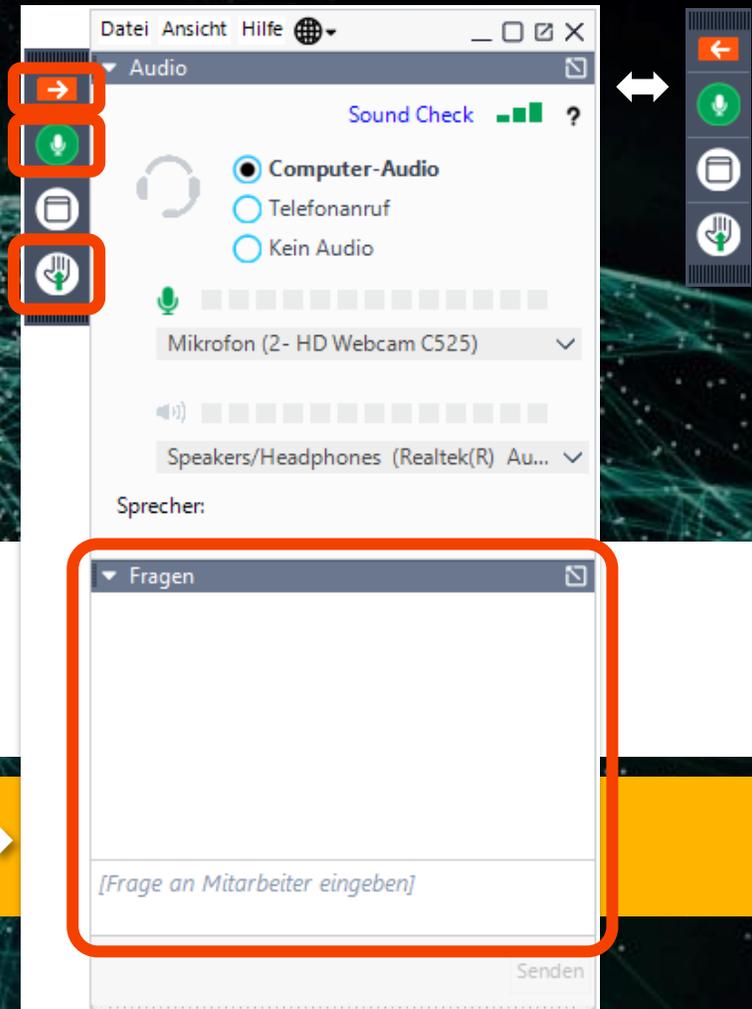


Panel auf- und zuklappen →
Mikrofon ein- und ausschalten →

Handzeichen →



The screenshot shows a web browser window with a menu bar (Datei, Ansicht, Hilfe) and a globe icon. The main content area is titled 'Audio' and includes a 'Sound Check' indicator with a green signal strength icon and a question mark. Below this are three radio button options: 'Computer-Audio' (selected), 'Telefonanruf', and 'Kein Audio'. A microphone icon is visible, followed by a dropdown menu showing 'Mikrofon (2- HD Webcam C525)'. Below that is a speaker icon and another dropdown menu showing 'Speakers/Headphones (Realtek(R) Au...'. Underneath is the label 'Sprecher:'. On the right side of the browser window, there is a vertical toolbar with four icons: a red arrow pointing left, a green microphone icon, a white document icon, and a green hand icon. A double-headed arrow points from the text 'Panel auf- und zuklappen' to the red arrow icon. A single arrow points from the text 'Mikrofon ein- und ausschalten' to the green microphone icon. A single arrow points from the text 'Handzeichen' to the green hand icon. Below the audio controls is a 'Fragen' (Questions) chat window, which is highlighted with a red border. It contains a text input field with the placeholder text '[Frage an Mitarbeiter eingeben]' and a 'Senden' button at the bottom right. To the left of the chat window, the text 'Fragen (Chat) →' is displayed.

Willkommen im Wilo-Web-Seminar

Elektrotechnik der Pumpen

Michael Ashauer, Training DACH, Sales Platform DACH

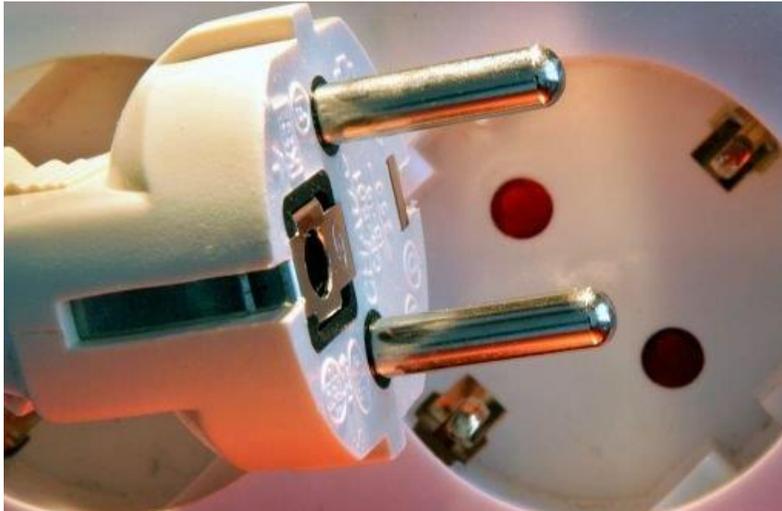
Fragen (Chat) →

Elektromotore

Wechselstrom

Elektronen fließen in vorgegebenen Takt in die eine, dann in die andere Richtung.

Bekanntestes Beispiel: Spannungsversorgung über 230-Volt-Steckdose (früher 220 Volt)

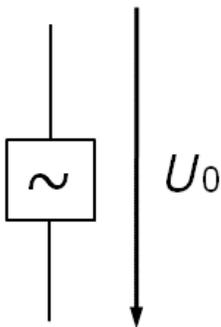


Elektromotore

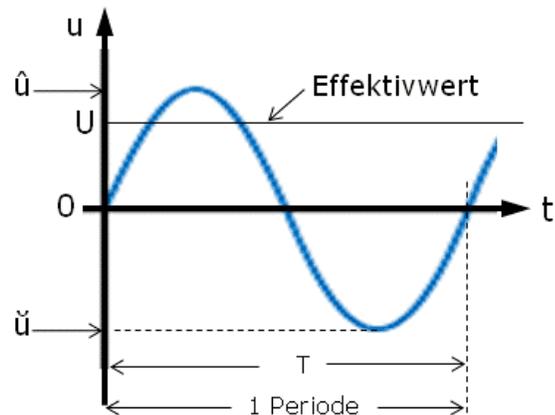
Wechselstrom / Alternating Current AC

- Laufenden, wiederkehrenden Änderung der Stromrichtung.
- Frequenz gibt Anzahl der vollständigen Perioden pro Sekunde an
- Jede Periode besteht einer positiven und einer negativen Halbwelle
- Technischer Vorteil: leichte Umwandelbarkeit der Spannungen mit Transformator

Spannungsquelle



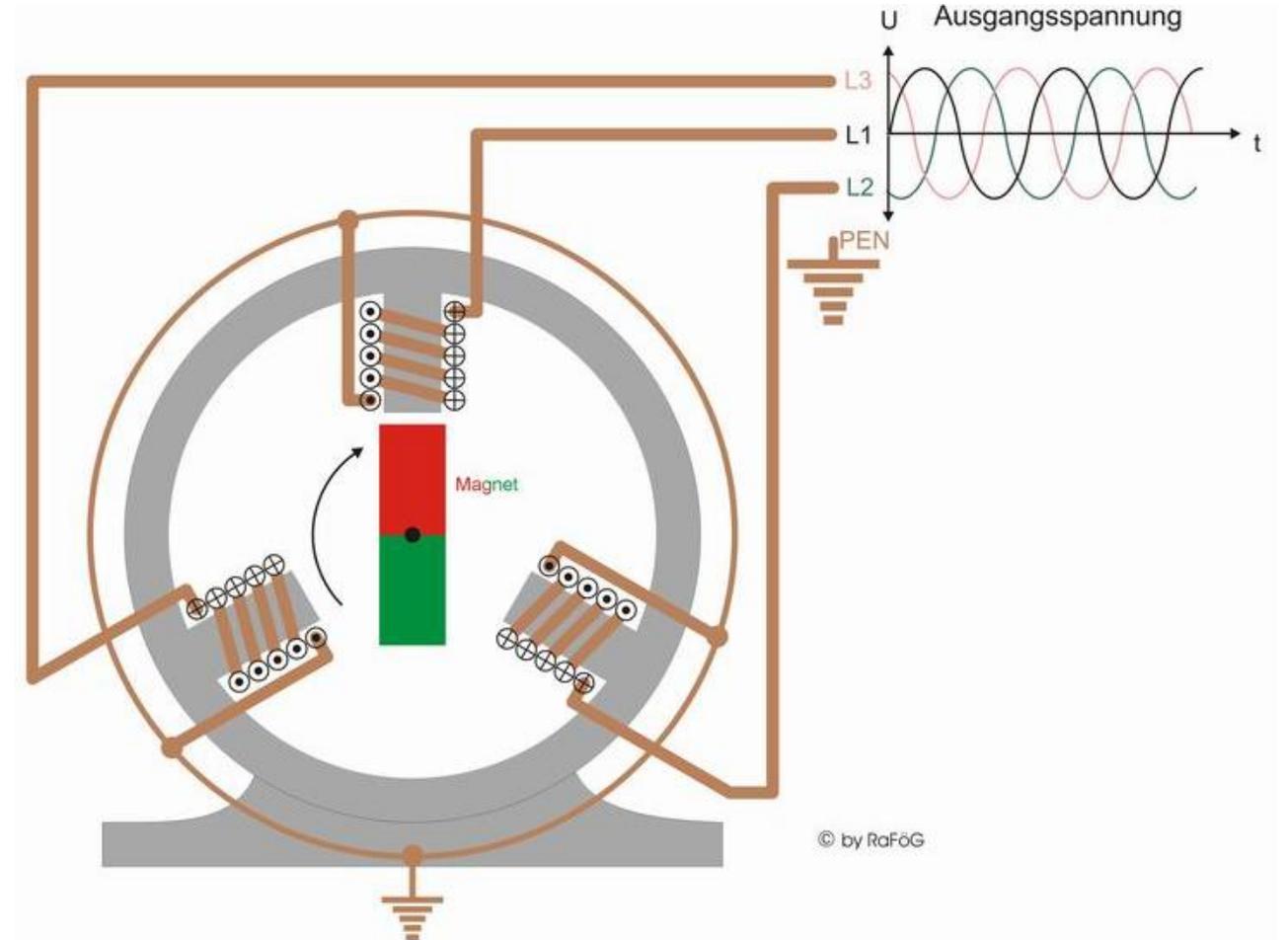
Spannungsverlauf während einer Periode



Elektromotore

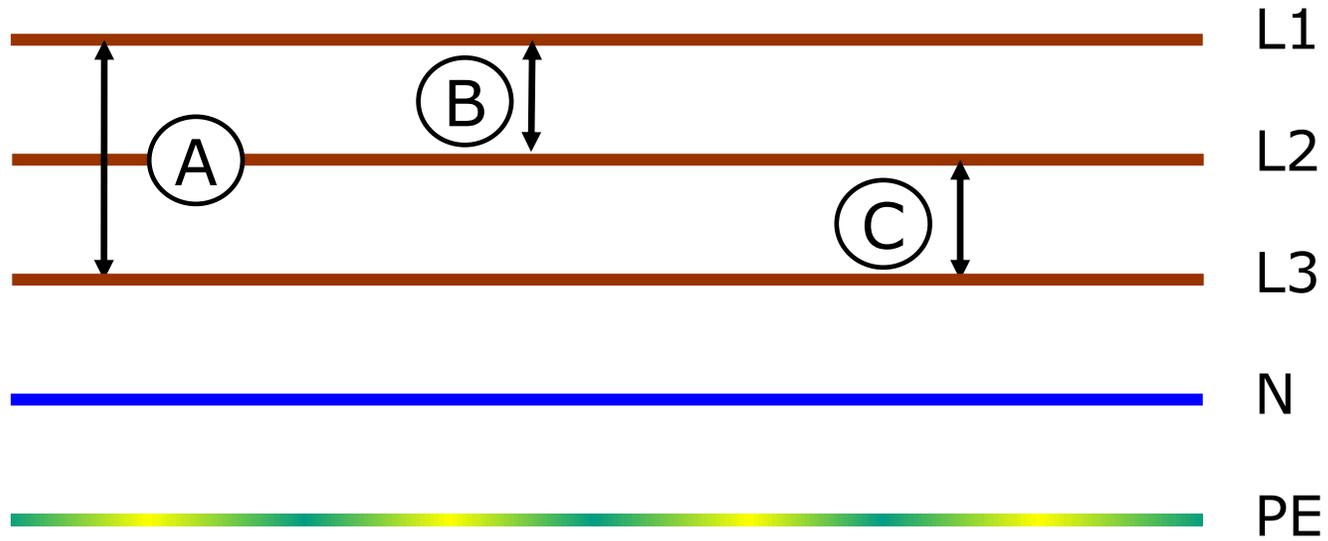
Dreiphasenwechselstrom

- „Drehstrom“ ist Wechselstrom mit drei Phasen (stromführende Leitungen)
 - Begriff aus Erzeugung abgeleitet
 - Drei Spulen um drehendes Magnetfeld
 - Abstand der Spulen: 120°
- ↓
- Drei um 120° phasenverschobene sinusförmige Wechselspannungen



Elektromotore

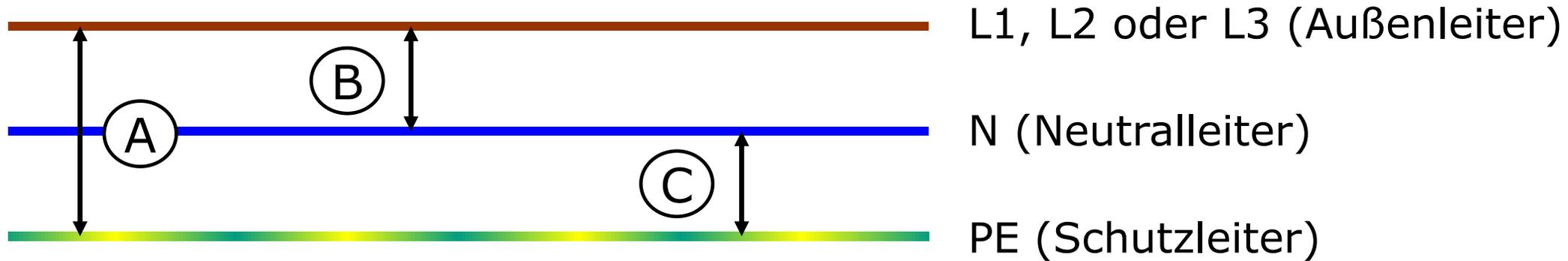
Drehstrom / Spannungsmessung



(A) = (B) = (C) = 400 V zwischen allen Außenleitern

Elektromotore

Wechselstrom / Spannungsmessung



Verboten!!!

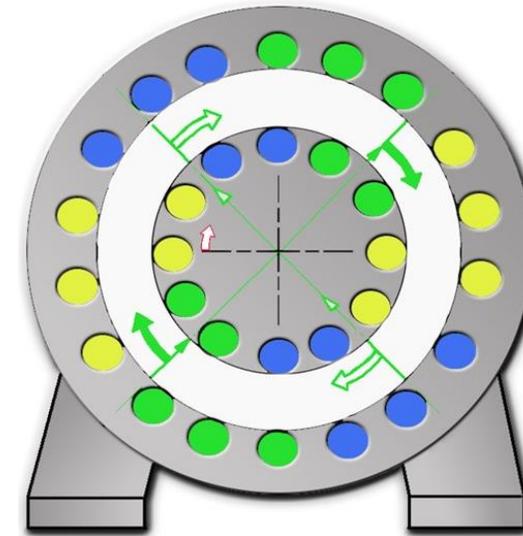
~~(A) = 230 V~~ (B) = 230 V (C) = 0 V

Elektromotore

Asynchronmotor

Wie entsteht im Rotor ein Magnetfeld?

- > Der Strom in der Stator Wicklung erzeugt ein magnetische Drehfeld.
- > Dieses induziert in den Strängen des Rotors Wechselspannungen.
- > Bei Asynchron Wechselläufern sind die Rotorstränge an den Kopfseiten kurzgeschlossen.
- > Die entstehenden Wechselströme erzeugen das Rotordrehfeld.



Stator



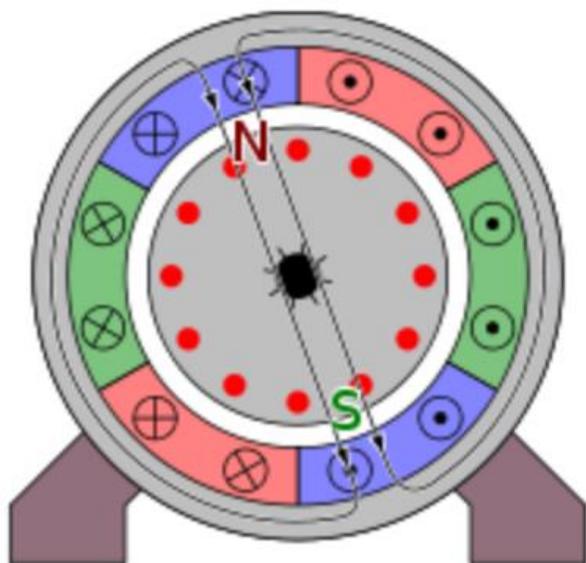
Rotor

Elektromotore

Asynchronmotor

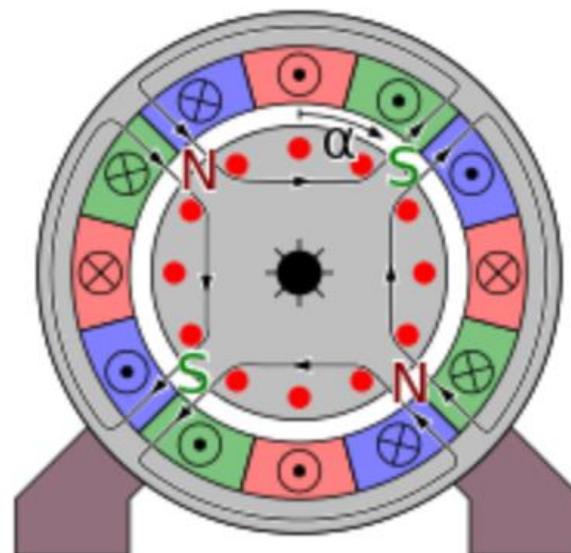
Polpaarzahl $p = 1$, 2-poliger Motor

ca. 2.900 1/min



Polpaarzahl $p = 2$, 4-poliger Motor

ca. 1.450 1/min



Elektromotore

Typische Drehzahlen für die Netzfrequenz von 50 Hz

Polzahl/ Polpaarzahl	Synchrone Drehzahl Nennlast [1/min]	Asynchrone Drehzahl Nennlast [1/min]
2/1	3000	Ca. 2900
4/2	1500	Ca. 1450
6/3	1000	Ca. 950
8/4	750	Ca. 725
10/5	600	Ca. 575

$$n = \frac{f}{p} (1 - s)$$

Abkürzung	Beschreibung
n	Drehzahl
f	Netzfrequenz
p	Polpaarzahl (halbe Polzahl)
s	Schlupf

Abstufung der Motorgrößen (Auszug!)

Nennleistung in KW (Normmotoren)																	KW	Reserve (%)	
1,1	1,5	2,2	3	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22	30	37	45	55	75	90	110	bis 10 kW	15
																		über 10 kW	10

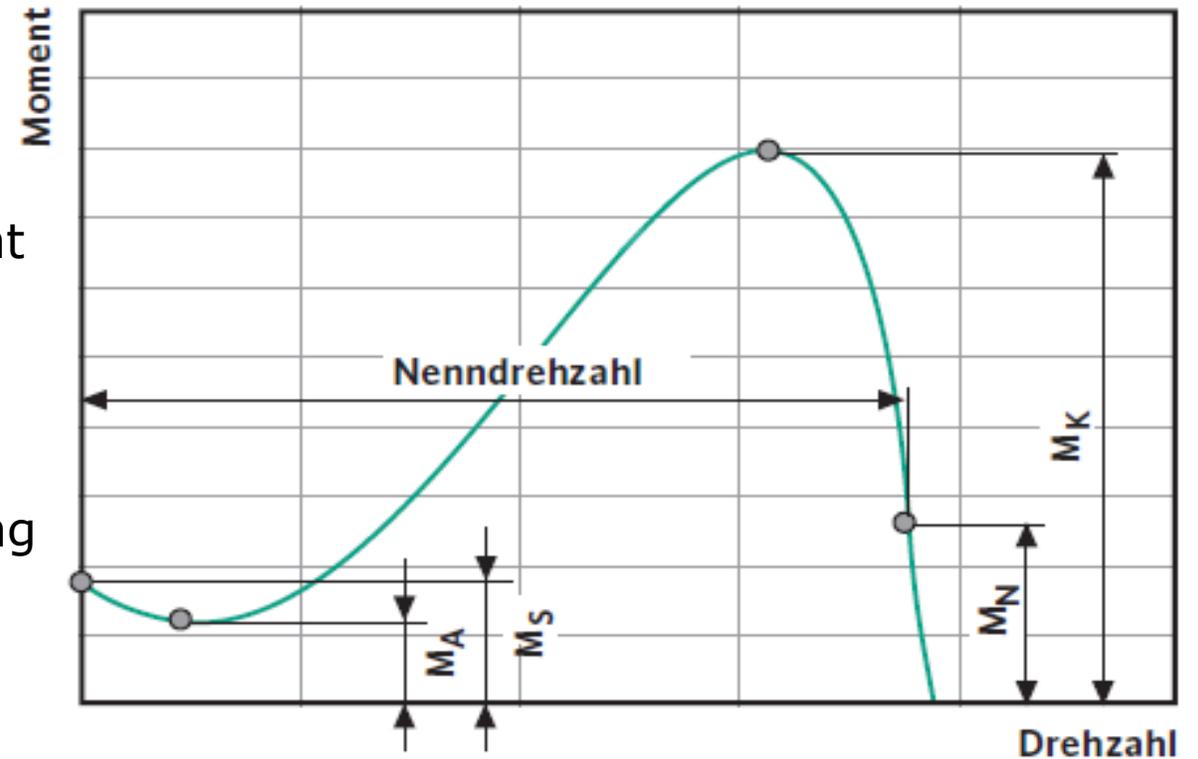
Elektromotore

Drehmomentverlauf eines Käfigläufermotors

Typische Drehmomentverlauf eines Käfigläufermotors mit ausgeprägtem Sattelmoment

Drehmomentverlauf kann durch die Stabform des Läuferkäfigs beeinflusst werden

Da im Nennmoment die Kennlinie sehr steil ist, schwankt die Drehzahl des Motors bei Laständerung nur sehr gering.



- M_A Anzugmoment
- M_S Sattelmoment
- M_K Kippmoment
- M_N Nennmoment

Elektromotore

Stromverlauf Asynchronmotor

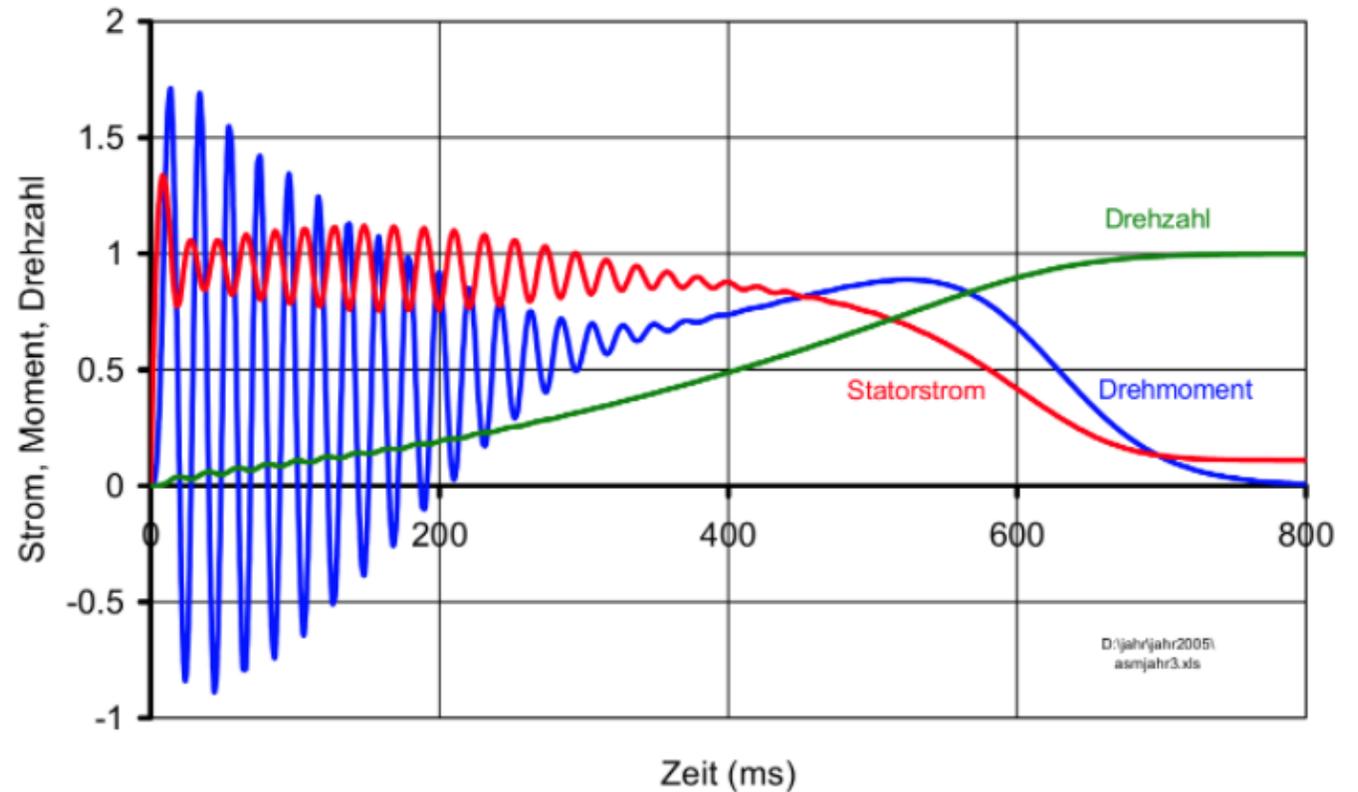
Anlaufstrom

ca. 6–10fach I_N

ca. 0,5 sec

Nennstrom I_N

Motor-Typenschild



Elektromotore

Wirkungsgrad/Wirkleistung

Die Leistungsaufnahme P_1 des Motors beträgt:

Einphasenmotor: $P_1 = U * I * \cos \varphi$

Drehstrommotor: **$P_1 = U * I * \sqrt{3} * \cos \varphi$**

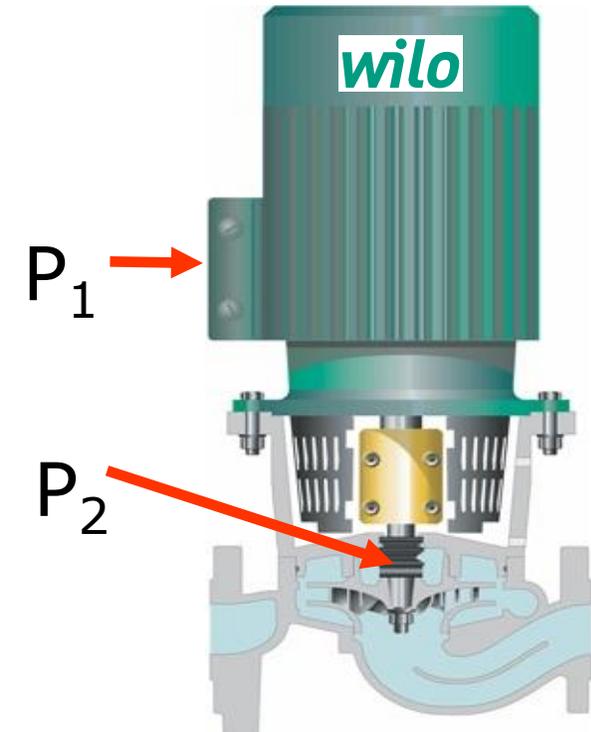
P_1 = Leistung in Watt

U = Spannung in Volt

I = Strom in Ampere

$\cos \varphi$ = Leistungsfaktor

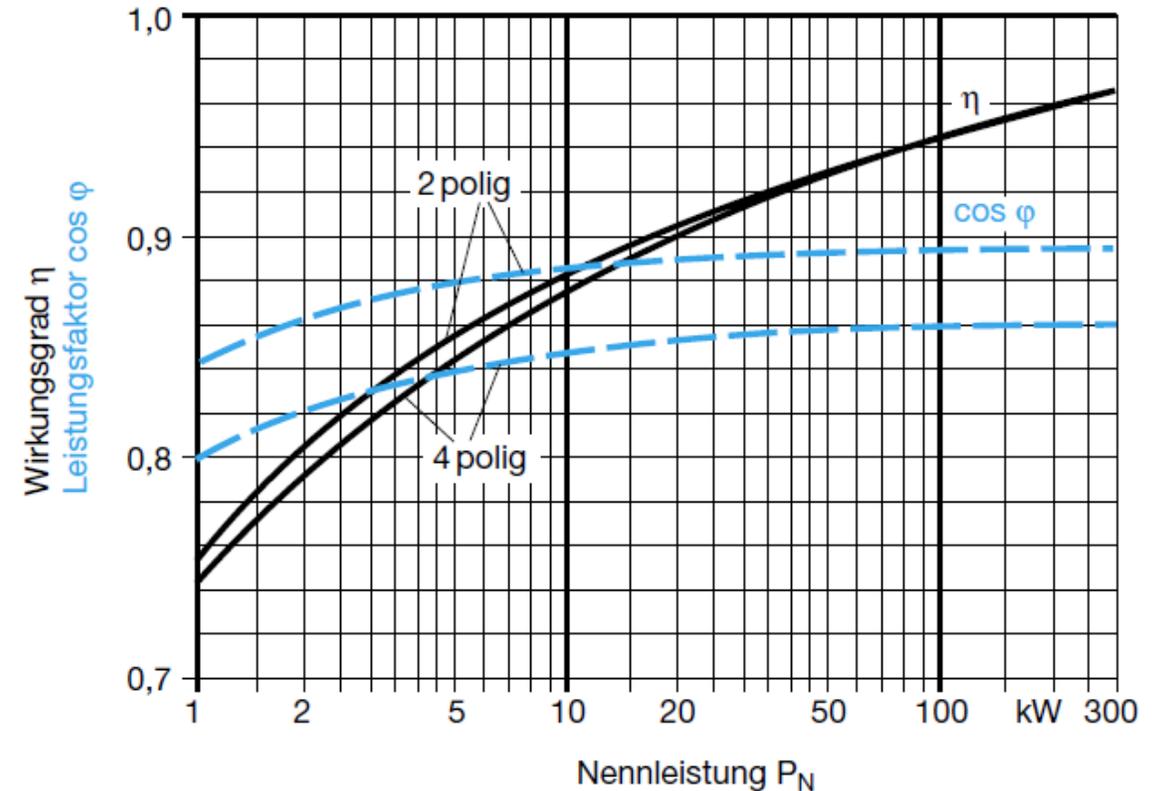
$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$



Elektromotore

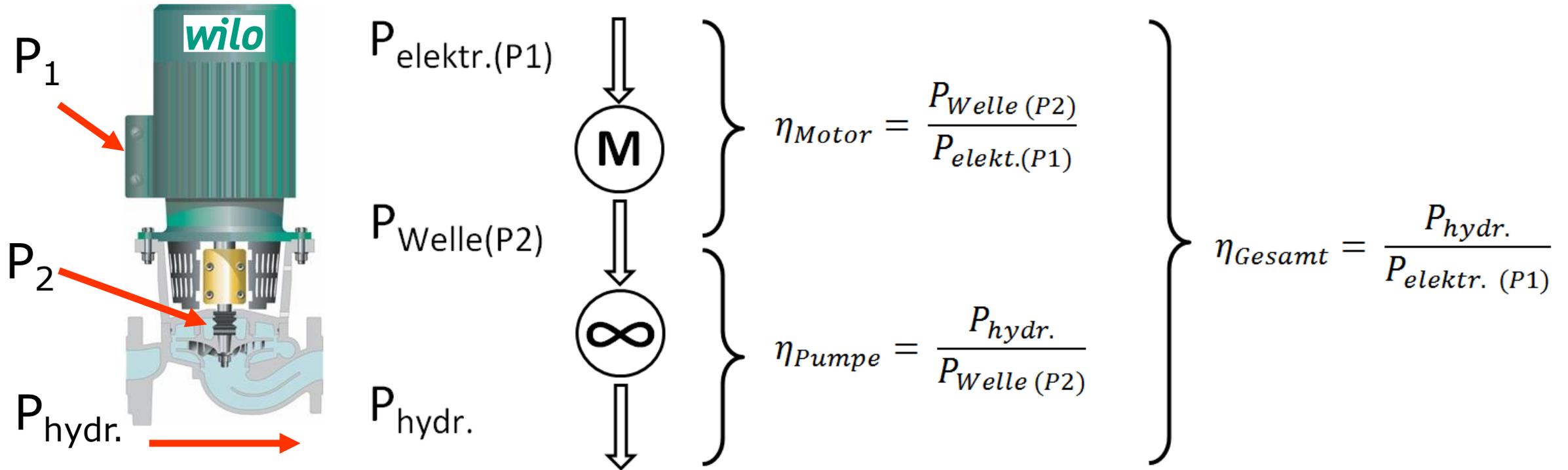
Wirkungsgrad und Leistungsfaktor

Typische Wirkungsgrade η und Leistungsfaktoren $\cos \varphi$ von Normmotoren IP 54 bei 50 Hz über der Motornennleistung P_N



Kreiselpumpe

Gesamtwirkungsgrad



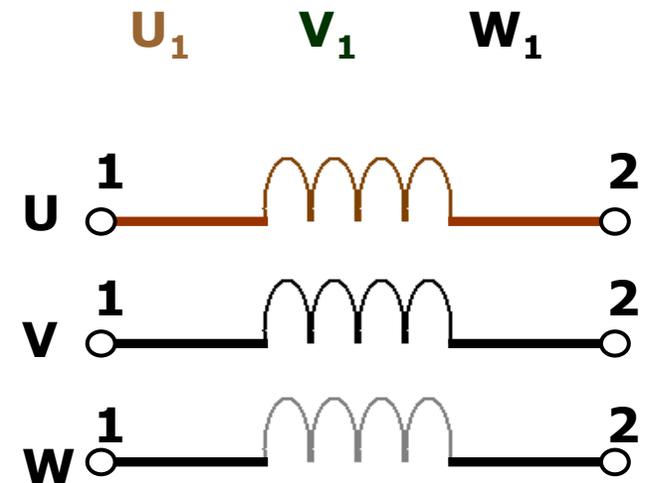
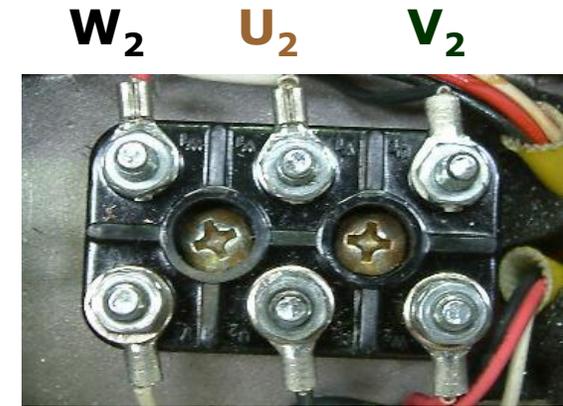
Elektromotore

Motorwicklungen

Drehstrom-Induktionsmotor

- Immer auf die Einzelheiten eines Motors achten!
- Ein Drehstrommotor hat 3 Wicklung im Ständerpaket.
- 3 Wicklungen = 6 Kabelenden
- Motor-Klemmenblock = 6 Klemmen

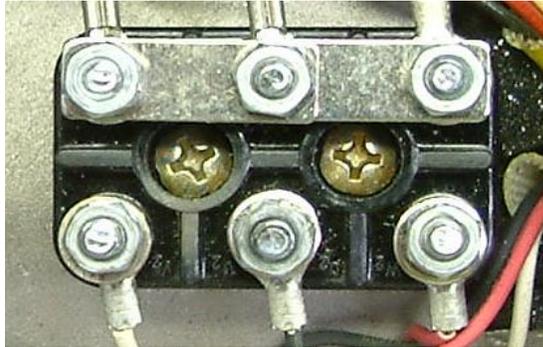
Wicklungen sind in der Regel mit U, V, W bezeichnet.



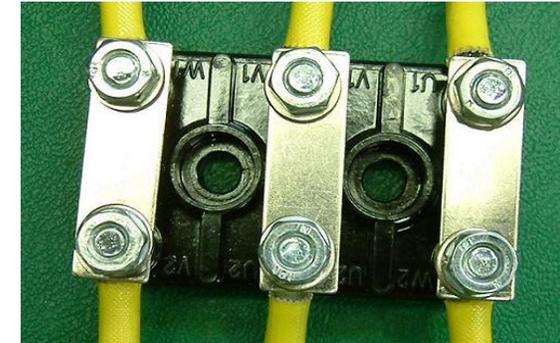
Elektromotore

Motoranschluss Stern/Dreieck

Stern:



Dreieck:



Das Motor-Typenschild enthält Symbole für das richtige Anschließen an die Verteilerschienen.

Für Stern-Dreieck-Anlauf müssen sechs Kabel vom Motor-Klemmenblock zurück zum unabhängigen Stern-Dreieck-Anlasser geführt werden.

WARNUNG

Auf Motor-Typenschild angegebenes Anschlussverfahren beachten:

BIS 3 kW Y - **STERN**

AB 4 kW \triangle - **DREIECK**

Elektromotore

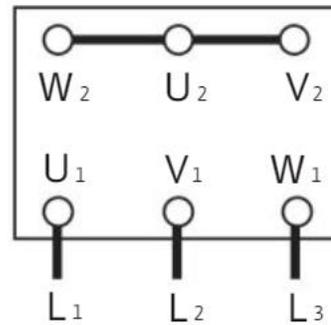
Motoranschluss Stern/Dreieck

Beispiel Wilo-Helix V

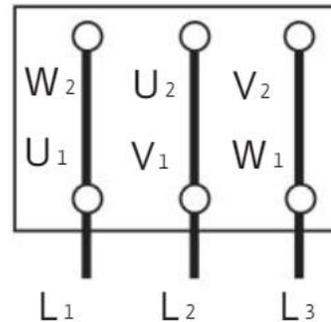
Anschlussspannung 400 V



Klemmenplan



3~400 V Υ



3~230 V Δ

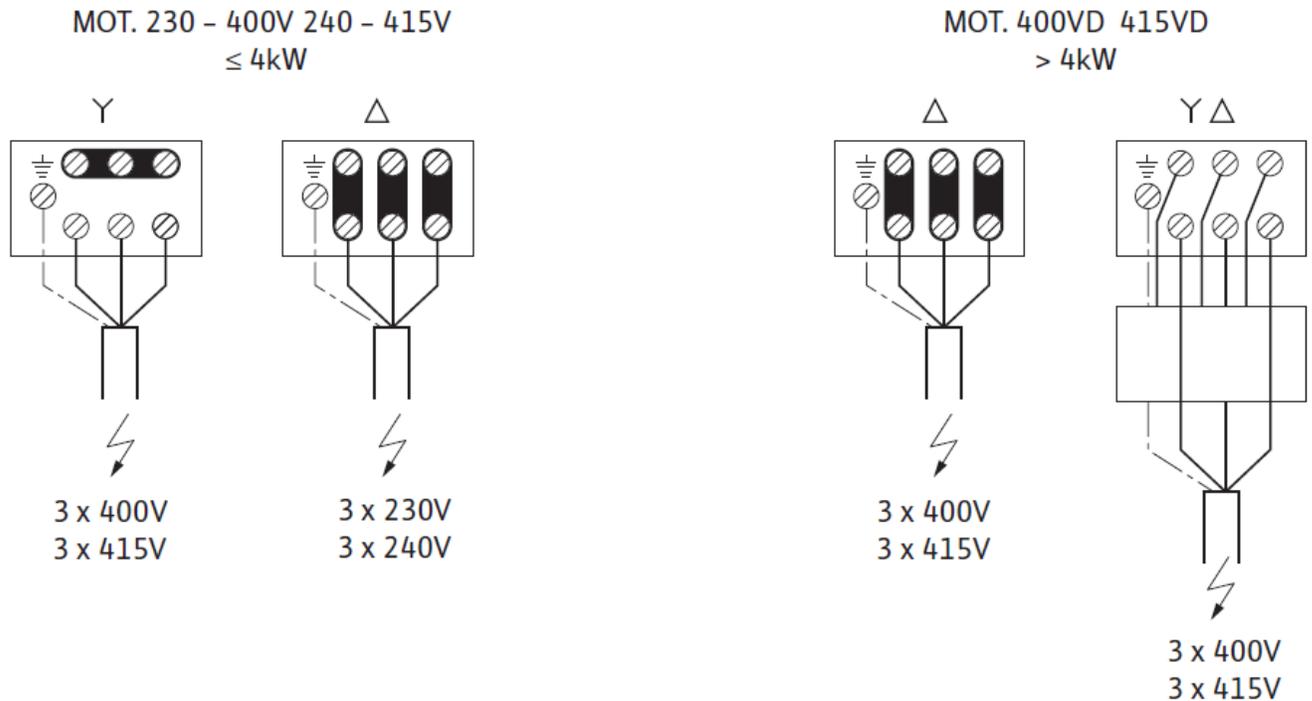
Elektromotore

Motorwicklungen Stern/Dreieck – Spannungen und Ströme

Klemmplan, Motordaten

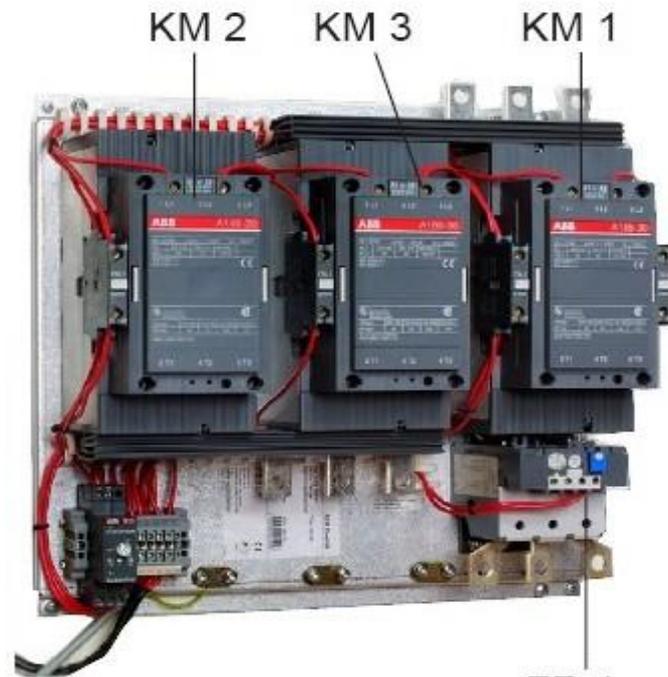
Wilo-Helix V 6/10/16/22/36/52

Elektroanschluss

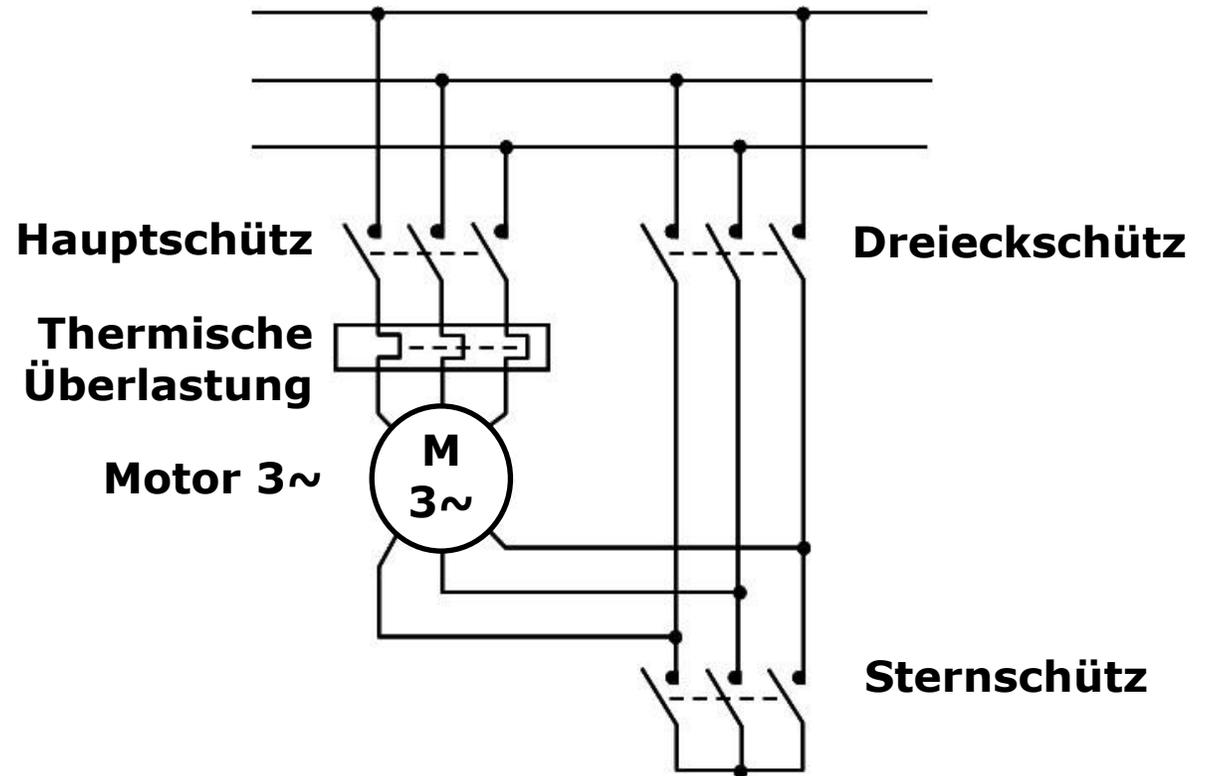


Elektromotore

Motorwicklungen Stern/Dreieck – Spannungen und Ströme



- FR 1
- KM 1 Main contactor
- KM 2 Delta contactor
- KM 3 Star contactor
- FR 1 Overload relay



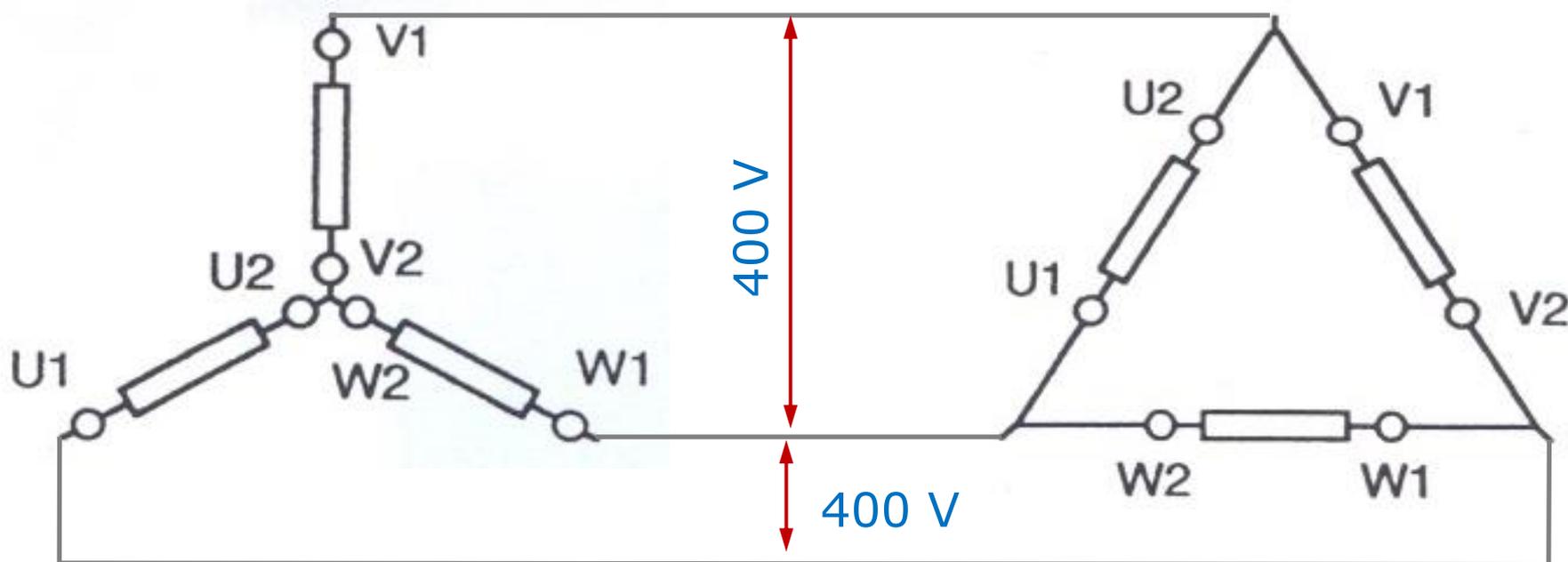
Elektromotore

Motorwicklungen Stern/Dreieck – Anlauf

Anlauf in zwei Phasen: Motor 400/ 690 V – Stromnetz 400 V

Phase 1: reduzierte Spannung

Phase 2 : hohe Spannung

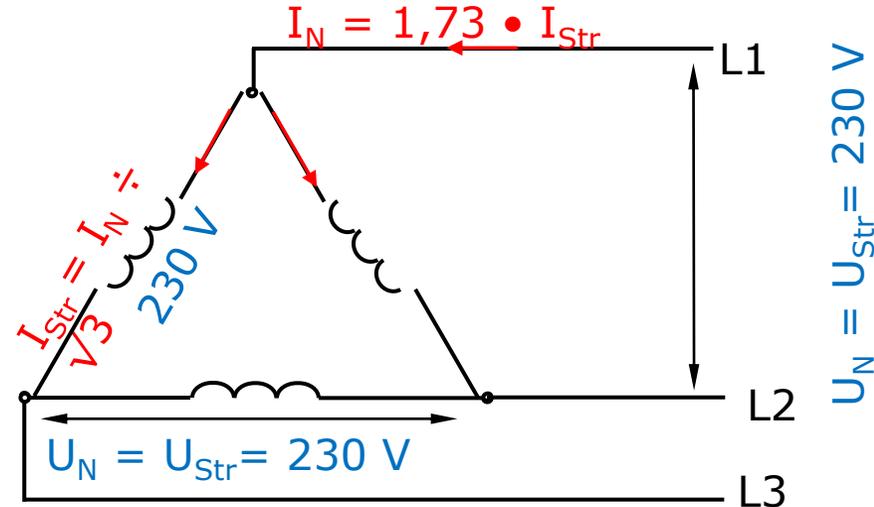
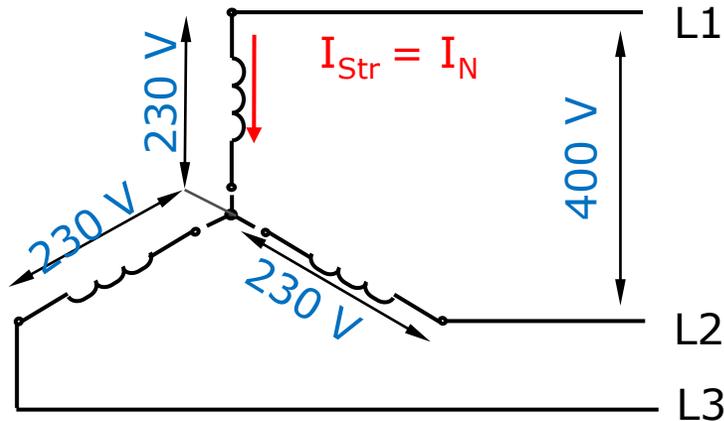


Elektromotore

Motorwicklungen Stern/Dreieck – Spannungen und Ströme

$$U_{Str} = U_N \div \sqrt{3}$$

$$U_N = 1,73 \cdot U_{Str}$$



Stern	Dreieck
Beispiel: Netzspannung 400V	Netzspannung 230 V

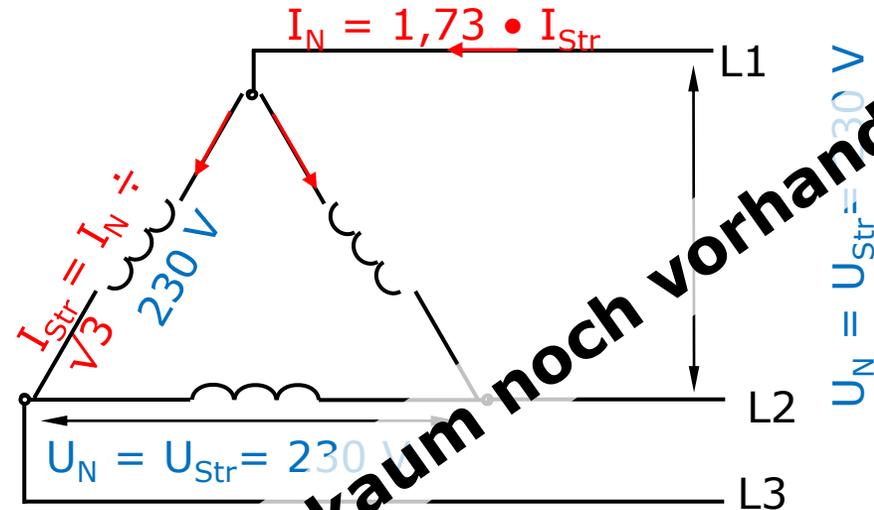
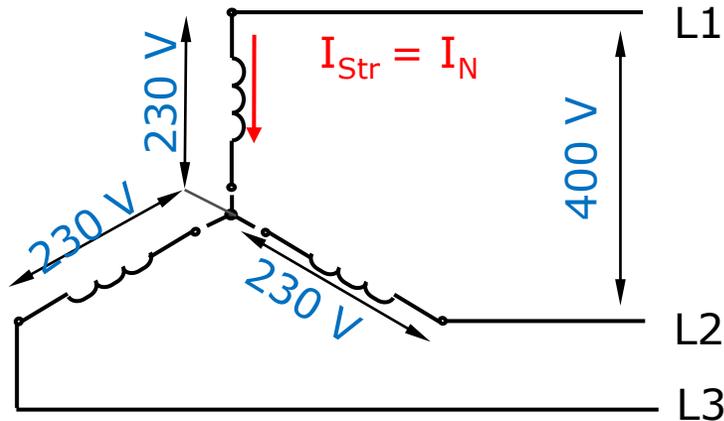
Motor geeignet für 2 Bemessungsspannungen: Sternschaltung für ein 400 V-Netz	Dreieckschaltung für ein 230 V-Netz
---	-------------------------------------

Elektromotore

Motorwicklungen Stern/Dreieck – Spannungen und Ströme

$$U_{Str} = U_N \div \sqrt{3}$$

$$U_N = 1,73 \cdot U_{Str}$$



Alte Netze, kaum noch vorhanden!!!

Stern
 Beispiel: Netzspannung 400V

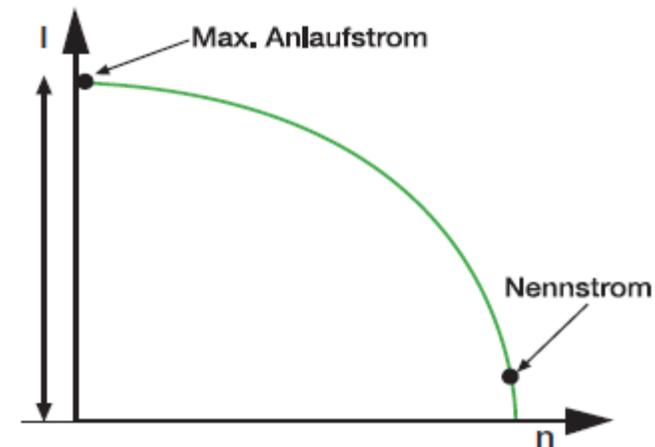
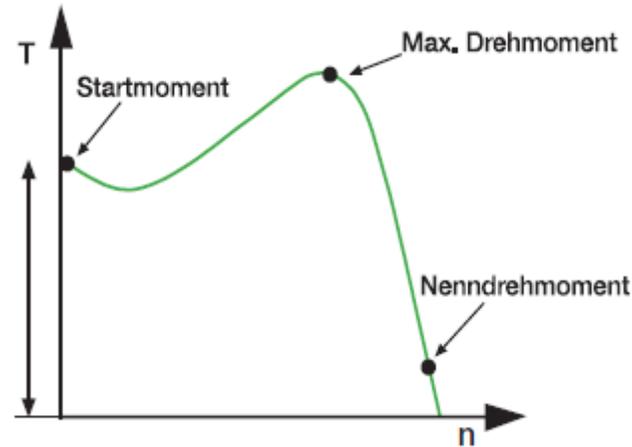
Motor geeignet für 2 Bemessungsspannungen:
 Sternschaltung für ein 400 V-Netz
 Dreieckschaltung für ein 230 V-Netz

Überblick Anlaufverfahren

Anlaufverfahren: Direktanlauf (DOL)

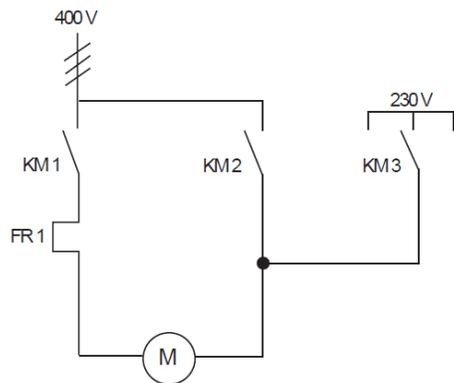
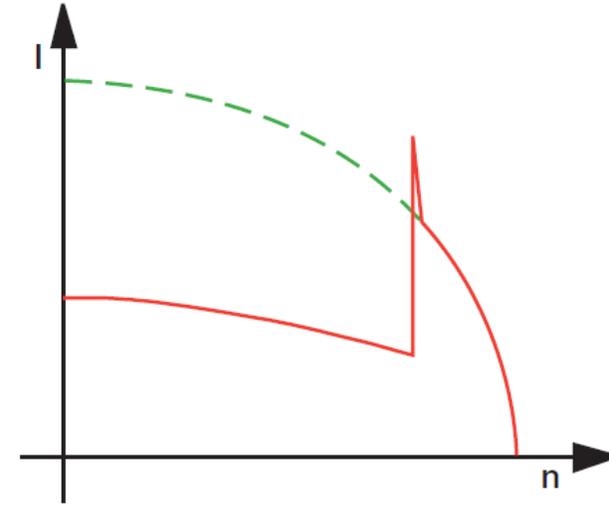
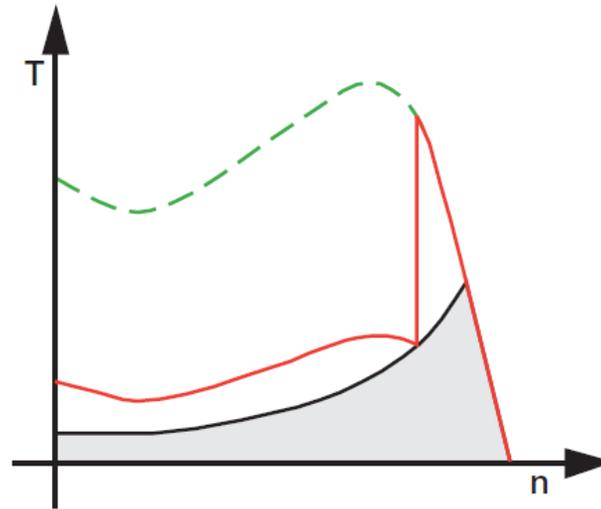


- Kurzschlusschutz
- Therm. Überlastschutz
- Trenneigenschaft



- sehr hohes Anlaufmoment
- u.U. gefährlich für mechanische Teile (Kupplungen ...), Druckschläge
- hoher Anlaufstrom (6-7 ... 9-10 x I_N)
- ab IE3 Anlaufströme 13...15-fach möglich

Anlaufverfahren: Stern-Dreieck-Anlauf (SD)

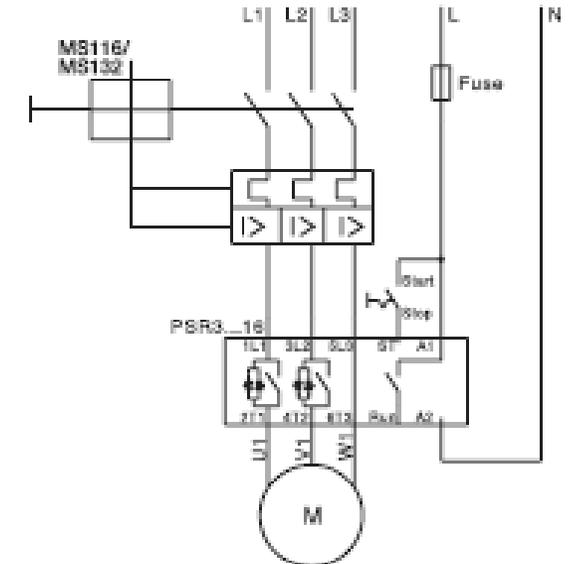


- Anlaufmoment kleiner (ca. 25% vom Direktanlauf)
- nur möglich für gering belastete Motoren (z.B. Pumpen)
- geringerer Anlaufstrom (1/3 vom Direktanlauf), aber hohe Umschaltspitze

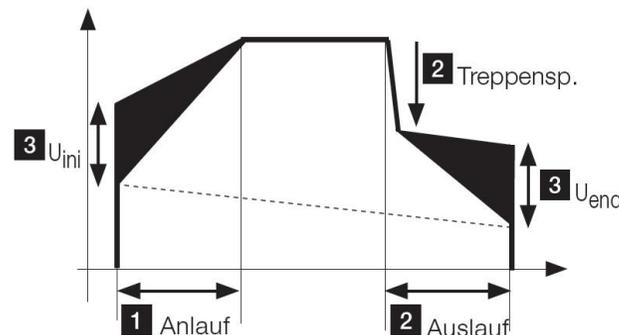
Anlaufverfahren: **Sanftanläufer / Softstarter**



- durch das Schalten der Thyristoren wird die Motorspannung verringert und beim Anlauf langsam erhöht
- dadurch auch Anlaufstrom (max. $2-3 \times I_N$) und -moment verringert
- schonender An- und Auslauf von Pumpen
- Integrierter Bypass zur Verringerung der Verluste in den Thyristoren (Halbleiter)

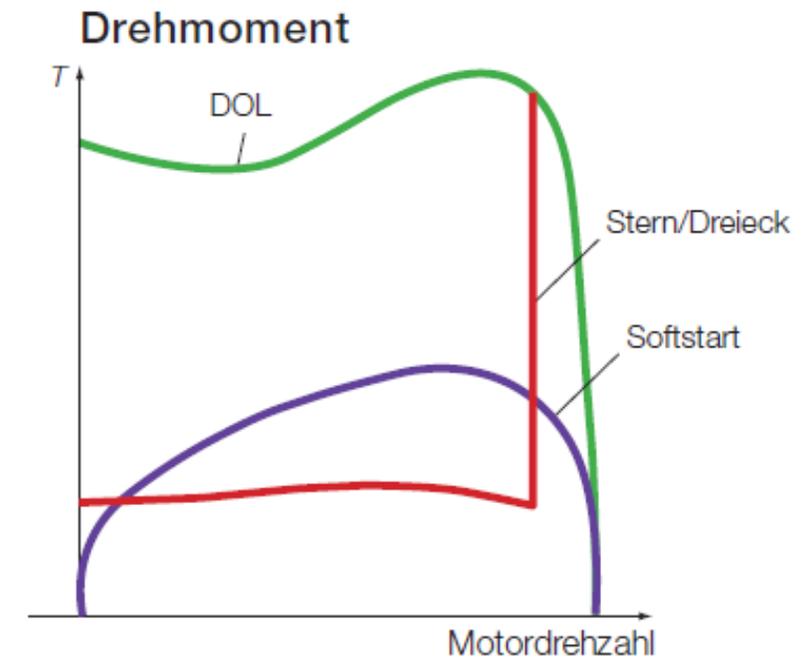
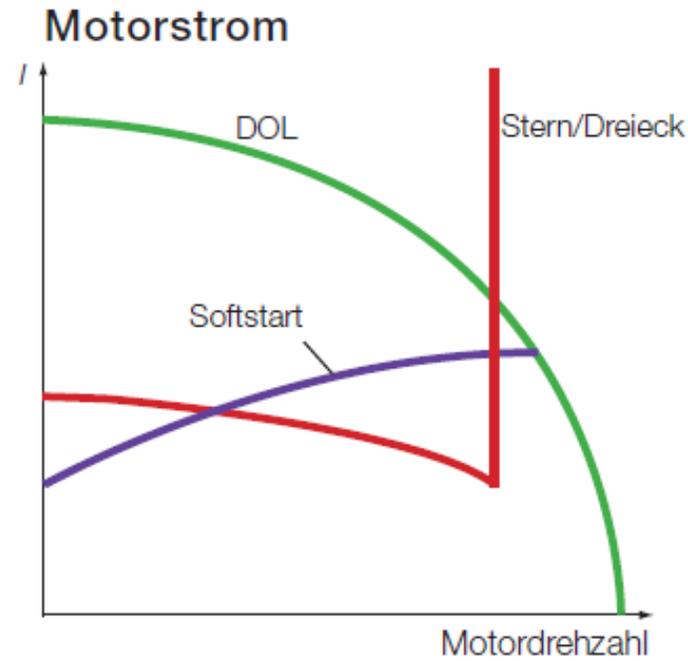
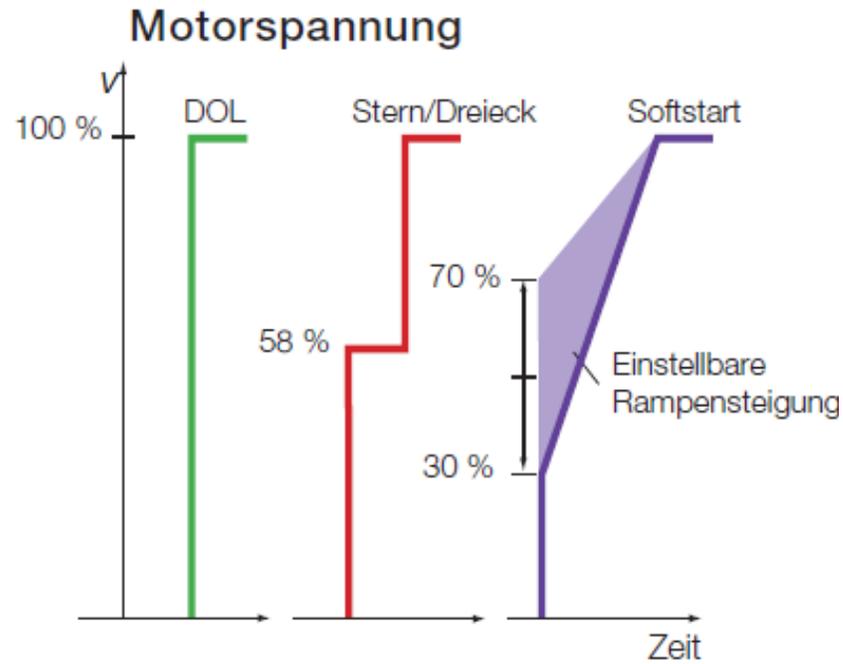


- Kurzschlussschutz
- Therm. Überlastschutz
- Trenneigenschaft



- 1** Anlauf = 1 ... 20 s
- 2** Auslauf = 0 ... 20 s – einschließlich Treppensp.
Treppensp. = Verringerung um 2 % für jede Sekunde erhöhte Stopprampe
Stopprampe: 10 s -> Treppensp. 80 % (20 % Verringerung)
- 3** $U_{ini} = 40 \dots 70 \%$ führt zu Endspannung = 30 ... 60 %

Anlaufverfahren – Kennlinien im Vergleich

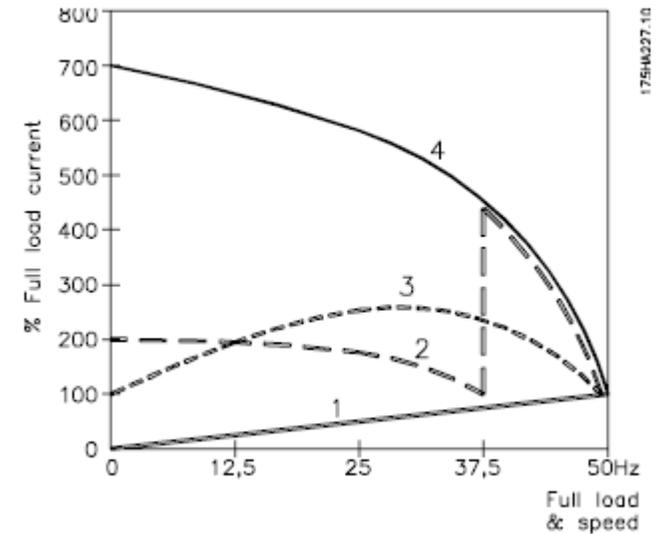


Anlaufverfahren: Frequenzumrichter (FC, FU)



Kurzschlusschutz
Überlastschutz

- Gleichrichtung der Netzspannung (Gleichspannungs-Zwischenkreis)
- Wechselrichter erzeugt frequenzvariable Ausgangsspannung -> Drehzahlstellung
- geringer Anlaufstrom (1-1,5 x In)
- hohes Anlaufmoment möglich
- oft zusätzliche Filtermaßnahmen nötig:
 - Netzfilter zur Unterdrückung von Oberschwingungen
 - Sinusfilter zum Schutz des Motors (Spannung wird Sinus-förmig, geringeres dU/dt)



1. FU
2. Stern-Dreieck
3. Softstarter
4. Direkt-Start

Anlaufverfahren: **Asynchronmotoren mit aufgesetztem Frequenzumrichter (E)**



Leitungsschutz

- Gleichrichtung der Netzspannung (Gleichspannungs-Zwischenkreis)
- Wechselrichter erzeugt frequenzvariable Ausgangsspannung -> Drehzahlstellung
- geringer Anlaufstrom (1-1,5 x I_n)
- hohes Anlaufmoment möglich



Kurzschlusschutz,
Überlastschutz

Vielen Dank!

wilo