

## ÜBUNG 05

22.03.2024 - LINA DE WINDT

Alle Unterlagen auf [n.ethz.ch/~ldewindt](https://n.ethz.ch/~ldewindt)

### Themen von heute:

1. Recap der Theorie von dieser Woche

1.1 Energie & Leistung in einem Wechselstromkreis }  
1.2 Leistungsanpassung } Zusammenfassung S.4

1.3 Dreiphasensystem → Zusammenfassung S.4 & S.5

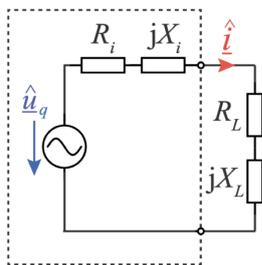
2. Beispielaufgaben

3. Vorbesprechung der Serie 5

# 1.1 Energie & Leistung in einem Wechselstromkreis

## Scheinleistung:

Die Scheinleistung  $\underline{S}$  ist das Produkt aus der Betriebsspannung und dem Betriebsstrom:



wobei  $\Delta\varphi = \varphi_u - \varphi_i$  die Phasendifferenz zwischen Betriebsstrom und -spannung ist.

Die Einheit der Scheinleistung ist das Voltampere:

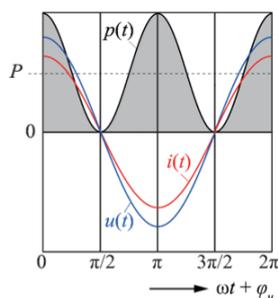
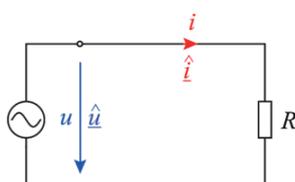
Die Scheinleistung setzt sich zusammen aus der   und der  

## Wirkleistung:

Die Wirkleistung ist die elektrische Leistung, die am Ende tatsächlich beim Verbraucher ankommt und in mechanische, thermische oder chemische Energie .....

..... wird. Sie ist der ..... der Scheinleistung:

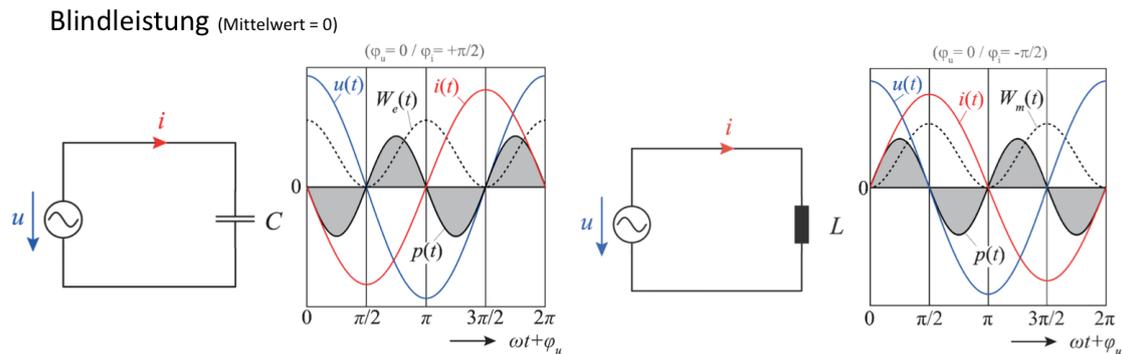
Ihre Einheit ist Watt:



Wirkleistung (Mittelwert > 0)

# Blindleistung

Die Blindleistung kann in einem NW auftreten, wenn elektrische Energie über Wechselstrom transportiert wird. Und zwar wird, anstatt die gesamte elektrische Energie z.B. als Wärme oder Bewegungsenergie abzugeben, in manchen NWen kurzzeitig Energie ..... So "pendelt" im NW elektrische Energie zwischen Erzeuger und Verbraucher, welche ..... wird!



Diese Energie verursacht einen zusätzlichen ..... ; die damit verbundene Leistung heisst .....

Die Blindleistung wird hauptsächlich von ..... im NW verursacht (da diese Elemente kurzzeitig Energie speichern können).

Sie ist meistens ..... und daher versucht man sie in der Regel zu reduzieren (bzw. "kompensieren") mithilfe von zusätzlichen Bauelementen (= ".....". Induktives NW wird mit zusätzlichen ....., und kapazitives NW mit zusätzlichen ..... kompensiert.

z.B.:

⇒ konkretere Aufgabe dazu siehe Serie 5 Aufgabe 2:)

Die Blindleistung ist der ..... der Scheinleistung:

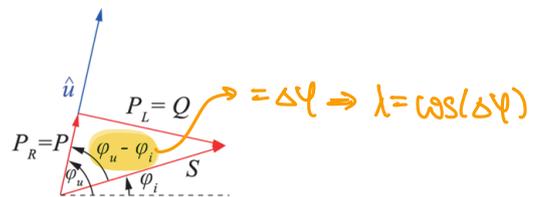
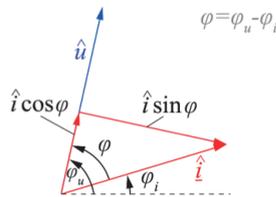
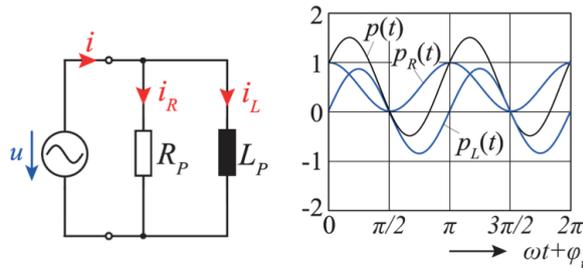
Ihre Einheit ist Voltampere reaktiv:

## Leistungsfaktor

Der Leistungsfaktor  $\lambda$  ist das Verhältnis vom Betrag der ..... zur ..... :

In der Regel möchte man Netzwerke so designen, dass sie einen ..... Leistungsfaktor haben ( $\hat{=}$  möglichst hoher Anteil an Wirkleistung und möglichst kleiner Anteil an Blindleistung).

Den Leistungsfaktor kann man auch graphisch im Zeigerdiagramm bestimmen:

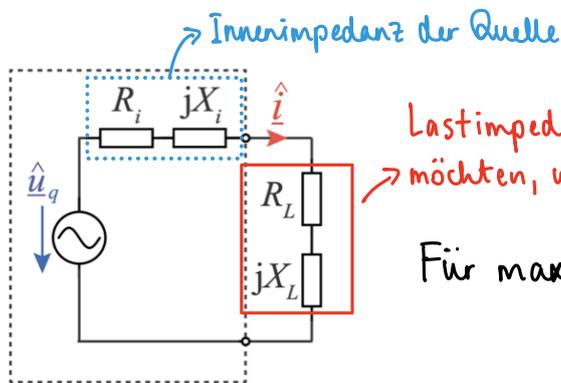


## 1.2 Leistungsanpassung

Leistungsanpassung bezeichnet das Vorgehen, Verbraucher und Quelle so anzulegen, dass die ..... im Verbraucher umgesetzt wird. Da meistens die Innenimpedanz einer Quelle ..... ist, lässt sich der vom Verbraucher aufgenommene Strom nur durch ..... verändern.

Im folgenden betrachten wir 2 Fälle der Leistungsanpassung:

### Leistungsanpassung mit Impedanz (Serienschaltung)



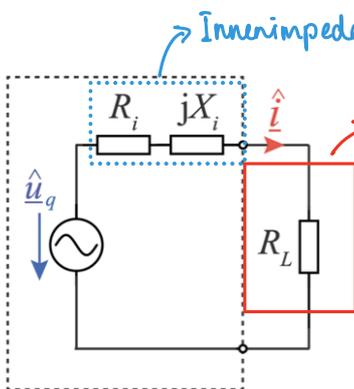
Lastimpedanz. Das was wir anpassen möchten, um  $P_L$  zu maximieren!

Für maximale Wirkleistung:

⇒  &

Die maximale Wirkleistung ist dann:

### Leistungsanpassung mit Wirkwiderstand



Lastimpedanz. Das was wir anpassen möchten, um  $P_L$  zu maximieren!

Für maximale Wirkleistung:

Die maximale Wirkleistung ist dann:

# Beispielaufgabe

→ Serie 5 Aufgabe 1 Teilaufgabe 1

## Aufgabe 1 Leistungsanpassung

Die Schaltung in Abbildung 1 enthält den Wirkwiderstand  $R = 40 \Omega$ , die Induktivität  $L = 50 \text{ mH}$  und die Kapazität  $C = 10 \mu\text{F}$ . Der Generator hat eine Spannung von  $\hat{u}_q = 50 \text{ V}$  mit der Kreisfrequenz  $\omega = 1000 \text{ rad/s}$ .

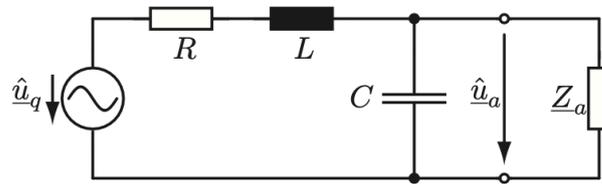


Abbildung 1: Netzwerk zu Aufgabe 1

- 1.1) Bestimmen Sie die komplexe Verbraucherimpedanz  $\underline{Z}_a \in \mathbb{C}$  für eine maximale Leistungsaufnahme  $P_{a,\max}$  und die zugehörige komplexe Klemmenspannung  $\hat{u}_a$ . Wie gross ist  $P_{a,\max}$ ?

1.1)



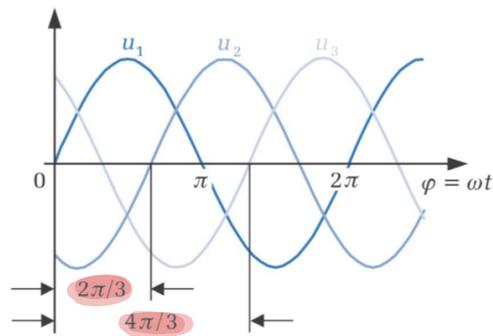
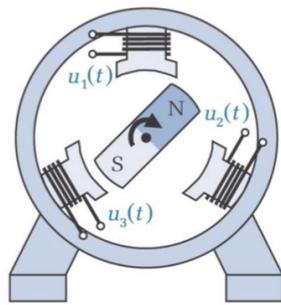
# 1.3 Dreiphasensysteme

## Motivation

Dreiphasensysteme sind sehr wichtig, da sie sehr stark in unserem Alltag verankert sind. So werden sie z.B. in den Stromnetzen oder auch in elektrisch angetriebenen Fahrzeugen angewendet.

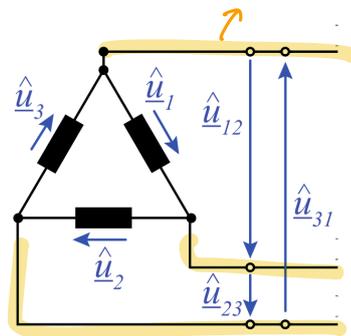
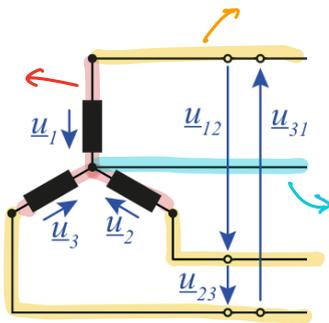


## Erzeugung



Fließen drei  $120^\circ$  phasenverschobene Ströme durch drei  $120^\circ$  räumlich versetzte Spulen, ergibt die Überlagerung der Teilfelder ein räumlich umlaufendes Drehfeld.

## Begriffe

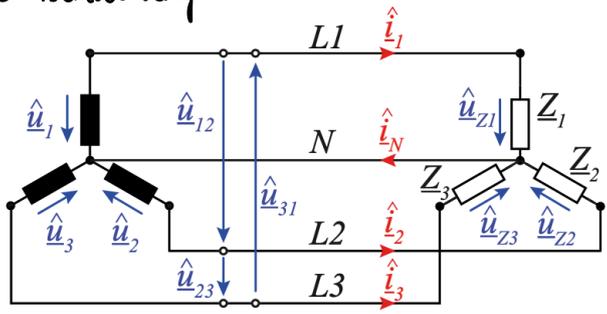


$$U_L, I_L:$$

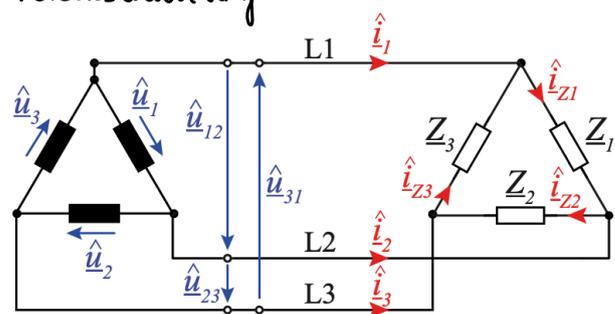
$$U, I:$$

# Wichtige Größen & Beziehungen

Sternschaltung:



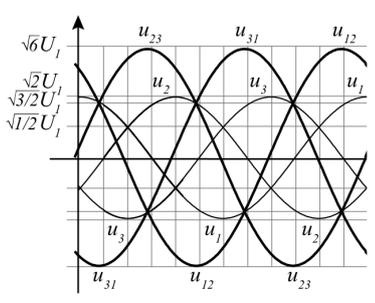
Dreieckschaltung:



Für beide:

- $\hat{i}_1$
- $\hat{i}_2$
- $\hat{i}_3$

- $\hat{u}_1$
- $\hat{u}_2$
- $\hat{u}_3$



## Leistung in Dreiphasensysteme

Leistung über 1 Strang / Leiter :



Gesamtleistung :



Gesamtleistung bei symmetrischer Last :



Zusammenfassung S.4 & S.5 gut studieren → das meiste steht drauf :)

# Übung 5 Beispielaufgabe

## Aufgabe 1 Leistungsberechnung im Dreiphasensystem

In einem Dreiphasensystem besteht die komplexe Impedanz  $\underline{Z}$  pro Phase aus je einer Reihenschaltung eines Widerstandes und einer Induktivität. Für die Generatorspannungen gelte:

$$\hat{u}_1 = \hat{u}e^{j0}, \hat{u}_2 = \hat{u}e^{-j\frac{2\pi}{3}}, \hat{u}_3 = \hat{u}e^{-j\frac{4\pi}{3}}$$

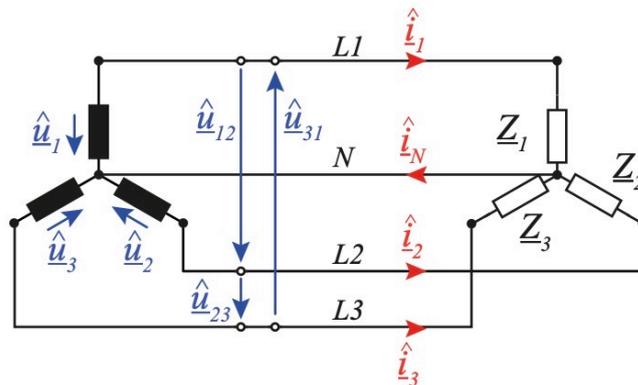


Abbildung 1: Sternschaltung mit Sternteiler

1.1) Berechnen Sie die Leistung am Verbraucher.

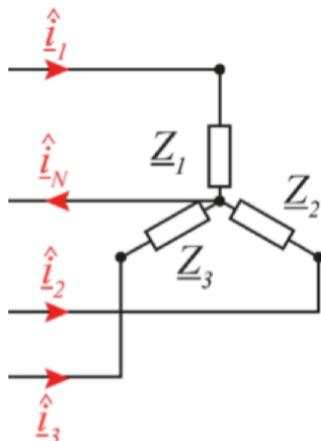
Für die folgenden Teilaufgaben wird eine symmetrische Belastung angenommen:

$$R_1 = R_2 = R_3 = R \text{ und } L_1 = L_2 = L_3 = L.$$

1.2) Berechnen Sie die Leistung am Verbraucher für die symmetrische Belastung.

1.3) Geben Sie den Strom im Neutralleiter an.

1.1)



1.2)

1.3)