

Grundlagen Spannung und Strom

FACH VP



Inhalt

- Elektrische Ladung
- Elektrische Spannung
- Elektrischer Strom
- Spannungsarten

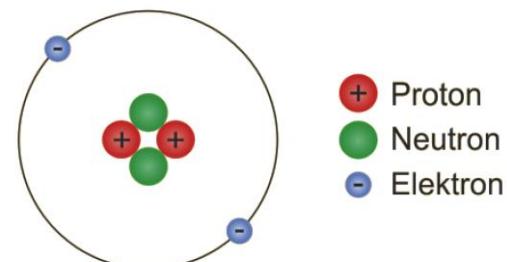


Was ist
elektrische
Ladung?

Bohrsches Atommodell

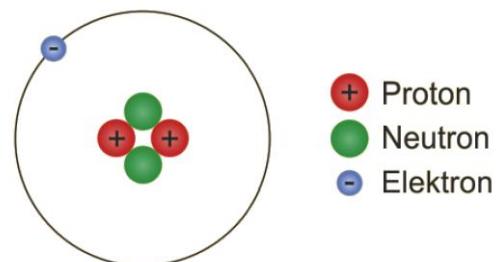
Atom = elektrisch neutral

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

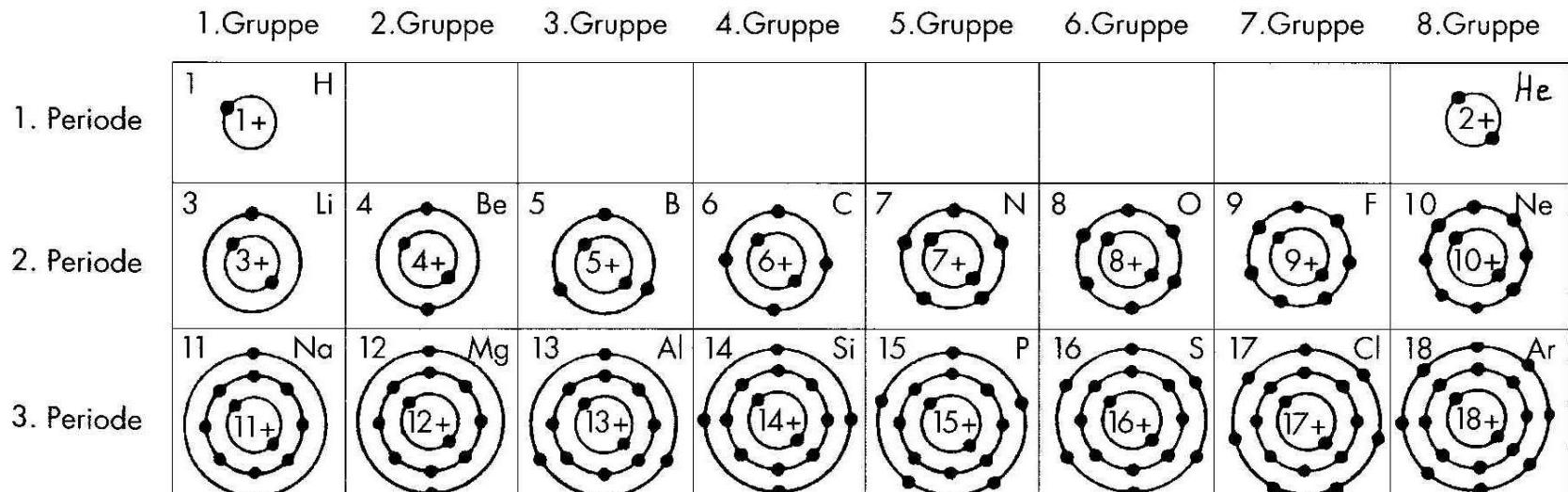


Ion = geladenes Atom

- Positiv = Elektronenmangel
- Negativ = Elektronenüberschuss



Bohrsches Atommodell



Schalenbau der Atome nach dem Bohrschen Atommodell

Elektrische Ladung

Beschreibt:

- Elektronenmangel
- Elektronenüberschuss

Entsteht durch:

- Reibung / Elektrisieren
- Elektronen anhäufen
- Elektronen wegnehmen

Eigenschaften:

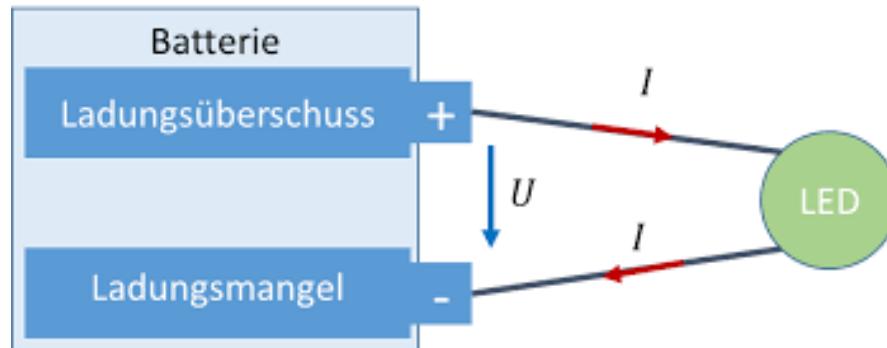
- Gleichartige stoßen sich ab
- Ungleiche ziehen sich an



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

ϵ_0 : elektrische Feldkonstante: $8,854 \cdot 10^{-12} \frac{As}{Vm}$

ϵ_r : Dielektrizitätszahl (Materialkonstante)

r: Abstand

Q_1, Q_2 : Ladungen auf Körpern



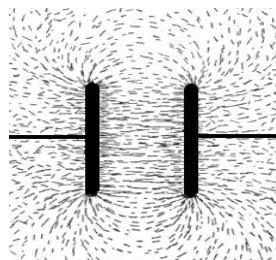
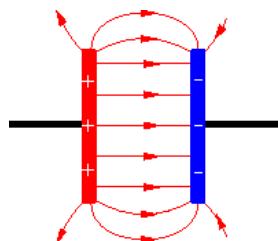
Elektrische Felder

Jede Ladung erzeugt ein elektrisches Feld → Kraftwirkung ohne Berührung

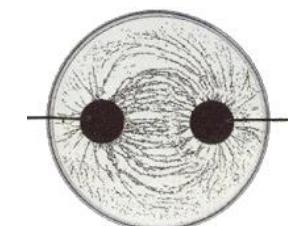
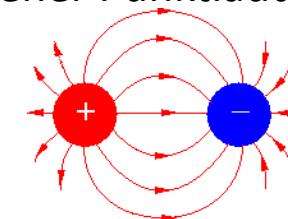
Nachweis mit Probeladung:

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

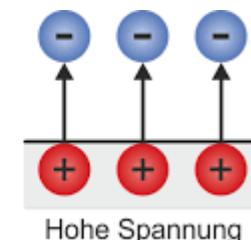
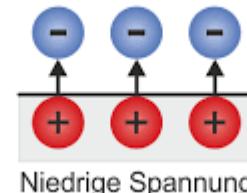
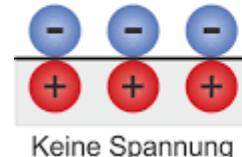
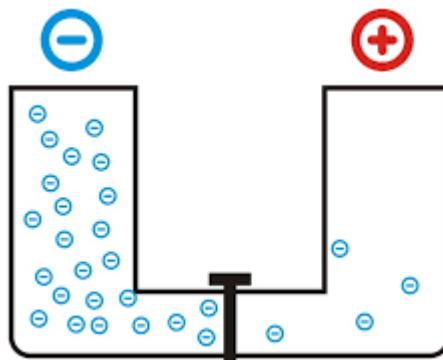


Spannung: Definition

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

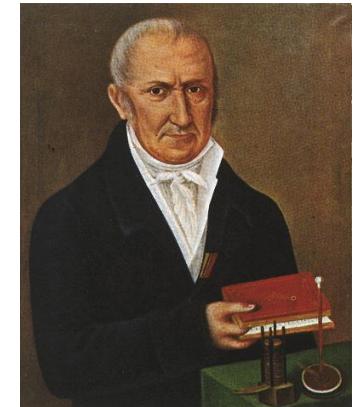
1775: Bekanntheit durch Elektrophor

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:

$$\text{Spannung } U \text{ [V]} = \text{Widerstand } R \text{ [\Omega]} \cdot \text{Strom } I \text{ [A]}$$

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



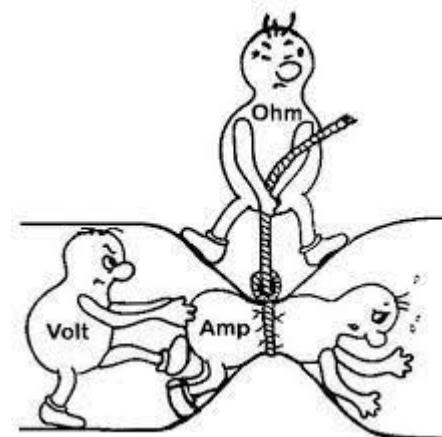
Widerstand

„Gegner“ von Spannung

Elektrische Bauteile & Elektrische Leiter besitzen einen Widerstand

Widerstandsformelzeichen: R

Widerstandseinheit ist Ohm: [Ω]



Widerstandstabelle

Materialien	Elektrischer Widerstand Ohm mm ² /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

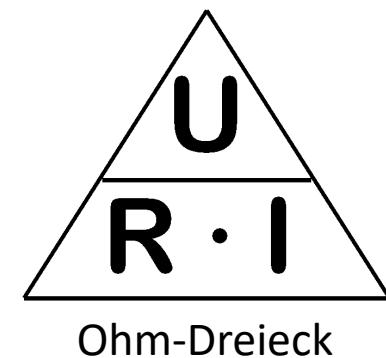
Ohmsches Gesetz

Verbindung zwischen:

- Strom I [A]
- Spannung U [V]
- Widerstand R [Ω] = 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

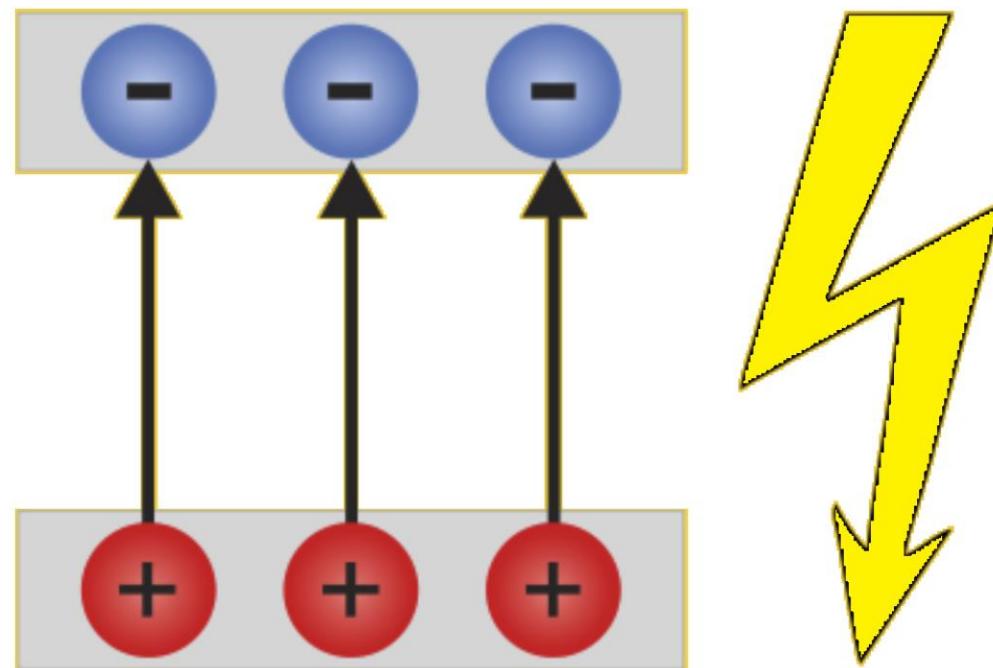
- Periodische Änderung der Richtung mit 3 Außenleitern (120° versetzt)

Mischstrom

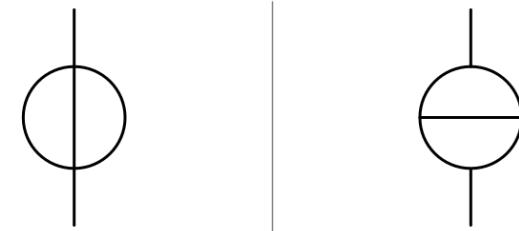
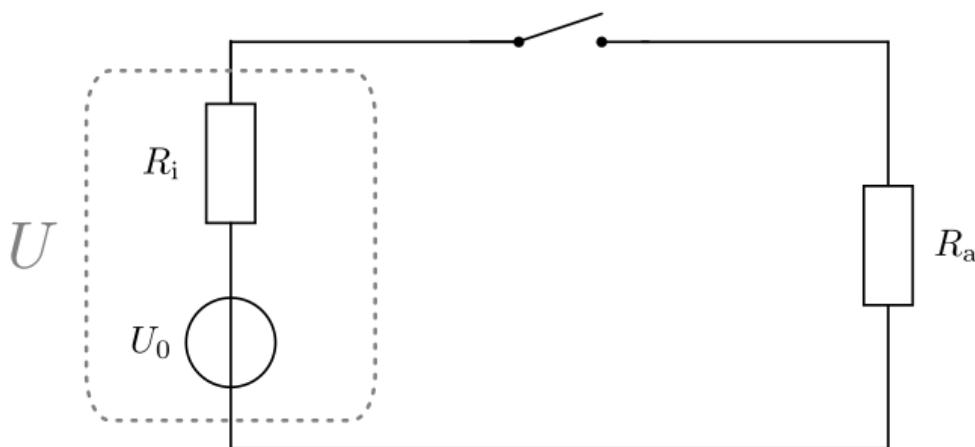
- Kombination aus Wechsel- und Gleichstrom



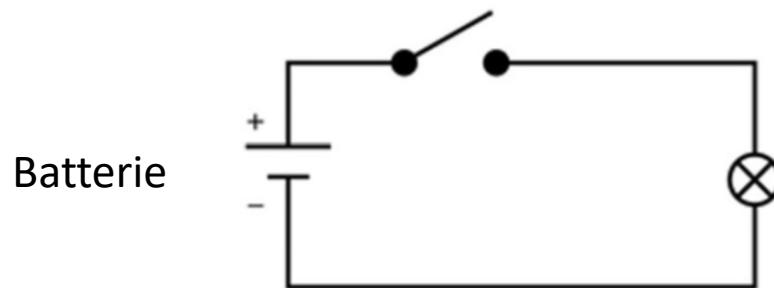
Spannungsarten



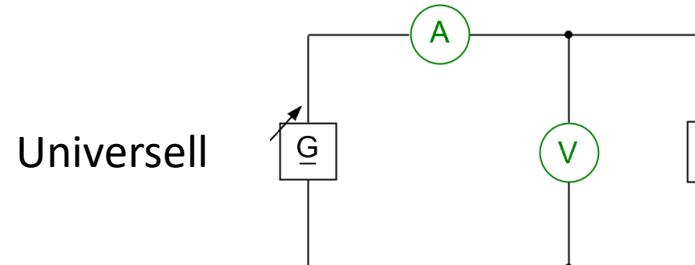
Gleichspannung (DC)



Schaltzeichen (EN) ideale Spannungs- und Stromquelle

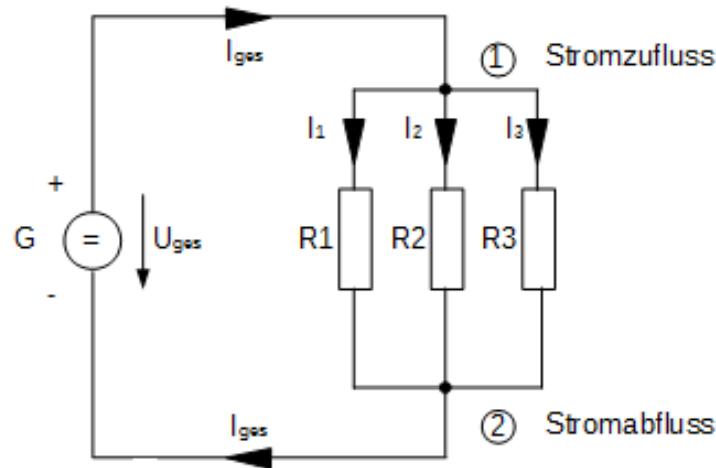


Batterie



Universell

1. Kirchhoffsches Gesetz



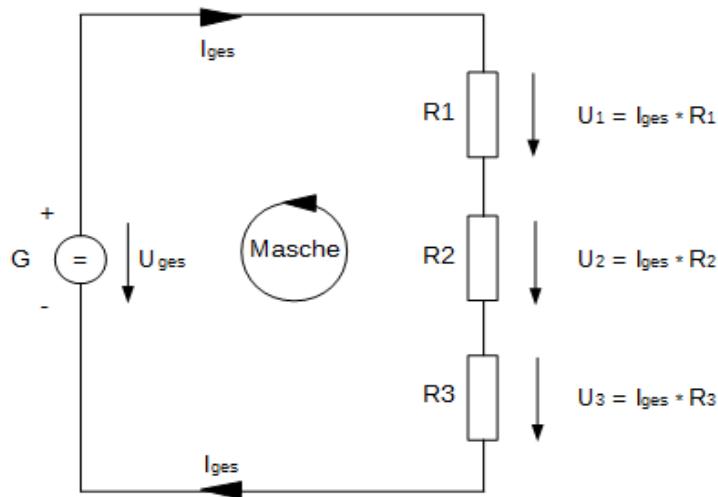
Knotenregel: In einem Knotenpunkt sind die Summe aller Ströme gleich Null:

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

Die Polarität wird durch den Strompfeil festgelegt:

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

2. Kirchhoffsches Gesetz



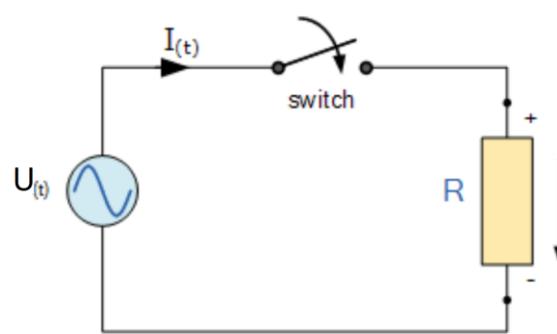
Maschenregel: Die Summe aller Spannungen in einem Maschenumlauf sind Null:

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

Polarität durch Spannungspfeil festgelegt:

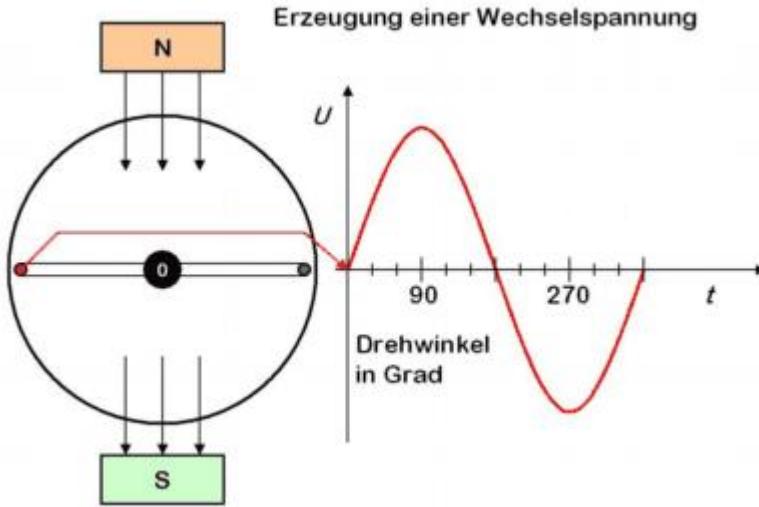
$$\Sigma U = 0 = U_{\text{ges}} - U_1 - U_2 - U_3 \rightarrow U_{\text{ges}} = U_1 + U_2 + U_3$$

Wechselstrom (AC)



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

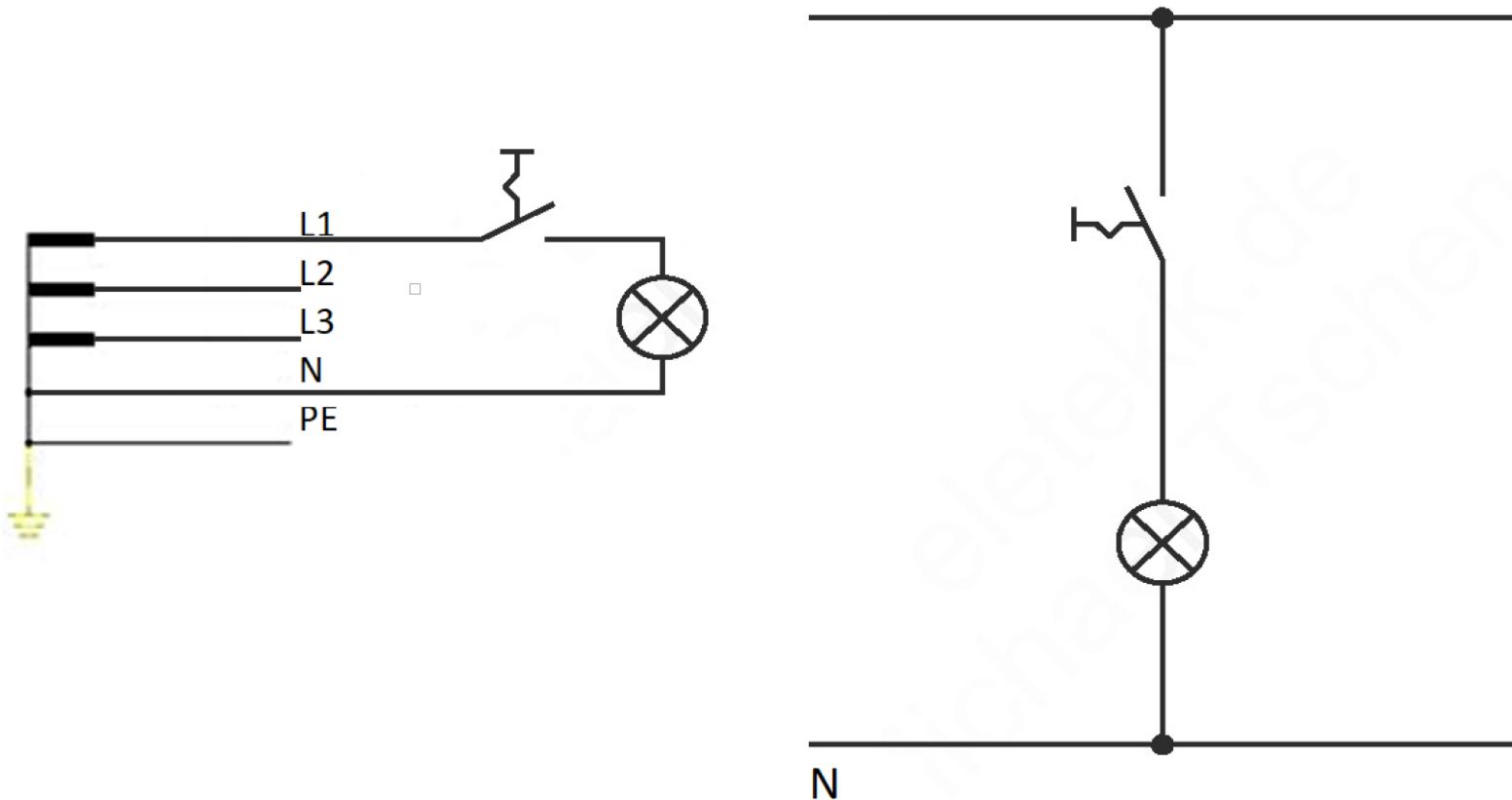
$$U_{R(t)} = I_{(t)} \cdot R$$



Spannung verändert sich in Abhängigkeit der Zeit!

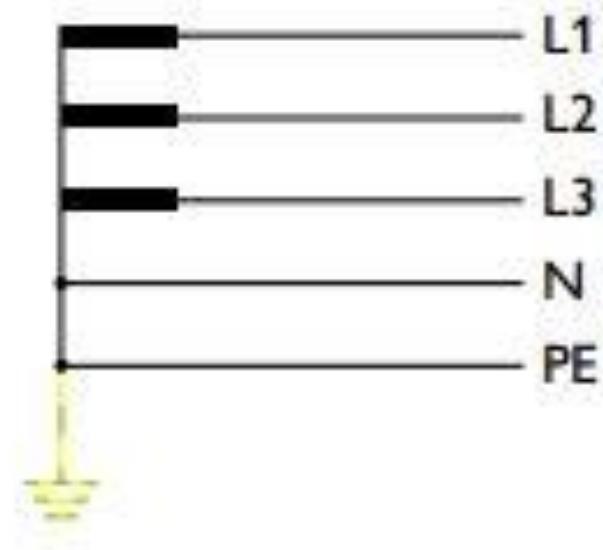
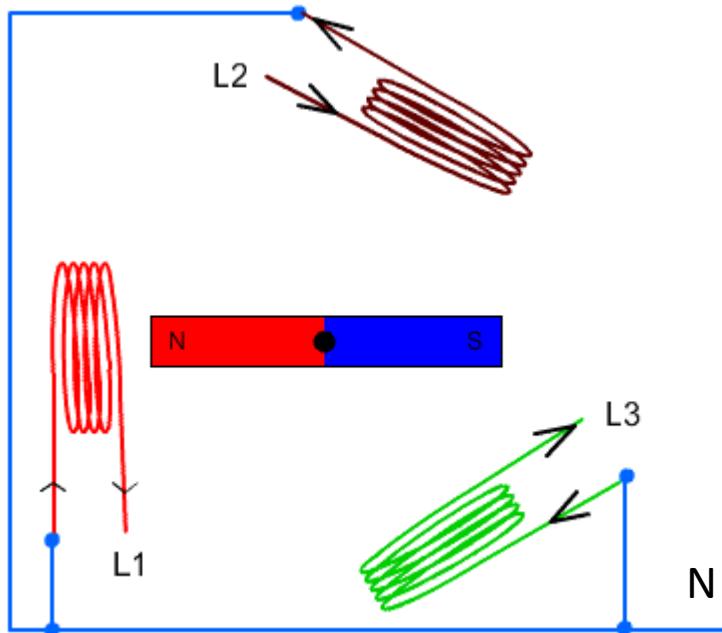
Bei der Verwendung von Effektivwerten haben die Formeln von Gleichstrom Bestand.

Wechselstrom (AC)



Drehstrom (3-Phasen-Wechselstrom)

Generator



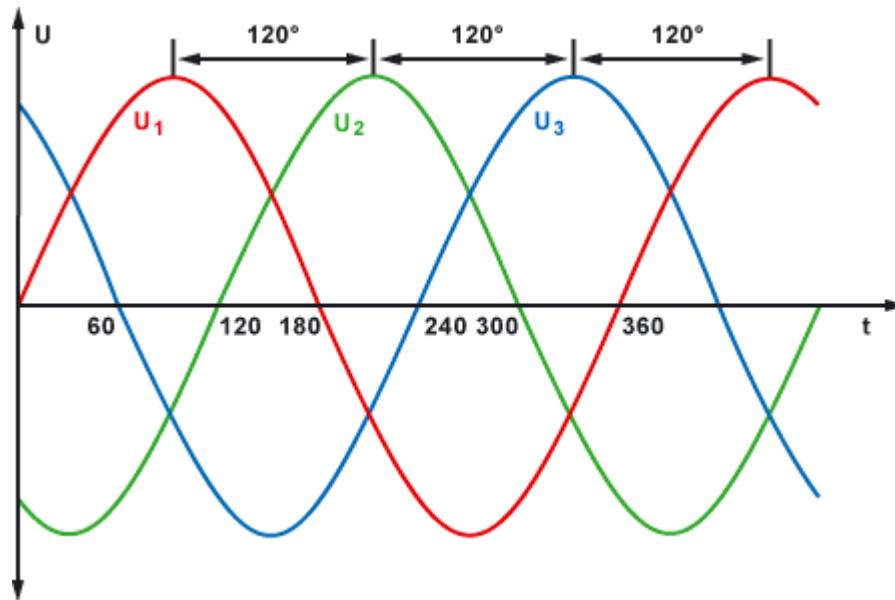
Elektrische Ladung

Elektrische Spannung

Elektrischer Strom

Spannungsarten

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

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

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

1.2 Spannung

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

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

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

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

$$\boxed{U = I \cdot R}$$

1.4 Energie, Arbeit und Leistung

$$\boxed{\begin{aligned} W &= U \cdot I \cdot t \\ W &= P \cdot t \\ W &= U \cdot Q \\ P &= U \cdot I = \frac{W}{t} \\ P &= I^2 \cdot R = \frac{U^2}{R} \end{aligned}}$$

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

$$\boxed{\begin{aligned} \eta &= \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \\ P_V &= P_{zu} - P_{ab} \\ \eta_{ges} &= \eta_1 \cdot \eta_2 \end{aligned}}$$

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

1.7 Widerstand und Leitwert

$$\boxed{\begin{aligned} G &= \frac{1}{R} \\ R &= \frac{1}{G} \end{aligned}}$$

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

1.11 Reihenschaltungen von Widerständen

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

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

$$\boxed{U = U_1 + U_2 + U_3}$$

1.12 Parallelschaltungen von Widerständen

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

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

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

$$\boxed{\begin{aligned} I &= I_1 + I_2 + I_3 \\ U &= U_1 = U_2 = U_3 \end{aligned}}$$

1.13 Knotenregel (1. Kirchhoffsches Gesetz)

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

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

1.14 Maschenregel (2. Kirchhoffsches Gesetz)

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

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

4.17 Leistung bei Phasenverschiebung

$$\boxed{P = U \cdot I \cdot \cos \varphi}$$

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

4.18 Leistungsfaktor

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

$\cos \varphi$: Leistungsfaktor [$^\circ$]
 P: Wirkleistung [W] W: Watt
 S: Scheinleistung [$V \cdot A$] VA: Voltampere

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