



# Grundlagen Spannung und Strom

---

FACH VP





# Inhalt

---

- Elektrische Ladung
- Elektrische Spannung
- Elektrischer Strom
- Spannungsarten

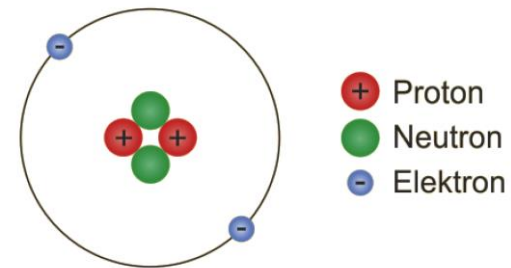


Was ist  
elektrische  
Ladung?

# Bohrsches Atommodell

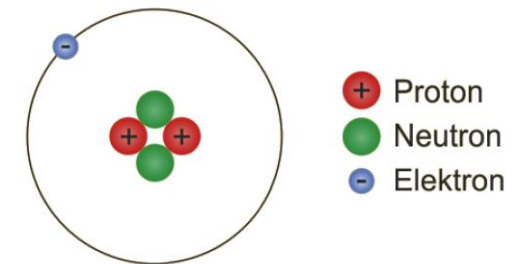
Atom = elektrisch neutral

- Protonen = positiv geladene Teilchen
- Elektronen = negativ geladene Teilchen
- Neutronen = nicht geladen





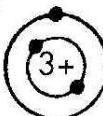


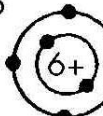

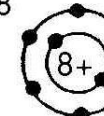


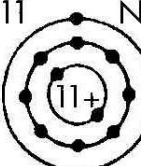
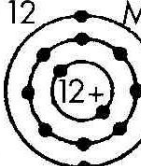
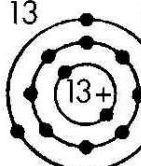
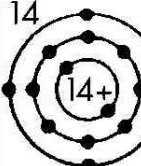
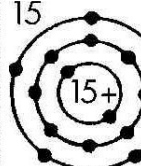
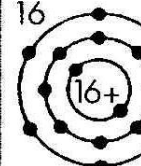
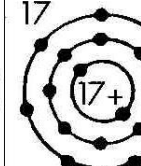
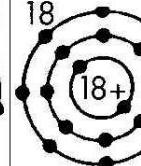
Ion = geladenes Atom

- Positiv = Elektronenmangel
- Negativ = Elektronenüberschuss





# Bohrsches Atommodell

	1. Gruppe	2. Gruppe	3. Gruppe	4. Gruppe	5. Gruppe	6. Gruppe	7. Gruppe	8. Gruppe
1. Periode	1  H							 He
2. Periode	3  Li	4  Be	5  B	6  C	7  N	8  O	9  F	10  Ne
3. Periode	11  Na	12  Mg	13  Al	14  Si	15  P	16  S	17  Cl	18  Ar

*Schalenbau der Atome nach dem Bohrschen Atommodell*

# Elektrische Ladung

---

## **Beschreibt:**

- Elektronenmangel
- Elektronenüberschuss

## **Entsteht durch:**

- Reibung / Elektrisieren
- Elektronen anhäufen
- Elektronen wegnehmen

## **Eigenschaften:**

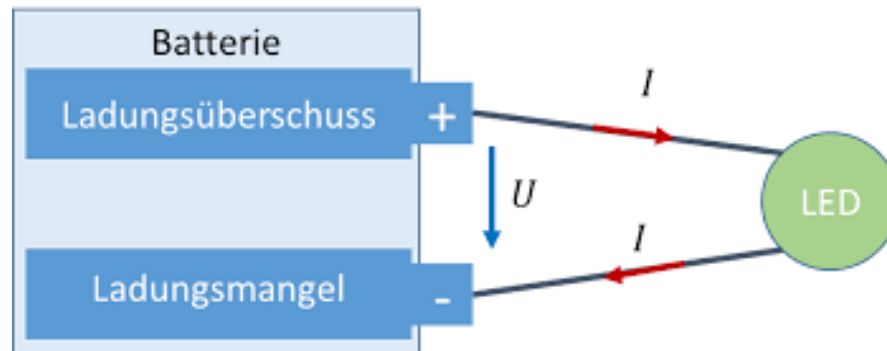
- Gleicharte stoßen sich ab
- Ungleichartige ziehen sich an

# Elektrische Ladung

---

Ungleiche Ladung erstreben Ausgleich

→ elektrischer Strom (Nachweisbar durch Elektroskop)



# Elektrische Ladung

---

Gemessen in:

- Coulomb:  $Q$  [C] , [As]

Elementarladungen:

- $Q_{\text{Elektron}} = -e = -1,602 \cdot 10^{-19}\text{C}$
- $Q_{\text{Proton}} = e = 1,602 \cdot 10^{-19}\text{C}$
- $Q_{\text{Kern}} = n \cdot Q_{\text{proton}} = n \cdot e$



# Coulombsches Gesetz

---

Beschreibt:

- Kraft zwischen 2 geladenen Körpern (Punktladung)

Formel: 
$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \cdot \frac{Q_1 Q_2}{r^2} = [N]$$

$\epsilon_0$ : elektrische Feldkonstante:  $8,854 \cdot 10^{-12} \frac{As}{Vm}$

$\epsilon_r$ : Dielektrizitätszahl (Materialkonstante)

r: Abstand

$Q_1, Q_2$ : Ladungen auf Körpern

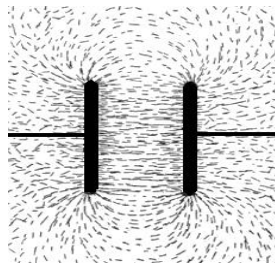
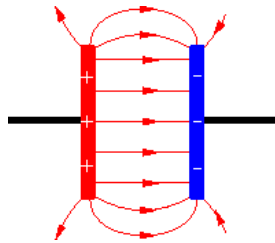
# Elektrische Felder

Jede Ladung erzeugt ein elektrisches Feld → Kraftwirkung ohne Berührung

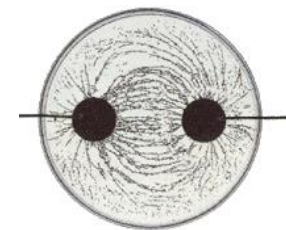
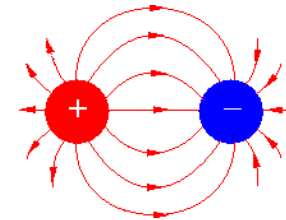
Nachweis mit Probeladung:

Kraft proportional zur Ladungsmenge und der Stärke des elektrischen Feldes

homogenes Feld



Feld zweier entgegengesetzt geladener Punktladungen



Formel:

$$E = \frac{F}{Q} = \left[ \frac{N}{C} \right]$$

Elektrische Ladung

Elektrische Spannung

Elektrischer Strom

Spannungsarten

# Elektrische Spannung

---

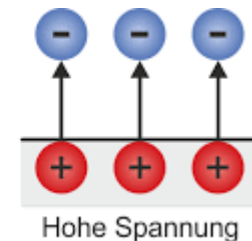
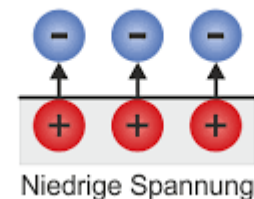
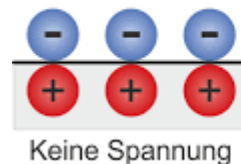
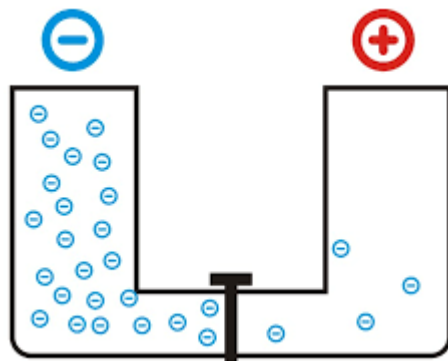


# Spannung: Definition

Benötigte Kraft zur Bewegung elektrischer Ladung

Entsteht durch:

- Verschiebung elektrischer Ladungen
- Durch Reibung, Induktion oder Elektrochemie



# Geschichte

Entdecker: Alessandro Volta

18.02.1745 – 05.03.1827 in Como, Norditalien

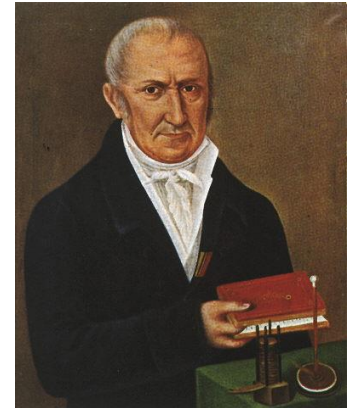
1775: Bekanntheit durch Elektrophor

1776: Volta-Pistole

1783: (Strohhalm-)Elektroskop

1800: 1. Konstruktion von Batterie

19 Jhd.: Elektrische Spannungseinheit = Volt



# Spannungsarten

---

- Gleichspannung
- Wechselspannung
- Dreiphasenwechselspannung
- Mischspannung

# Spannung - Formel

---

Spannungsformelzeichen ist:  $U$  [V]

Formeln:

Spannung  $U$  [V] = Widerstand  $R$  [ $\Omega$ ] · Strom  $I$  [A]

$$\text{Spannung } U[V] = \frac{\text{Leistung } P [W]}{\text{Strom } I [A]}$$



# Widerstand

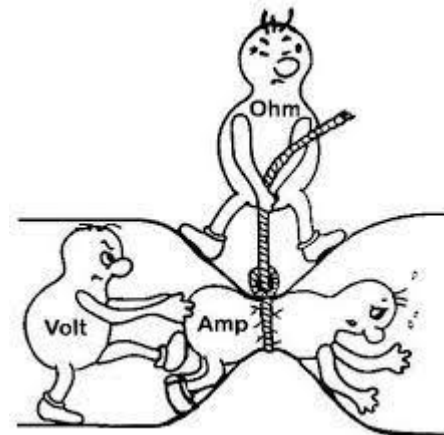
---

„Gegner“ von Spannung

Elektrische Bauteile & Elektrische Leiter besitzen einen Widerstand

Widerstandsformelzeichen:  $R$

Widerstandseinheit ist Ohm:  $[\Omega]$



# Widerstandstabelle

Materialien	Elektrischer Widerstand Ohm mm <sup>2</sup> /m (bei 20°C)
Kupfer	0,0172
Gold	0,022
Wolfram	0,055
Eisen	0,1
Zinn	0,11
Blei	0,21
Quecksilber	0,96

# Ohmsches Gesetz

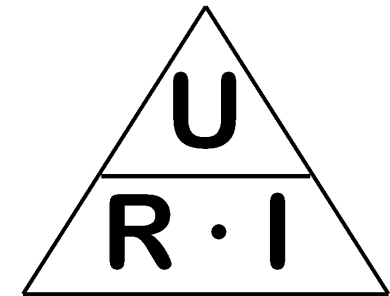
---

Verbindung zwischen:

- Strom  $I$  [A]
- Spannung  $U$  [V]
- Widerstand  $R$  [ $\Omega$ ] = Konstante

Dabei gilt:  $U \sim I$

$$U = R \cdot I$$



Ohm-Dreieck

# Elektrischer Strom

---

## Definition:

- Der elektrische Strom ist die gerichtete Bewegung freier Ladungsträger

## Erzeugung:

- Ergebnis aus erzeugter Spannung in Verbindung mit einem Leiter und einem Verbraucher

# Formel und Einheit

---

Formel:  $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$

- Q = Ladung in Coulomb
- t = Zeit in Sekunden

Einheit: A (Ampere)

- $1A = \frac{1C}{s} \left( \frac{6,25 \cdot 10^{18} \text{ Elementarladungen}}{s} \right)$

Formelzeichen: I

# Stromrichtungen

---

## Technische Stromrichtung

- Historisch
- Annahme von positiven Ladungsträgern
- Plus nach Minus

## Physikalische Stromrichtung

- Negativer Pol stößt freie Ladungsträger ab
- Positiver Pol zieht freie Ladungsträger an

# Stromarten

---

## Gleichstrom

- Keine Änderung von Stärke und Richtung über Zeit
- Per Gleichrichter aus Wechselstrom gewinnbar

## Wechselstrom

- Periodische Änderung der Richtung

## Drehstrom

- Periodische Änderung der Richtung mit 3 Außenleitern ( $120^\circ$  versetzt)

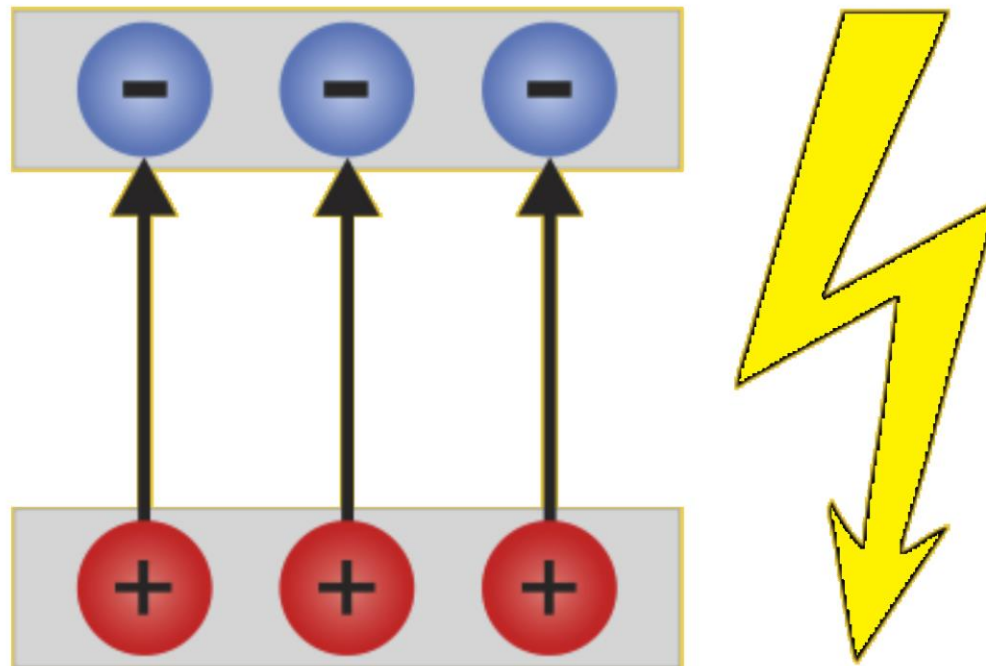
## Mischstrom

- Kombination aus Wechsel- und Gleichstrom

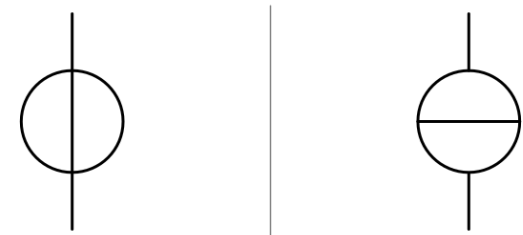
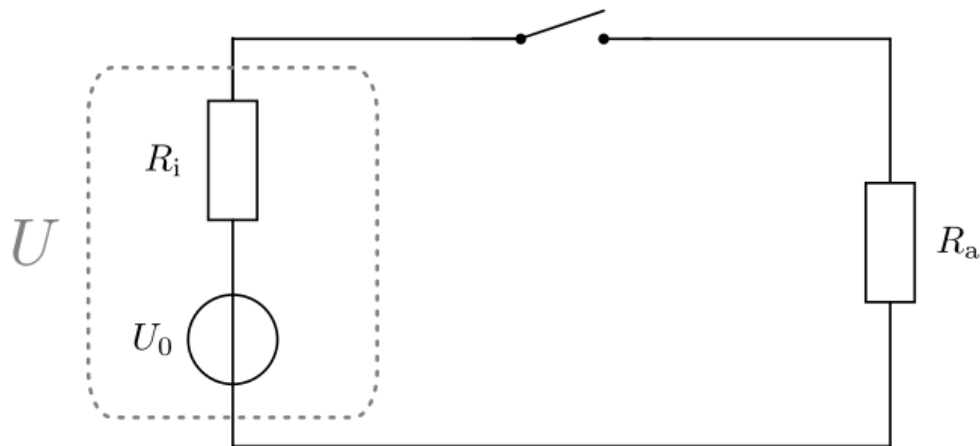


# Spannungsarten

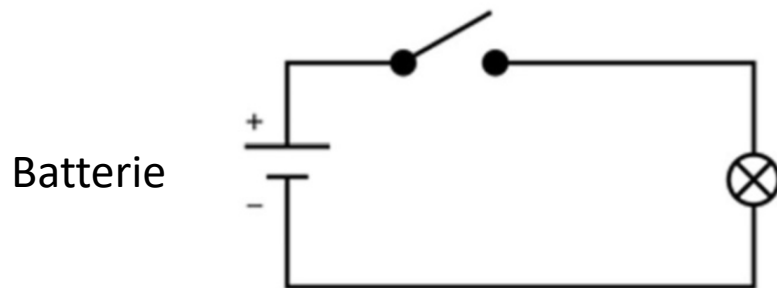
---



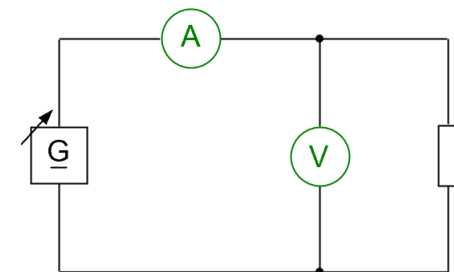
# Gleichspannung (DC)



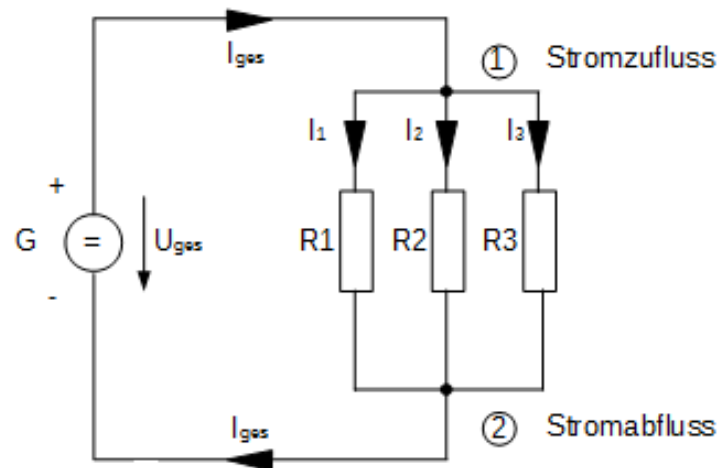
Schaltzeichen (EN) ideale Spannungs- und Stromquelle



Universell



# 1. Kirchhoffsches Gesetz



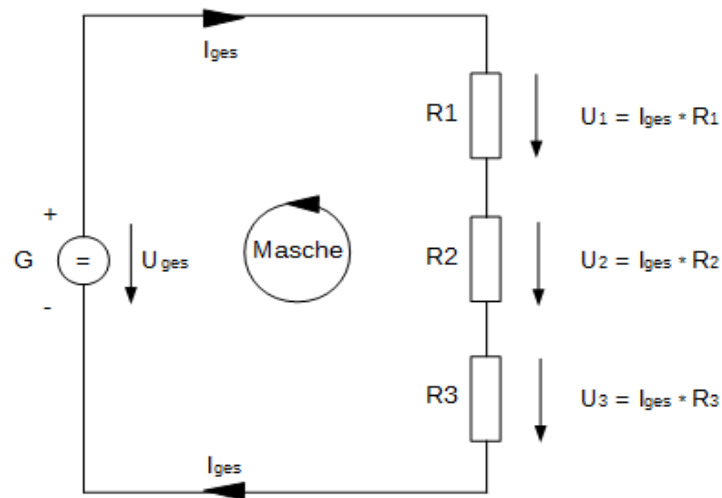
Knotenregel: In einem Knotenpunkt sind die Summe aller Ströme gleich Null:

$$\sum I = 0 = I_{\text{ges}} + I_1 + I_2 + I_3$$

Die Polarität wird durch den Strompfeil festgelegt:

$$\sum I = 0 = I_{\text{ges}} - I_1 - I_2 - I_3 \rightarrow \underline{\underline{I_{\text{ges}} = I_1 + I_2 + I_3}}$$

## 2. Kirchhoffsches Gesetz



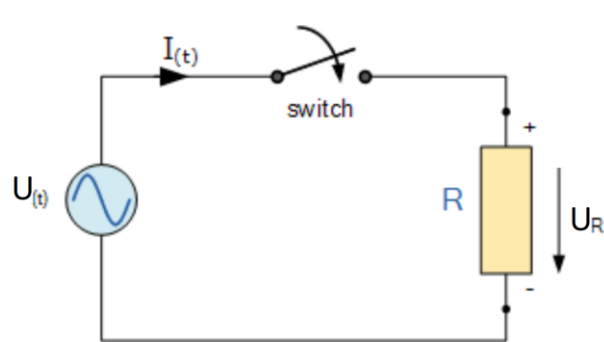
Maschenregel: Die Summe aller Spannungen in einem Maschenumlauf sind Null:

$$\sum U = 0 = U_{ges} + U_1 + U_2 + U_3$$

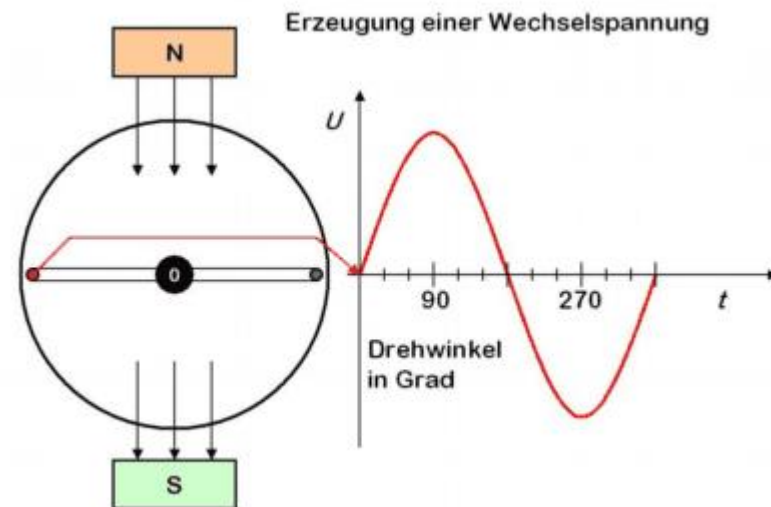
Polarität durch Spannungspfeil festgelegt:

$$\sum U = 0 = U_{ges} - U_1 - U_2 - U_3 \rightarrow U_{ges} = U_1 + U_2 + U_3$$

# Wechselstrom (AC)



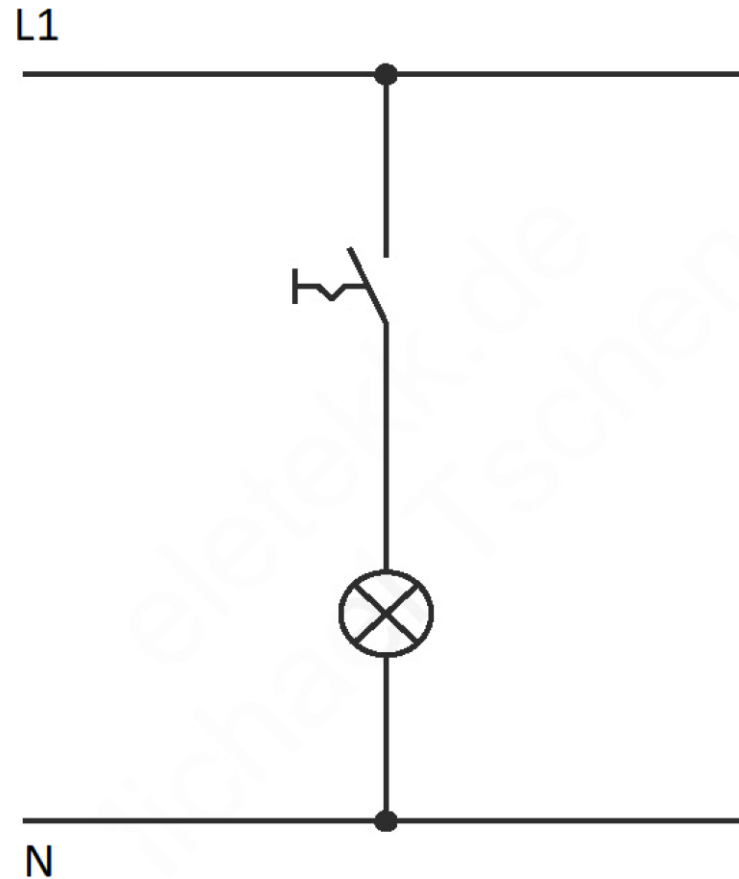
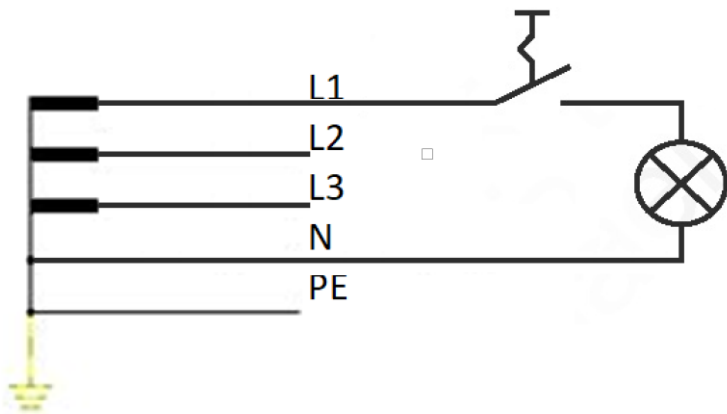
$$I_R = \frac{U_{(t)}}{R}$$
$$U_{R(t)} = I_{(t)} \cdot R$$



Spannung verändert sich in Abhängigkeit der Zeit!

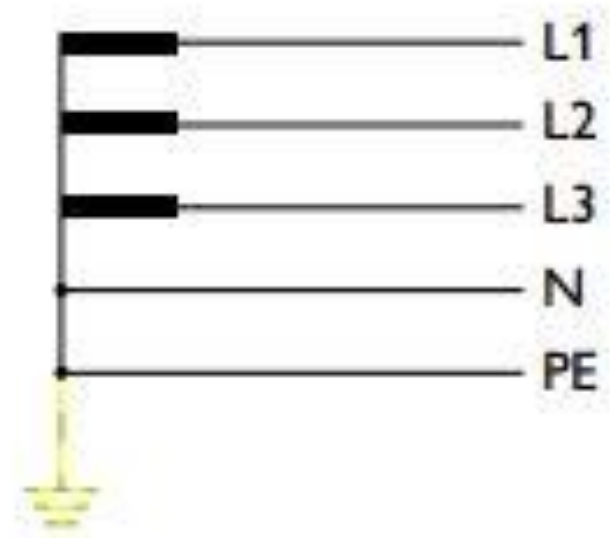
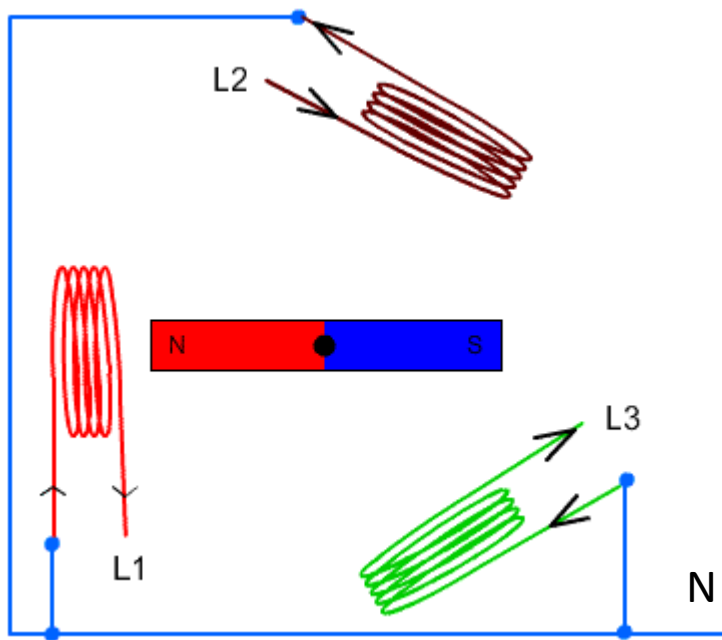
Bei der Verwendung von Effektivwerten haben die Formeln von Gleichstrom Bestand.

# Wechselstrom (AC)



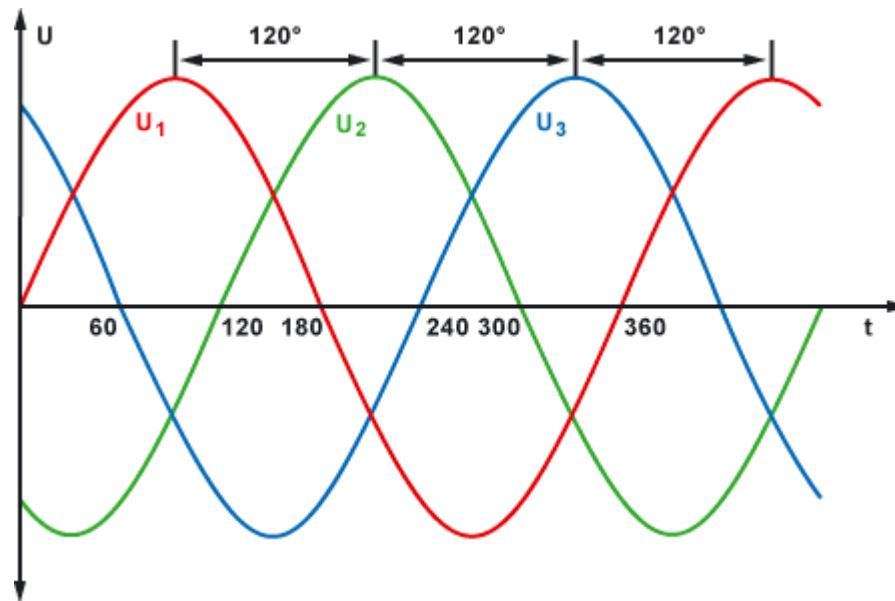
# Drehstrom (3-Phasen-Wechselstrom)

Generator





# Drehstrom (3-Phasen-Wechselstrom)



Spannung verändert sich in Abhängigkeit der Zeit!

Bei der Verwendung von Effektivwerten haben die Formeln von Gleichstrom Bestand in Kombination mit dem Verkettungsfaktor  $\sqrt{3}$ .

# Elektrotechnische Formeln

## 1.1 Stromstärke und elektr. Ladung

$$I = \frac{Q}{t}$$

$$Q = I \cdot t$$

I: Stromstärke [A] A: Ampere  
Q: Ladungsmenge / Elektrizitätsmenge [A · s = C] C: Coulomb  
t: Zeit [s] s: Sekunde

## 1.2 Spannung

$$U = \frac{W}{Q}$$

$$U = \frac{W}{I \cdot t}$$

U: Klemmspannung [V = W / A] V: Volt  
Q: Ladungsmenge / Elektrizitätsmenge [A · s = C] C: Coulomb  
W: elektr. Arbeit / Stromarbeit [V · A · s = N · m = J = W · s]  
P: elektr. Leistung [V · A = W = J / s = N · m / s] W: Watt

## 1.3 Ohmsches Gesetz

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

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

$$U = I \cdot R$$

R: Widerstand [ $\Omega = V / A$ ]  $\Omega$ : Ohm  
I: Stromstärke [A = V /  $\Omega$ ] A: Ampere  
U: Spannung [V = A ·  $\Omega$ ] V: Volt

## 1.4 Energie, Arbeit und Leistung

$$W = U \cdot I \cdot t$$

$$W = P \cdot t$$

$$W = U \cdot Q$$

$$P = U \cdot I = \frac{W}{t}$$

$$P = I^2 \cdot R = \frac{U^2}{R}$$

U: Klemmspannung [V = W / A] V: Volt  
I: Stromstärke [A] A: Ampere  
t: Zeit [s] s: Sekunde  
W: elektr. Arbeit / Stromarbeit [V · A · s = N · m = J = W · s]  
P: elektr. Leistung [V · A = W = J / s = N · m / s] W: Watt

## 1.5 Wirkungsgrad

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}}$$

$$P_V = P_{zu} - P_{ab}$$

$$\eta_{ges} = \eta_1 \cdot \eta_2$$

$P_{ab}$ : abgegebene Leistung [V · A = W = J / s = N · m / s] W: Watt  
 $P_{zu}$ : zugeführte Leistung [V · A = W = J / s = N · m / s] W: Watt  
 $P_V$ : Verlustleistung [V · A = W = J / s = N · m / s] W: Watt  
 $\eta$ : Wirkungsgrad

## 1.7 Widerstand und Leitwert

$$G = \frac{1}{R}$$

$$R = \frac{1}{G}$$

R: Widerstand [ $\Omega = V / A$ ]  $\Omega$ : Ohm  
G: Leitwert [S = 1 /  $\Omega$ ] S: Siemens

## 1.11 Reihenschaltungen von Widerständen

$$R_{ers} = R_1 + R_2 + R_3$$

$$I = I_1 = I_2 = I_3$$

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

$R_{ers}$ : Ersatzwiderstand [ $\Omega = V / A$ ]  $\Omega$ : Ohm  
I: Stromstärke [A = V /  $\Omega$ ] A: Ampere  
U: Spannung [V = A ·  $\Omega$ ] V: Volt

## 1.12 Parallelschaltungen von Widerständen

$$\frac{1}{R_{ers}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$R_{ers} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$U = U_1 = U_2 = U_3$$

$R_{ers}$ : Ersatzwiderstand [ $\Omega = V / A$ ]  $\Omega$ : Ohm  
I: Stromstärke [A = V /  $\Omega$ ] A: Ampere  
U: Spannung [V = A ·  $\Omega$ ] V: Volt

## 1.13 Knotenregel ( 1. Kirchhoffsches Gesetz )

$$\sum I_{zu} = \sum I_{ab}$$

$\sum I_{zu}$ : Summe der zufließenden Ströme  
 $\sum I_{ab}$ : Summe der abfließenden Ströme

## 1.14 Maschenregel ( 2. Kirchhoffsches Gesetz )

$$\sum U_{erz} = \sum U_{verb}$$

$\sum U_{erz}$ : Summe der Erzeugerspannungen  
 $\sum U_{verb}$ : Summe der Verbraucherspannungen

## 4.17 Leistung bei Phasenverschiebung

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$$

$$S = U \cdot I$$

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

I: Effektivstromstärke [A = V /  $\Omega$ ] A: Ampere  
U: Effektivspannung [V = A ·  $\Omega$ ] V: Volt  
P: Wirkleistung [V · A = W = J / s = N · m / s] W: Watt  
S: Scheinleistung [V · A] VA: Voltampere  
Q: Blindleistung [var] var: Voltampere reaktiv  
 $\varphi$ : Phasenverschiebungswinkel [°]

## 4.18 Leistungsfaktor

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}$$

$\cos \varphi$ : Leistungsfaktor [°]  
P: Wirkleistung [W] W: Watt  
S: Scheinleistung [V · A] VA: Voltampere

$\cos \varphi = 1$   $\varphi = 0^\circ$  P = S  
 $\cos \varphi < 1$   $0^\circ < \varphi < 90^\circ$  P < S  
 $\cos \varphi = 0$   $\varphi = 90^\circ$  P = 0