

Persönliche Webseite

ET I Übung 9

Aufbau:

- Fragen zu letzter Woche
- Nachbesprechen alter Serie
- Theorie Repetition
(Pause)
- Alte Prüfungsaufgabe zusammen
- Selber lösen + Fragen + Tipps



<https://kursulovicprd.ethz.ch/>

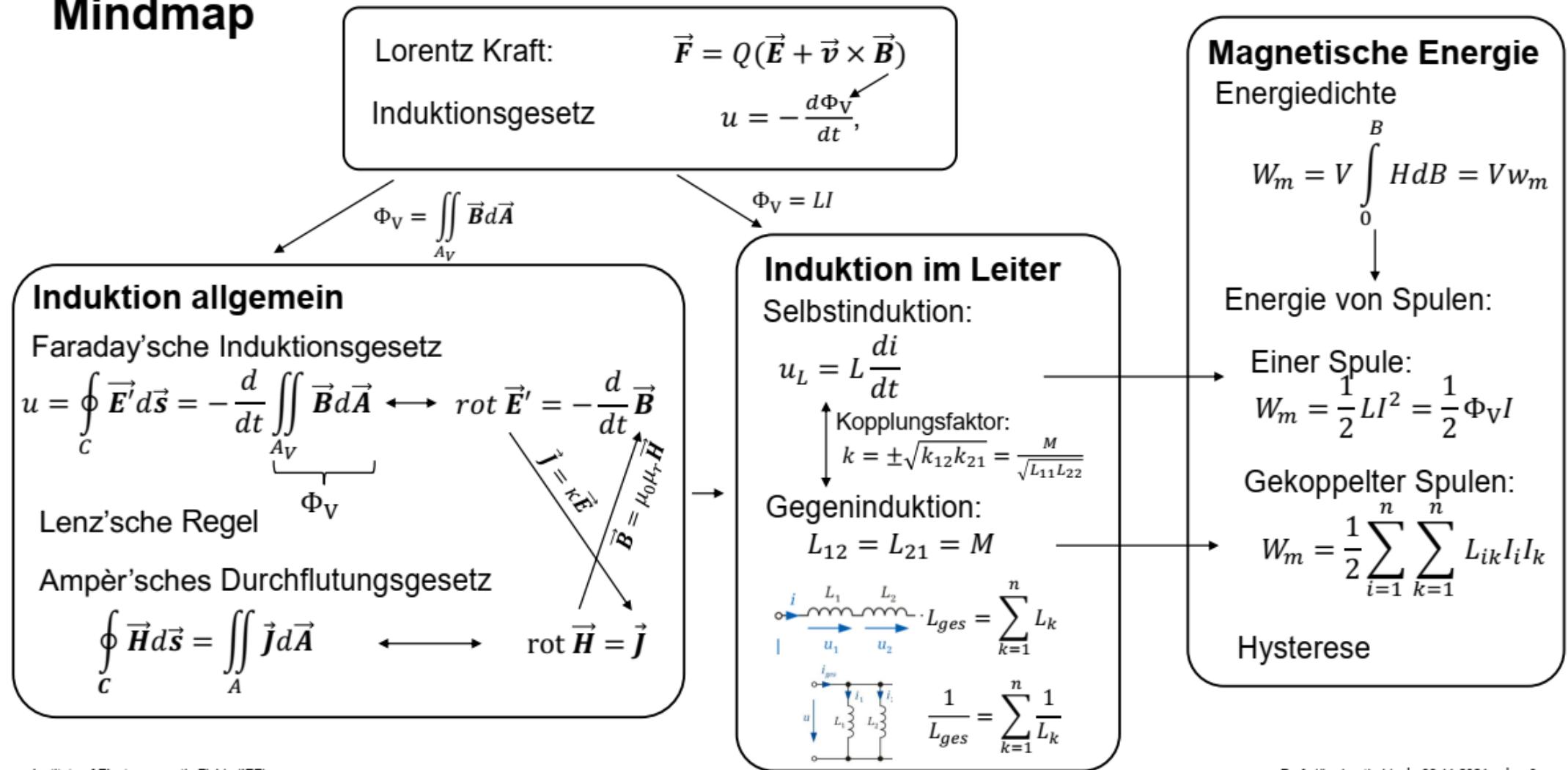
Übung 7 korrigiert

ZEITLICH VERÄNDERLICHES ELEKTROMAGNETISCHES FELD

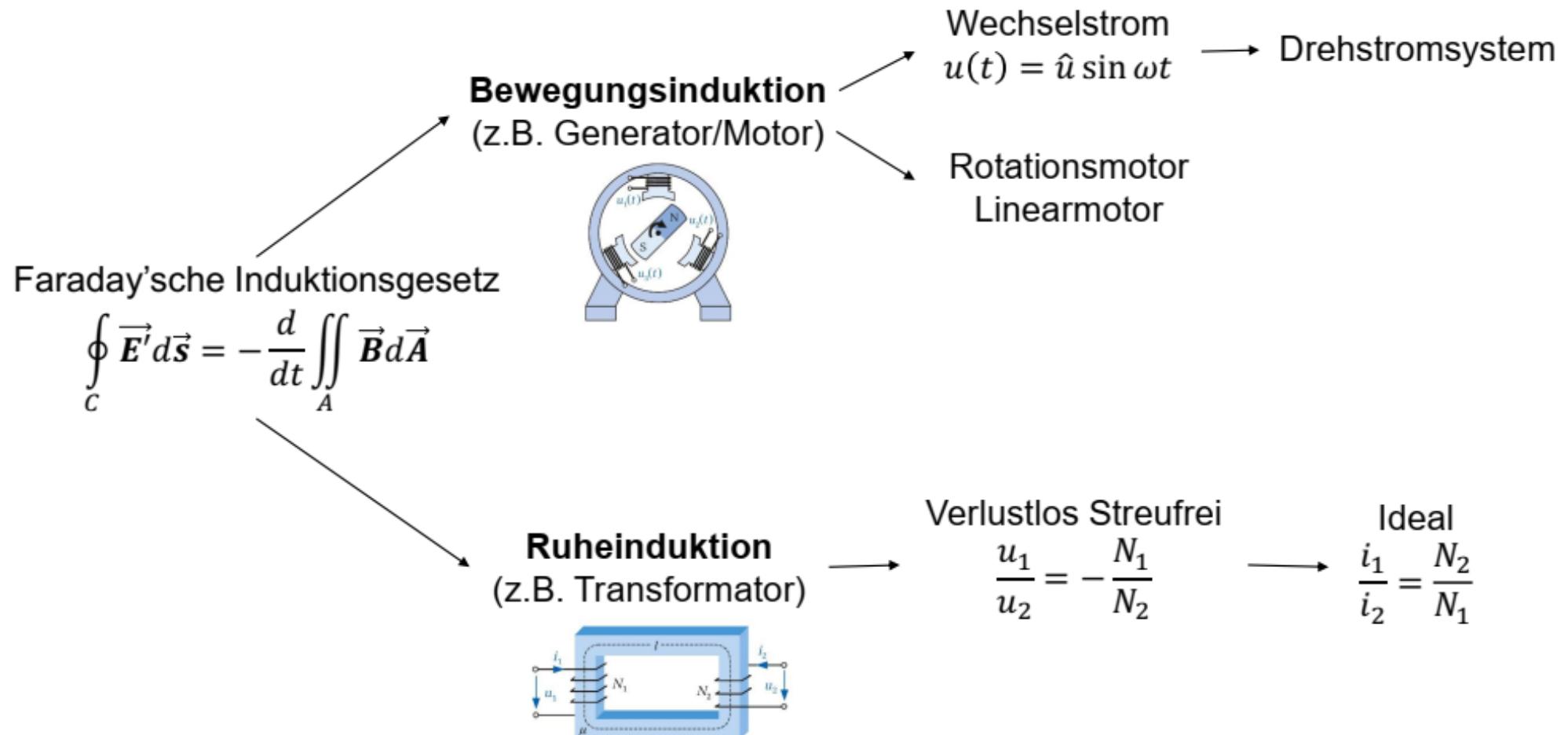
Formelsammlung; S. 71-72

ETH zürich

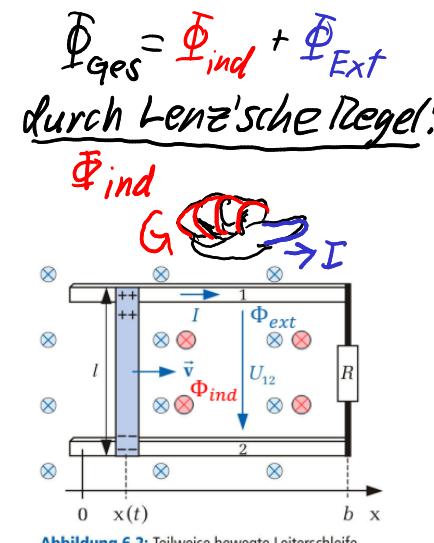
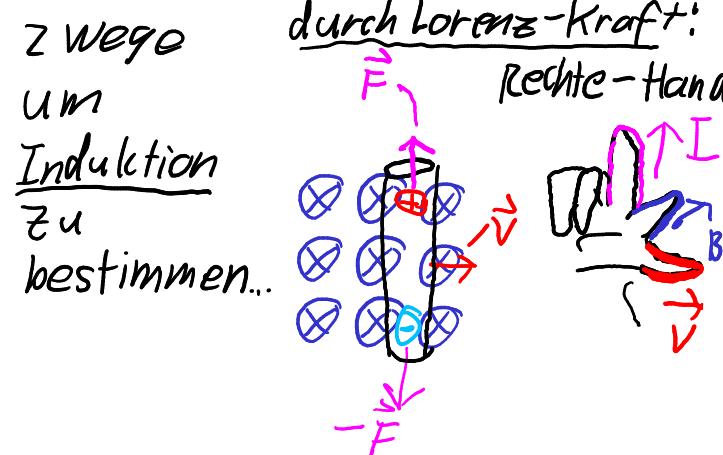
Mindmap



Mindmap



Repetition



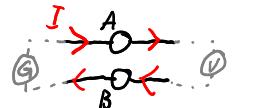
$$U = -\frac{d\Phi}{dt}$$

$$U = \frac{d\Phi_V}{dt} \approx -\frac{dN\phi}{dt}$$

U positiv oder negativ?

- Stromfluss bestimmen

- Strom und Anschluss Klemmen zeichnen:

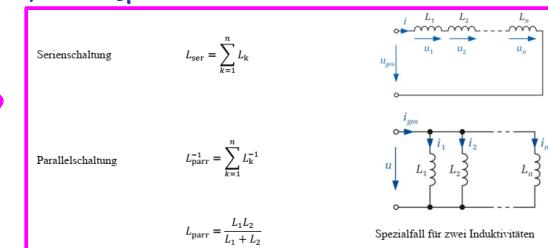


V: Verbraucherseitig
G: Generatorseitig

- Spannung einzeichnen (Strom fließt vom höheren Potential zum niedrigen)

- Seiten ermitteln: $U_{AB_V} > 0, U_{BA_V} < 0$

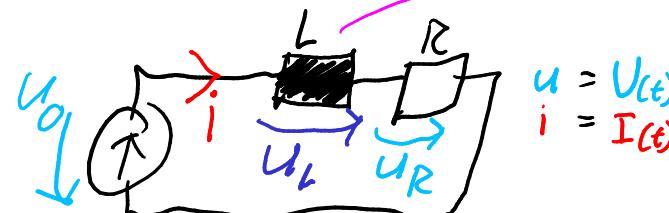
$$U_{AB_G} < 0, U_{BA_G} > 0$$



(induzierter Fluss Φ_{ind} in gleicher Richtung um abnahme von Φ_{ext} Entgegen zu wirken)

$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\frac{d}{dt} \iint_A \vec{B}_{(e)} dA_{(e)} \quad \text{zeitabhängig} \leftrightarrow \text{rot } \vec{F} = -\frac{d}{dt} \vec{B}_{(e)}$$

differenziell



$$u = U(t) \quad i = I(t)$$

zeitlich veränderliche Stromkreise
⇒ entstehung Induktionsspannung

Selbstinduktion:

$$U_L = L \frac{di}{dt}$$

"auf Leiter 1 von Leiter 2"

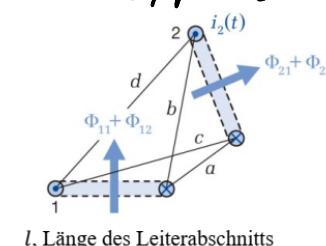
Kopplung!

$$U_1 = R_1 i_1 + L_{11} \frac{di_1}{dt} + L_{12} \frac{di_2}{dt}$$

selbstind.
Gegenind.

$$U_2 = R_2 i_2 + L_{22} \frac{di_2}{dt} + L_{21} \frac{di_1}{dt}$$

analog!



$$L_{12} = \frac{\mu_0 l}{2\pi} \ln \left(\frac{bc}{ad} \right)$$

Kopplungsfaktoren:

$$k_{21} = \frac{\Phi_{V21}}{\Phi_{11}} = \frac{N_2}{L_{11}}$$

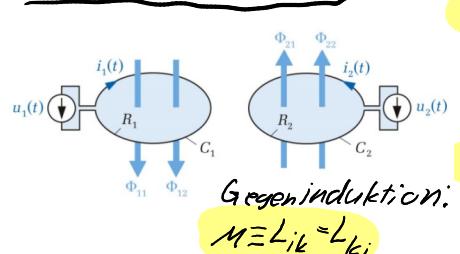
$$\text{bzw. } k_{12} = \frac{\Phi_{V12}}{\Phi_{22}} = \frac{N_1}{L_{22}}$$

$$k = \pm \sqrt{k_{12} k_{21}}$$

Streuung:

$$\sigma = 1 - k^2$$

Gegeninduktion:



ENERGIE IN FELDERN

Kondensator: 

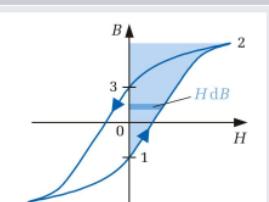
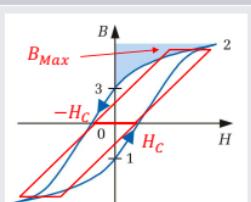
$$W_e = \frac{1}{2} C U^2 = \dots = \frac{1}{2} \underset{\text{Volumen des Plattenkondensators}}{\cancel{E} \cdot \cancel{D} \cdot V}$$

W_e : Energiedichte

⇒ Allgemein elektrische Energie:

$$W_e = \frac{1}{2} \iiint_V w_e dV = \frac{1}{2} \iiint_V \vec{E} \cdot \vec{D} dV$$

⇒ Die Energie wird im Feld gespeichert!

Strom	$0 \rightarrow I_{max}$	$I_{max} \rightarrow 0$
Energiedichte	$w_{m12} = \int_1^2 H dB$	$w_{m23} = \int_2^3 H dB$
Fläche		

Die verlorene Energie ist proportional zur Fläche:

$$w_{m12} - w_{m23} \approx 2 H_c B_{Max}$$

H_c : Koerzitivitäts-Koeffizient

Man findet: $w_{m12} > w_{m23}$

selbstind.

$$w = P \cdot t, P = U \cdot I, U = \frac{di}{dt}$$

Induktivität! ~~Induktivität~~

$$dW_m = L_i di \Rightarrow \text{intergrieren}$$

$$W_m = \frac{1}{2} L I^2 = \frac{1}{2} \Phi_V I$$

In gekoppelten Leiterschleifen:

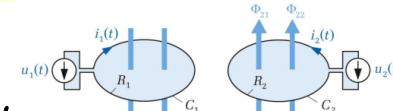


Abbildung 6.18: Gekoppelte Stromkreise mit gleich gerichteten Flüssen

$$W_m = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n L_{ik} I_i I_k$$

Bsp. 2 Leiterschleifen:

$$W_m = \underbrace{\frac{1}{2} L_{11} I_1^2}_{\text{aus selbstind.}} + \underbrace{L_{12} I_1 I_2}_{\text{aus Gegenind.}} + \underbrace{\frac{1}{2} L_{22} I_2^2}_{\text{aus Gegenind.}}$$

Allgemein magnetische Energie:

$$W_m = \iiint_V w_m dV = \frac{1}{2} \iiint_V \vec{H} \cdot \vec{B} dV$$

↔ Siehe Vorlesungsslides für Bsp. mit Hysterese

⇒ Statt so ein Kern:
- leitfähiger Körper
- magnetisches Wechselfeld
- Wirbelströme

Ein geblechter Kern:
- geblechter, leitfähiger Körper
- magnetisches Wechselfeld
- Wirbelströme



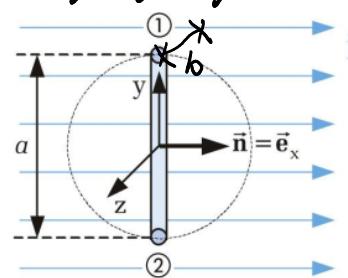
Wirbelstromverluste im Eisen ⇒ "Eisenverluste"

GENERATORPRINZIP – WECHSELSTROM

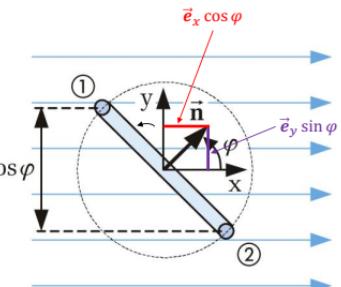
Wir wissen:

$$U = \oint_C E' dS = - \frac{d}{dt} \iint_A \vec{B} \cdot d\vec{A} = - \frac{d\Phi}{dt}$$

Ausgangslage $t=0$



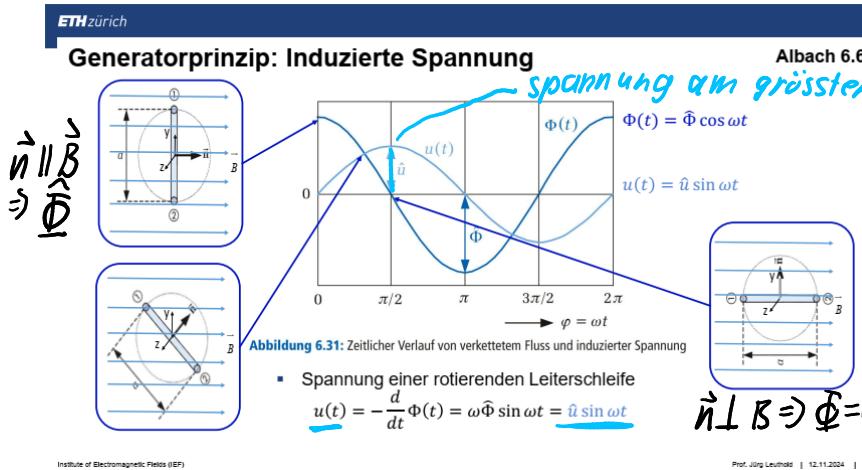
$$\Phi_{(\epsilon=0)} = B \cdot A = B a \cdot b$$



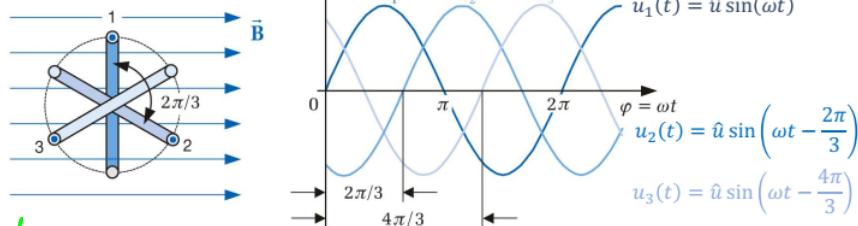
\Rightarrow Projektionsfläche

$$\Rightarrow \Phi(t) = B \cdot ab \cos(\varphi_{(t)})$$

$\varphi = \omega t = \text{Winkel}$



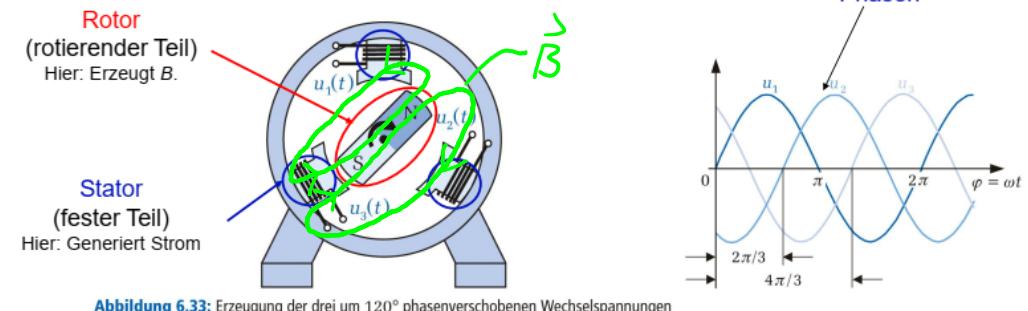
Drehstrom: 3 um 120° versetzte Leiterschleifen
"3 Phasen Wechselstrom"



→ Dies nutzt unser Strom Netz

Rotor erzeugt Strom im Stator

Aufbau eines einfachen Generators mit rotierendem Magnetfeld



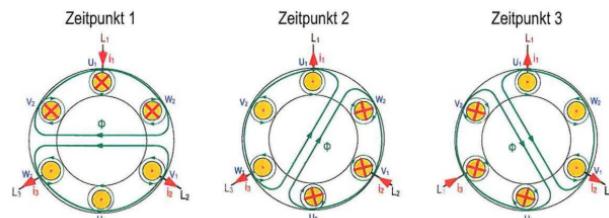
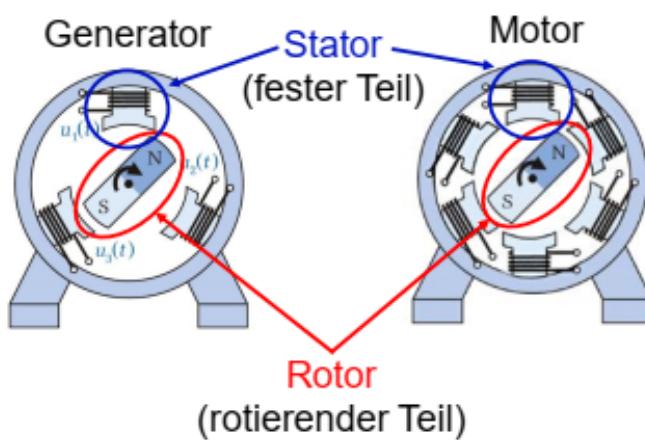
Die Vorteile des Drehstroms (Drei-Phasen-Strom):

- Einfacher Aufbau
- Zeitlich konstante Leistungsabgabe → Konstantes Drehen ⇒ Motor läuft schöner

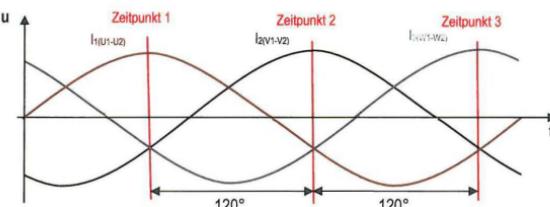
MOTOREN (Drehstrommaschinen)

Synchronmaschinen:

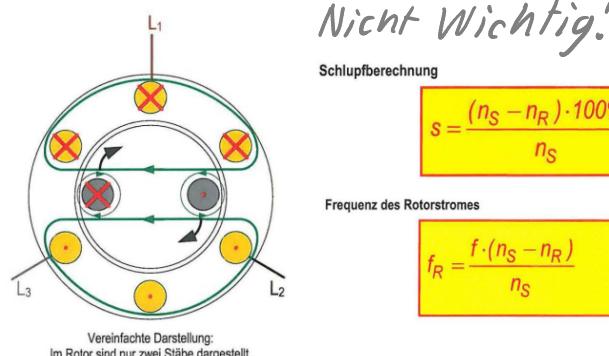
- Rotor konstant magnetisiert
⇒ Abnehmer/Permanent magnet
- Synchron mit Netzfrequenz,
kein "Schlupf"
- Industrie, Elektroautos



Liniendiagramm



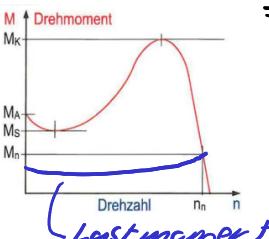
- Stator bewegt Rotor (Nicht Prüfungsrelevant)
- Asynchronmaschine! (Induktivität)
- Wicklungen im Rotor
 - Magnetfeld im Rotor durch Flussänderung im Stator
⇒ Rotor & Stator bewegen sich Asynchron $\Rightarrow \frac{d\Phi}{dt} > 0$
 - Meist benutzt, da praktisch Wartungsfrei (keine Bürsten)



s: Schlupf in %
n_s: Drehfelddrehzahl in 1/min (synchron)
n_r: Rotordrehzahl in 1/min (asynchron)

f_r: Frequenz des Rotorstromes
f: Netzfrequenz
n_s: Drehfelddrehzahl in 1/min
n_r: Rotordrehzahl in 1/min

M_A Anzugsmoment:
Im Stillstand entwickeltes Drehmoment.
M_S Sättelmoment:
Nach dem Anlauf kleinstes auftretendes Drehmoment.
M_K Kippmoment:
Höchstes Drehmoment in der Kennlinie.
M_B Bemessungsmoment (Nennmoment):
Abgegebenes Drehmoment bei Bemessungsdrehzahl n_n (Nenndrehzahl).



⇒ Asynchronmotoren haben ein veränderliches Moment je nach Drehzahl

DREHSTROMSYSTEM

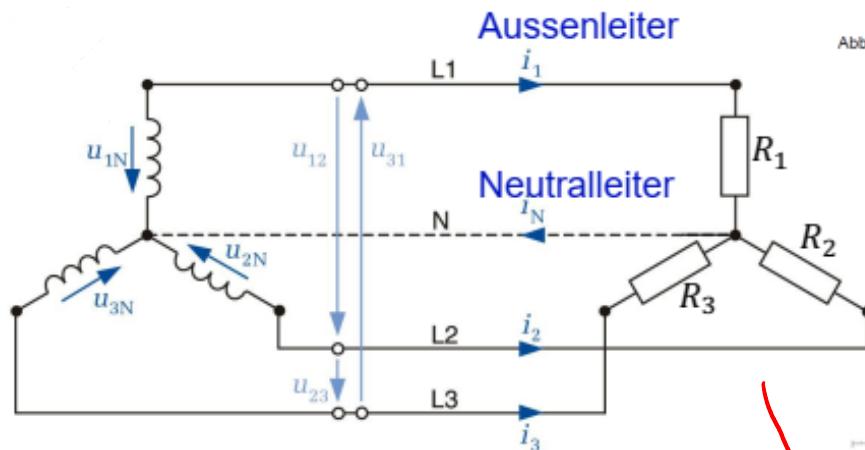
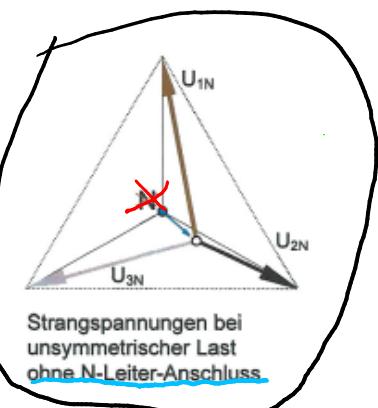
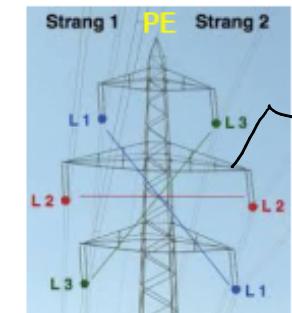
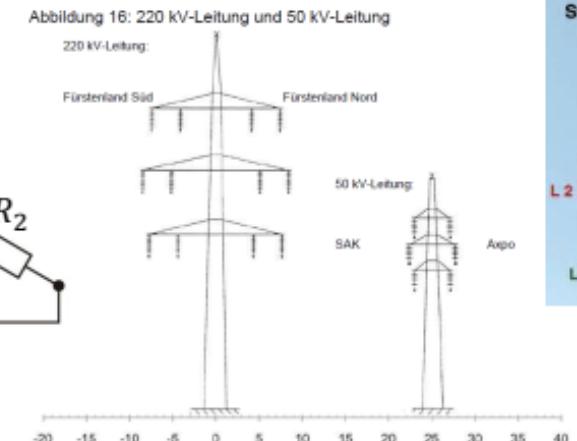


Abbildung 6.34: Sternschaltung beim Drei-Phasen-System



This would be
very Bad!

- Neutralleiter wird nur bei unsymmetrischer Last benötigt.
- Vorteile: Bis zur Hälfte der Leitungen eingespart & Verluste halbiert!

$$u_{12} = u_{1N} - u_{2N} \quad u_{12} = 2\hat{u} \sin\left(\frac{\pi}{3}\right) \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{3}\right) = \sqrt{3}\hat{u} \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{3}\right) = \sqrt{3}\hat{u} \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{6}\right)$$

→ Die Spannung der Außenleiter ist um $\sqrt{3}$ höher als die Strangspannung z.B.: $\sqrt{3} * 230 V \approx 400 V$

Der Anwender kann die **Strangspannung (230 V)** oder **Leiterspannung (400V)** nutzen

→ Die Leiterströme und Strangströme haben gleiche Amplitude

TZ5 Steckdose - in der Schweiz

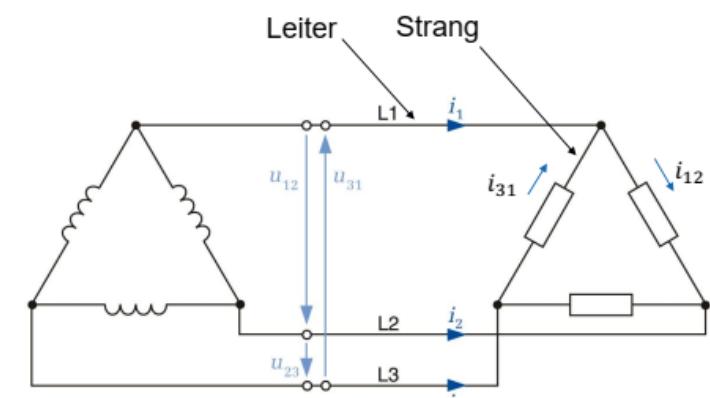
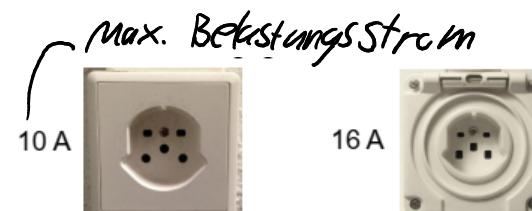
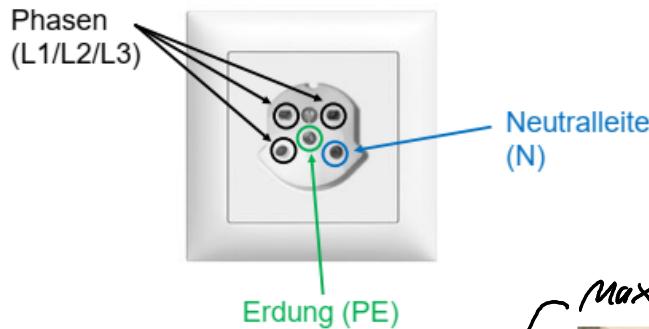
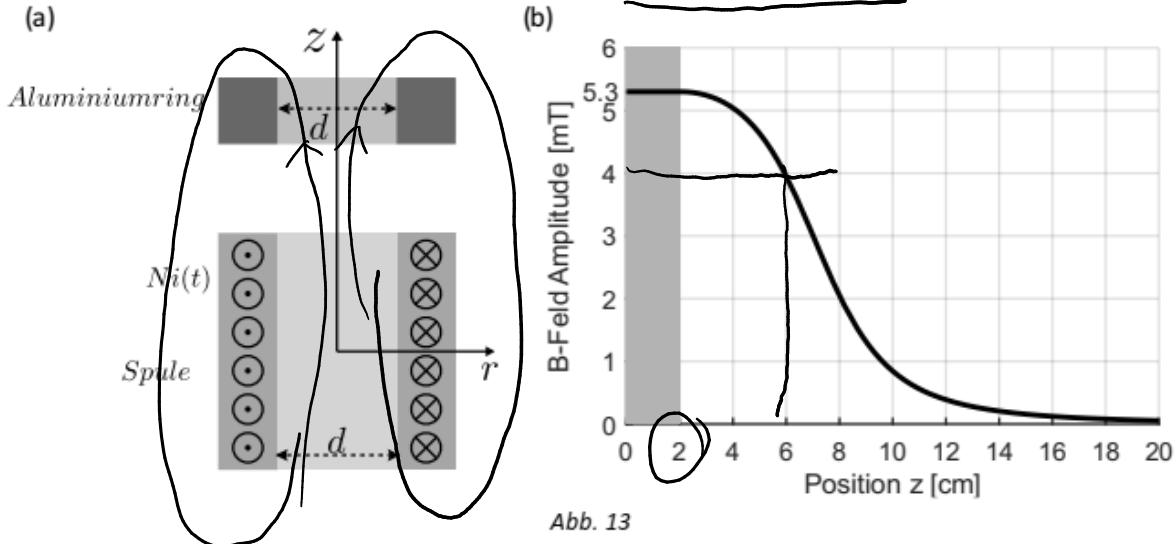


Abbildung 6.35: Dreieckschaltung beim Drei-Phasen-System

- Der Leiterstrom i_l ist ein Faktor $\sqrt{3}$ höher als der Strangstrom i_{ij}
- Strang- und Leiterspannung sind identisch auf 400 V. Wird zum Betrieb von leistungsstarken Motoren verwendet.

4. Zeitlich veränderliche Magnetfelder**8 Punkte**

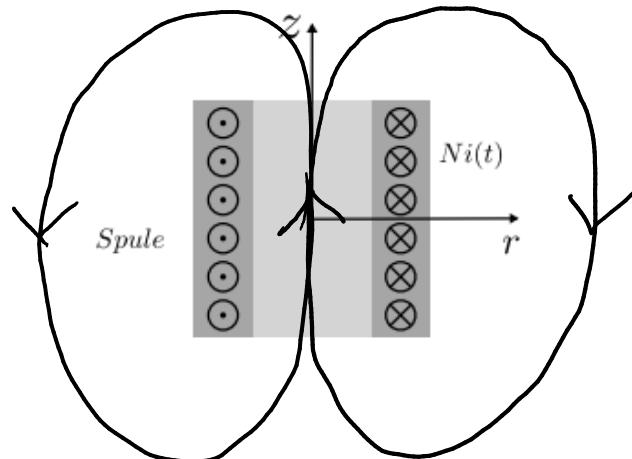
Durch eine Spule mit $N = 100$ Wicklungen fliesst ein Strom $i(t) = 9A \cdot \sin(\omega t)$ mit $\omega = 10 s^{-1}$. Über die Spule wird ein Aluminiumring gehalten. Der Querschnitt der Anordnung ist in Abb. 13(a) gegeben. Durch $i(t)$ wird ein B-Feld erzeugt, dessen Amplitude entlang der z-Achse für $r = 0$ in Abb. 13(b) gezeichnet wurde. Du kannst annehmen, dass das B-Feld im Innern des Aluminiumrings (für $r < d/2$) homogen ist, ausserdem ist das Feld im Bereich der Spule (grau schattiert) konstant. Die Spule, sowie der Aluminiumring umschließen eine Kreisfläche mit Durchmesser $d = 6\text{ cm}$.



(a) Zeichne die Feldlinien des B-Feldes in die folgende Skizze ein.

(1 P)

Lösung:



(b) Berechne die Selbstinduktivität der Spule

(2 P)

$$L_{II} = \frac{\Phi}{I} = \frac{N \cdot \Phi}{I} = \frac{N \cdot B \cdot A}{4 \cdot r} = \frac{700 \cdot 5,3mT \cdot 38cm^2 \cdot \pi}{4 \cdot 1} = 530 \frac{mT \cdot cm^2}{A}$$

$$\Phi = B \cdot A = B \cdot \frac{\pi d^2}{4} \quad | \quad B = 5,3mT$$

$$= \frac{530 \pi \cdot T \cdot m^2}{100 \cdot 10000 A} = 0,530 \dots$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{53 \mu H}}$$

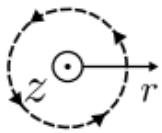
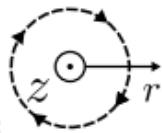
- $0.53\pi \mu H$ $2.12\pi \mu H$ $5.3\pi mH$ $21.2\pi \mu H$ $53\pi \mu H$
- $212\pi \mu H$ $2.40 \mu H$ $5.89 \mu H$ $240 \mu H$ $589 \mu H$

(c) Der Ring wird zum Zeitpunkt $t = 0$ bei $z = 8 \text{ cm}$ über die Spule gehalten, wie in Abb. 13(a) gezeigt. Dadurch wird ein Strom im Aluminiumring erzeugt. In welche Richtung fliesst der Strom, wenn wir von oben durch den Aluminiumring blicken?

(1 P)

Über Spule halten $\Rightarrow \Phi_{ex}$ wird grösser $\Rightarrow \Phi_{ind}$ muss entgegen wirken \Rightarrow dam. $\dot{\Phi}_{tot} = \dot{\Phi}_{ex} + \dot{\Phi}_{ind}$ hält

\Rightarrow Φ_{ind} \Rightarrow I

 Im Gegenuhrzeigersinn: Im Uhrzeigersinn:

- (d) Der Aluminiumring hat nun einen Luftspalt und wird bei $z = 6 \text{ cm}$ über die Spule gehalten, wie in Abb. 13(a) gezeigt wird. Wie gross ist der Betrag der Spannung $u_{\text{ind}}(t = \pi/\omega)$ zum Zeitpunkt $t = \frac{\pi}{\omega}$, die im Ring induziert wird? (2 P)

$$U_{\text{ind}} = - \frac{d\Phi}{dt}$$

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{A} = B_{(E)} \cdot \frac{36 \text{ cm}^2}{4} \cdot \pi$$

$$B_{(E)} = \underbrace{\beta \sin(\omega t)}_{\text{Da durch Strom erzeugt}}, \quad \beta = 4 \text{ mT}$$

$$\Rightarrow - \frac{36 \text{ cm}^2}{4} \pi \cdot 4 \text{ mT} \cdot \underbrace{\frac{d}{dt} \sin(\omega t)}_{\omega \cos(\omega t)}$$

$$\frac{1}{20} \text{ s} \quad f = \frac{\pi}{\omega}$$

$$\Rightarrow \underbrace{36 \text{ cm}^2 \cdot 10 \text{ mT}}_{= 360 \text{ mT}} = 360 \text{ mT} \cdot (\text{cm}^2 \text{ m}) = \frac{360 \text{ mT}}{72000 \cdot 1000}$$

- 0 V 53 mV 40 mV $18\pi \text{ mV}$ $24\pi \text{ mV}$ $36\pi \text{ mV}$
- $53\pi \text{ mV}$ 53 μV $18\pi \mu\text{V}$ $24\pi \mu\text{V}$ $36\pi \mu\text{V}$ 18 mV

→ Hier kein Strom, da Spalt, dafür Spannung

Gemäss Abb. 14 bewegt sich eine dreieckige Leiterschleife mit Seitenlänge a mit der Geschwindigkeit v nach rechts ($+x$ -Richtung). Zum Zeitpunkt $t = 0$ tritt sie in ein Gebiet mit Magnetfeld $\vec{H} = H \vec{e}_z$ ein. Die gesamte Situation ist in Luft ($\mu_1 = 1$)

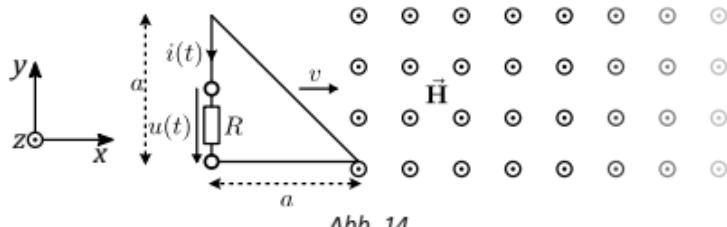


Abb. 14

(e) Berechne die induzierte Spannung $u(t)$.

(2 P)

$$u(t) = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{\mu_0 H \cdot V^2}{2} \cdot \frac{d\epsilon^2}{dt} = -\underline{\underline{\mu_0 H V^2 t}}$$

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{A}(t) \quad (i), (ii)$$

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H} = \mu_0 \cdot \mu_0 \cdot \vec{H} = \mu_0 H \quad (i)$$

$$A = \frac{(Vt)^2}{2} \quad (ii)$$

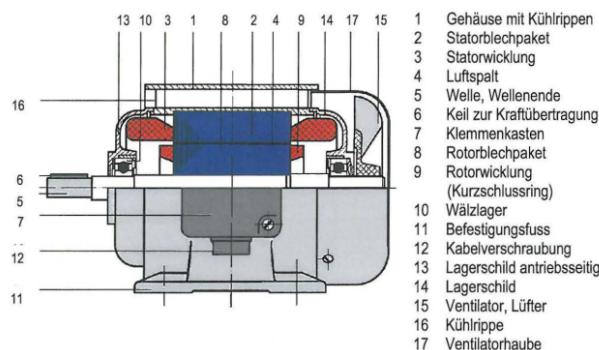
\Rightarrow für $t < 0, u = 0$ sonst

und $t > \frac{a}{v}, u = 0$

Lösung:

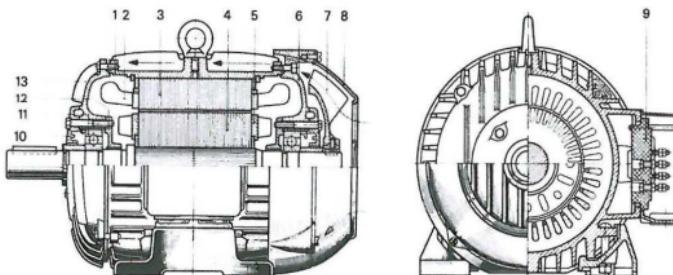
MEHR INFOS (Nicht Prüfungsrelevant) Anhang

Genereller Aufbau eines Elektromotors Asynchronmotoren:

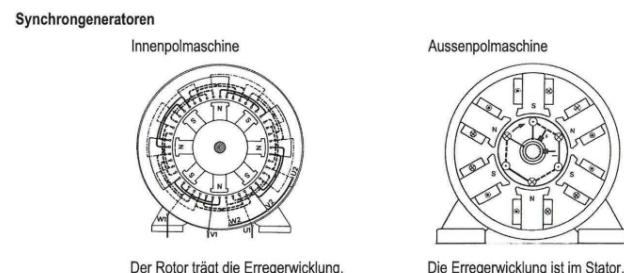


Kurzschlussankermotoren (Kurzschlussläufer-, Käfigankermotoren) sind heute die wichtigsten Drehstrommotoren, deshalb werden der Aufbau, die Funktionsweise usw. ganz genau betrachtet.

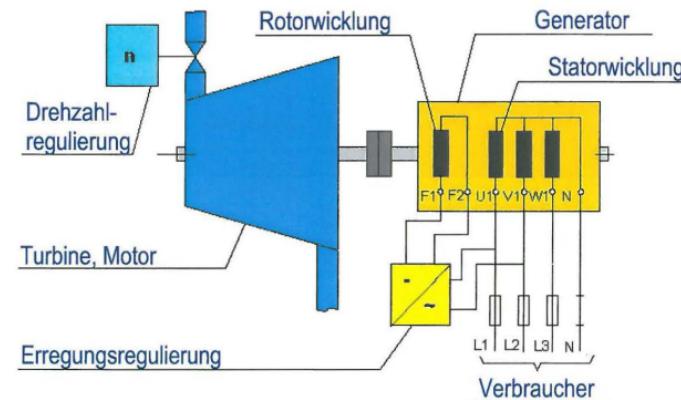
Aufbau



Generator Arten



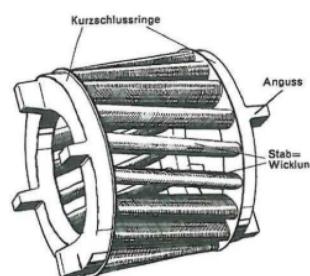
Generator Aufbau



Legende

- | | |
|---------------------|----------------------------------|
| 1. Gehäuse | 8. Ventilatorhaube |
| 2. Statorwicklung | 9. Klemmenbrett |
| 3. Statorblechpaket | 10. Lagerdeckel |
| 4. Rotorblechpaket | 11. Wälzlager |
| 5. Kurzschlussring | 12. Lagerdeckel |
| 6. Lagerschild | 13. Lagerschild (antriebsseitig) |
| 7. Ventilator | |

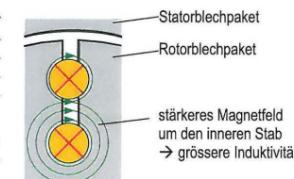
Kurzschlussanker



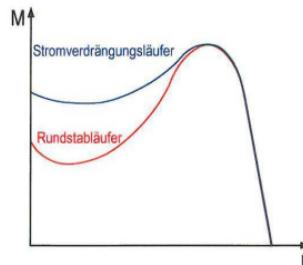
Stromverdrängungsläufer

Es gibt Kurzschlussläufermotoren, deren Läufer (Rotor) beim Einschalten einen grossen Widerstand haben, der aber beim Hochlaufen abnimmt. Bei derartigen Kurzschlussläufermotoren sind der Einschaltstrom klein und das Anzugsmoment gross.

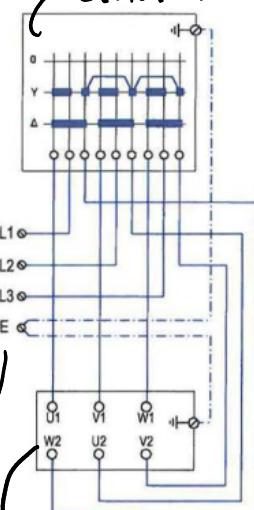
Zur Erhöhung des Läuferwiderstandes beim Einschalten sind in den Läufernuten zwei Stäbe angeordnet.



Um den unteren Läuferstab ist das Magnetfeld stärker, weil hier die magnetischen Feldlinien nur einmal den Luftspalt überwinden müssen. Dies bedeutet, dass der untere Stab eine grössere Induktivität L hat und demzufolge der induktive Blindwiderstand X_L für diesen Stab auch grösser ist. Da in beiden Stäben die gleiche Spannung induziert wird, fließt im unteren Stab beim Hochlaufen ein kleinerer Strom! Der Strom wird also in die äusseren Stäbe gedrängt, von da stammt die Bezeichnung dieser Maschine. Hat der Motor die Bemessungsdrehzahl erreicht, ist der Einfluss von X_L praktisch verschwunden, da die Frequenz des Rotorstromes bekanntlich nur noch einige Hertz beträgt (Siehe Übung 16.1).



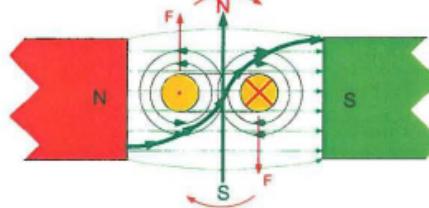
Stern - Dreieck - Anlauf * schalter



**Motor Klemmen
Netzanschluss**

* λ - Δ -Anlauf um Anlaufströme zu reduzieren $\Rightarrow 230V \rightarrow 400V$ Frequenz Umformen
 \Rightarrow Heutzutage Elektronisch mit Schalttransistor + FU

Einphasen Serie Motor (Universalmotor)



Quelle: www.groschopp.com

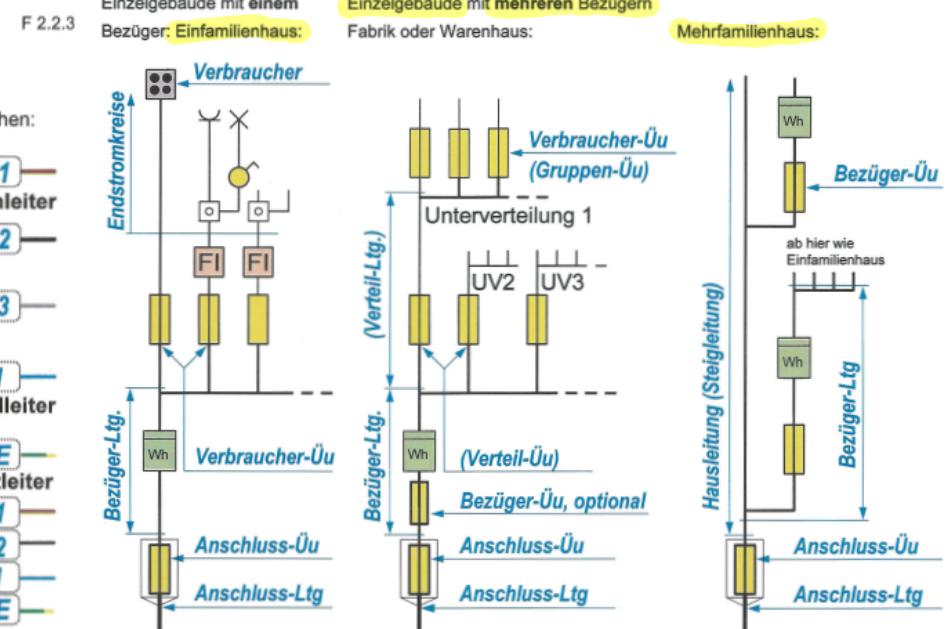
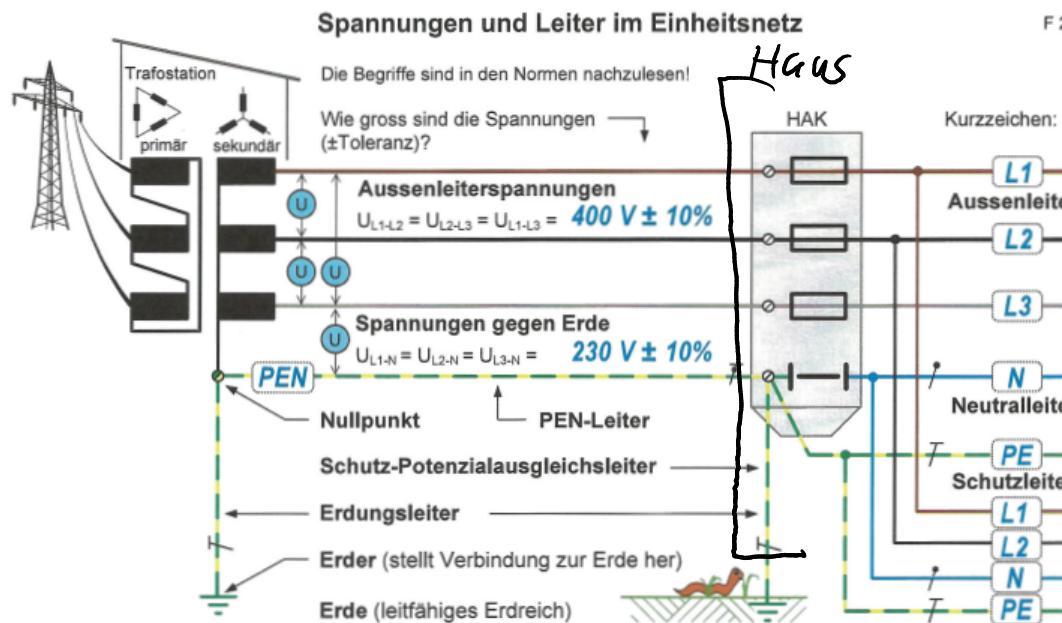


Quelle: www.uwereimann.de

Funktionsweise

Die Stator- und Rotorwicklungen sind bei dieser Maschine in Serie geschaltet (daher auch die Bezeichnung Seriemotor). Die Rotorwicklungen werden via Kohlebürsten über den Kollektor eingespeist. Die magnetischen Pole des Stators und des Rotors stoßen sich gegenseitig ab. Durch diese Kraftwirkung entsteht die Drehbewegung des Rotors.

Unser Drehstromnetz:



Üu = Überstromunterbrecher (Sicherung)

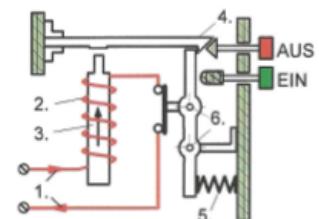
Ablöse kennlinie nach Sicherungsart

Ein Leistungsschutzschalter (Leitungssicherung) besteht aus:

Thermischer Auslöser



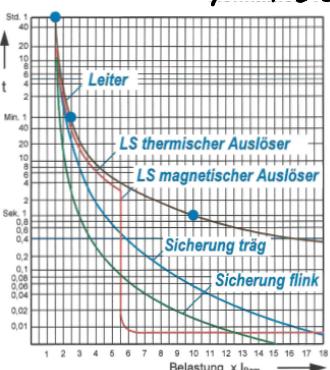
Elektromagnetischer Auslöser



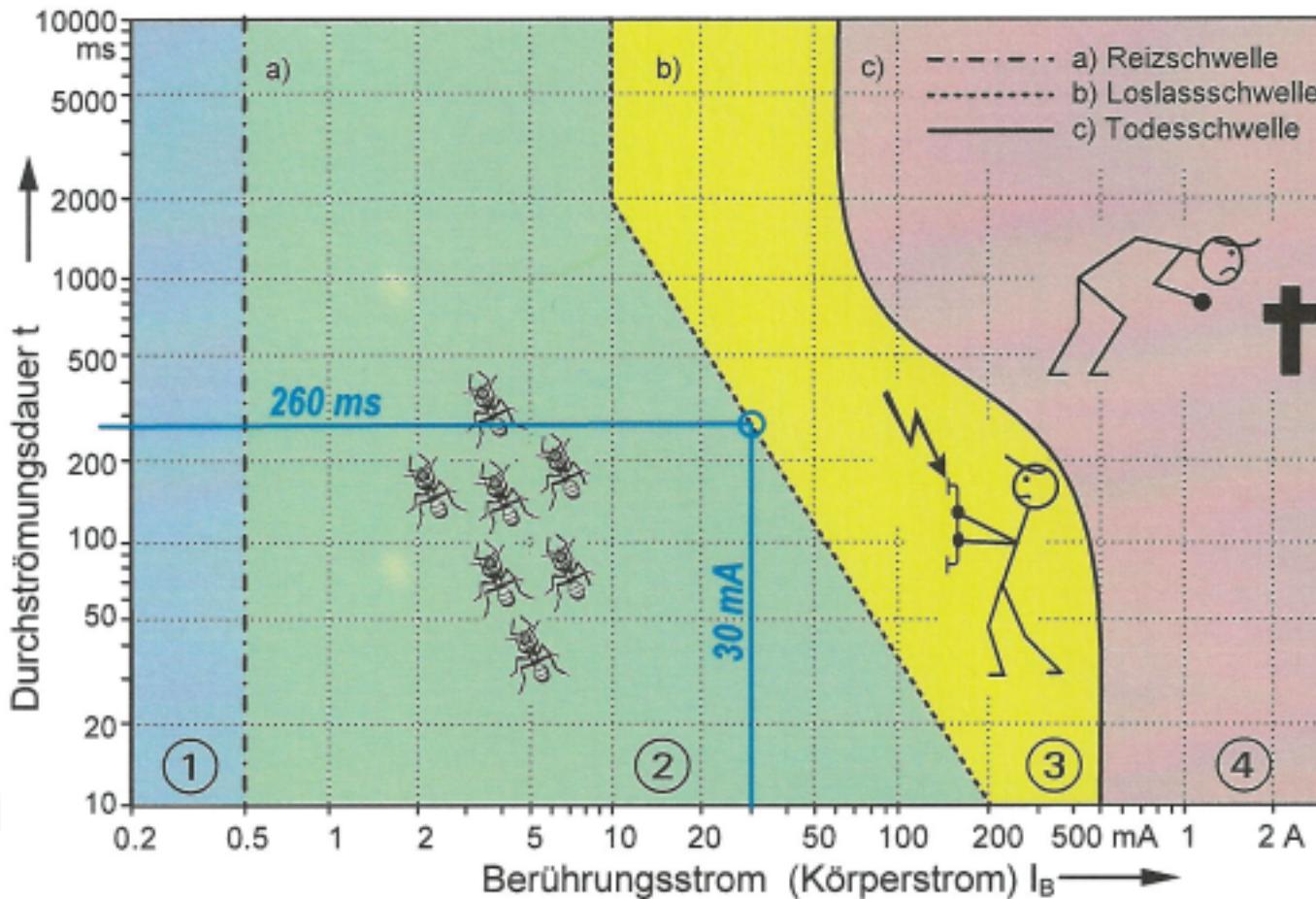
1. Stromweg
2. Magnetspule
3. Eisenkern
4. Klinke
5. Auslösefeder
6. Lager

Funktion des elektromagnetischen Auslösers:
Bei Kurzschluss stösst der Eisenkern gegen die Klinke. Der Hauptkontakt löst aus und der Stromkreis wird unterbrochen.

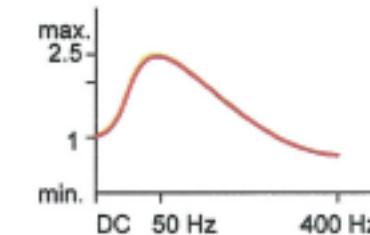
RI 5.5.4



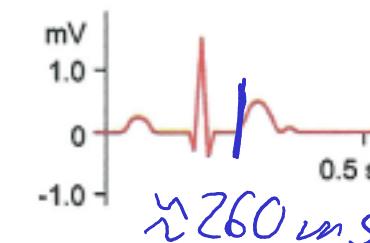
Bei 50Hz, (It's not the Volts that kill you it's the Amps)



Die Gefährdung ist von der Frequenz abhängig:



Elektrokardiogramm einer Herzspannung

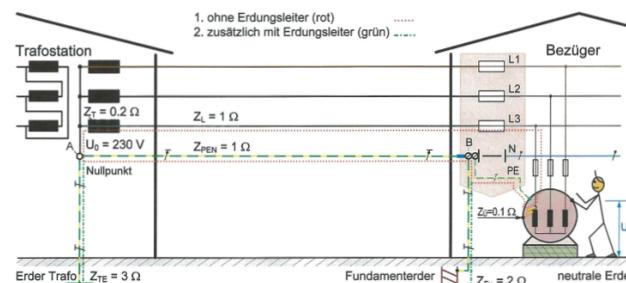
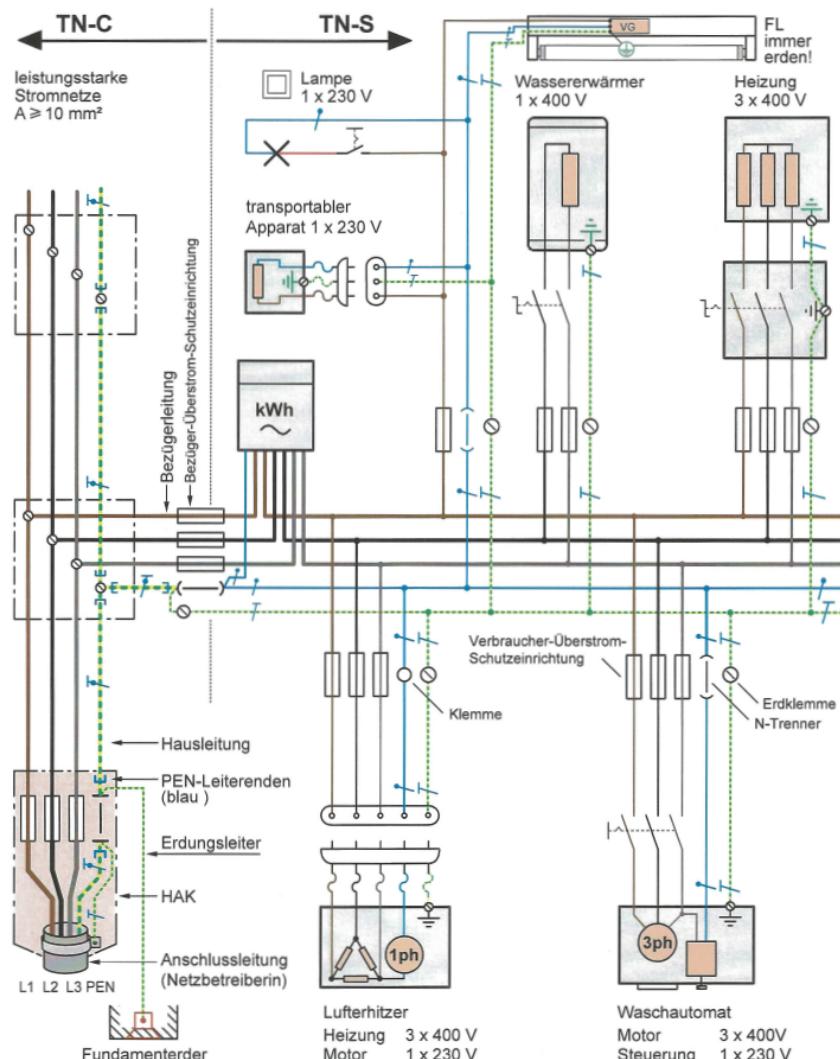


≈ 260 ms

- ① bis 0.5 mA: Wahrnehmbarkeit mit der Zunge
- ② ab 0.5 mA: Kribbeln, Ameisenlaufen, meist ungefährlich
- ③ ab 10 mA: Muskelverkrampfung und Atemnot
- ④ ab 50 mA Herzkammerflimmern, ab 200 mA / 0.4 s Lebensgefahr

Aufbau eines Hausesnetzes

Ausführung System TN-C-S



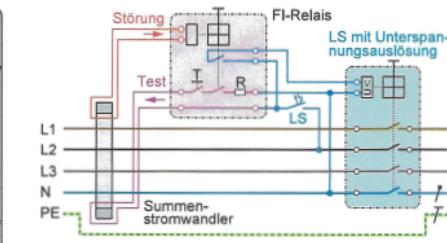
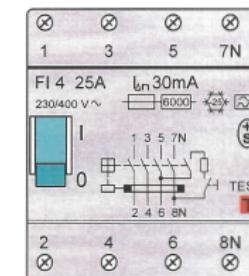
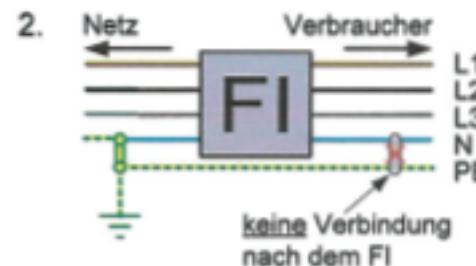
Historische Entwicklung der Leiterfarben

NIN 2010	HD 308 ab 2001	CENELEC	CH vor 2005	vor 1970
PE Schutzleiter grün/gelb	Schutzleiter grün/gelb	Schutzleiter grün/gelb	Schutzleiter grün/gelb	Erde rot/gelb
N Neutralleiter blau	Neutralleiter hellblau (CH) oder blau	Neutralleiter hellblau	Neutralleiter hellblau	Nulleiter gelb
L1 Außenleiter 1 braun	Polleiter 1 braun	Polleiter 1 schwarz	Polleiter 1 schwarz	Phase R rot
L2 Außenleiter 2 schwarz	Polleiter 2 schwarz	Polleiter 2 braun	Polleiter 2 rot	Phase S blau
L3 Außenleiter 3 grau	Polleiter 3 grau	Polleiter 3 schwarz	Polleiter 3 weiss	Phase T weiss

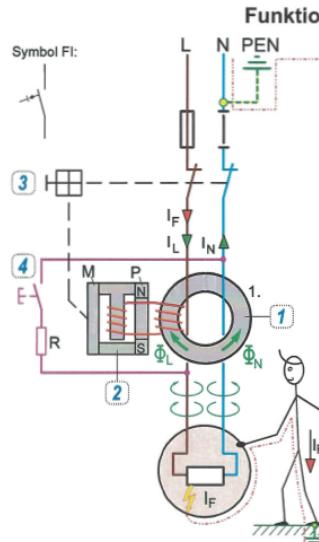
Bei mehr als 6 Adern sind numerische Zeichen anzubringen. N an der Ader mit tiefster Nummer an den Enden blau kennzeichnen. PE immer durchgehend grün/gelb.



FI (Fehlerstrom) Schutzschalter (Personenschutz)



EU 11.7.3



Die Funktion der fehlerfreien Anlage
Der Stromfluss (I_L und I_N) → ist grün einzuleichen.

Der Außenleiterstrom ist gleich gross wie der Neutralleiterstrom. Da sich I_L und I_N entgegenwirken, wird der Summenstromwandler nicht magnetisiert: $\Phi_L = \Phi_N$.

Was hat dies zur Folge: **Der FI löst nicht aus!**

Die Funktion im Fehlerfall
Der Fehlerstrom (I_F) → ist rot einzuleichen!

Der Fehlerstrom fliesst nicht durch den Summenstromwandler zurück. Da $I_L \neq I_N$, wird der Summenstromwandler magnetisiert: $\Phi_L > \Phi_N$.

Die in der Sekundärwicklung entstehende Spannung wirkt auf den Magnetauslöser, welcher wiederum auf den Freilauf wirkt.

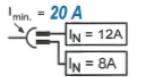
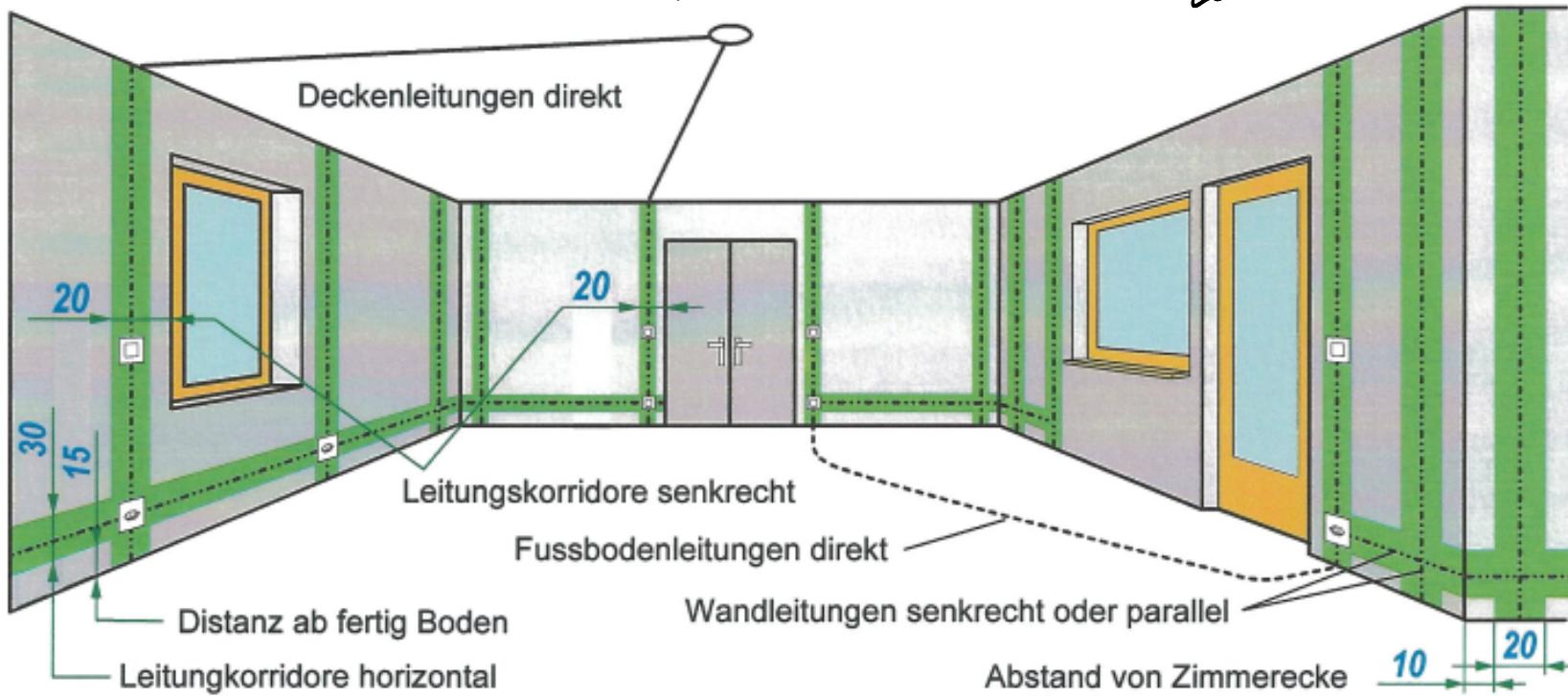
Was hat dies zur Folge: **Der FI löst aus!**

Der Prüfstromkreis ist zu beschreiben (violett):

Mit der Prüftaste (4.) kann über den Widerstand R ein Fehlerstrom simuliert werden.

Was hat dies zur Folge: **Der FI löst aus!**

Good to know beim Bohren, (wo Leitungen im Weg)



Wohnbauten:

$I_{\max} = 10 \text{ A}$ $I_{\text{Nenn}} = 10 \text{ A}$

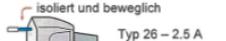
$I_{\max} = 13 \text{ A}$ $I_{\text{Nenn}} = 10 \text{ A}$



Typ 75 - 16 A



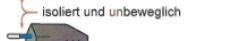
Typ 12 - 10 A
nur noch bis 2011



Typ 26 - 2.5 A
Eurostecker



Typ 11 - 10 A



isoliert und unbeweglich

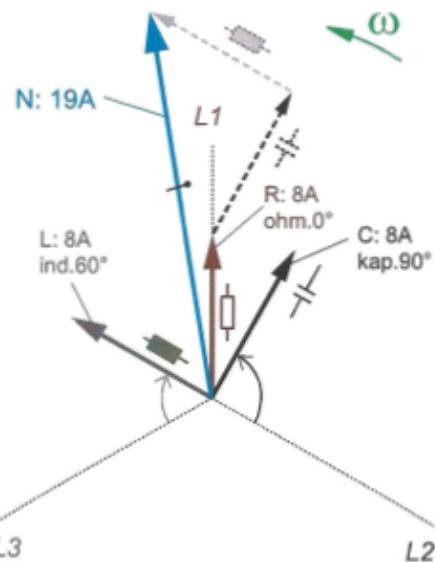
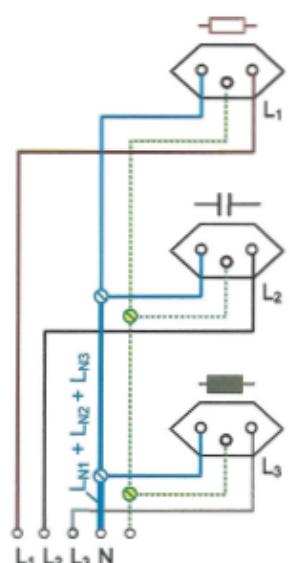


Teilisierte Steckerstifte an
Steckern T11 und T12:
- ab sofort möglich
- ab 2012 obligatorisch



~Hartzlage
nur noch
T 73 Steckdosen

Anschluss der Steckdosen an
Drehstrom mit separaten Klemmen
für den Neutralleiter.

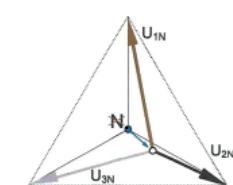
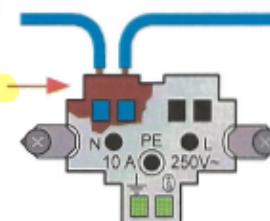


Beim Anschliessen verschiedener einpoliger Verbraucher (R, L und C) an den gleichen Neutralleiter besteht bei **Drehstrom die Gefahr**, dass der **Neutralleiter und dessen Verbindungsstelle** **infolge Unsymmetrie überlastet** werden können.

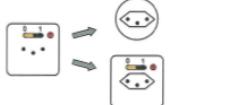
Ausserdem können bei elektronischen Verbrauchern, die vor allem mit 150 Hz **Oberwellen** behaftet sind, **Neutralleiterströme entstehen**, die zuweilen **über dem Phasenstrom liegen**.

Diese beiden Effekte ergänzen sich!

Überlastungsgefahr!



Strangspannungen bei
unsymmetrischer Last
ohne N-Leiter-Anschluss



NIN-Arbeitsblätter Auflage 14

Verdrahten Sie die Steckdosen in der linken Spalte so, dass der Neutralleiter nicht über die Steckdose L₂ und Steckdose L₂ geschlaucht wird.