

## ET I Übung 9

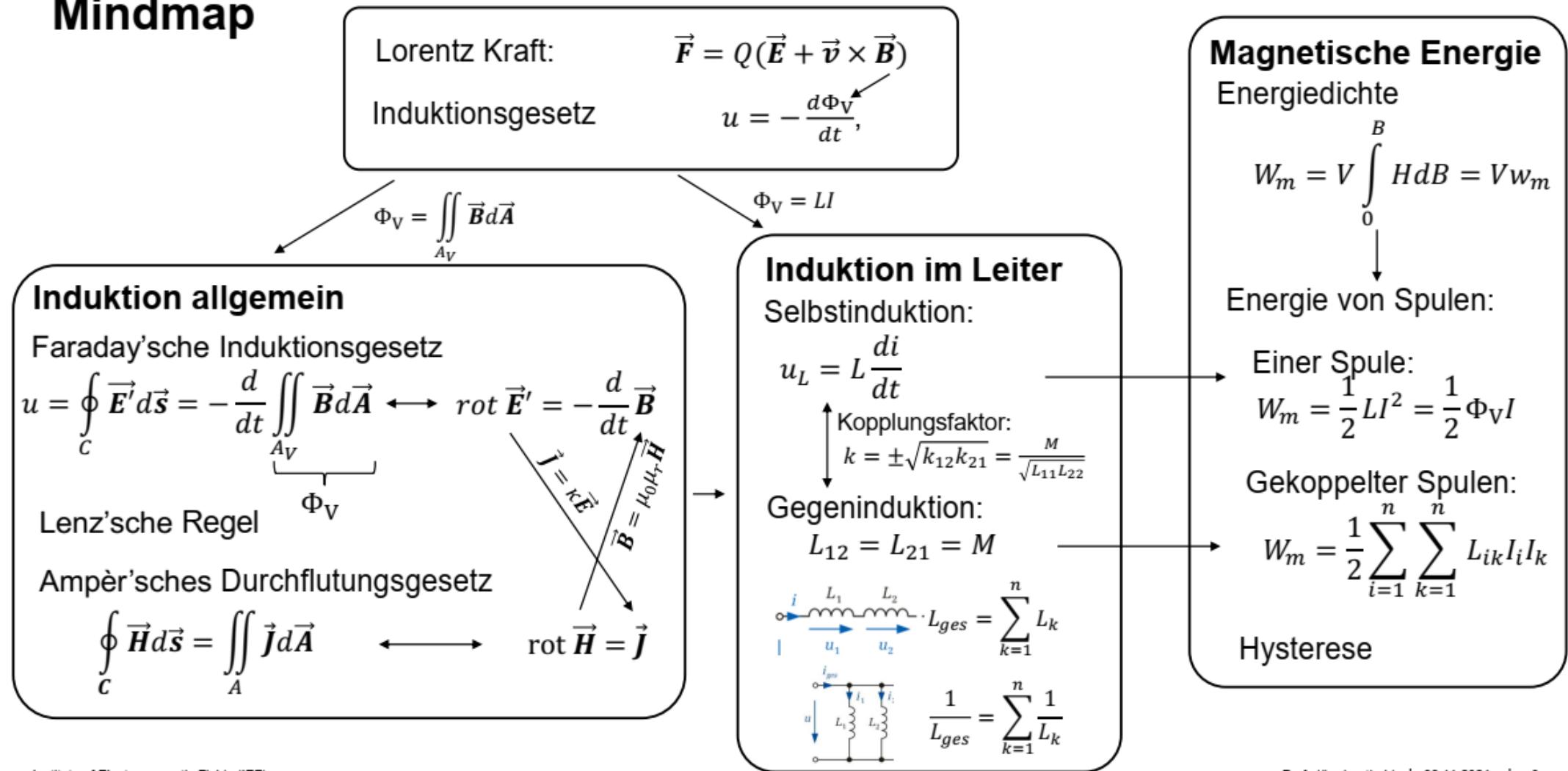
### Aufbau:

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

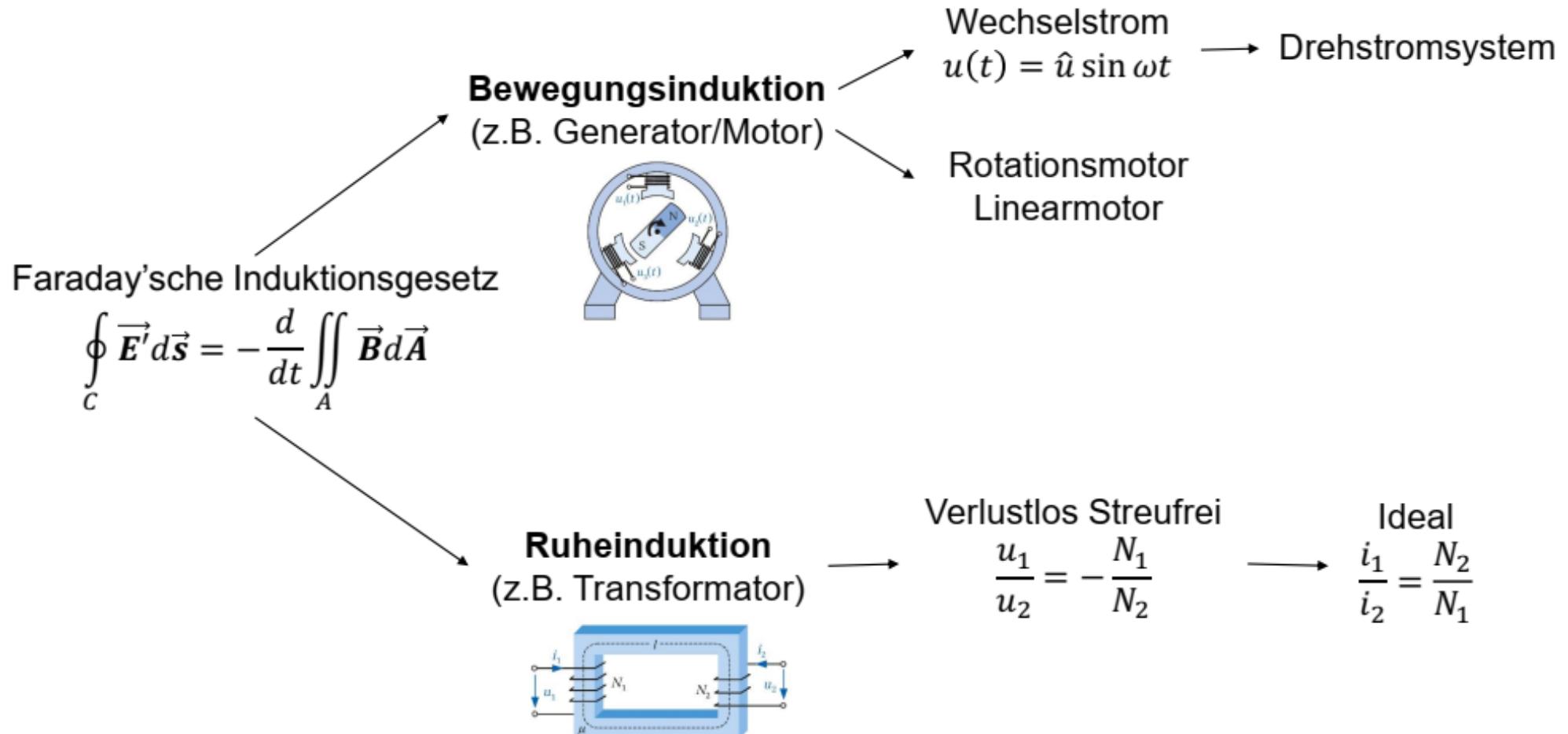


[n.ethz.ch/~kursulovic](http://n.ethz.ch/~kursulovic)

## Mindmap



# Mindmap



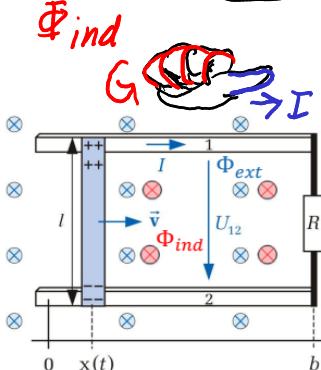
# Repetition

z wego  
um  
Induktion  
zu  
bestimmen...

durch Lorentz-Kraft:  
Rechte-Hand

$$\Phi_{\text{ges}} = \Phi_{\text{ind}} + \Phi_{\text{Ext}}$$

durch Lenz'sche Regel:



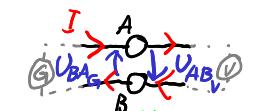
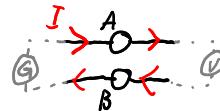
$$U = \frac{-d\Phi}{dt}$$

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

U positiv oder negativ?

• Stromfluss bestimmen

• Strom und Anschluss Klemmen zeichnen:

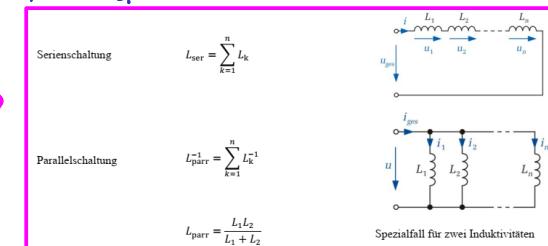


V: Verbraucher-  
seitig  
G: Generatorseitig

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

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

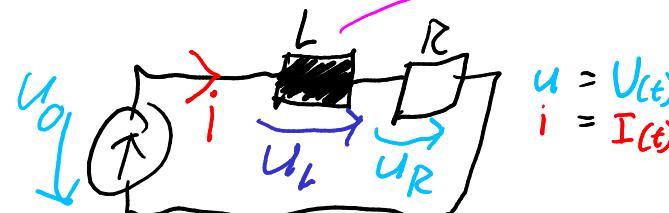
$$U_{AB_G} < 0, U_{BA_G} > 0$$



(induzierter Fluss  $\Phi_{\text{ind}}$  in gleicher  
Richtung um abnahme von  $\Phi_{\text{ext}}$   
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"

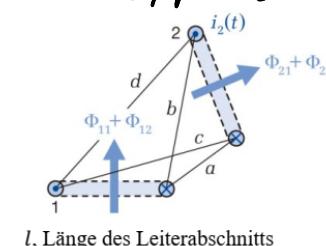
Kopplung!

$$u_1 = R_1 i_1 + L_{11} \frac{di_1}{dt} + L_{12} \frac{di_2}{dt}$$

selbstind.  
Gegenind.

$$u_2 = R_2 i_2 + L_{22} \frac{di_2}{dt} + L_{21} \frac{di_1}{dt}$$

analog!



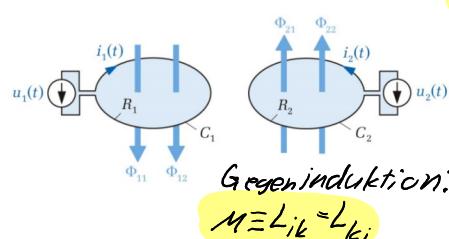
$$L_{12} = \frac{\mu_0 l}{2\pi} \ln \left( \frac{bc}{ad} \right)$$

$$k_{21} = \frac{\Phi_{21}}{\Phi_{11}} = \frac{N_2}{N_1} \quad \text{bzw. } k_{12} = \frac{\Phi_{12}}{\Phi_{22}} = \frac{N_1}{N_2}$$

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

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

## Gegeninduktion:



$$M \equiv L_{12} = L_{21}$$

# ENERGIE IN FELDERN

Kondensator: 

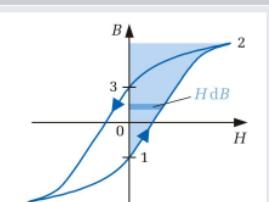
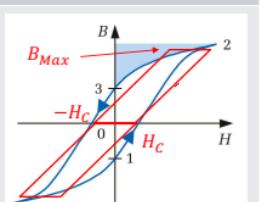
$$W_e = \frac{1}{2} C U^2 = \dots = \frac{1}{2} \underset{\text{Volumen des Plattenkondensators}}{\underset{\curvearrowright}{\vec{E} \cdot \vec{D}}} \cdot \underset{\curvearrowright}{V}$$

$W_e$ : 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 in etwa proportional zur Fläche:

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

$H_c$ : Koerzitivitäts-Koeffizient

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

Induktivität! ~~Induktivität~~

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

$$dW_m = L_i \cdot di \Rightarrow \text{integrieren}$$

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

In gekoppelten Leiterschleifen:

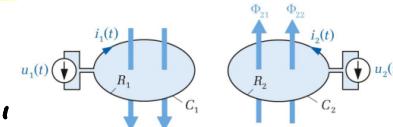


Abbildung 6.18: Gekoppelte Stromkreise mit gleich gerichteten Flüssen

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

Bsp. 2 Leiterschleifen:

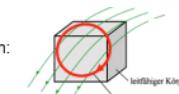
$$W_m = \underbrace{\frac{1}{2} L_{11} I_1^2}_{\text{aus Selbstind.}} + \underbrace{L_{12} I_1 I_2}_{\text{aus Gegenind.}} + \underbrace{\frac{1}{2} L_{22} I_2^2}_{\text{aus Gegenind.}}$$

Allgemein magnetische Energie:

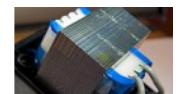
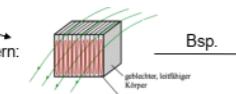
$$W_m = \iiint_V w_m dV = \frac{1}{2} \iiint_V \vec{H} \cdot \vec{B} dV$$

↔ Siehe Vorlesungsslides für Bsp. mit Hysterese

⇒ Statt so ein Kern:



Ein geblechter Kern:



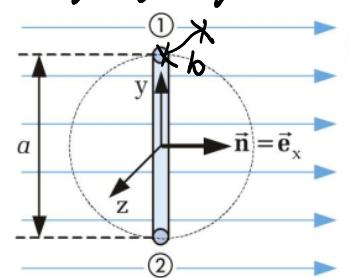
Wirbelstromverluste im Eisen ⇒ "Eisenverluste"

# GENERATORPRINZIP – WECHSELSTROM

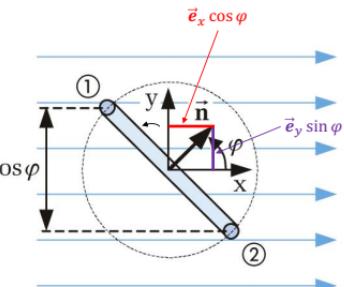
Wir wissen:

$$u = \oint_C \vec{E} \cdot d\vec{s} = - \frac{d}{dt} \iint_A \vec{B} \cdot d\vec{A} = - \frac{d\Phi}{dt}$$

Ausgangslage  $t=0$



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



$\Rightarrow$  Projektionsfläche

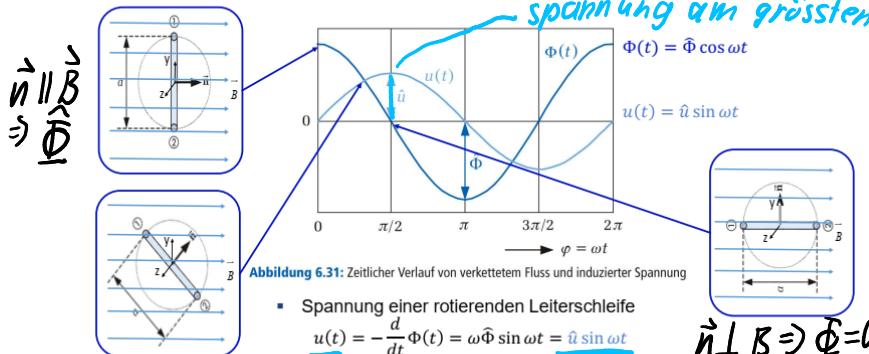
$$\Rightarrow \Phi_{(t)} = B \cdot a b \cos(\varphi_{(\epsilon)})$$

$$\varphi = \omega t = z \text{ Uft}$$

ETH Zürich

Generatorprinzip: Induzierte Spannung

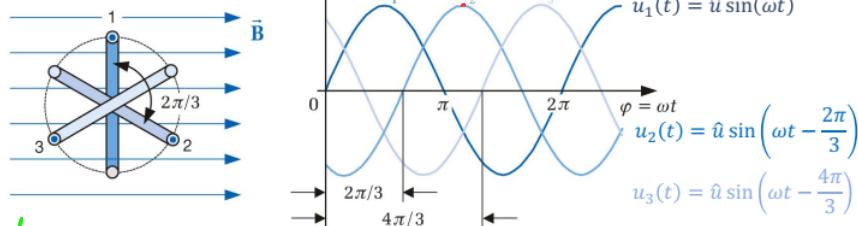
Albach 6.6



Institute of Electromagnetic Fields (IEF)

Prof. Jürg Leuthold | 12.11.2024 | 21

Drehstrom: 3 um  $120^\circ$  versetzte Leiterschleifen  
"3 Phasen Wechselstrom"



$\hookrightarrow$  Dies nutzt unser Strom Netz

Rotor erzeugt Strom im Stator

Aufbau eines einfachen Generators mit rotierendem Magnetfeld

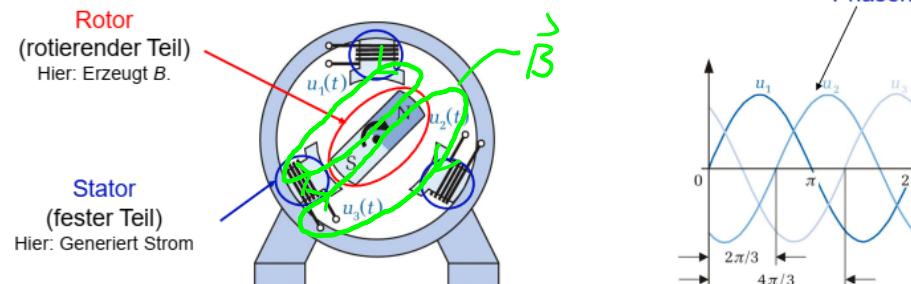


Abbildung 6.33: Erzeugung der drei um  $120^\circ$  phasenverschobenen Wechselspannungen

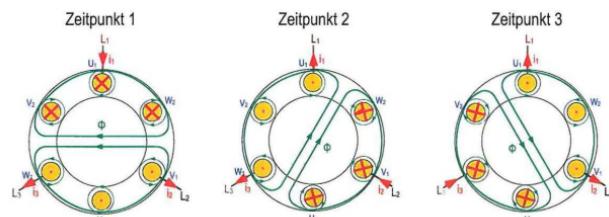
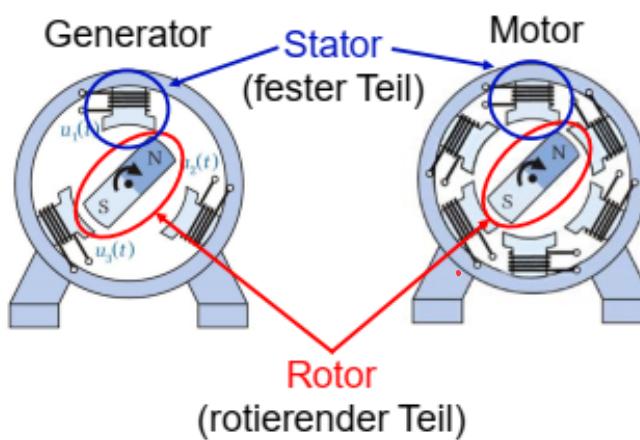
Die Vorteile des Drehstroms (Drei-Phasen-Strom):

- Einfacher Aufbau
- Zeitlich konstante Leistungsabgabe  $\rightarrow$  Konstantes Drehen  $\Rightarrow$  Motor läuft schöner

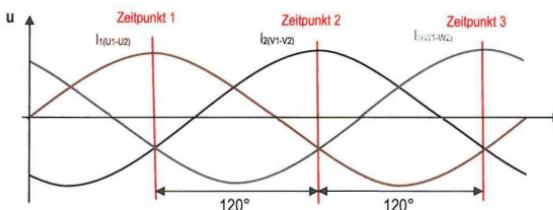
# MOTOREN (Drehstrommaschinen)

## Synchronmaschinen:

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



Liniendiagramm

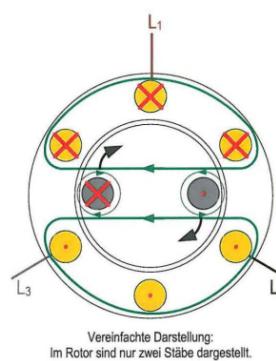


Stator bewegt Rotor (Nicht Prüfungsrelevant)

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)

Nicht Wichtig!



Schlupfberechnung

$$s = \frac{(n_S - n_R) \cdot 100\%}{n_S}$$

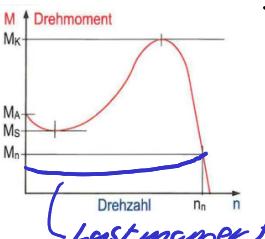
s: Schlupf in %  
n<sub>s</sub>: Drehfelddrehzahl in 1/min (synchron)  
n<sub>r</sub>: Rotordrehzahl in 1/min (asynchron)

Frequenz des Rotorstromes

$$f_R = \frac{f \cdot (n_S - n_R)}{n_S}$$

f<sub>r</sub>: Frequenz des Rotorstromes  
f: Netzfrequenz  
n<sub>s</sub>: Drehfelddrehzahl in 1/min  
n<sub>r</sub>: Rotordrehzahl in 1/min

M<sub>A</sub> Anzugsmoment:  
Im Stillstand entwickeltes Drehmoment.  
M<sub>S</sub> Sättelmoment:  
Nach dem Anlauf kleinstes auftretendes Drehmoment.  
M<sub>K</sub> Kippmoment:  
Höchstes Drehmoment in der Kennlinie.  
M<sub>B</sub> Bemessungsmoment (Nennmoment):  
Abgegebenes Drehmoment bei Bemessungsdrehzahl n<sub>n</sub> (Nenndrehzahl).



⇒ Asynchronmotoren haben  
ein veränderliches Moment  
je nach Drehzahl

# DREHSTROMSYSTEM

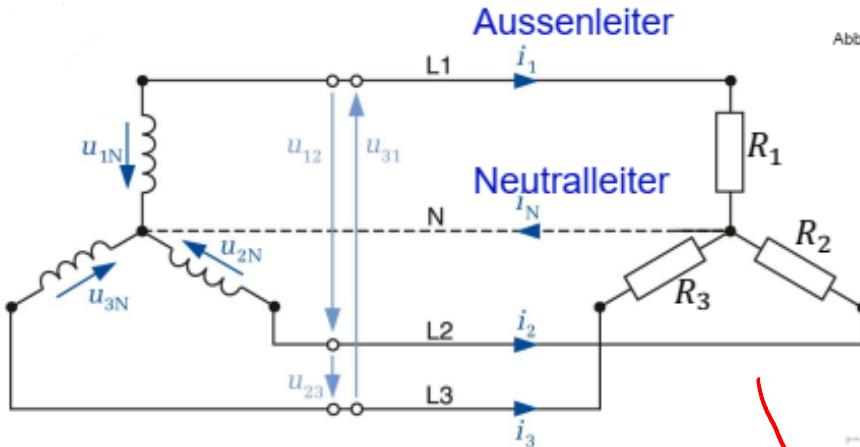
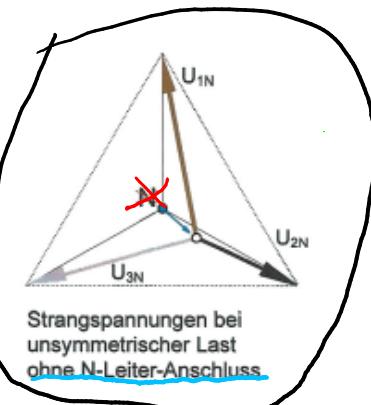
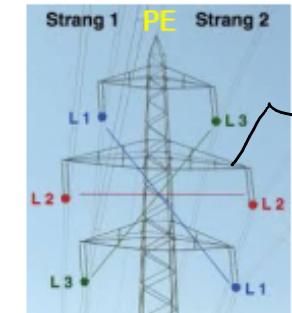
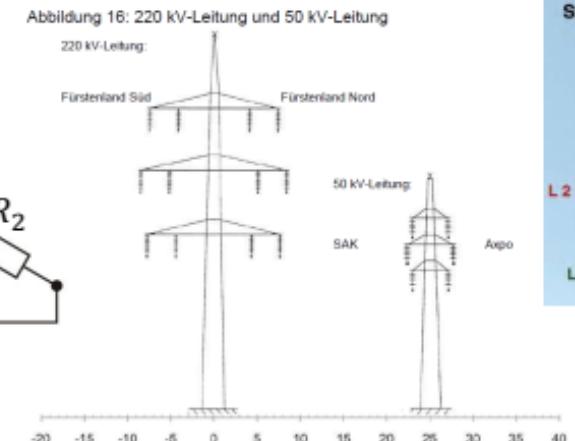


Abbildung 6.34: Sternschaltung beim Drei-Phasen-System



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.:  $\sqrt{3} * 230 \text{ V} \approx 400 \text{ V}$

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

→ Die Leiterströme und Strangströme haben gleiche Amplitude

## T 25 Steckdose - in der Schweiz

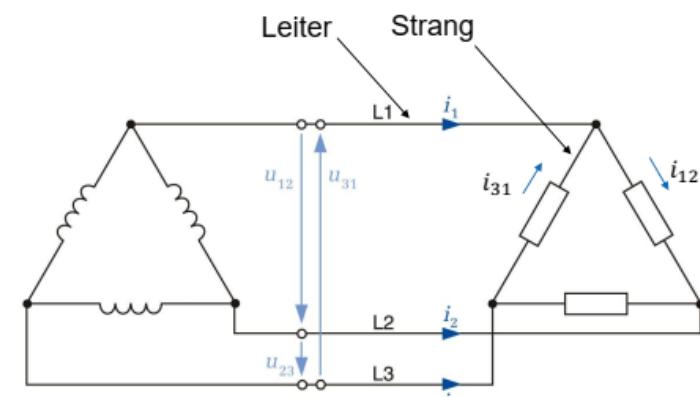
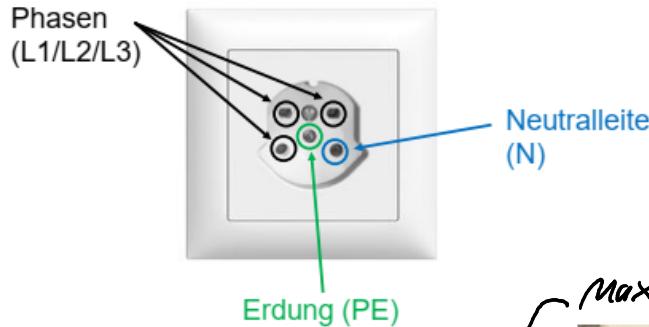


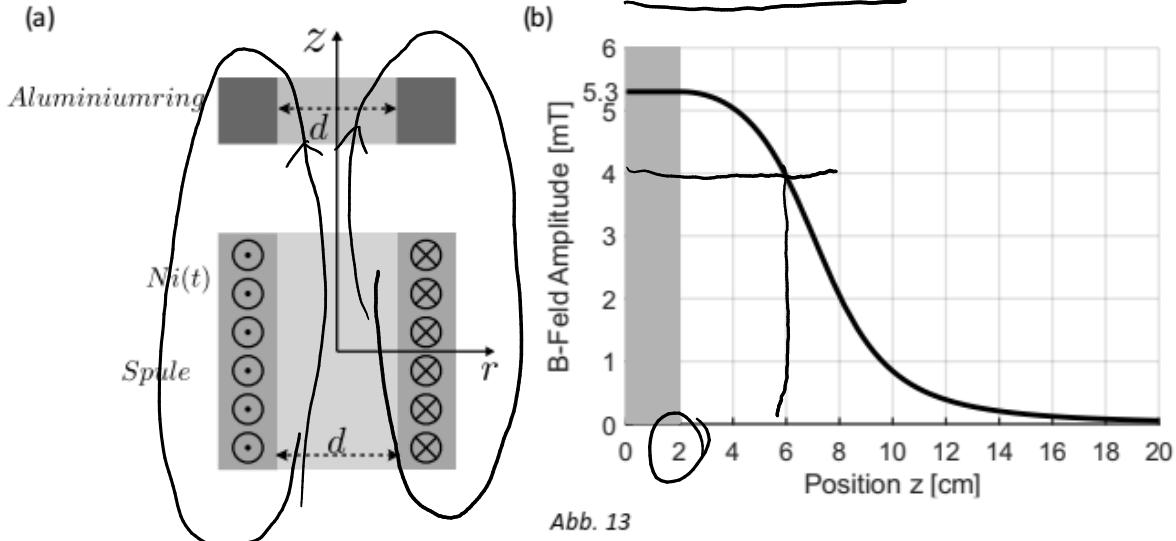
Abbildung 6.35: Dreieckschaltung beim Drei-Phasen-System

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

## 4. Zeitlich veränderliche Magnetfelder

8 Punkte

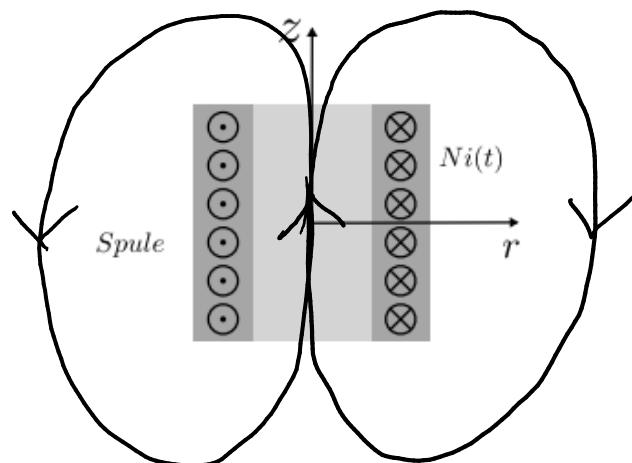
Durch eine Spule mit  $N = 100$  Wicklungen fliesst ein Strom  $i(t) = 9A \cdot \sin(\omega t)$  mit  $\omega = 10 s^{-1}$ . Über die Spule wird ein Aluminiumring gehalten. Der Querschnitt der Anordnung ist in Abb. 13(a) gegeben. Durch  $i(t)$  wird ein B-Feld erzeugt, dessen Amplitude entlang der z- 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  $d = 6$  cm.



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

(1 P)

Lösung:



(b) Berechne die Selbstinduktivität der Spule

(2 P)

$$L_{II} = \frac{\Phi}{I} = \frac{N \cdot \Phi}{I} = \frac{N \cdot B \cdot A}{4 \cdot \pi} = \frac{700 \cdot 5,3 \text{ mT} \cdot 38 \text{ cm}^2 \cdot \pi}{4 \cdot \pi \cdot 1 \text{ A}} = 530 \text{ mT} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{A}} = \frac{530 \text{ mT} \cdot \text{m}^2}{100 \cdot 10000 \text{ A}} = 0,530 \dots \Rightarrow 53 \text{ }\mu\text{H}$$

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

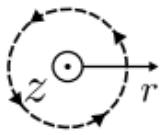
(c) Der Ring wird zum Zeitpunkt  $t = 0$  bei  $z = 8 \text{ cm}$  über die Spule gehalten, wie in Abb. 13(a) gezeigt. Dadurch wird ein Strom im Aluminiumring erzeugt. In welche Richtung fliesst der Strom, wenn wir von oben durch den Aluminiumring blicken?

(1 P)

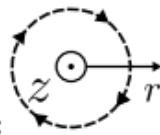
Als Ring füllt  $\Phi_{\text{ex}}$  wird grösser  $\Rightarrow \Phi_{\text{ind}}$  muss entgegen wirken  $\Rightarrow$  dam.  $\text{t}$   $\Phi_{\text{tot}} = \Phi_{\text{ex}} + \Phi_{\text{ind}}$  hält



- 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)

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

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

$$B_{(E)} = \beta \sin(\omega t) \quad , \quad \beta = 4 \text{ mT}$$

Da durch Strom  
erzeugt

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

$\omega \cos(\omega t)$

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

$$\Rightarrow 36 \text{ cm}^2 \cdot 10 \text{ mT} = 360 \text{ cm}^2 \text{ mT} = \frac{360 \text{ mT}}{72000 \cdot 1000}$$

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

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 ( $\mu_1 = 1$ )

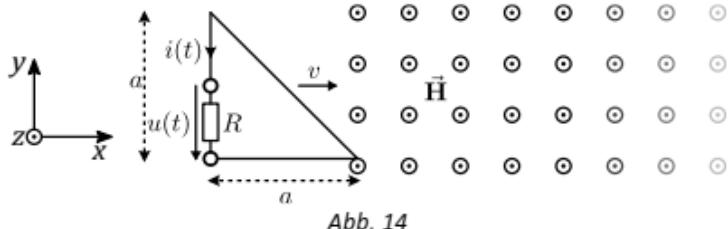


Abb. 14

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

(2 P)

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

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{A}(t)$$

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H} = \mu_0 \cdot \mu_0 \cdot \vec{H} = \mu_0 H$$

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

$\Rightarrow$  für  $t < 0, u = 0$  sonst

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

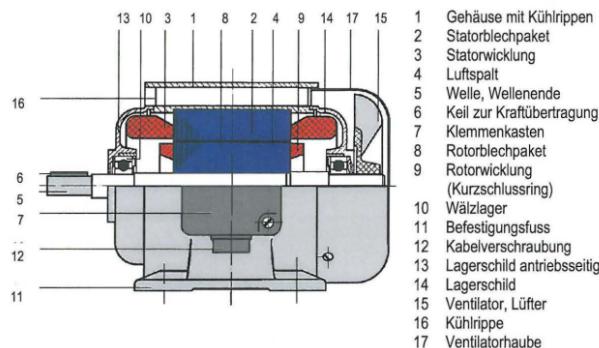
Lösung:

## Tips:

1. b) Was passiert mit  $\dot{d}/dt$ ?
  - Lösung der DGL gibt etwas eklige Terme
2. • Windungszahl nicht vergessen
  - Moment à la mech.
  - Lorenz wenn  $B \perp \ell \Rightarrow ?$
3. Ähnlich wie thermodyn.

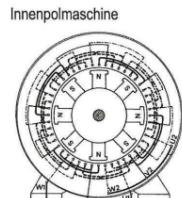
# MEHR INFOS (Nicht Prüfungsrelevant) Anhang

## Genereller Aufbau eines Elektromotors Asynchronmotoren:

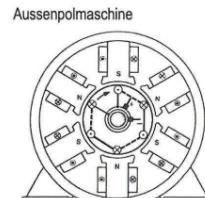


## Generator Arten

### Synchrongeneratoren

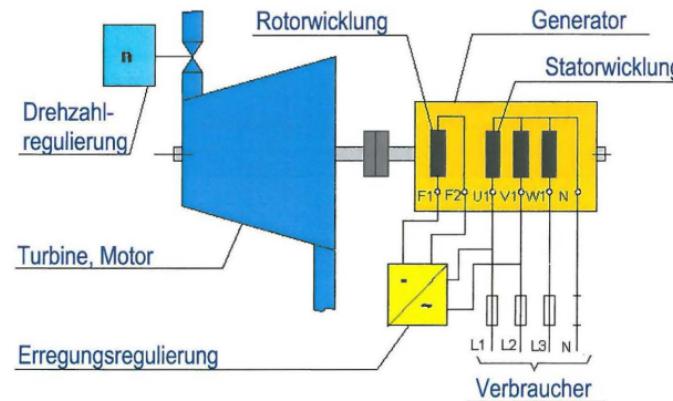


Der Rotor trägt die Erregerwicklung.



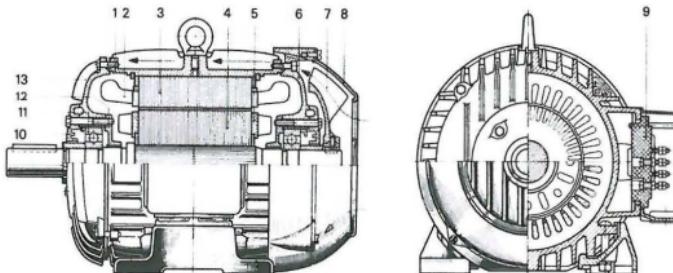
Die Erregerwicklung ist im Stator.

## Generator Aufbau



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

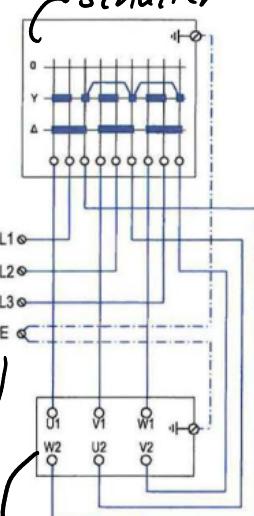
### Aufbau



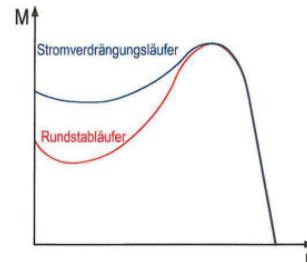
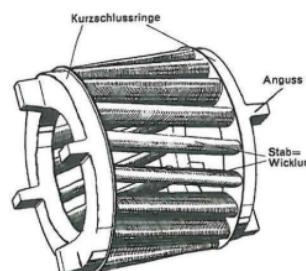
### Legende

- |                     |                                  |
|---------------------|----------------------------------|
| 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       |                                  |

**Stern - Dreieck - Anlauf \* Anlauf - Schalter**



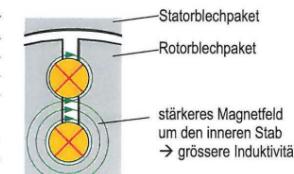
### Stromverdrängungsläufer



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.

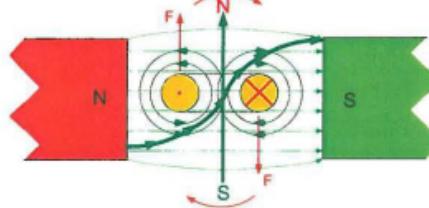
Um den unteren Läuferstab ist das Magnetfeld stärker, weil hier die magnetischen Feldlinien nur einmal den Luftspalt überwinden müssen. Dies bedeutet, dass der untere Stab eine grössere Induktivität  $L$  hat und demzufolge der induktive Blindwiderstand  $X_L$  für diesen Stab auch grösser ist. Da in 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).



**Motor Klemmen**  
**Netzanschluss**

\*  $\lambda$ - $\Delta$ -Anlauf um Anlaufströme zu reduzieren  $\Rightarrow 230V \rightarrow 400V$  Frequenz Umformen  
 $\Rightarrow$  Heutzutage Elektronisch mit Schaltflächen + FU

# Einphasen Serie Motor (Universalmotor)



Quelle: www.groschopp.com

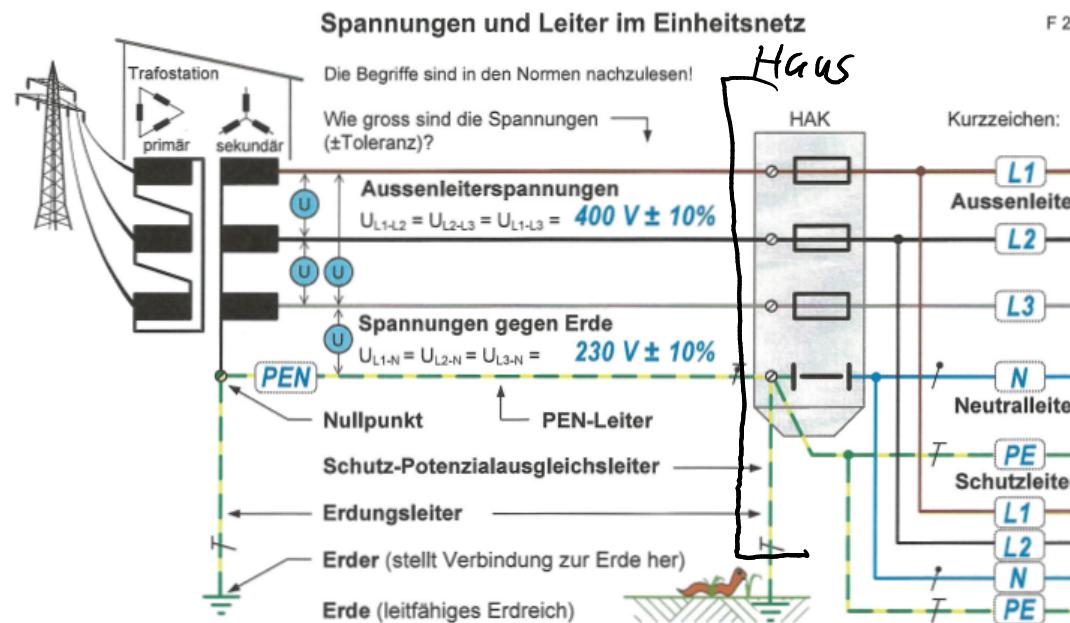


Quelle: www.uwereimann.de

## Funktionsweise

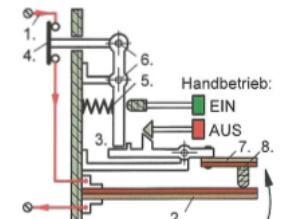
Die Stator- und Rotorwicklungen sind bei dieser Maschine in Serie geschaltet (daher auch die Bezeichnung Seriemotor). Die Rotorwicklungen werden via Kohlebürsten über den Kollektor eingespeist. Die magnetischen Pole des Stators und des Rotors stoßen sich gegenseitig ab. Durch diese Kraftwirkung entsteht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

## Unser Drehstromnetz:



Ein Leitungsschutzschalter (Leitungssicherung) besteht aus:

### Thermischer Auslöser

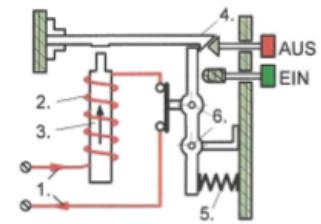


1. Stromweg
2. Bimetall
3. Klinke
4. Hauptkontakt
5. Auslösefeder
6. Lager
7. Temperaturkompensation
8. Elektrische Isolation

Funktion des thermischen Auslösers:

Bei Überlast erwärmt sich das Bimetall, biegt sich in der Folge durch und öffnet die Klinke. Der Hauptkontakt löst aus und der Stromkreis wird unterbrochen.

### Elektromagnetischer Auslöser

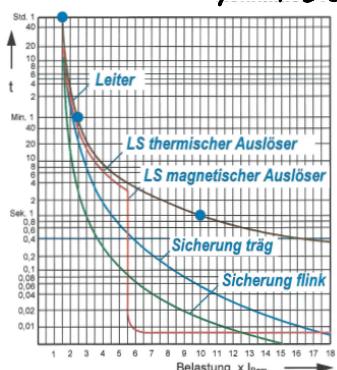


1. Stromweg
2. Magnetspule
3. Eisenkern
4. Klinke
5. Auslösefeder
6. Lager

Funktion des elektromagnetischen Auslösers:

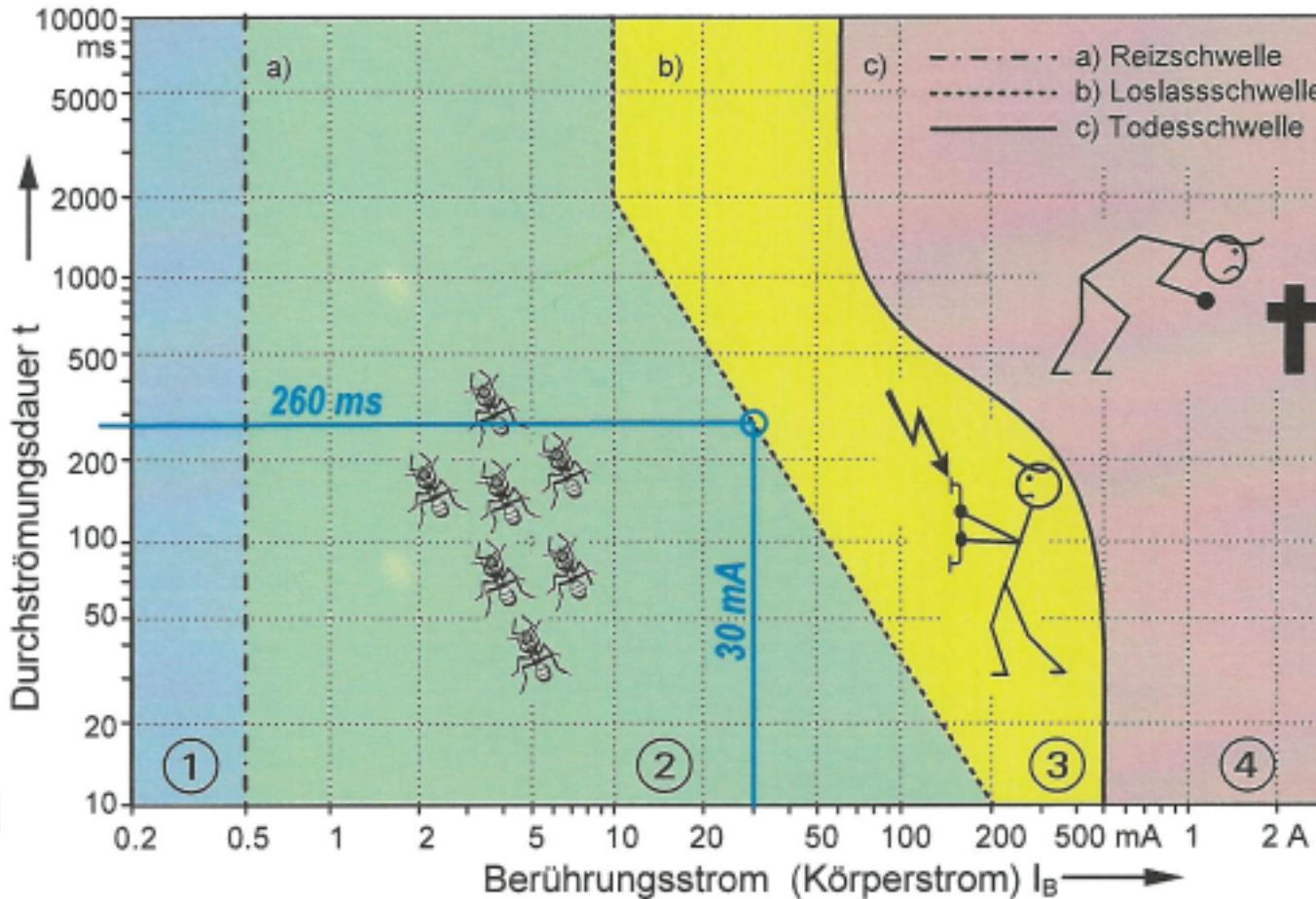
Bei Kurzschluss stösst der Eisenkern gegen die Klinke. Der Hauptkontakt löst aus und der Stromkreis wird unterbrochen.

RI 5.5.4

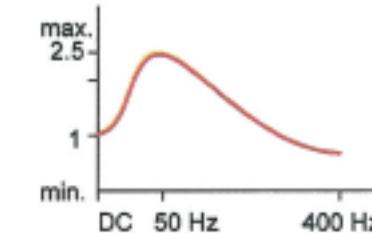


Aktionseigenschaft nach Sicherungsart

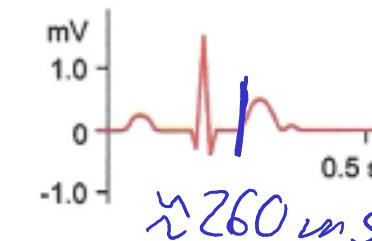
Bei 50Hz, (It's not the Volts that kill you it's the Amps)



Die Gefährdung ist von der Frequenz abhängig:



Elektrokardiogramm einer Herzspannung



- 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 Hausnetzes

#### Ausführung System TN-C-S

Die Neutralleiter und Schutzleiter sind farbig einzulegen. Der Anschlussüberstromunterbrecher ist mittels Erdungsleiter mit dem Fundamenteerde zu verbinden.

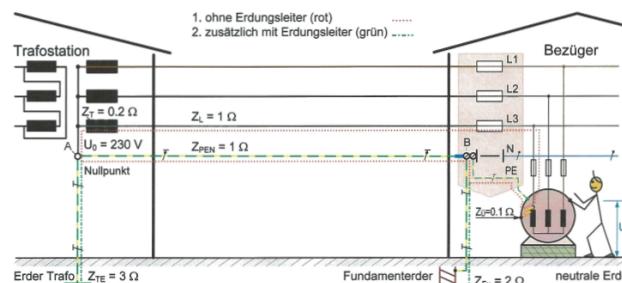
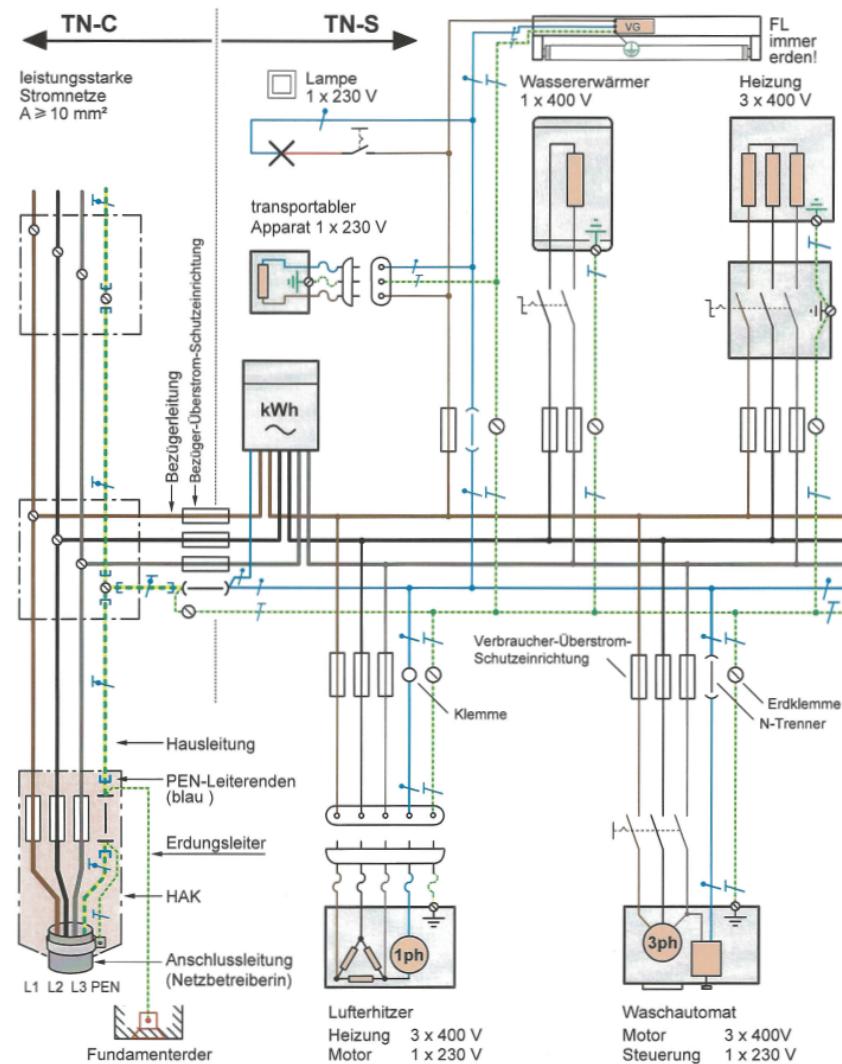


Fig. 4.1.1.4.3.1 B+E - F 2.3

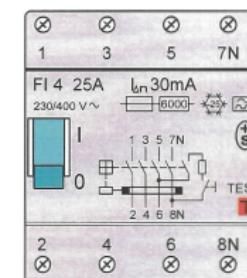
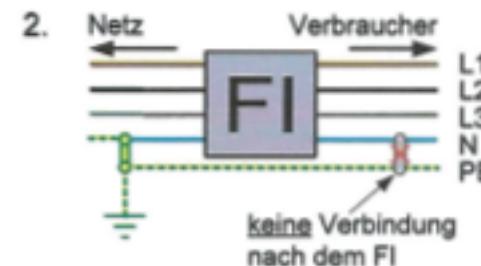
## **Historische Entwicklung der Leiterfarben**

NIN 2010		HD 308 ab 2001	CENELEC	CH vor 2005	vor 1970
PE					
N					
L1					
L2					
L3					

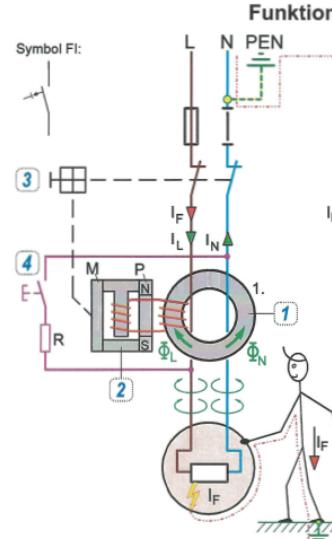
Bei mehr als 6 Adern sind numerische Zeichen anzubringen. N an der Ader mit tiefster Nummer an den Enden blau kennzeichnen. PE immer durchgehend grün/gelb.



## FI (Fehlerstrom) Schutzschalter (Personenschutz)



EU 117



## Die Funktion der fehlerfreien Anlage

Der Außenleiterstrom ist gleich gross wie der Neutralleiterstrom. Da sich  $I_L$  und  $I_N$  entgegenwirken wird der Summenstromwandler nicht magnetisiert:  $\Phi_s = \Phi_0$ .

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

## Die Funktion im Fehlerfall

Der Fehlerstrom ( $I_F$ ) ist rot einzulegen!

**Der Fehlerstrom (I<sub>F</sub>) ————— ist für einzulezeichnen!**  
**Der Fehlerstrom fließt nicht durch den**

Der Fehlerstrom fließt nicht durch den Summenstromwandler zurück. Da  $I_1 \neq I_2$ , w

Summenstromwandler zurück. Da  $I_L \neq I_N$ , der Summenstromwandler magnetisiert:

Die in der Sekundärwicklung entstehende

Die in der Sekundärwicklung entstehende Spannung wirkt auf den Magnetauslöser.

Spannung wirkt auf den Magnetauslöser, welcher wiederum auf den Freilauf wirkt.

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

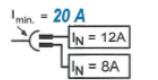
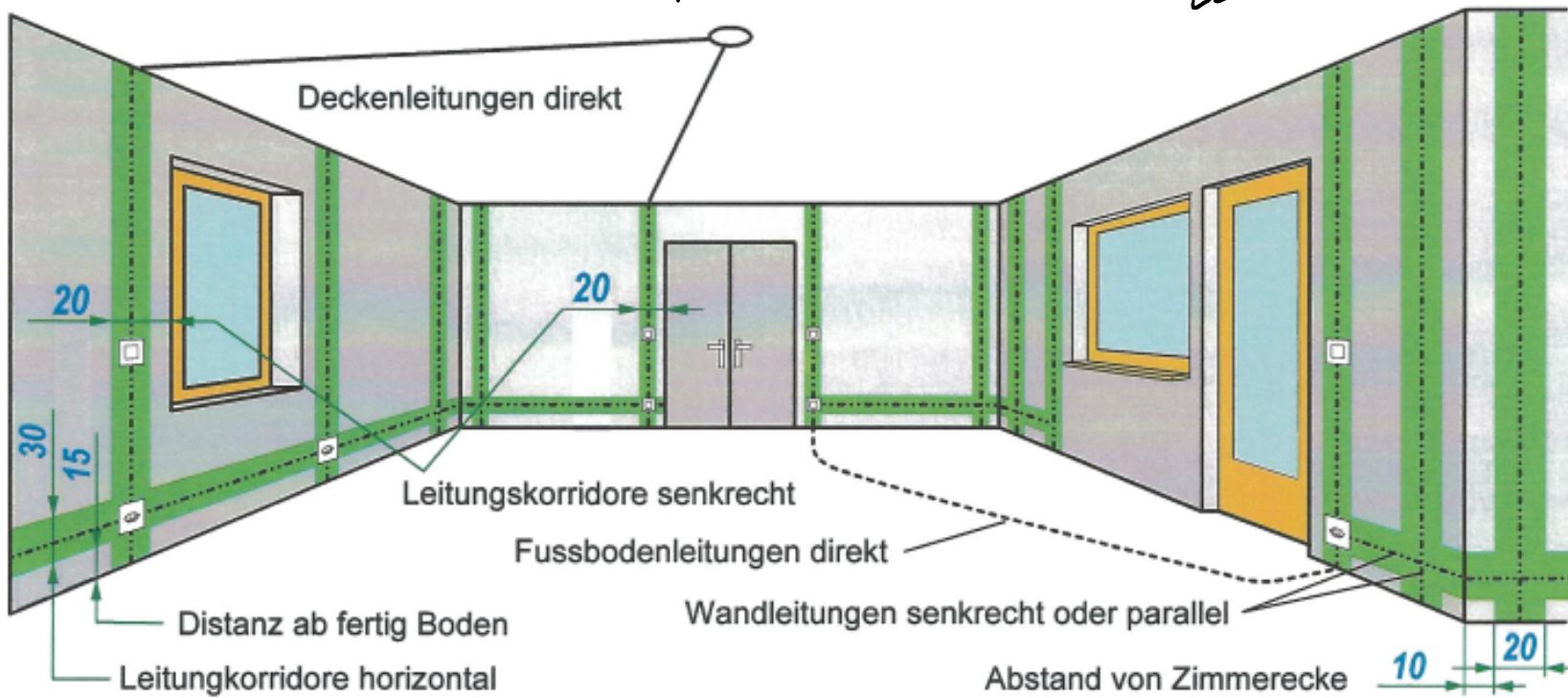
Was hat dies zur Folge: **Der P1 löst aus!**  
Der Brüftstromkreis ist zu beschreiben (violett)

**Mit der Prüftaste (4) kann über den Wider-**

Mit der **Flutaste** (4.) kann über den Widerstand  $R$  ein Fehlerstrom simuliert werden.

Wiederum ist das Ziel des ELV jetzt auch

# 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

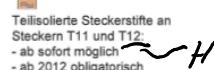


Typ 11-10 A

isoliert und unbeweglich



isoliert und beweglich



Teilisierte Steckerstifte an

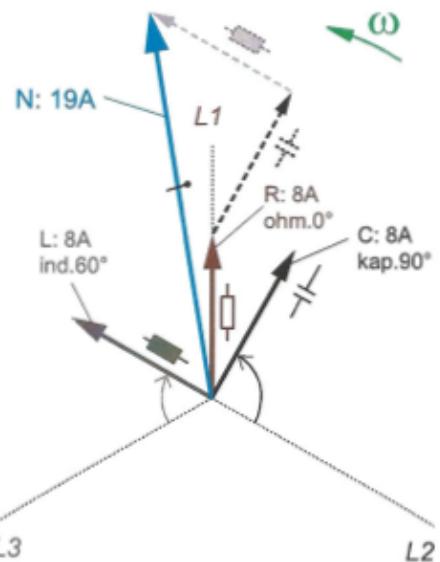
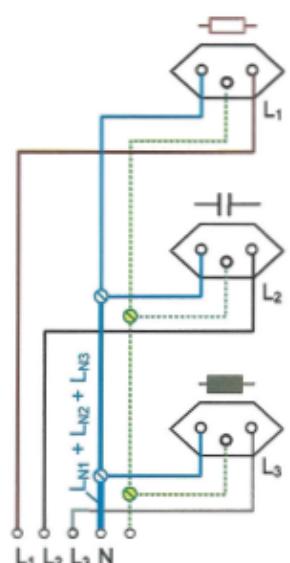
Steckern T11 und T12:

- ab sofort möglich

- ab 2012 obligatorisch

→ Hartzulage  
nur noch  
T 73 Steckdosen

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

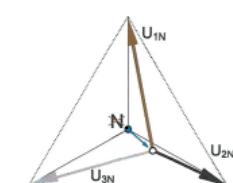
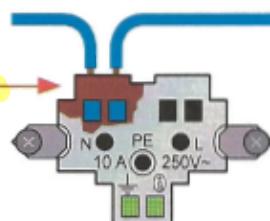


Beim Anschliessen verschiedener einpoliger Verbraucher (R, L und C) an den gleichen Neutralleiter besteht bei **Drehstrom** die **Gefahr**, dass der **Neutralleiter** und dessen Verbindungsstelle **infolge Unsymmetrie überlastet** werden können.

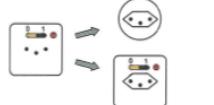
Außerdem können bei elektronischen Verbrauchern, die vor allem mit 150 Hz **Oberwellen** behaftet sind, **Neutralleiterströme** entstehen, die **zuweilen über dem Phasenstrom liegen**.

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 L<sub>2</sub> und Steckdose L<sub>2</sub> geschlauft wird.