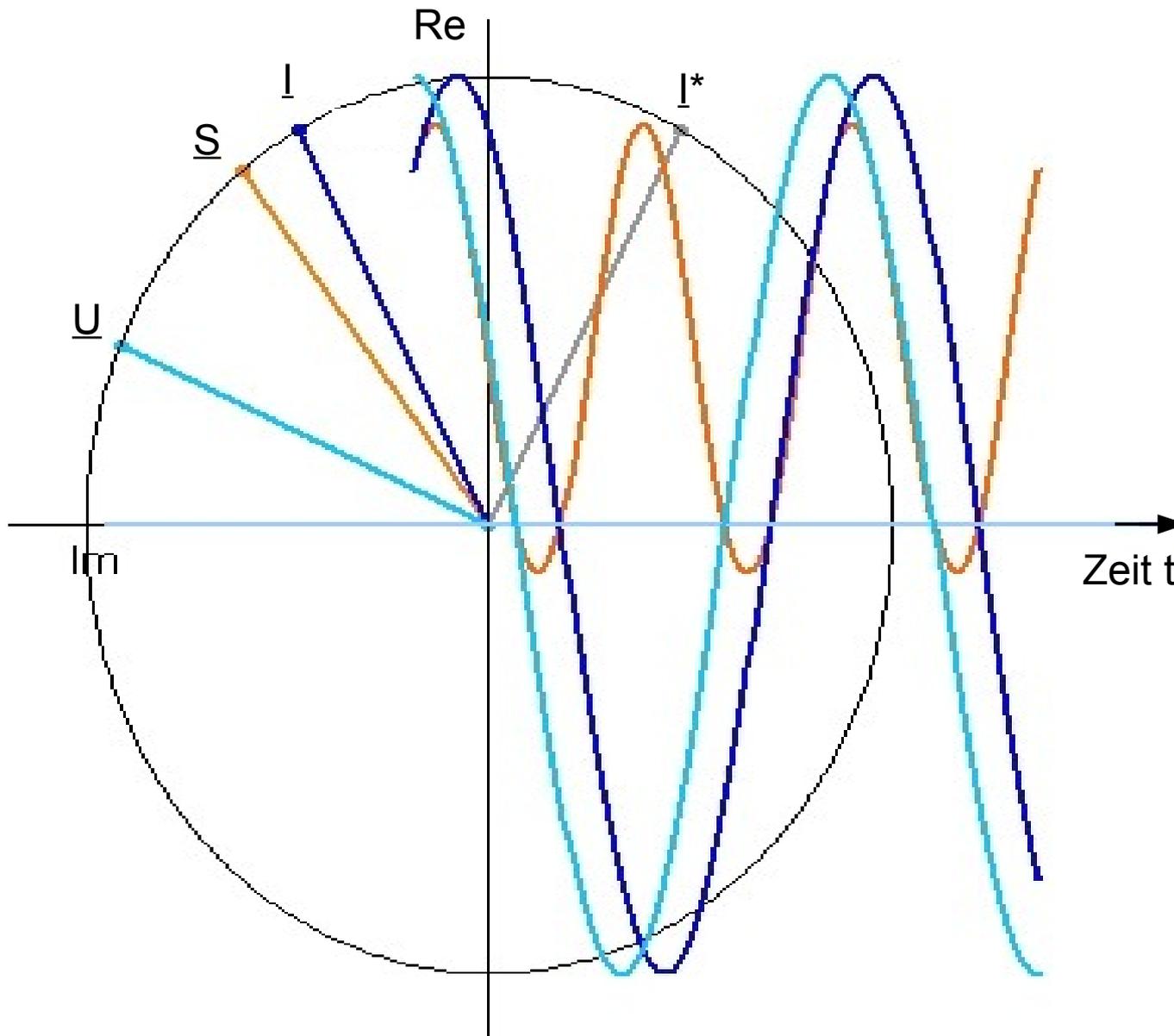
Blind- und Scheinleistung schematisch



Scheinleistung anschaulich

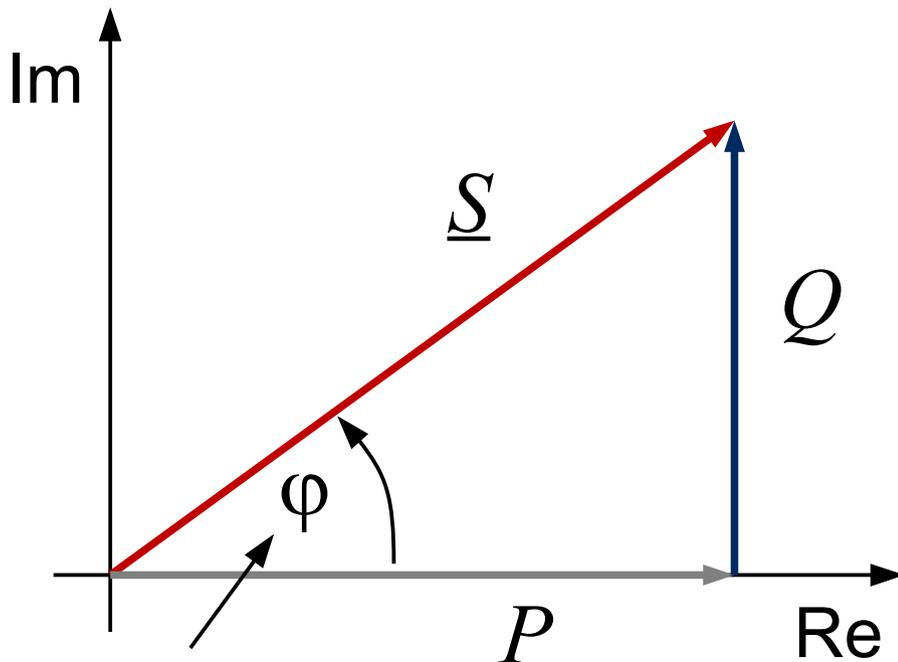


Komplexe Scheinleistung



- Produkt aus $\underline{U} \cdot \underline{I}$:
 - Zeiger hat wenig mit Momentanleistung gemeinsam
 - Ist wenig hilfreich
- Produkt aus $\underline{U} \cdot \underline{I}^*$:
 - Zeiger ist zeitunabhängig
 - Realteil entspricht Wirkleistung
 - Imaginärteil?
 - Betrag?

Komplexe Scheinleistung



Gleichzeitig
Phasenwinkel zwischen
Strom und Spannung
 $\varphi = \arg(\underline{U}) - \arg(\underline{I})$

S = Scheinleistung (engl. Apparent Power)
 P = Wirkleistung (engl. Power, Real Power)
 Q = Blindleistung (engl. Imaginary Power
 Reactive Power)

$\cos \varphi = \frac{P}{|S|}$ = Leistungsfaktor (engl. Power Factor)

*Aufpassen: $\cos \varphi$ ist immer positiv!
 Unterscheidung durch induktiv und kapazitiv*

$\underline{S} = \underline{U} \cdot \underline{I}^*$ *Konjugiert komplex,
 d.h. beim Imaginärteil bzw.
 beim Phasenwinkel
 ist Vorzeichen umgedreht*

Für den Betrag gilt:

$$|S| = |U| \cdot |I| = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

In Richtung des Leistungsflusses

$$\underline{S} = P + jQ$$

Einheit:

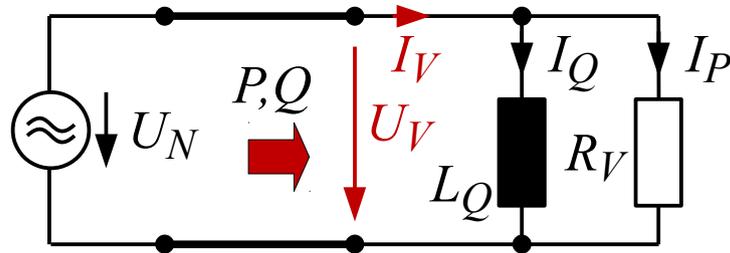
VA (*nicht* W)

W

var (VAr, VA)

Vorzeichen-Definition

Verbraucher-Zählpfeilsystem:

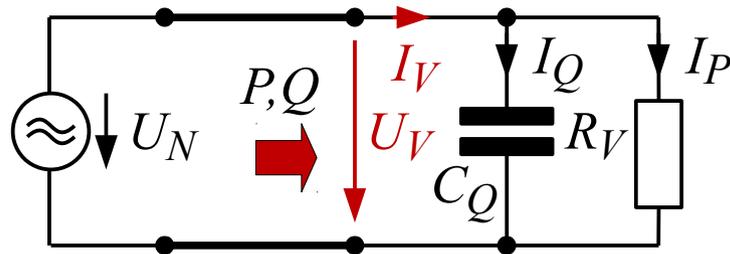


Induktiv:

$$Q > 0$$
$$\operatorname{Im}(I_Q) < 0$$

Aufpassen:

*Induktive Blindleistung ist positiv,
aber
induktiver Strom ist negativ!*



kapazitiv

$$Q < 0$$
$$\operatorname{Im}(I_Q) > 0$$

Generator-Zählpfeilsystem:
Umgedrehte Vorzeichen

Einfache Impedanzen

Nur Widerstand:

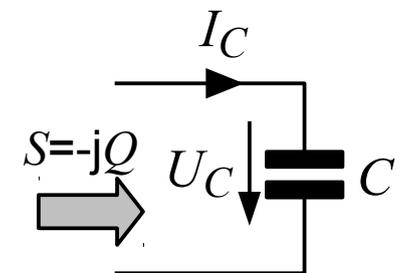
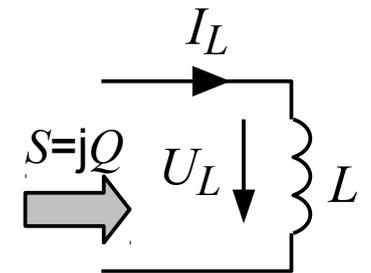
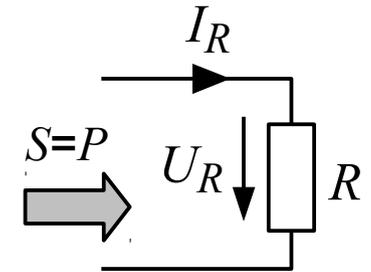
$$\underline{S} = P = |\underline{U}_R| \cdot |\underline{I}_R| = |\underline{U}_R|^2 / R = |\underline{I}_R|^2 \cdot R$$

Nur Induktivität:

$$\underline{S} = jQ \text{ mit } |Q| = |\underline{U}_L| \cdot |\underline{I}_L| = |\underline{U}_L|^2 / |X_L| = |\underline{I}_L|^2 \cdot |X_L|$$

Nur Kondensator:

$$\underline{S} = -jQ \text{ mit } |Q| = |\underline{U}_C| \cdot |\underline{I}_C| = |\underline{U}_C|^2 / |X_C| = |\underline{I}_C|^2 \cdot |X_C|$$



Bei einzelnen Elementen lässt sich P oder Q direkt aus den Beträgen von Strom und/oder Spannung berechnen.

Kontakt

Prof. Dr. Eberhard Waffenschmidt

Professur Elektrische Netze

Institut für Elektrische Energietechnik,
Fakultät für Informations-, Medien- und
Elektrotechnik (F07)

Technische Hochschule Köln

Betzdorferstraße 2, Raum ZO 9-19

50679 Köln, Deutschland

Tel. +49 221 8275 2020

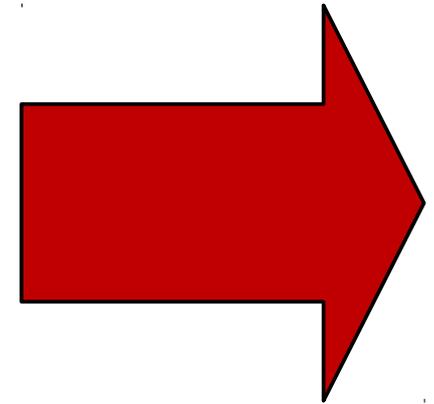
eberhard.waffenschmidt@th-koeln.de

<https://www.th-koeln.de/>

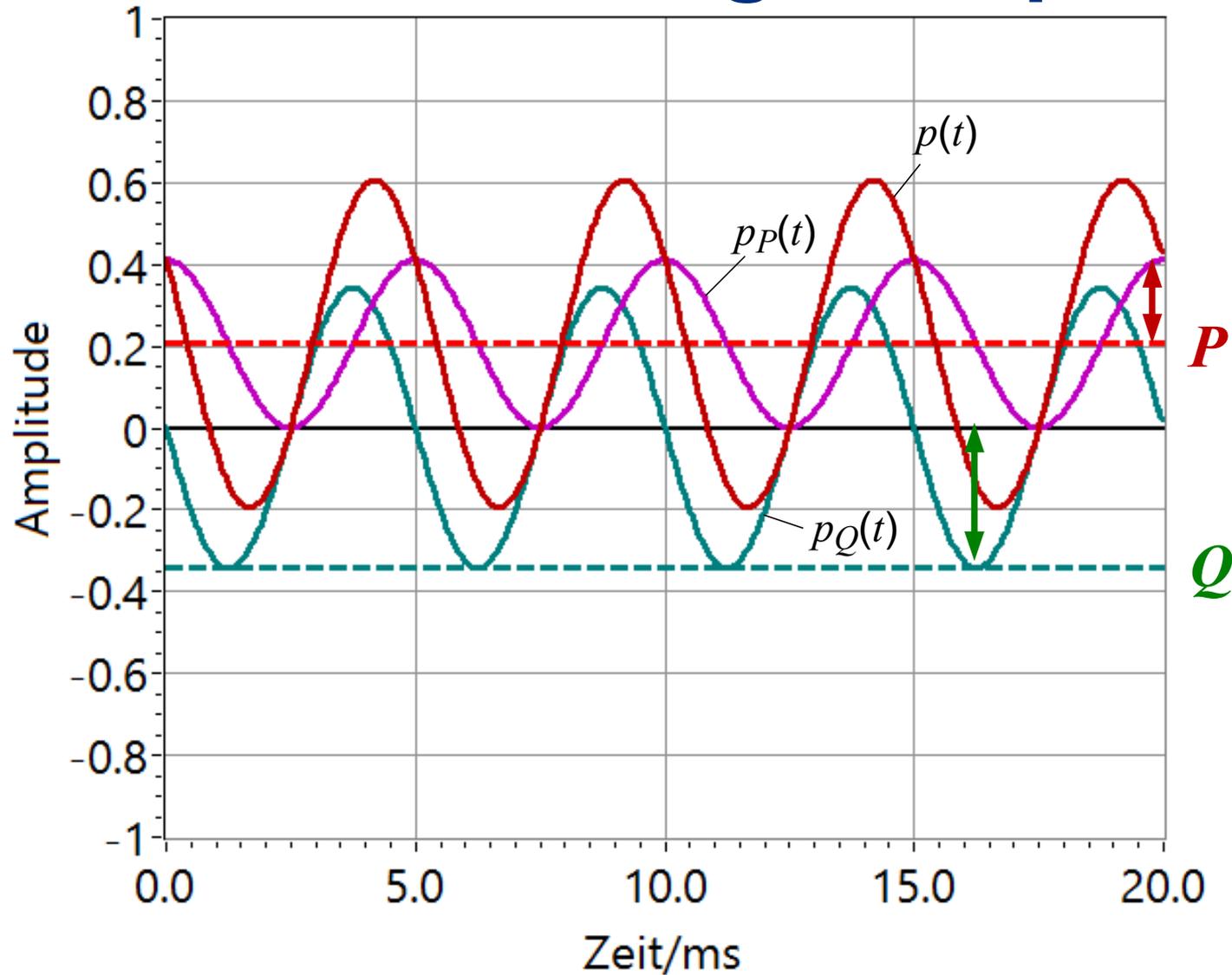
[personen/eberhard.waffenschmidt/](https://www.th-koeln.de/personen/eberhard.waffenschmidt/)



Anhang für Interessierte



Momentane Leistung: kompl. Impedanz



Scheinleistung S : $p(t) = P \cdot (1 + \cos(2\omega t + \varphi)) - Q \cdot \sin(2\omega t + \varphi)$

Vorzeichen bei Blindleistung

$$I_L = \frac{U_0}{j \cdot \omega \cdot L} = -j \cdot \frac{U_0}{\omega \cdot L}$$

Induktiver Strom
hat Minus im Vorzeichen

$$\underline{S} = \underline{U} \cdot \underline{I}^* \quad \text{konjugiert komplex}$$
$$= U_0 \cdot -j \cdot \left(-\frac{U_0}{\omega \cdot L} \right)$$

$$\underline{S} = +j \cdot \frac{U_0^2}{\omega \cdot L}$$

Induktive Blindleistung
ist **positiv** imaginär

Blind- und Scheinleistung schematisch

