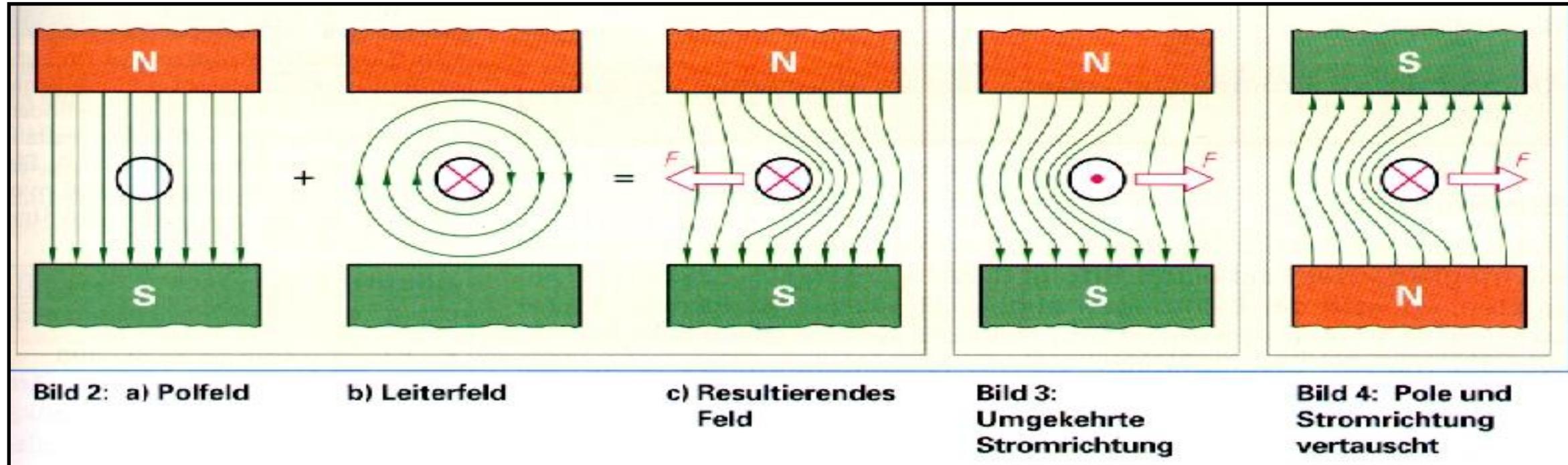
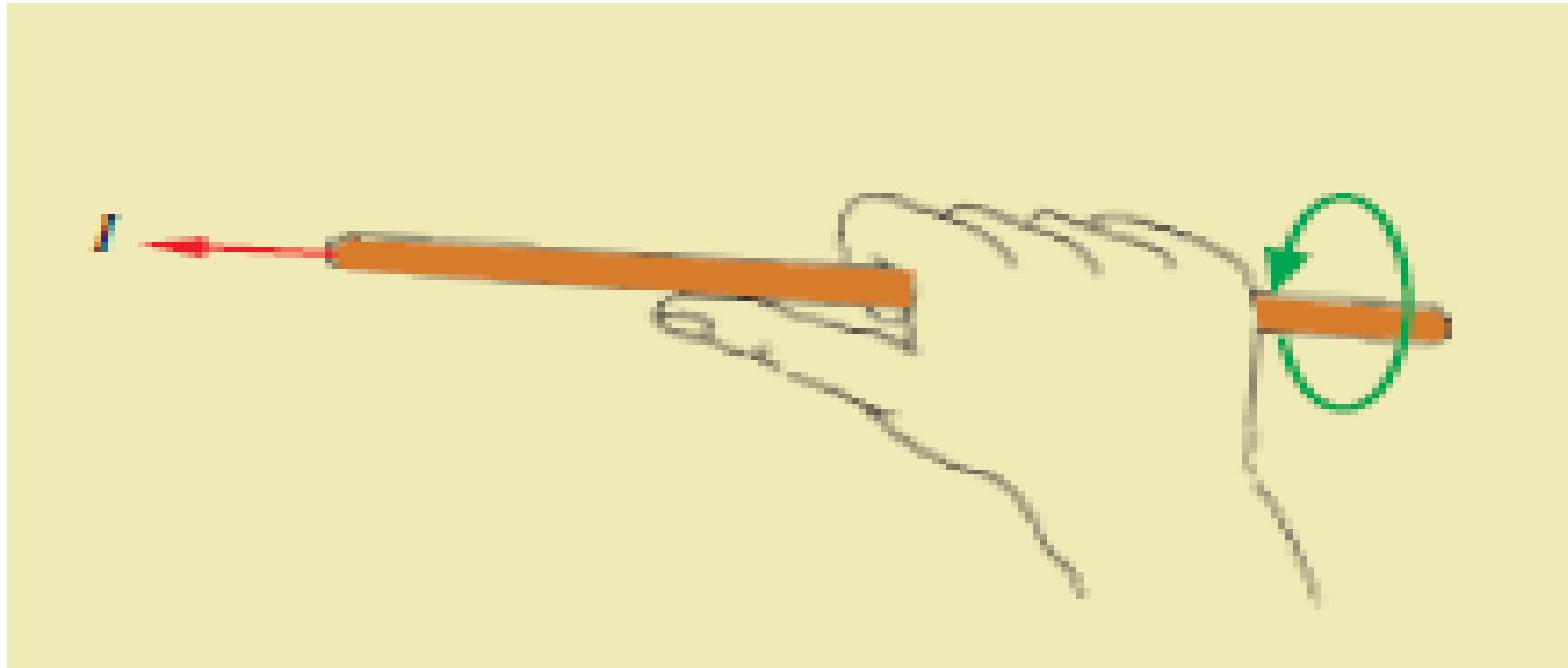


Antriebstechnik

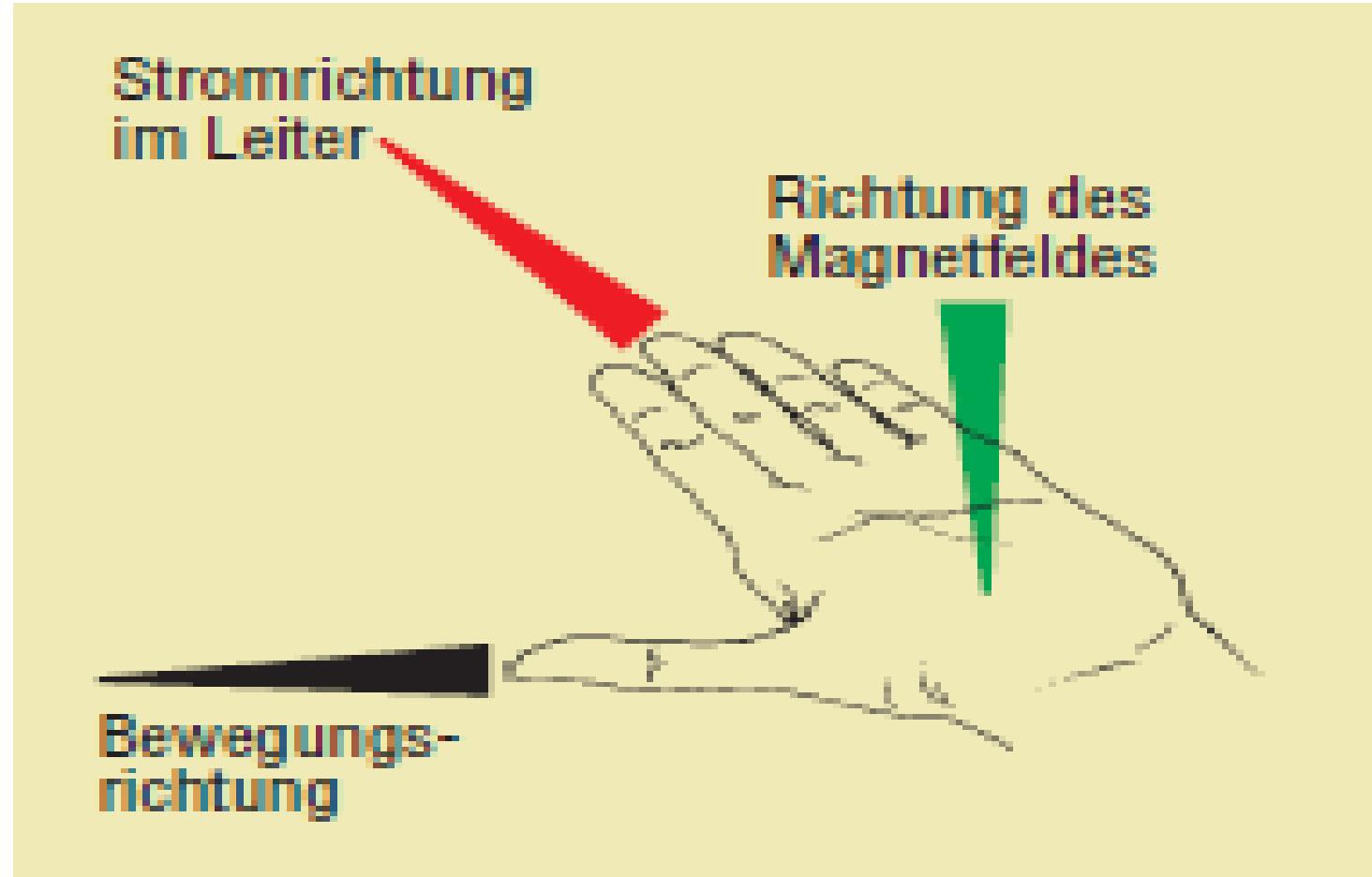
Strom und Magnetfeld

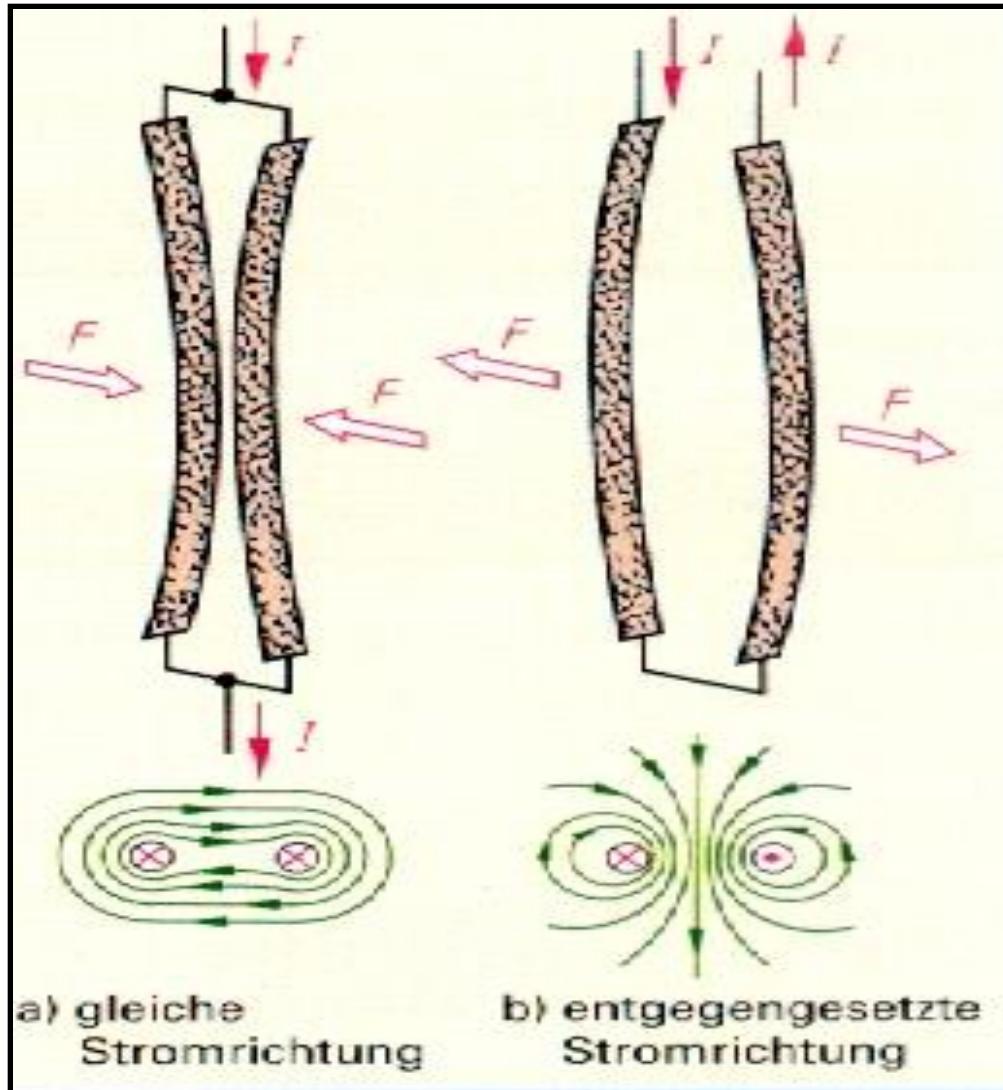


Rechte-Hand-Regel



Linke-Hand-Regel

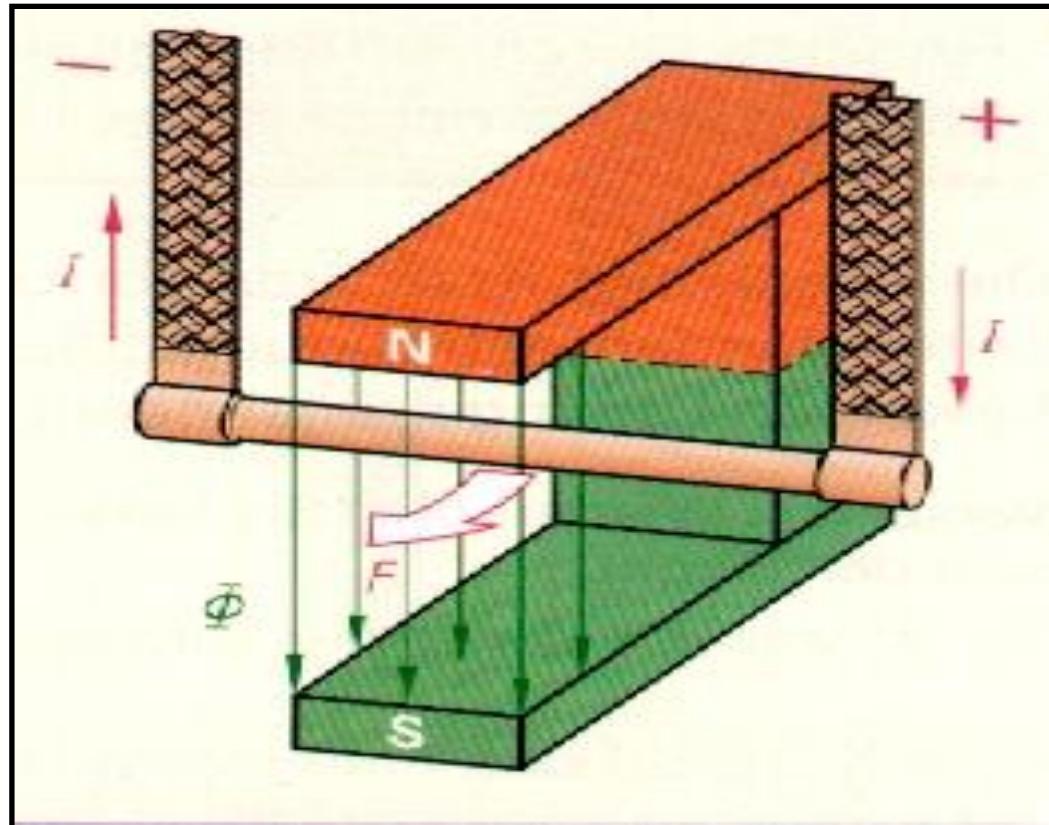




Kraftwirkungen zwischen stromdurchflossenen Leitern.

Im Kurzschlussfall sind diese Kräfte sehr groß. Gefährdete Bauteile, z.B. Spulen oder Stromschienen müssen durch besondere mechanische Befestigungen kurzschlussfest gemacht werden.

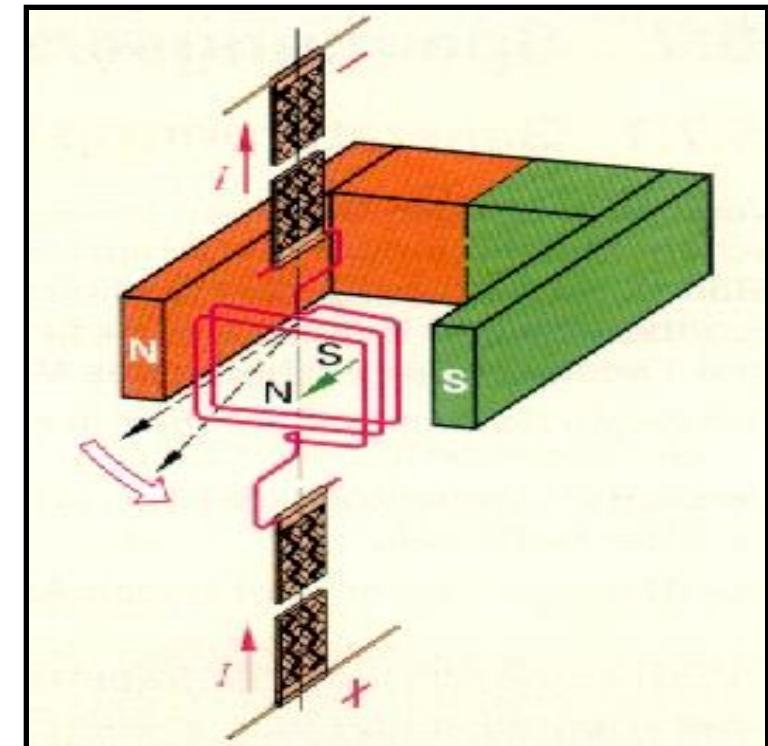
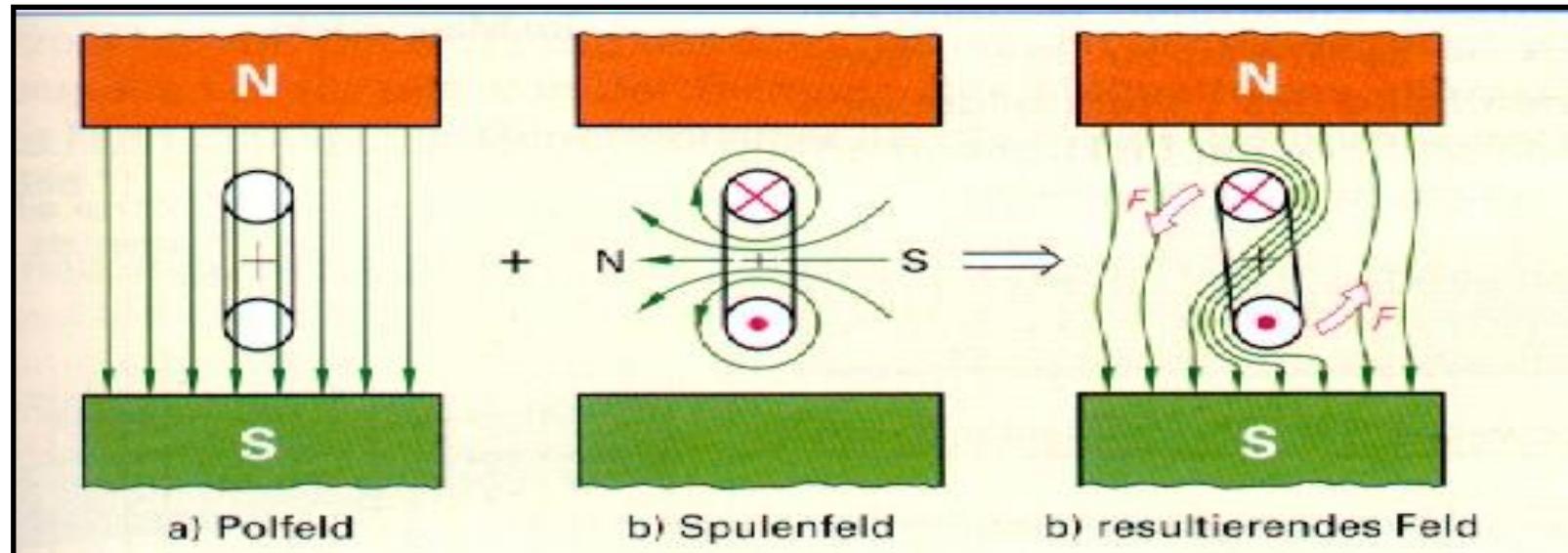
Ablenkung eines Leiters



**Ablenkung des vom Strom durchflossenen Leiters
im Magnetfeld**

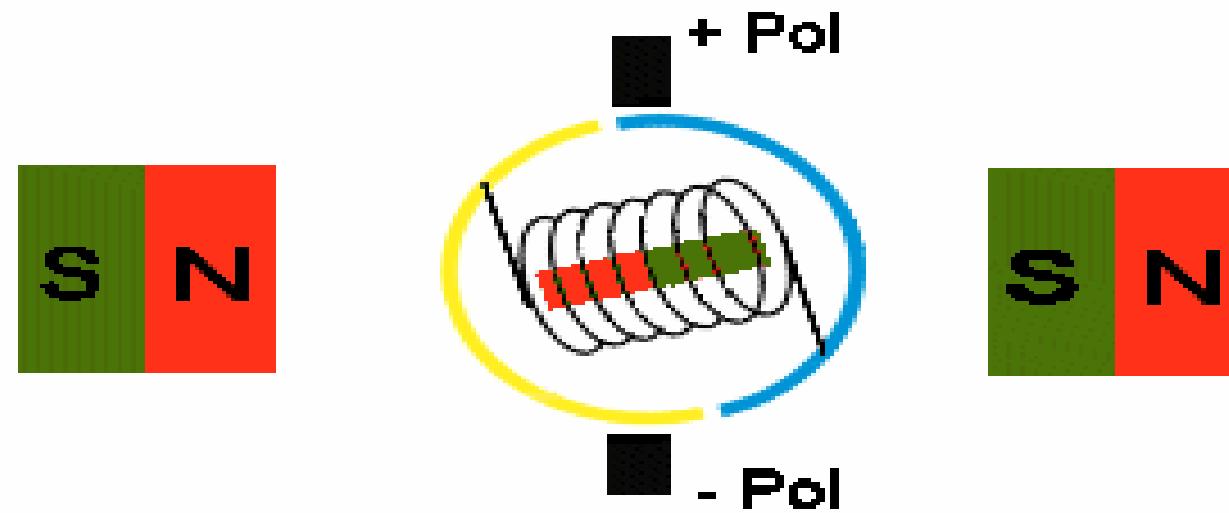
Ein stromdurchflossener Leiter wird im Magnetfeld abgelenkt. Die Richtung der Ablenkraft hängt von der Richtung des Magnetfeldes (Polfeld) und von der Stromrichtung im Leiter (Leiterfeld) ab.

Entstehung der Drehbewegung

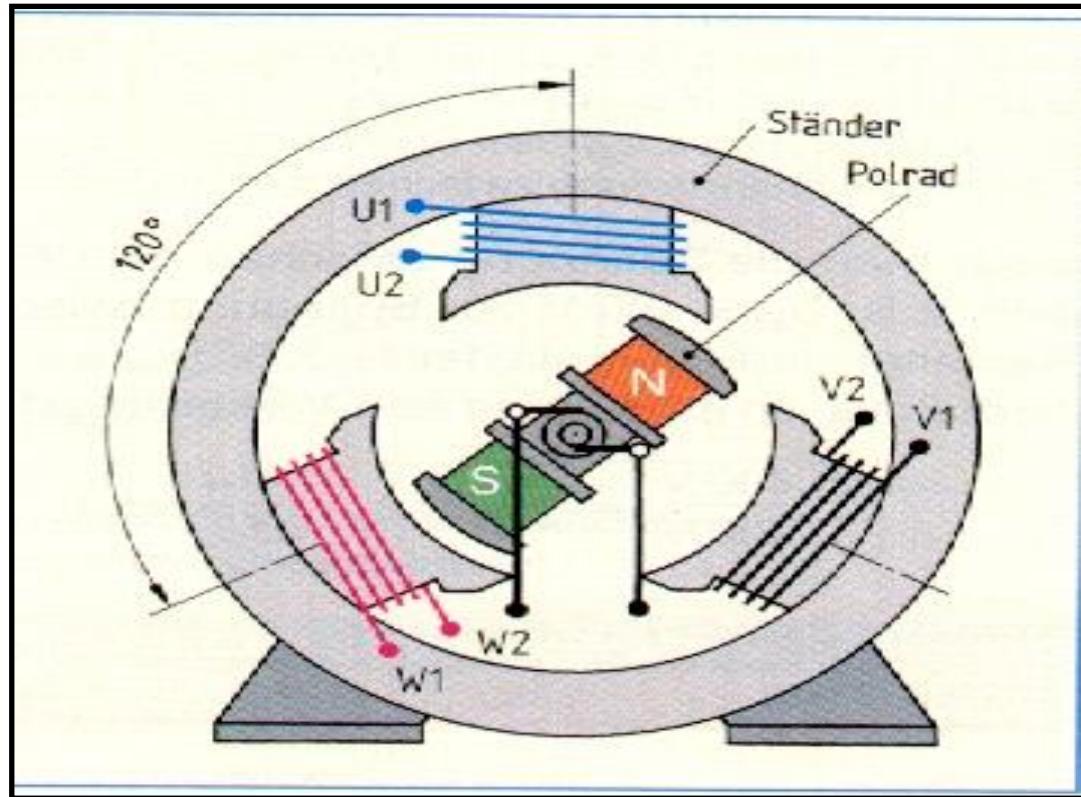


Auf eine stromdurchflossene Spule im Magnetfeld wirkt eine drehende Kraft. Die Kraftrichtung hängt von der Stromrichtung in der Spule und von der Richtung des Magnetfeldes ab.

Funktionsprinzip



Dreiphasenwechselspannung

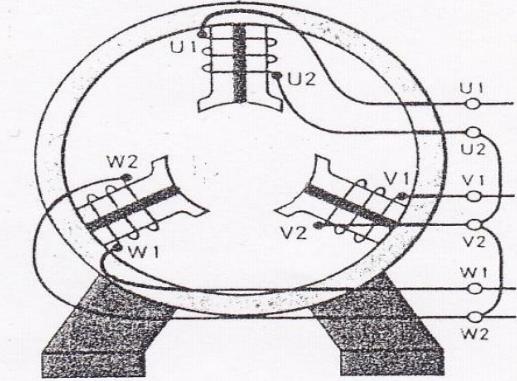
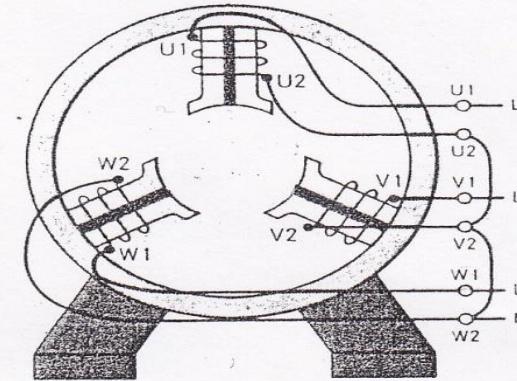
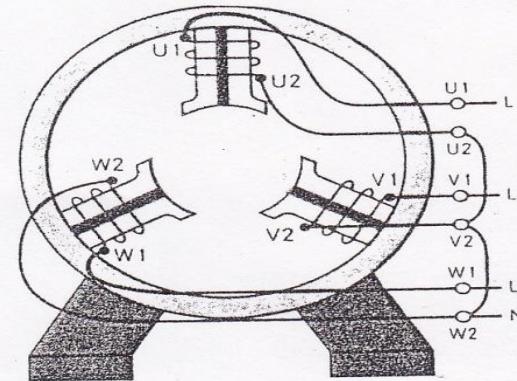
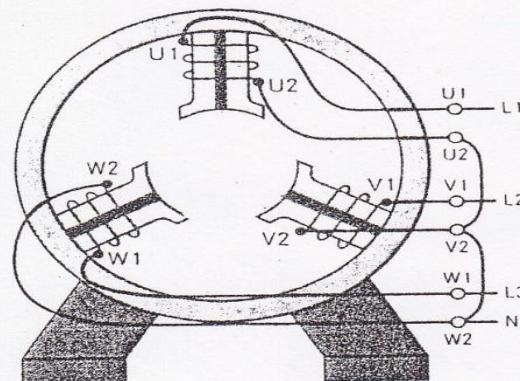
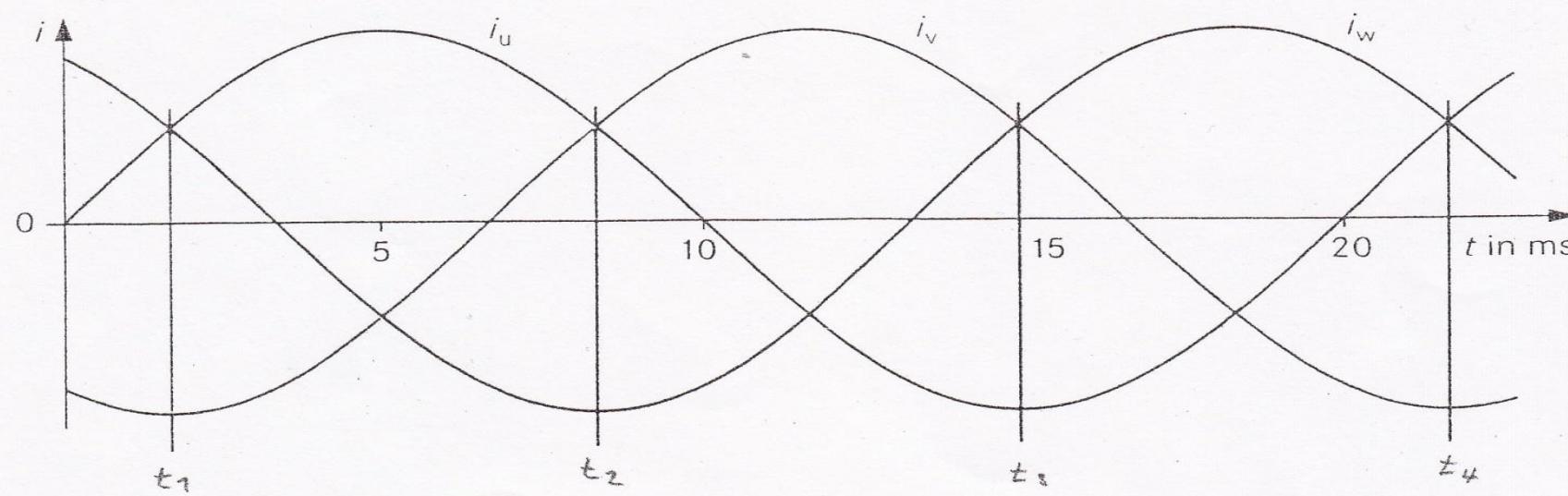


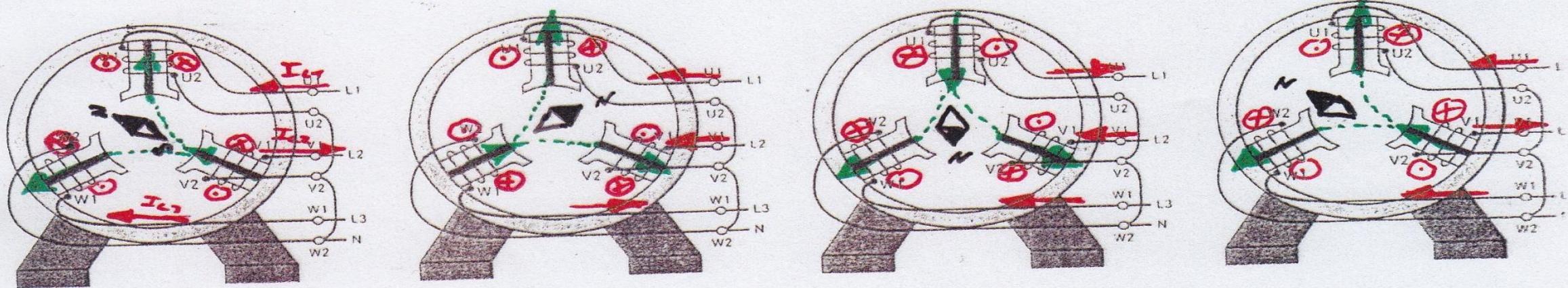
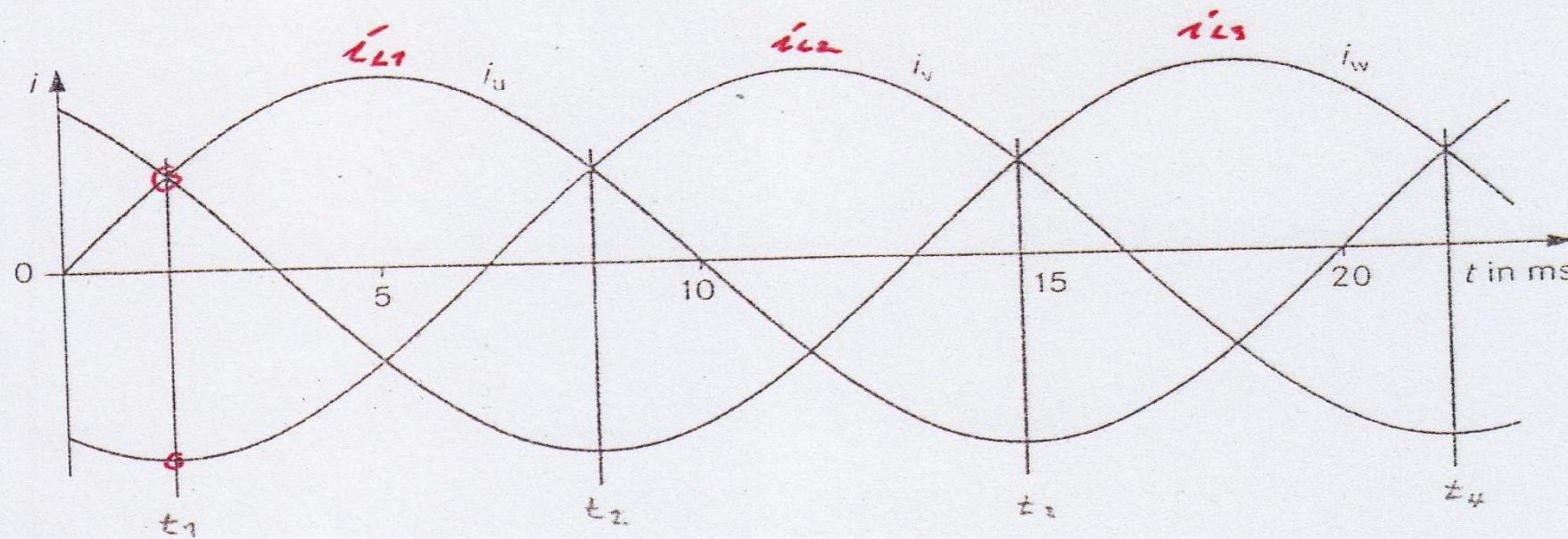
Dreht sich das Polrad, wird in jeder Spule eine Wechselspannung mit gleicher Amplitude und Frequenz induziert. Die Spannungen sind wegen der räumlichen Anordnung der Spulen auch zeitlich um $\frac{1}{3}$ Periode gegeneinander verschoben. Der Phasenverschiebungswinkel beträgt jeweils 120° .

Die drei Spulen eines solchen Generators bilden die **Stränge** der Maschine. In jedem Strang wird eine Spannung induziert, die man **Strangspannung** nennt.

Die Anfänge der Stränge bezeichnet man mit U1, V1, W1, die Strangenden mit U2, V2, W2. Durch Verkettung (Verbindung) der drei Spulen miteinander kann man die Anzahl der zur Energieübertragung notwendigen Leiter auf drei Leiter (L1, L2, L3) verringern.

Drei um 120° phasenverschobene und verkettete Wechselspannungen nennt man Dreiphasenwechselspannung.





Ein Drehfeld wird erzeugt, wenn ein Magnet gedreht wird oder wenn Drehstrom durch eine kreisförmig angeordnete Drehstromwicklung fließt.

Hier erzeugt Drehstrom in drei Spulen, die räumlich um 120° versetzt angeordnet sind, ein magnetisches Drehfeld.

Drehzahlberechnung:

$$n = 1/\text{min}$$

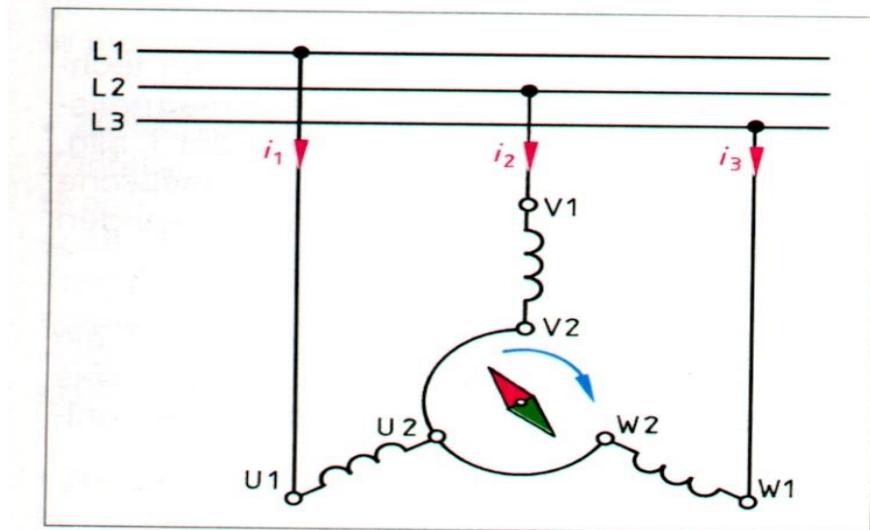
$$f = \text{Frequenz } 1/\text{s} \quad n = \frac{f * 60}{p}$$

p = Polpaarzahl

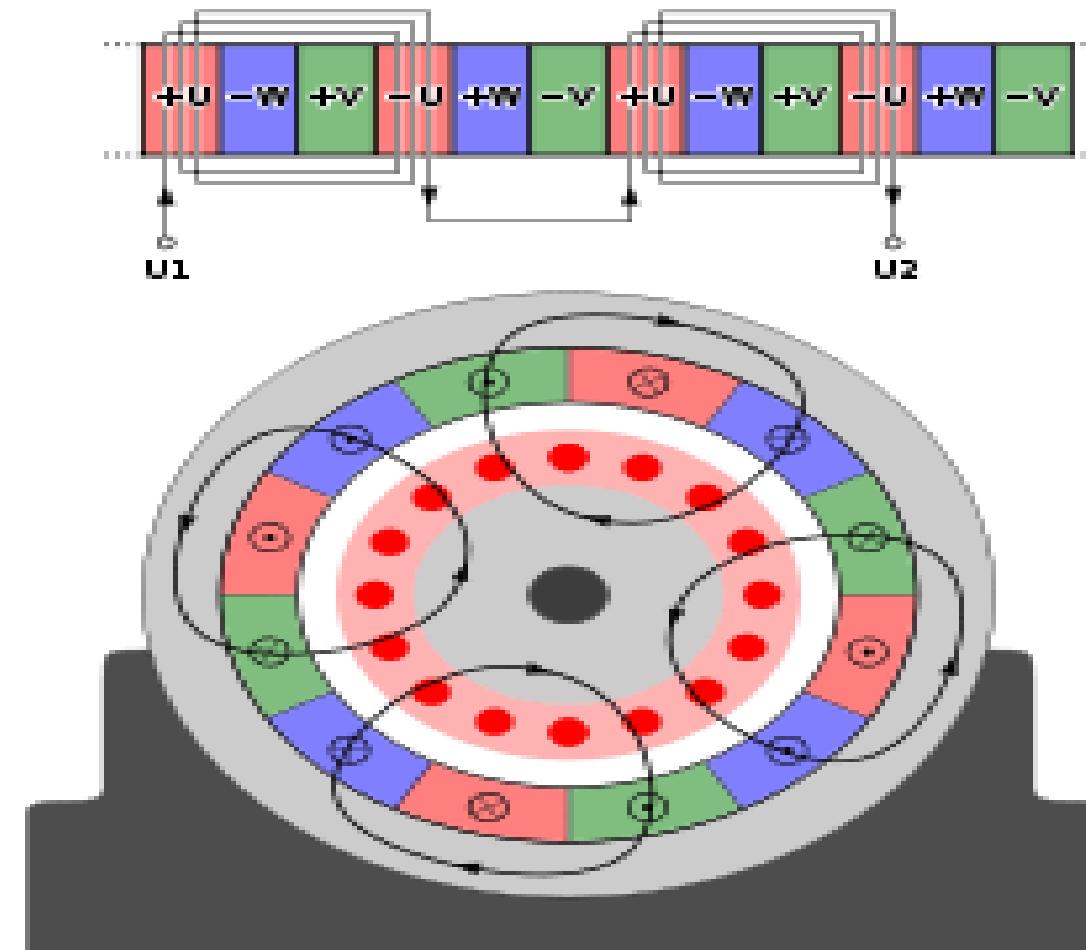
Beispiel: $n = \frac{50 \text{ } 1/\text{s} * 60}{1} = 3.000 \text{ } 1/\text{min}$

Mit Hilfe der Formel kann man erkennen:

Je mehr Polpaare, desto langsamer ist der Motor.



Motor mit zwei Polpaaren



Drehrichtung / Schlupf

Drehrichtung:

Wird immer mit Blickrichtung auf das Wellenende bestimmt, bei zwei Wellenenden mit Blick auf das Hauptwellenende. Als Hauptantriebswellenende gilt das gegenüber Lüfter, Kollektor, Schleifringen oder Bremse liegende Wellenende.

Drehstrommotoren haben Rechtslauf, wenn die Außenleiter L1, L2 und L3 auf die Klemmen U1, V1, W1 des Klemmbrettes geführt werden.

Schlupf:

Asynchronmotoren sind Induktionsmotoren. Der Läuferstrom kommt durch Induktion zu Stande. Den Schlupf benötigen Asynchronmotoren zur Induktion des Läuferstromes. Der Schlupf ist lastabhängig.

Diesen kann man berechnen (entweder mit dem Dreisatz oder einer dieser fertigen Formeln):

Δn : Schlupfdrehzahl n : Läuferdrehzahl n_s : Drehfelddrehzahl s : Schlupf

$\Delta n = n_s - n$ (diese Formel ergibt den Schlupf in Umdrehung pro Minute)

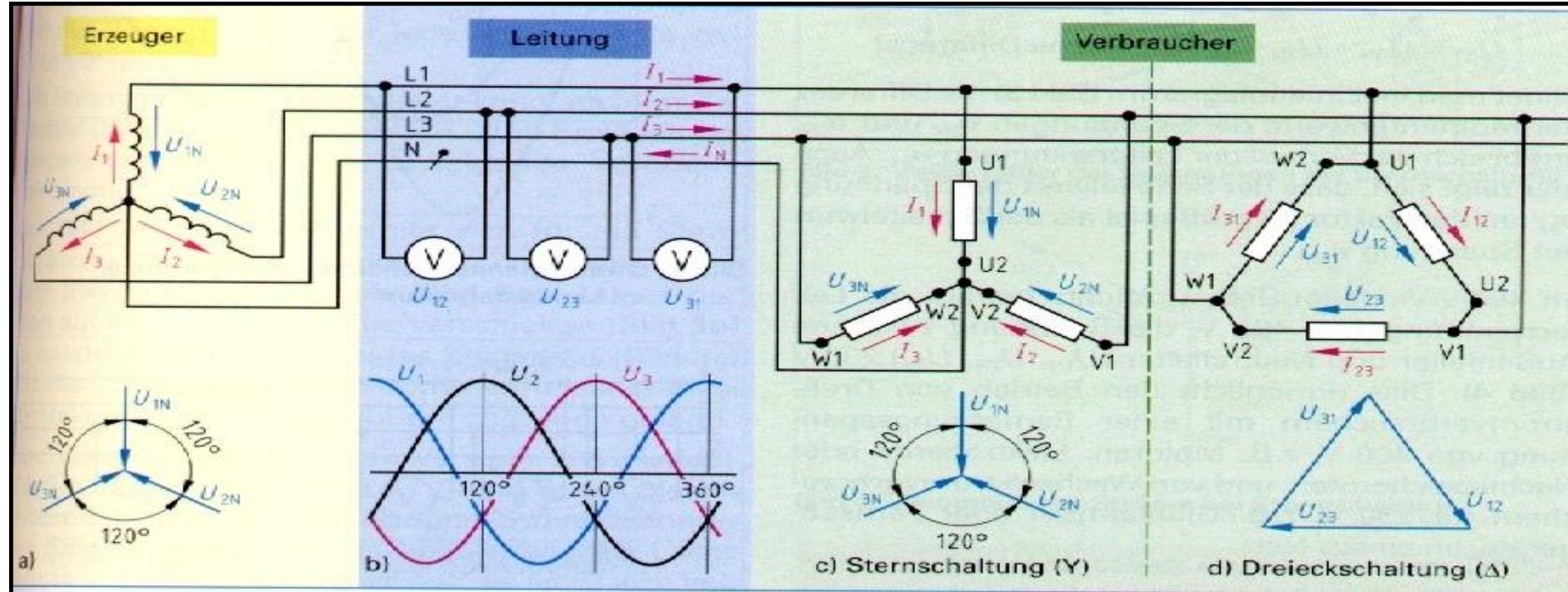
$$s = \frac{n_s - n}{n_s} * 100\% \quad (\text{ergibt den Schlupf in \%})$$

Δn : Schlupfdrehzahl n : Läuferdrehzahl n_s : Drehfelddrehzahl
 s : Schlupf

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} * 100\%$$

Aufgabe	a	b	c	d	e
Nenn-Umdrehungsfrequenz des Läufers n in min^{-1}	1440		2870		950
Polpaarzahl p		4		2	
Schlupf s in %		4		3	

Verkettung



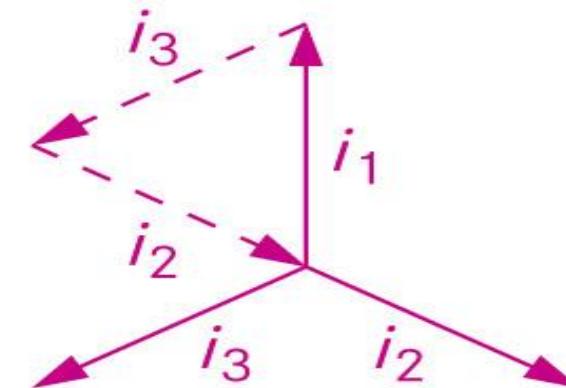
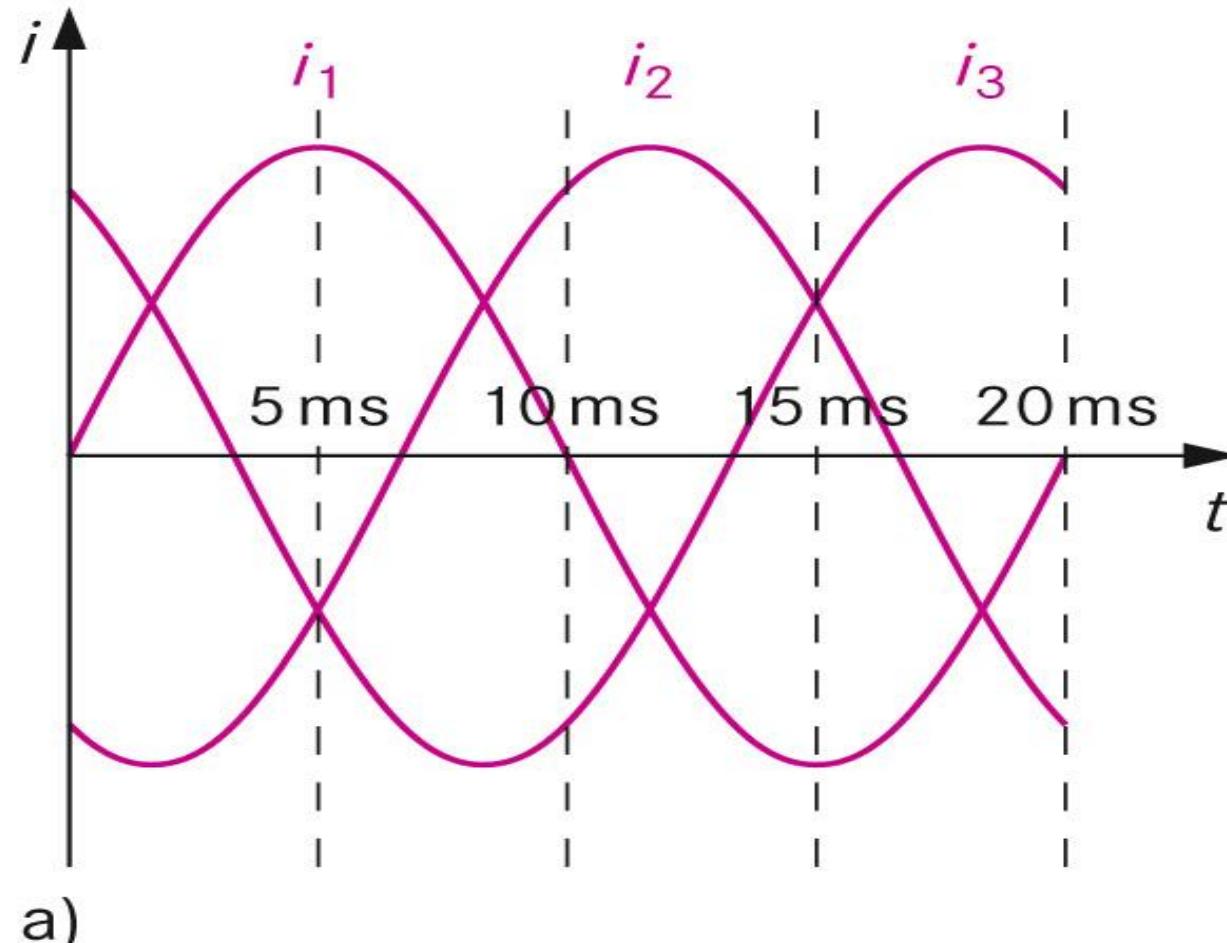
Bei Drehstrom nennt man den Faktor

Verkettungsfaktor

$$\sqrt{3}$$

Die Spannung zwischen zwei Außenleitern, z.B. L1 und L2, bezeichnet man als Außenleiterspannung oder Leiterspannung.

Symmetrische Belastung



$$I_N = 0 \text{ A}$$

b)

Ein Härteofen nimmt in Dreieckschaltung eine Leistung von 9 kW auf.

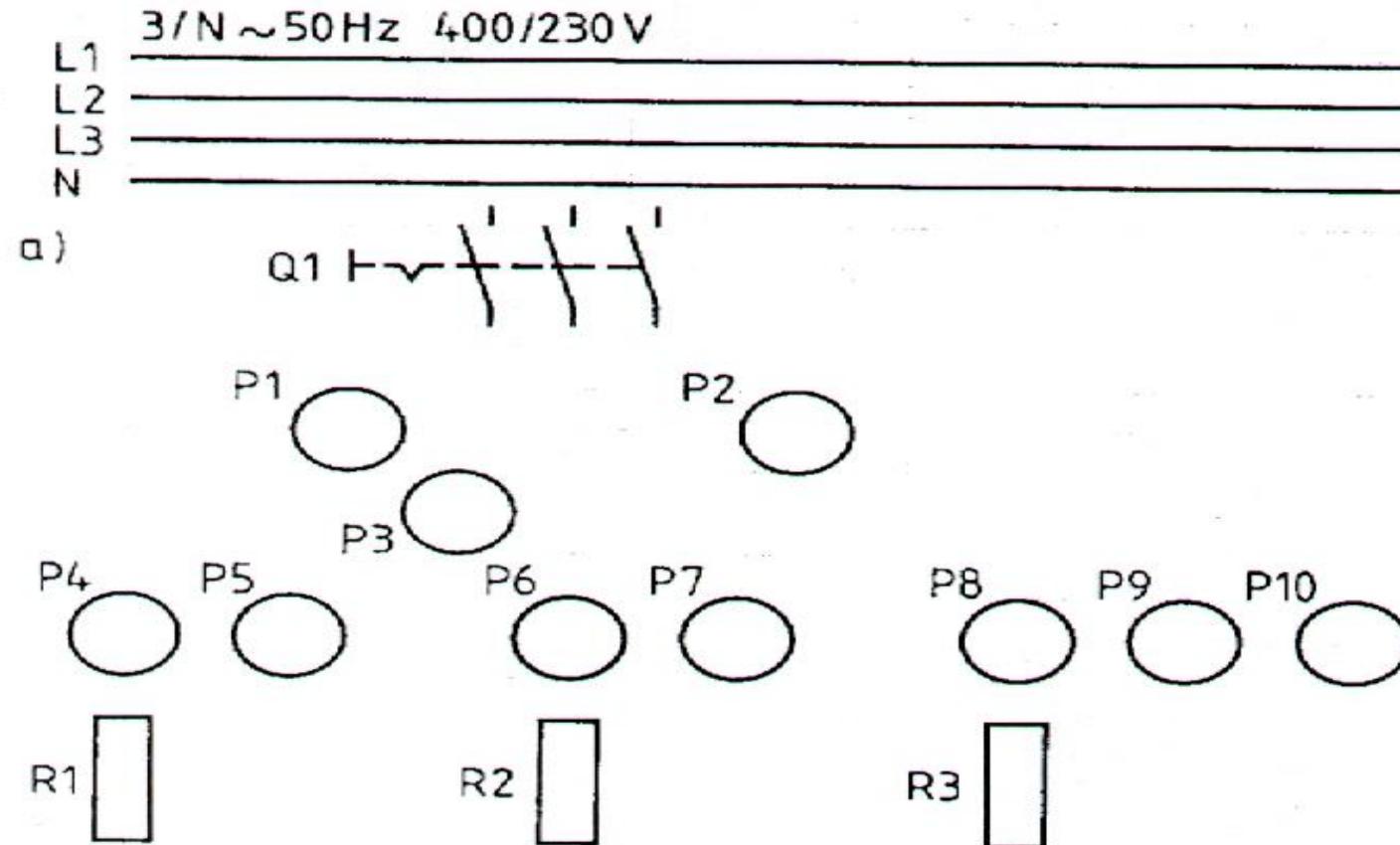
Zur Leistungsabsenkung ist eine Umschaltung auf Stern möglich.

Zeichnen Sie die Schaltbilder und tragen Sie die elektrischen Größen ein.

Berechnen Sie:

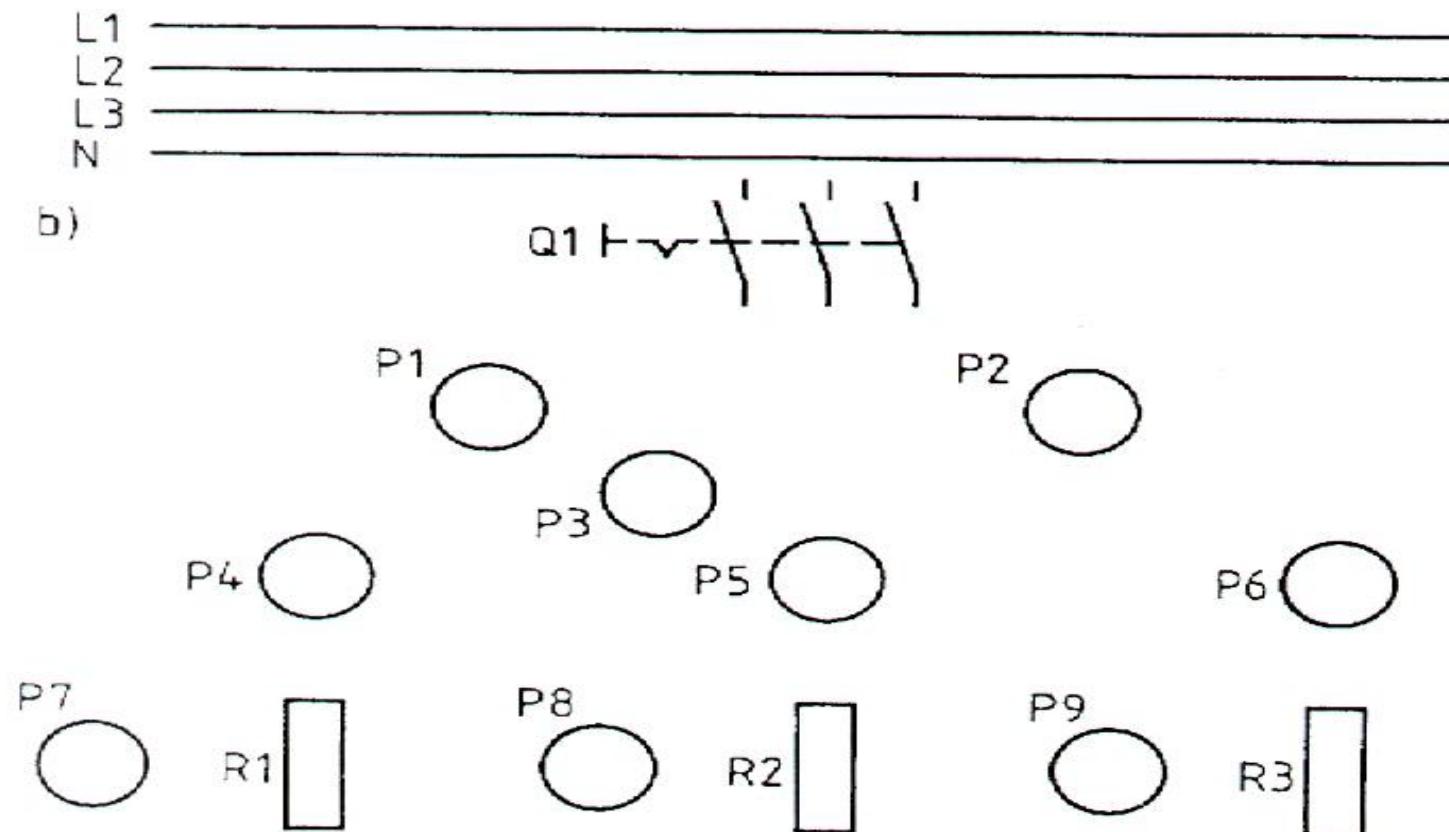
a) die Strangleistung im Dreieck, b) den Strangwiderstand, c) die Leistung im Strang in Sternschaltung, d) die Gesamtleistung bei Sternschaltung

Strom- und Spannungsmessung (Sternschaltung)



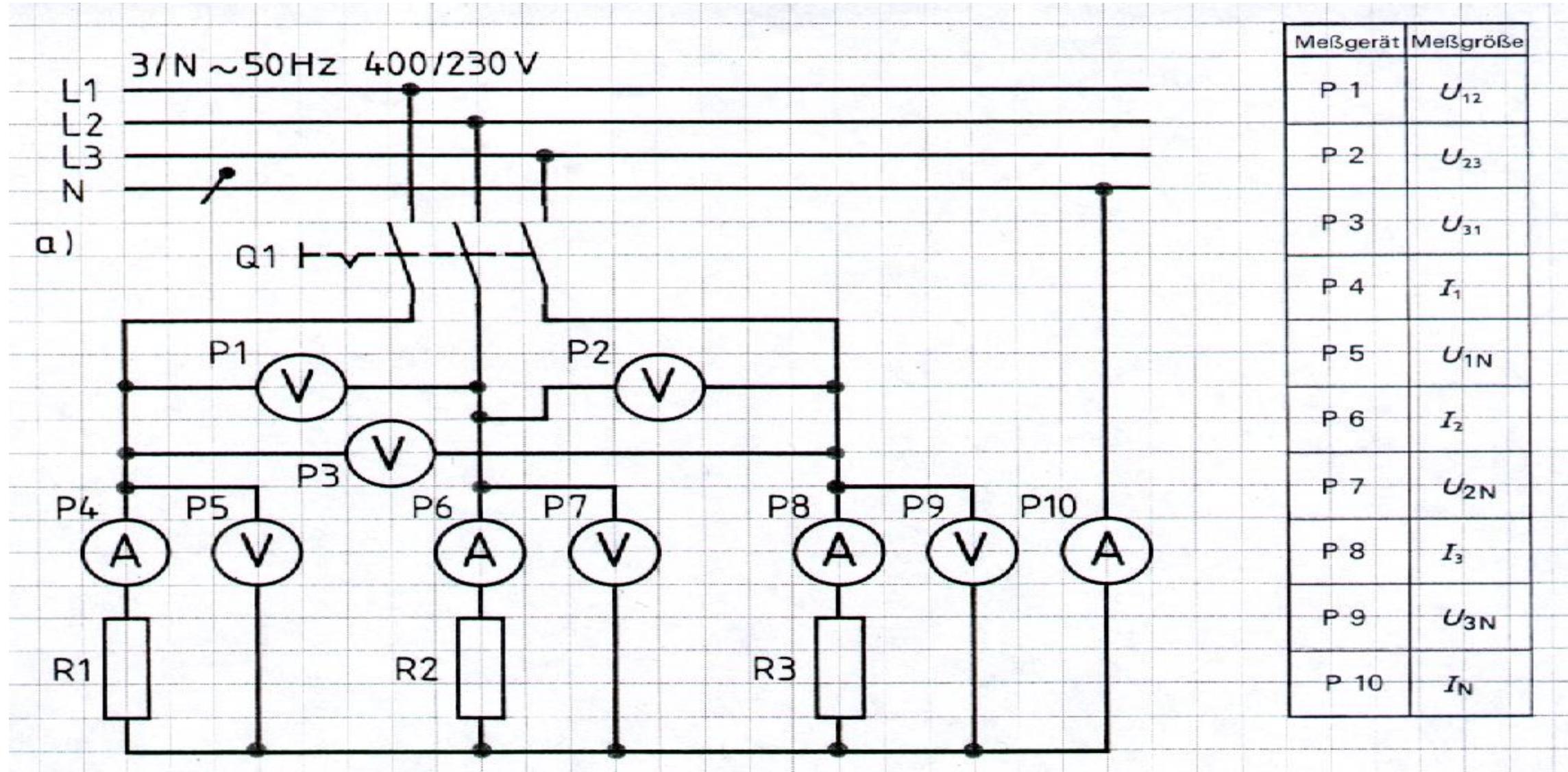
Meßgerät	Meßgröße
P 1	
P 2	
P 3	
P 4	
P 5	
P 6	
P 7	
P 8	
P 9	
P 10	

Strom- und Spannungsmessung (Dreieckschaltung)

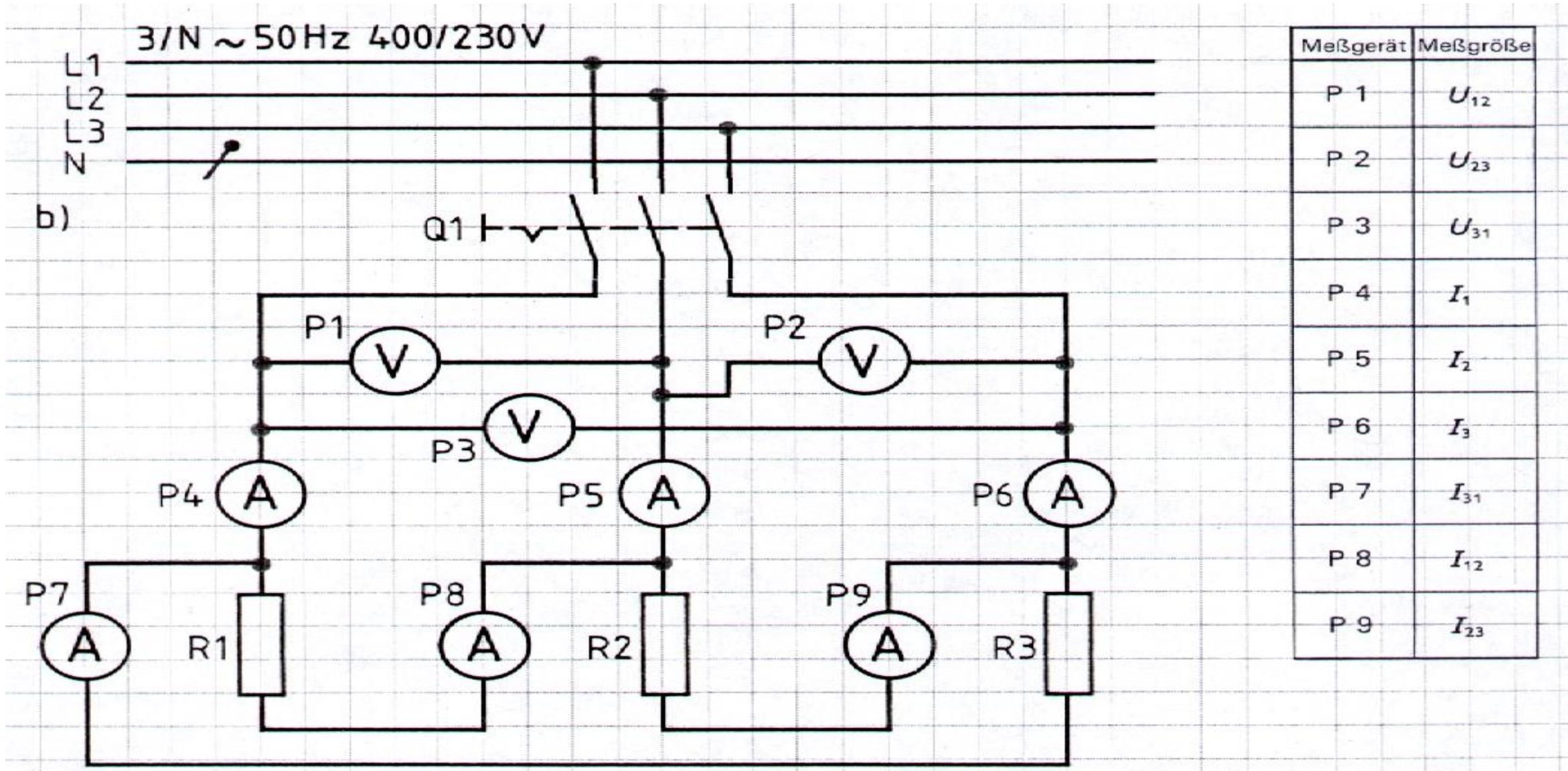


Meßgerät	Meßgröße
P 1	
P 2	
P 3	
P 4	
P 5	
P 6	
P 7	
P 8	
P 9	

Lösung (Sternschaltung)

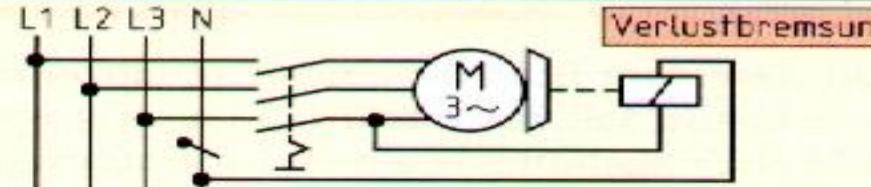
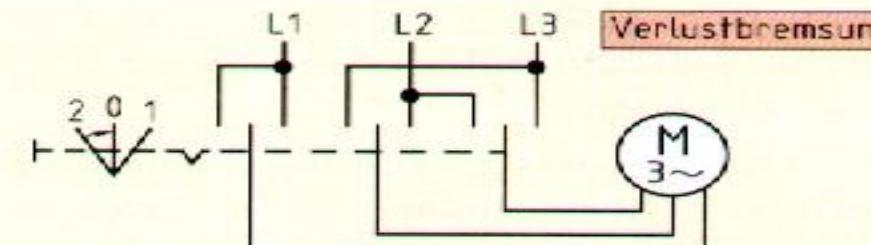
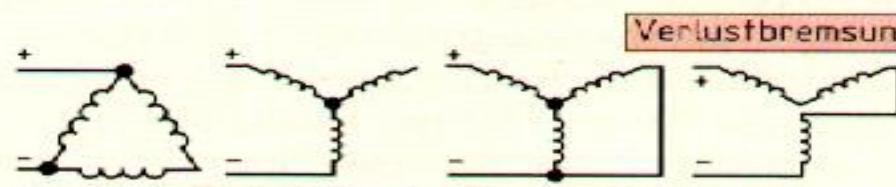
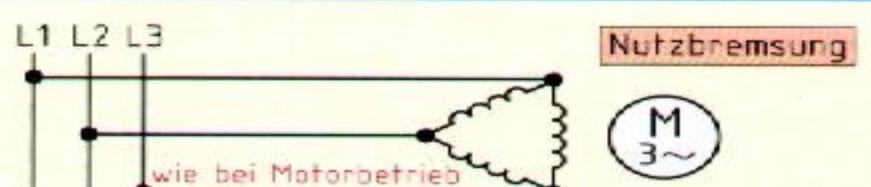


Lösung (Dreieckschaltung)



Bremsen von Asynchronmotoren

Tabelle: Bremsverfahren von Antrieben mit Drehstromasynchronmotoren

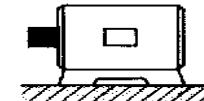
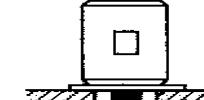
Bezeichnung	Erklärung	Schaltung (Prinzip)
Mechanische Bremsung (Brems-Lüftmagnet)	Bremeskraft durch Feder. Sobald die Erregerspule eingeschaltet ist, wird die Bremse gelöst (gelüftet). Anwendung bei Werkzeugmaschinen und Hebezeugen.	
Gegenstrombremsung	Die Bremeskraft wird vom Motor hervorgerufen, weil dessen Drehfeld durch Vertauschen zweier Außenleiter einen anderen Drehsinn erhält. Nach Stillsetzen des Antriebes muss abgeschaltet werden, da sonst der Motor in umgekehrter Drehrichtung anläuft. Anwendung bei Bandsägen.	
Gleichstrombremsung	Ständerwicklung des Motors wird an niedrige Gleichspannung gelegt. Der durch Induktion entstehende Läuferstrom bremst. Anwendung bei Werkzeugmaschinen und Fördermaschinen.	
Generatorische Bremsung (übersynchrone Bremsung)	Der Motor wird von der Last angetrieben und arbeitet als Asynchrongenerator. Anwendung, z.B. bei Hebezeugen, bei polumschaltbaren Motoren bei Umschaltung auf die niedrige Drehzahl.	



Schutzarten

Schutzarten elektrischer Betriebsmittel		Nach DIN 40 050			
Die Schutzarten elektrischer Betriebsmittel werden durch Kurzzeichen, z.B. IP 44, angegeben.					
Aufbau des Kurzzeichens:					
Kennbuchstaben: IP (Abkürzung für: International Protection, engl. = internationaler Schutz)					
1. Kennziffer:	Schutzgrade gegen Berühren und Eindringen von Fremdkörpern	2. Kennziffer:	Schutzgrade gegen Eindringen von Wasser		
1. Kennziffer	Berührungs- und Fremdkörperschutz	2. Kennziffer	Wasserschutz		
0	kein Berührungs- und Fremdkörperschutz	0	kein Wasserschutz		
1	Schutz gegen Fremdkörper mit einem Durchmesser größer als 50 mm	1	Schutz gegen senkrecht tropfendes Wasser		
2	Schutz gegen Fremdkörper mit einem Durchmesser größer als 12 mm	2	Schutz gegen schrägfallendes Tropwasser (bis 15° gegen die Senkrechte)		
3	Schutz gegen Fremdkörper mit einem Durchmesser größer als 2,5 mm	3	Schutz gegen Sprühwasser (bis 60° gegen die Senkrechte)		
4	Schutz gegen Fremdkörper mit einem Durchmesser größer als 1 mm	4	Schutz gegen Spritzwasser aus allen Richtungen		
5	Schutz gegen schädliche Staubablagerung im Innern (staubgeschützt)	5	Schutz gegen Strahlwasser (aus einer Düse) aus allen Richtungen		
6	Schutz gegen Eindringen von Staub (staubdicht)	6	Schutz gegen starken Wasserstrahl oder schwere See		
Ist für ein Betriebsmittel nur eine der beiden Schutzarten angegeben, so steht an der Stelle der fehlenden Kennziffer ein X (Beispiel siehe unten).		7	Schutz gegen Wasser bei Eintauchen des Betriebsmittels (unter festgelegten Druck- und Zeitbedingungen)		
		8	Schutz bei dauerndem Untertauchen		

Bauformen von Motoren

Bauformen elektrischer Maschinen (Nach DIN IEC 34)		
IEC Code I Code II	Bauform	Merkmale
IMB 3 IM 1001		Zwei Schildlager, ein freies Wellenende, Befestigungsfüße für stehende Befestigung.
IMB 6 IM 1051		Wie IMB 3, Wandbefestigung, Füße links bei Blick auf die Welle.
IMV 1 IM 3011		Zwei Führungslager, Befestigungsflansch, Flansch und freie Welle unten.
IMV 6 IM 1031		Zwei Führungslager, Befestigungsfüße für Wandbefestigung, freies Wellenende oben.

Was bedeutet IEC ?

International Electrotechnical Commission

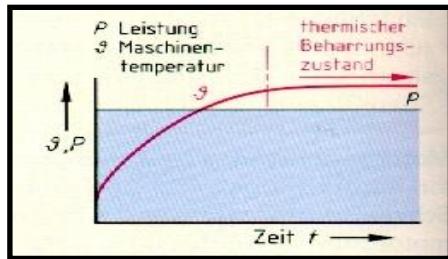
Aufgabe ist die Vereinheitlichung von Standards.

Die Mitgliedsländer können Eingaben für Änderungen an bestehenden Normen oder Neuanfragen abgeben.

Bei der Auswahl eines Elektromotors ist die Betriebsart von Bedeutung. So erwärmt sich z.B. ein Motor bei nur kurzzeitigen Betrieb weniger als bei ununterbrochenen Betrieb. Es kann dann ein Motor mit kleinerer Bemessungsleistung verwendet werden, ohne dass die zulässige Betriebstemperatur überschritten wird.

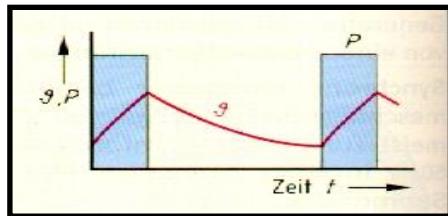
Nach DIN EN 60034-1 (VDE 0530 Teil1) unterscheidet man die Betriebsarten S1 bis S10.

Die Betriebsart eines Motors ist auf seinem Leistungsschild angegeben.



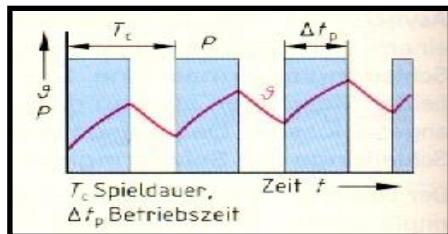
S1: Dauerbetrieb

Die Angabe S1 kann auf dem Leistungsschild entfallen.



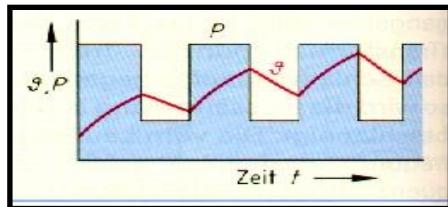
S2: Kurzzeitbetrieb

z.B. Motoren von Kühlschränken und Haushaltsgeräten.



S3-S5: periodischer Aussetzbetrieb

Betriebsdauer und Pausen sind kurz. Die Spieldauer beträgt normalerweise 10 Minuten.



S6: ununterbrochener periodischer Betrieb

Es tritt kein Motorstillstand mit stromloser Wicklung auf.

S7: ununterbrochener periodischer Betrieb mit elektrischer Bremsung. (keine Stillstandzeit)

Der Motor läuft bei jedem Spiel an, arbeitet mit konstanter Last und wird elektrisch abgebremst.

z.B. Antriebe der Fertigungstechnik (Werkzeugmaschinen)

S8: ununterbrochener periodischer Betrieb mit Last-/Drehzahländerung.

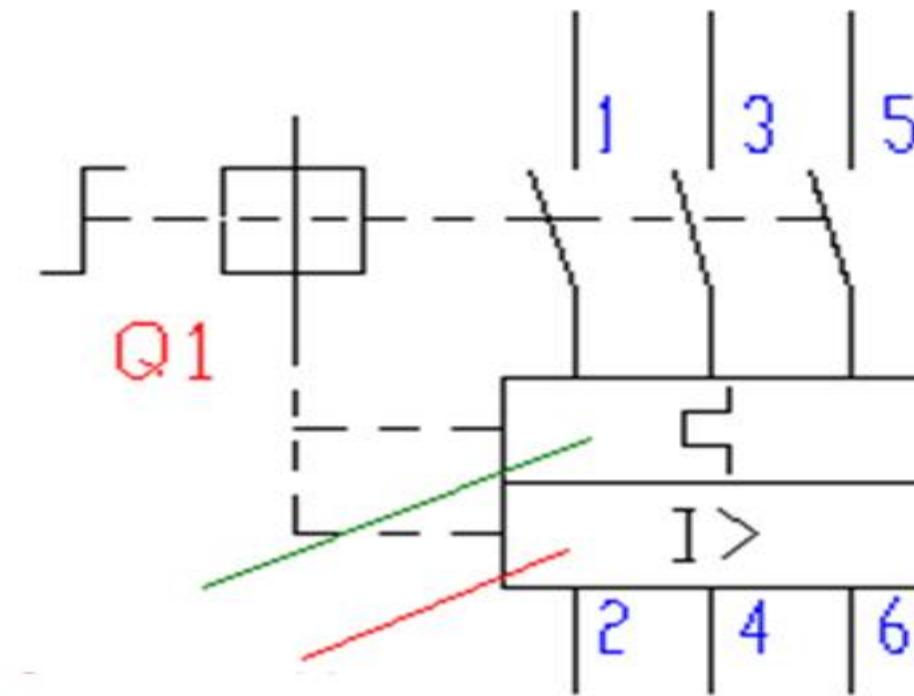
S9: Betrieb mit nichtperiodischen Last- und Drehzahländerungen.

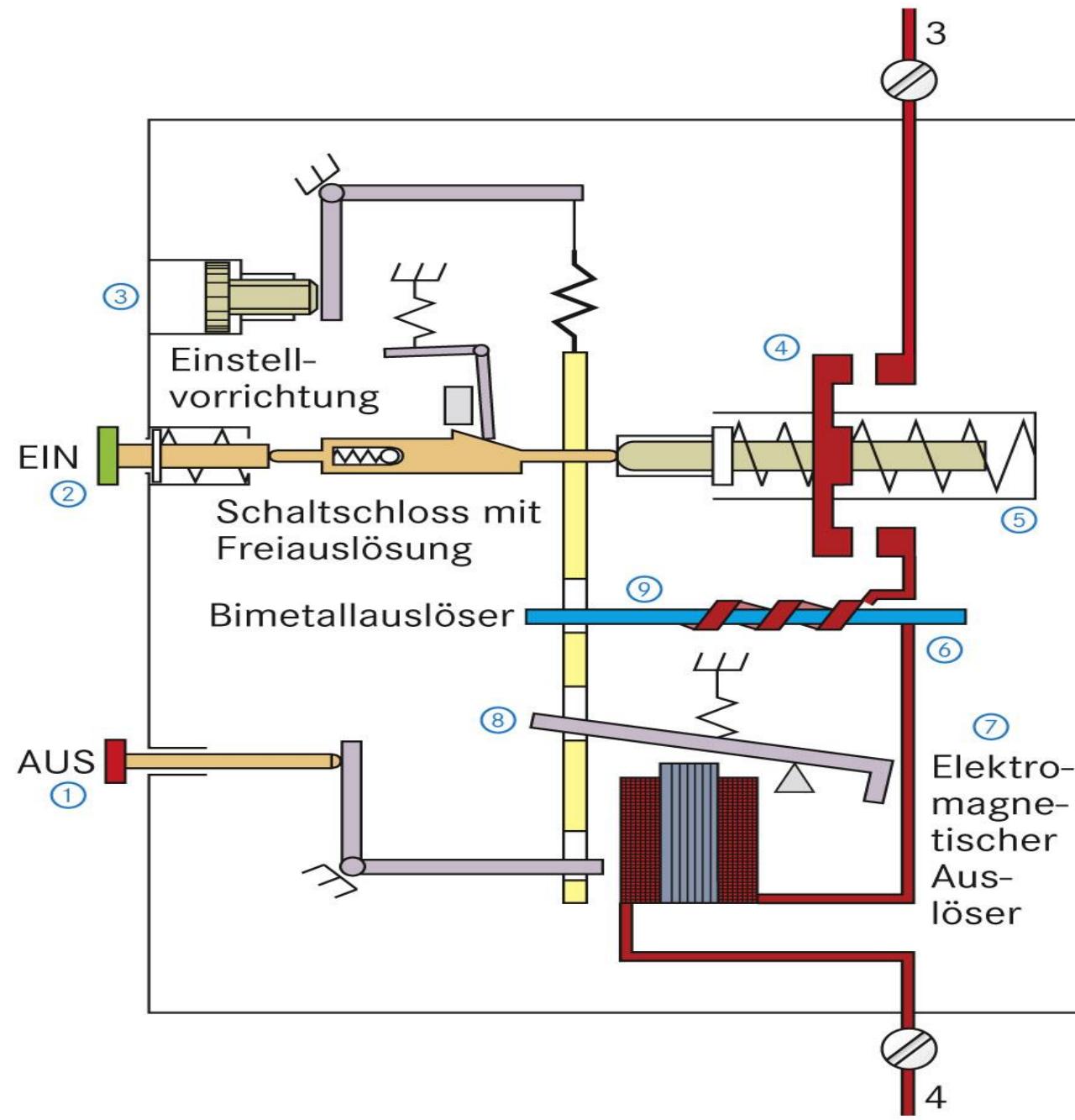
S10: Betrieb mit einzelnen konstanten Belastungen



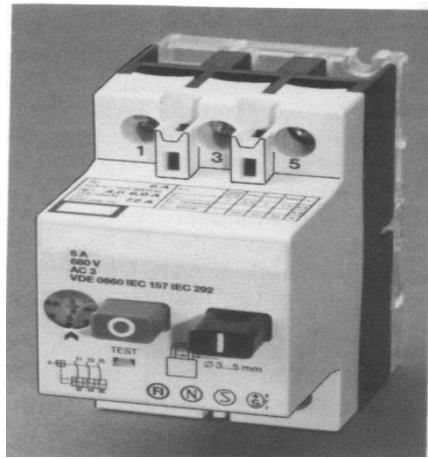
Schutz von Motoren

Motorschutzschalter



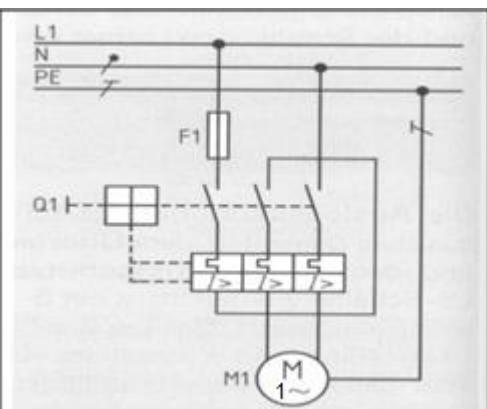


Motorschutzschalter (Lastkontakte)



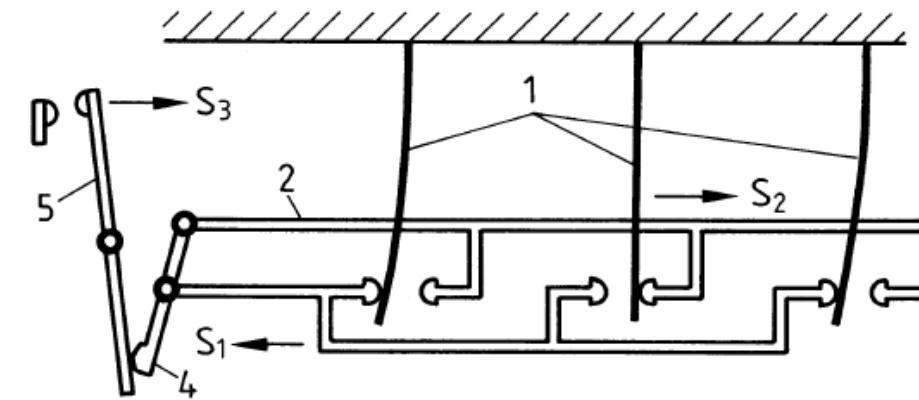
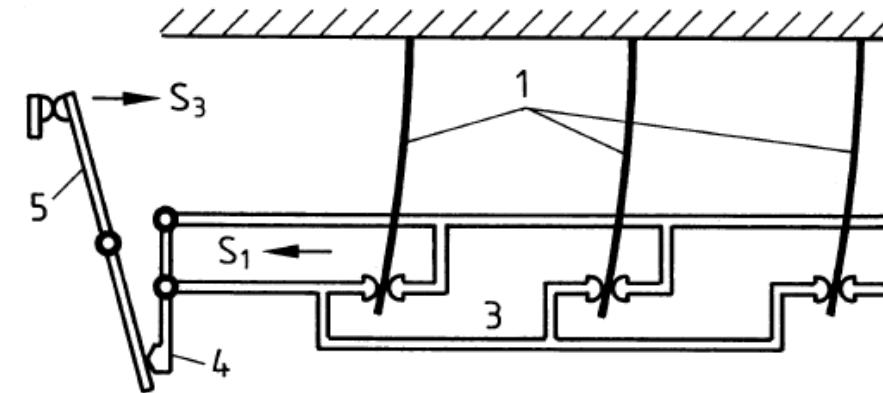
Motorschutzschalter schützen Elektromotoren bei Überlastung, Nichtanlauf und/oder Ausfall eines Außenleiters bei Drehstrom. Der Motorschutzschalter ist auf den Nennstrom des angeschlossenen Motors einzustellen.

- Auslösearten:**
- Elektromagnetisch** – schützt bei Kurzschluss
 - Bimetall** – schützt bei Überlast
 - Freiauslösung** – verhindert Wiedereinschalten bei bestehenden Fehler
 - unsymmetrische Belastung** – Phasenausfall, unterschiedliche Ströme
 - evtl. Nullspannungsauslöser** – löst bei Spannungsunterbrechung aus



Zum Schutz von Einphasenmotoren werden die Überstromauslöser so geschaltet, dass alle drei Auslöser vom Betriebsstrom des Motors durchflossen werden.

Differentialauslösung bei Thermorelais



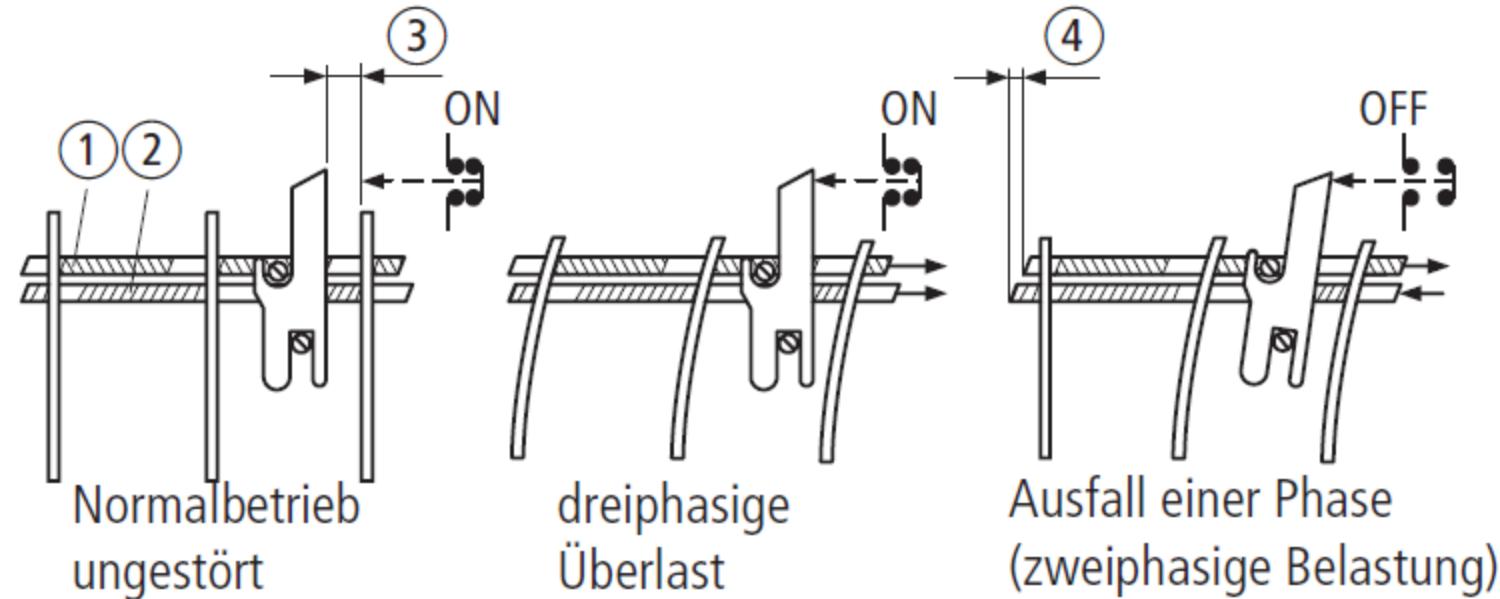


Abbildung 3: Funktion der Phasenausfallempfindlichkeit mit Hilfe einer Auslöse- und Differentialbrücke

- ① Auslösebrücke
- ② Differentialbrücke
- ③ Abstand
- ④ Differenzweg

Temperaturkompensation

- Zwei Parameter beeinflussen die Ausbiegung der Bimetalle.
- 1. Die Wärme die proportional zum fließendem Strom erzeugt wird.
- 2. Der Einfluss der Umgebungstemperatur.
- Mit Hilfe eines zusätzlichen Bimetalls das nicht vom Motorstrom durchflossen ist, wird diese kontinuierlich, durch Korrektur des Auslöseweges, kompensiert.

Überlastüberwachung von EEx e-Motoren

- Höchst zulässige Oberflächentemperaturen werden bestimmt.
- Die Erwärmungszeit t_E und das Verhältnis Anlaufstrom zu Nennstrom I_A/I_N wird auf dem Motor angegeben.
- t_E ist die Zeit in der sich die Wicklung bei Anlaufstrom von der Endtemperatur im Bemessungsbetrieb zur Grenztemperatur erwärmt.

Beispiel: $I_A/I_N = 6, t_E = 10 \text{ s}$

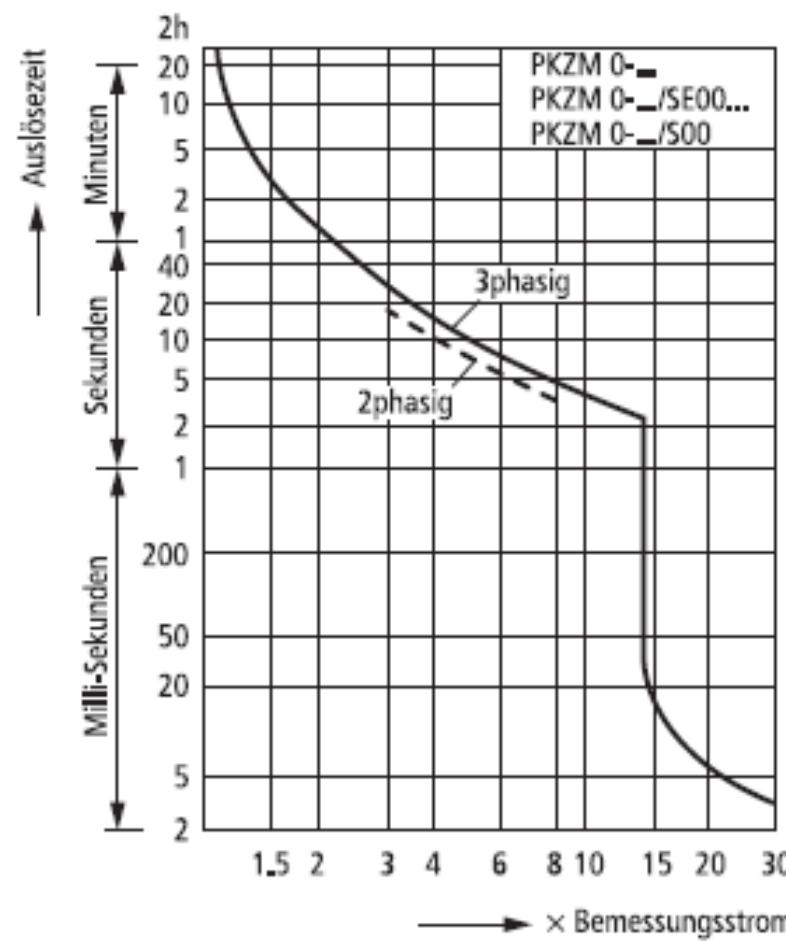
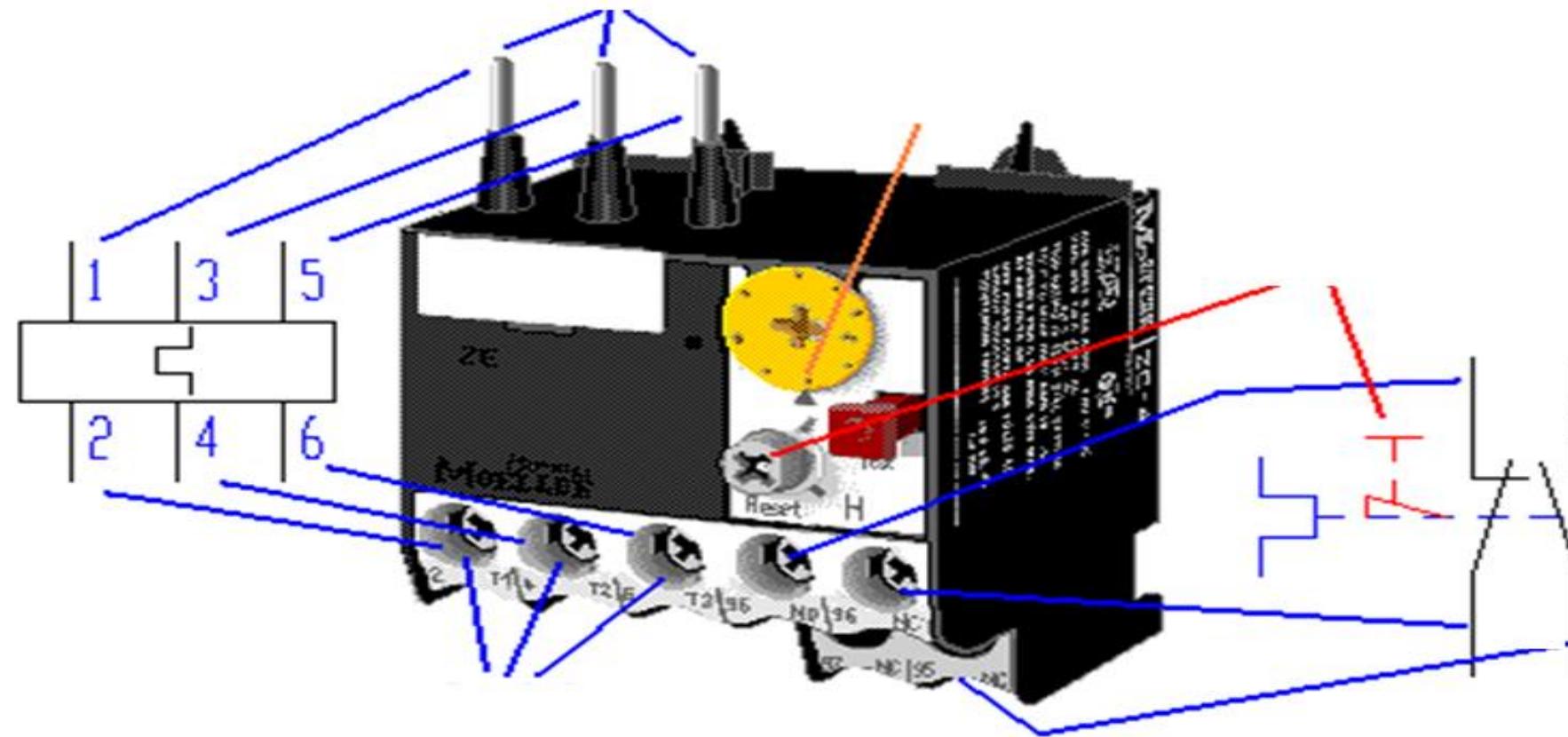


Abbildung 5: Auslösekennlinie des Motorschutzschalters

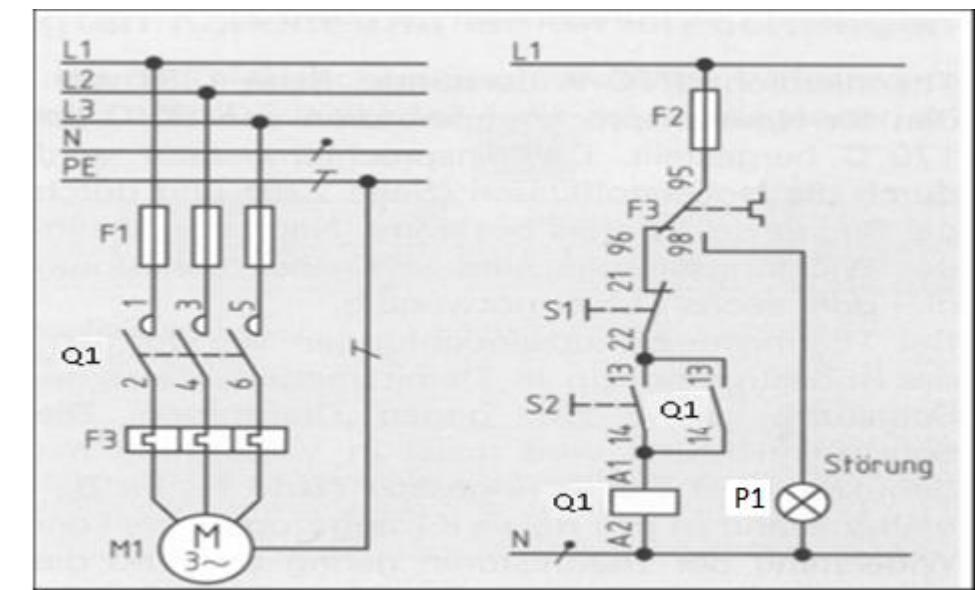
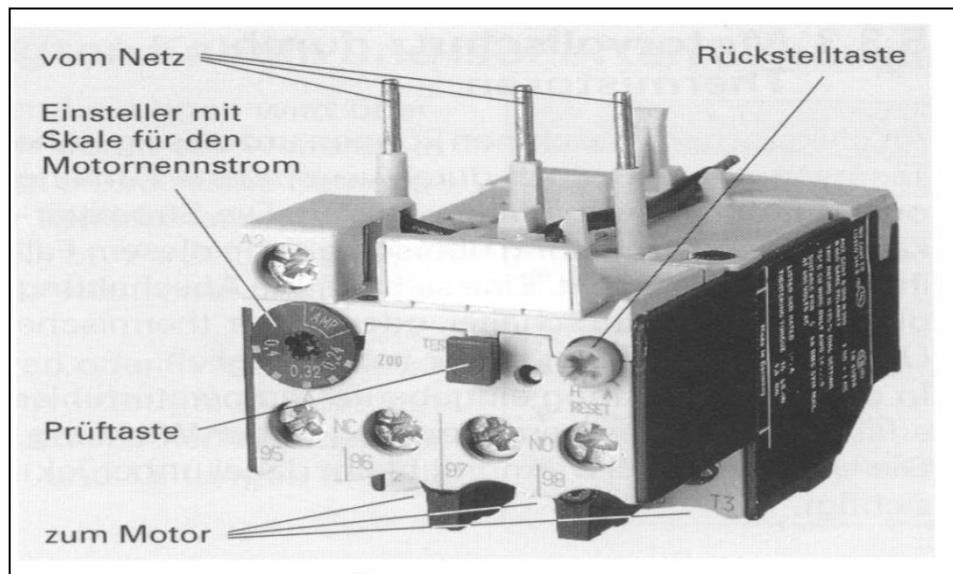
Motorschutzrelais



Motorschutzrelais (besitzt nur Steuerkontakte)

Ein Motorschutzrelais wird immer in Verbindung mit Schützen verwendet, da das Motorschutzrelais **keine eigene Lastkontakte** hat.

Motorschutzrelais mit ausschließlich thermischer Überlastauslöseeinrichtung sind **Sicherungen vorzuschalten**, denn thermische Auslöser schützen nur vor Überlastung, nicht aber bei Kurzschluss.



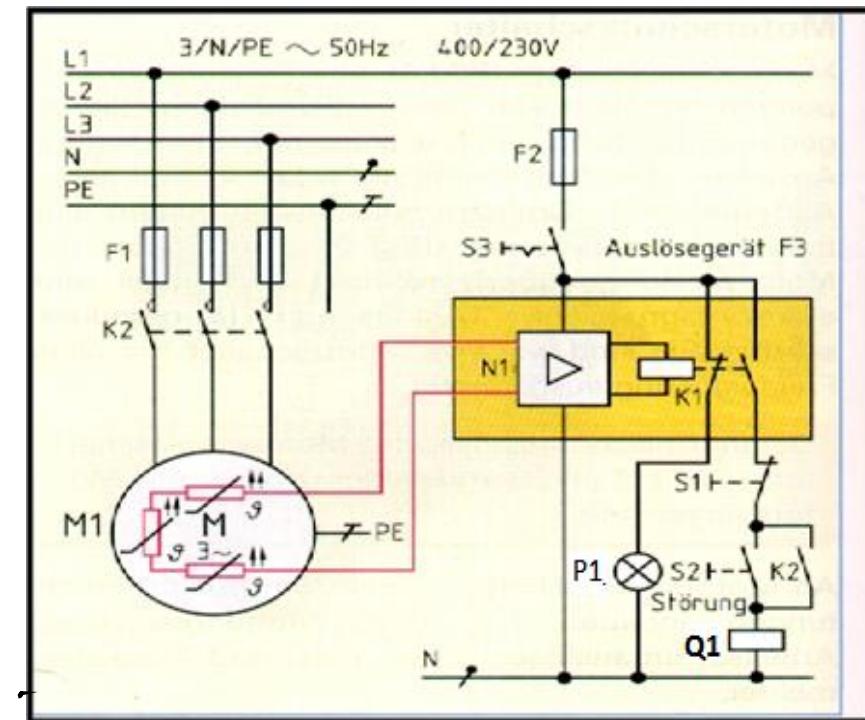
Kontakte bei Möller (Eaton) Motorschutzrelais

95/96 : Öffner (im Fehlerfalle zum abschalten der Steuerung)

97/98 : Schließer (im Fehlerfalle zur Störmeldung)

Motorschutz mit Kaltleitern

Dieser Motorschutz besteht aus den Kaltleiter-Temperaturfühlern und einem Auslösegerät. Bei Drehstrommotoren werden drei Temperaturfühler auf der Abluftseite des Motors in den Wickelkopf eingebaut. Steigt die Wicklungstemperatur über den Wert der Nennansprechtemperatur der Kaltleiterfühler an, werden die Fühler hochohmig und schalten den Motor durch das Relais K1 im Auslösegerät F3 ab.



Vorteile und Grenzen der Wicklungstemp.-überwachung

- Motoren bis ca. 15 kW sind häufig Ständerkritische Motoren.
 - Überlastung wird früher erkannt und der Motor geschützt.
 - Stromunabhängige Temperaturprobleme werden erkannt.
-
- Bei Fehlerbedingten Läuferstillstand, verzögerte Abschaltung da die Wicklung sich nicht im Bereich der Thermistoren erwärmt.

Anwendung der Temperatur Überwachung

- Wechselnde Belastung
- Start - Stop - Betrieb
- Gegenstrombremsung
- Hohe Umgebungstemperatur
- Schlechte Kühlung, zum Beispiel bei staubiger Umgebung
- Drehzahlgeregelte Motoren

Anwendung der Stromüberwachung

- Schutz bei,
 - Erdschluss
 - Kurzschluss
 - Blockierung des Rotors
 - Motoren mit kleiner Thermischer Trägheit
- Schneller Reaktion bei Phasenausfall und Asymmetrie

Leistungsschild elektrischer Maschinen

nach DIN VDE 0530 Teil 1

- 1 Name des Herstellers, Firmenzeichen
- 2 Typenkennzeichnung, evtl. Herstellungsjahr
- 3 Art der Maschine: Mot. = Motor
D-Mot. = Drehstrommotor
Gen. = Generator
U = Umformer
BLM = Blindleistungsmaschine
- Stromart: Gleichstrom =
Einphasen-Wechselstrom 1~
Drehstrom 3~

4 Fertigungsnummer

5 Schaltart der Wicklung bei Wechselstrommaschinen nach DIN 42 961:

- | | |
|------------------------------|------------------------------------|
| Einphasenwicklung I | Einphasenwicklung mit Hilfsphase I |
| Zweiphasenwicklung II | Sternschaltung Y |
| Dreiphasenwicklung offen III | Dreieckschaltung Δ |

Nennspannung für die jeweilige Schaltart (z.B. Δ/Y 230/400V)

6 Nennstrom (bei Nennlast in bei Δ , bei mehreren Angaben bezogen auf die Reihenfolge der angegebenen Nennspannungen)

7 Nennleistung in kW (abgegebene mechanische Leistung),

bei Elektrowerkzeugen und Kleingeräten aufgenommene Leistung in W,
bei Synchrongeneratoren und Blindleistungsmaschinen Scheinleistung in kVA.

8 Leistungsfaktor bei Wechselstrommaschinen ($\cos\varphi$ ca. 0,8-0,9)

9 Nenndrehzahl, evtl. auch zulässige Höchstdrehzahl in Umdrehungen pro min. Drehrichtung: Rechtslauf→, Linkslauf←, Klasse des Nennbetriebs oder Betriebsart

10 Nennfrequenz bei Wechselstrommaschinen

11 Angaben über **Spannung der Läuferwicklung** (Erregerspannung, Läuferspannung), Schaltart der Läuferwicklung

12 Angaben über **Strom der Läuferwicklung** (Erregerstrom, Läufstrom)

13 Isolierstoffklasse oder Grenz-ÜberTemperatur

14 Schutzart (IP)

15 Angabe des **Gewichts** in t bei Maschinen über 1t

16 sonstige Angaben wie z.B. Kühlungsart, Umgebungstemperatur, Trägheitsmoment, zulässige Aufstellungshöhe u.a.

ELWE	1		
Typ Ms07	2		
D-Mot.	3	4	3105701
ΔY 230/400V	5	6	0,43 / 0,26 A
0,09 kW	7	8	$\cos\varphi$ 0,78
1430 min^{-1}	9	10	50 Hz
Lfr. 100V	11	12	0,7 A
Isol.Kl B / IP44	13 / 14		15
DIN VDE 0530	16		

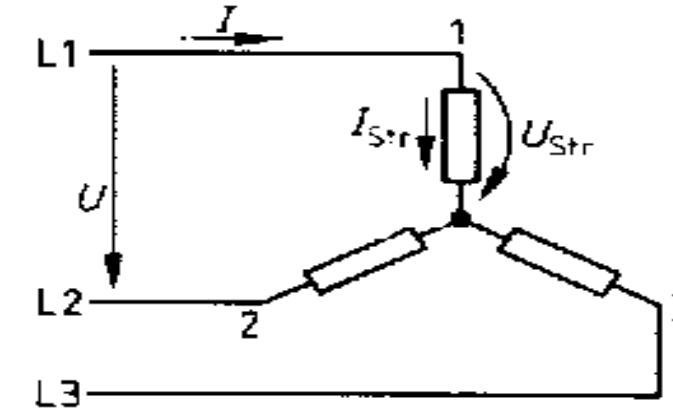
Schaltungsmöglichkeiten

Sternmotor



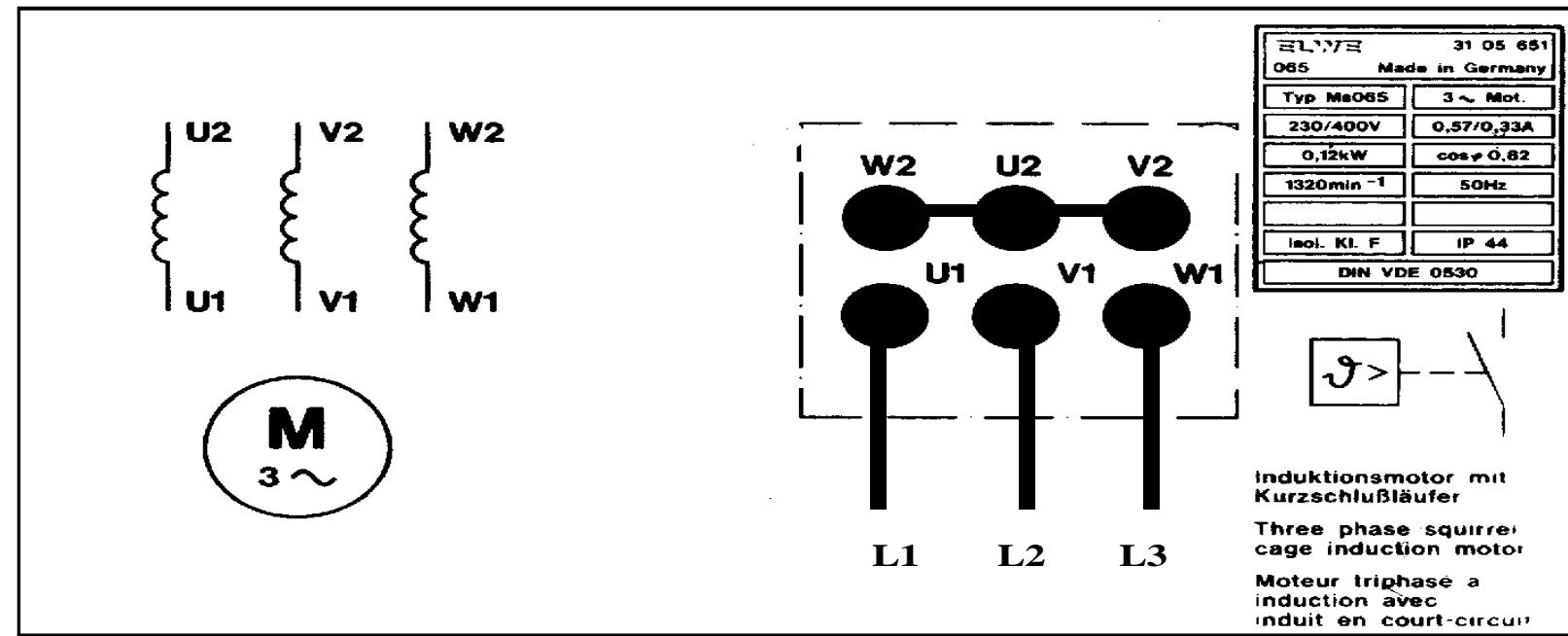
Handwerkskammer
Flensburg

Aufschrift 230V Δ / 400V Y



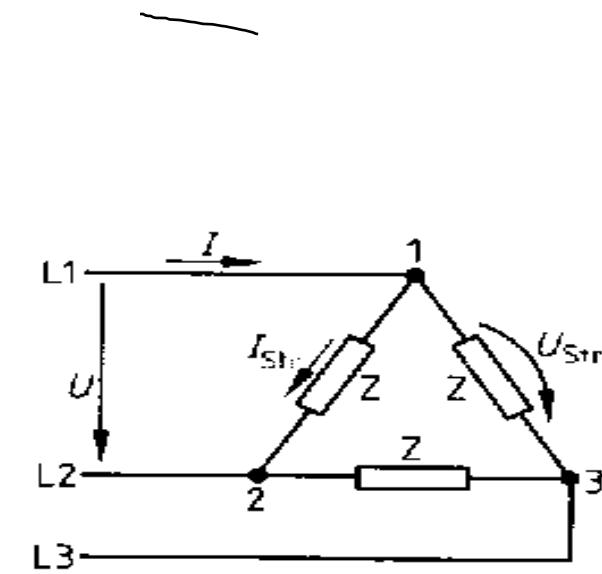
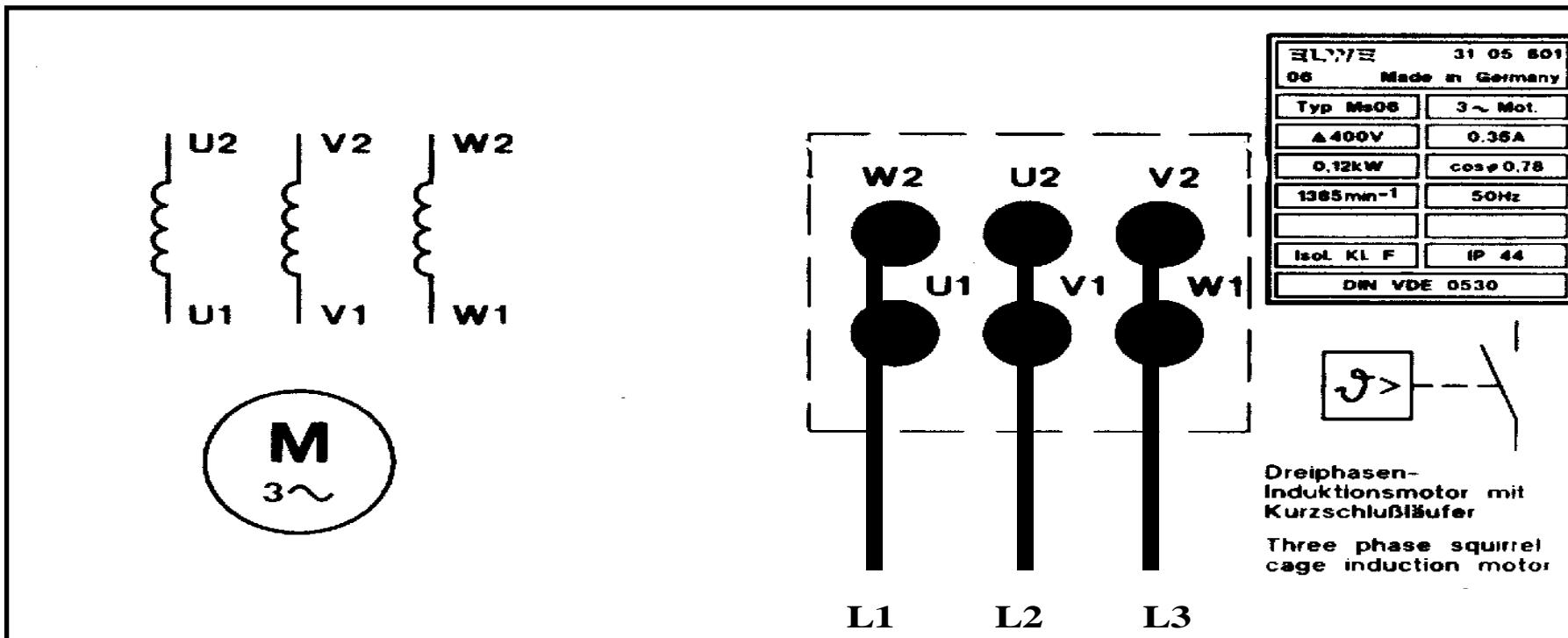
$$U = U_{\text{str}} * \sqrt{3}$$

$$I = I_{\text{str}}$$



Dreieckmotor

Aufschrift: 400V Δ / 690VY 4 / 2,3 A

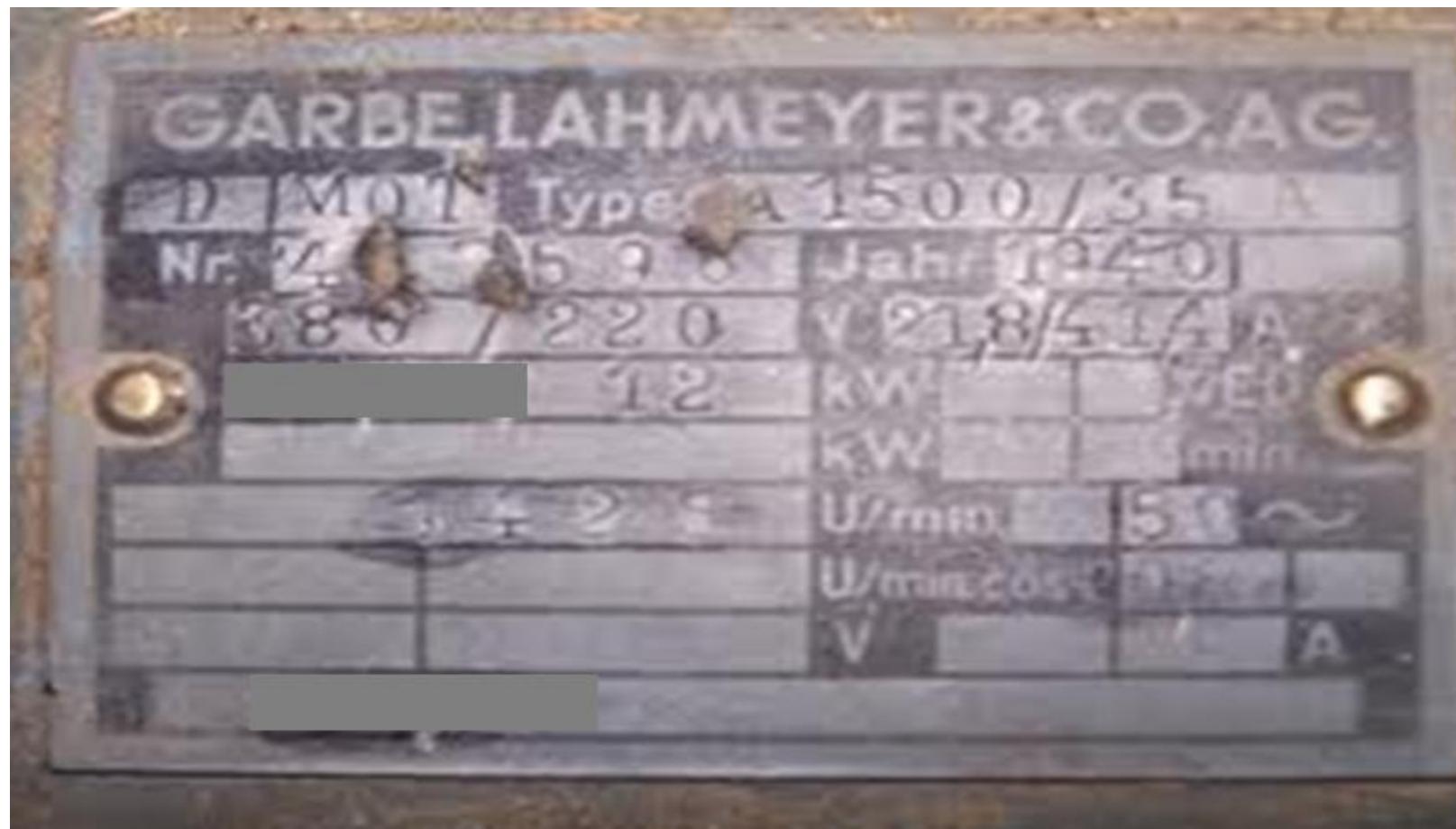


$$U = U_{STR}$$

$$I = I_{STR} * \sqrt{3}$$

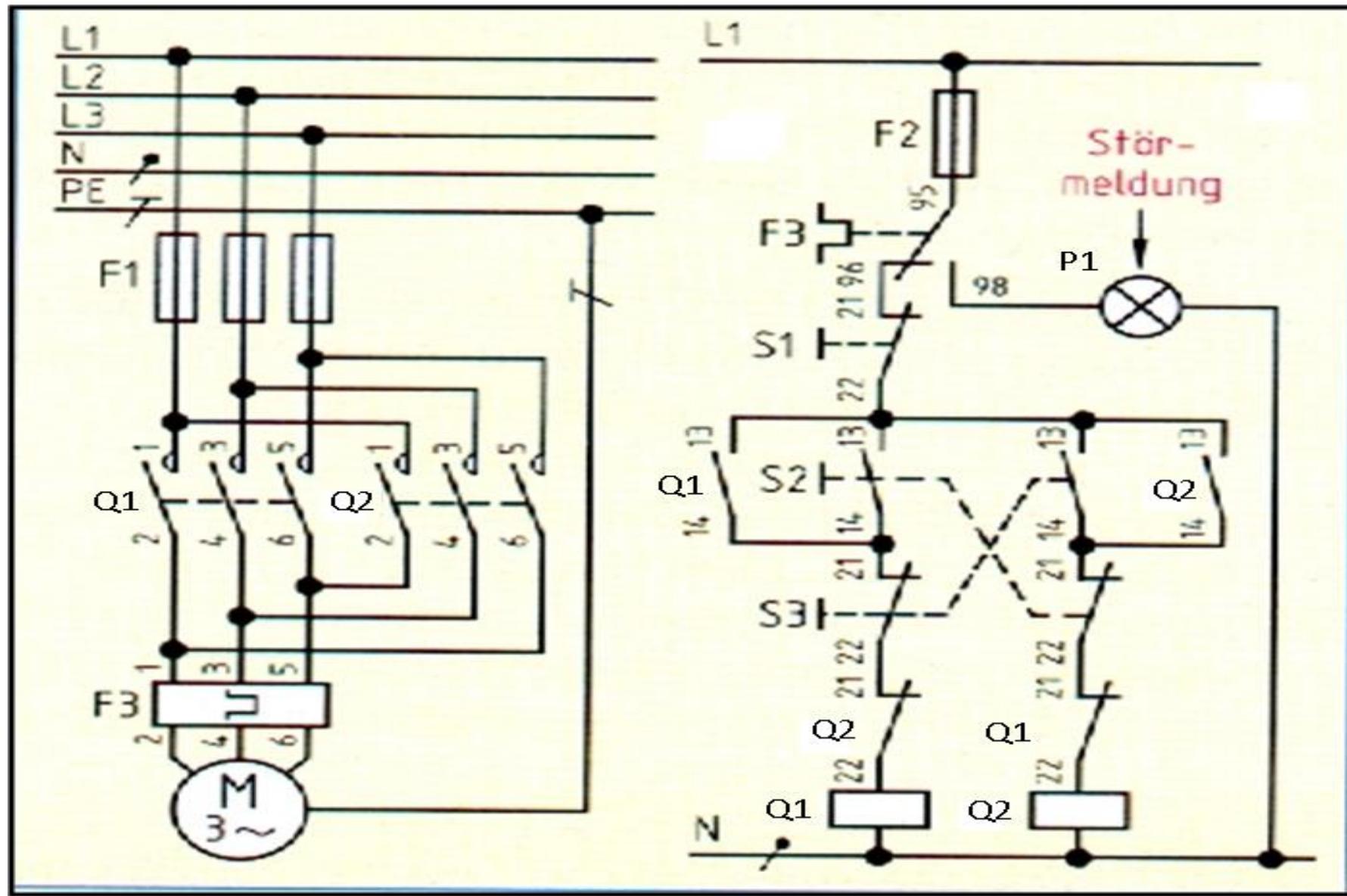
04	Type H100LB/2	OP. 63237
IP55/	Is.cl F	Kg. SN 22950
	μF.	VL
Serv. S	1	cos φ 0.70
50 Hz.	4 kW	660-720V/300-420A V
	2890 rpm	5.2 Δ / 9.1 Δ A
60 Hz.	4 kW	660-720V/300-420A V
	4.8 kW	760-830V/440-480A V
	8470 rpm	5.2 Δ / 9.1 Δ A



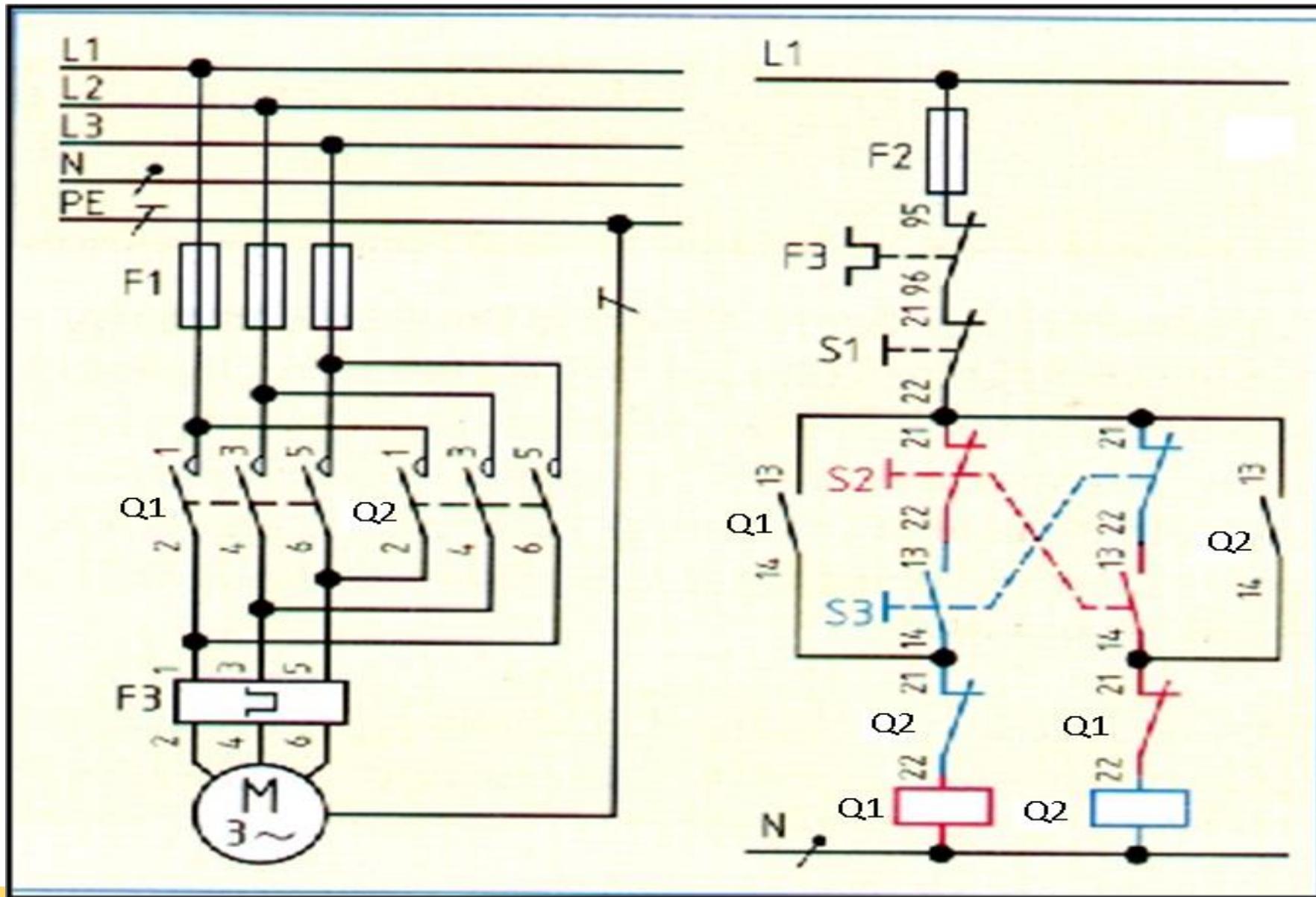


Wendeschützschaltung

Wendeschütz direktumschaltbar

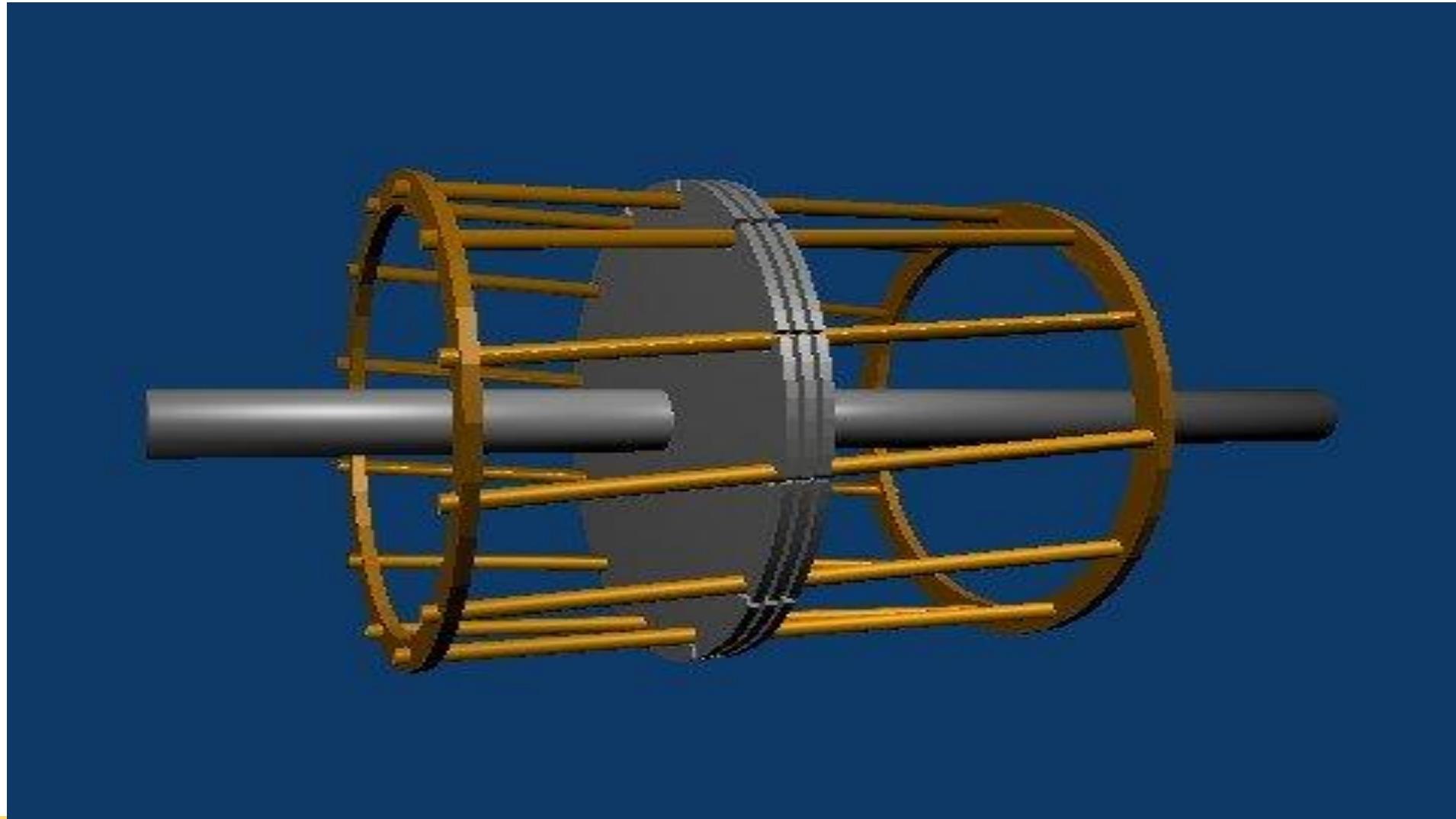


Wendeschütz über Aus

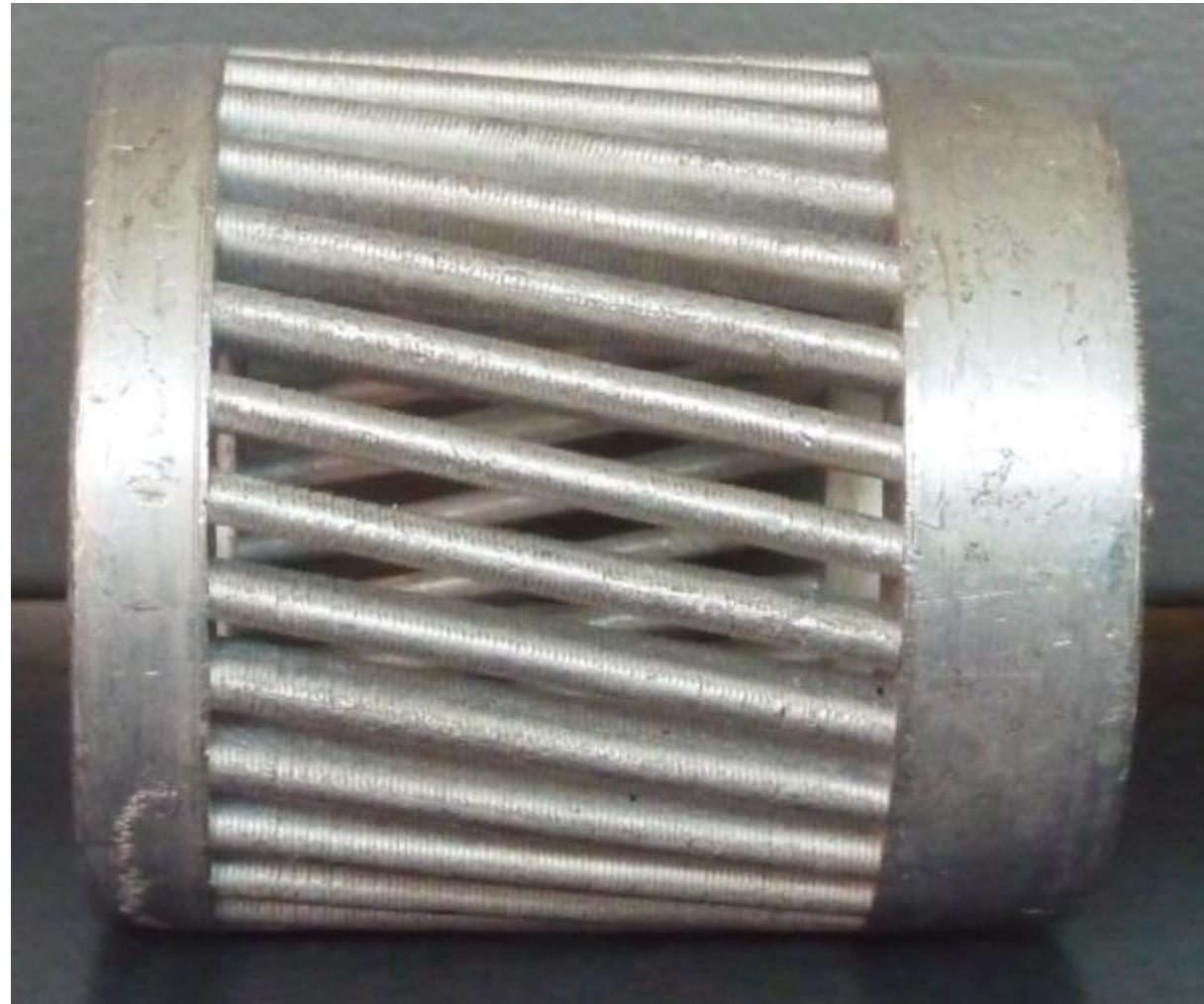


Anlaufstrombegrenzung

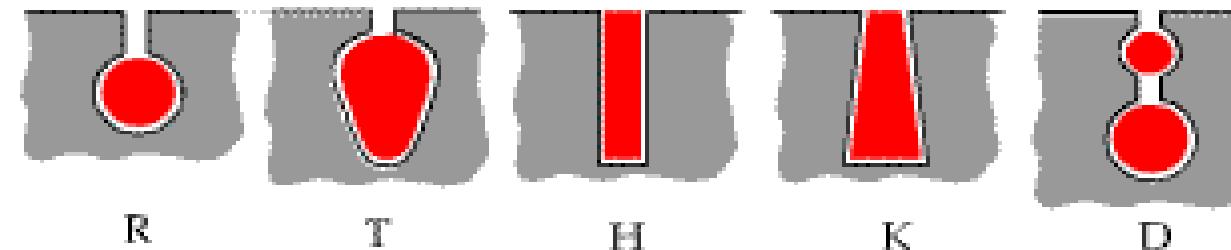
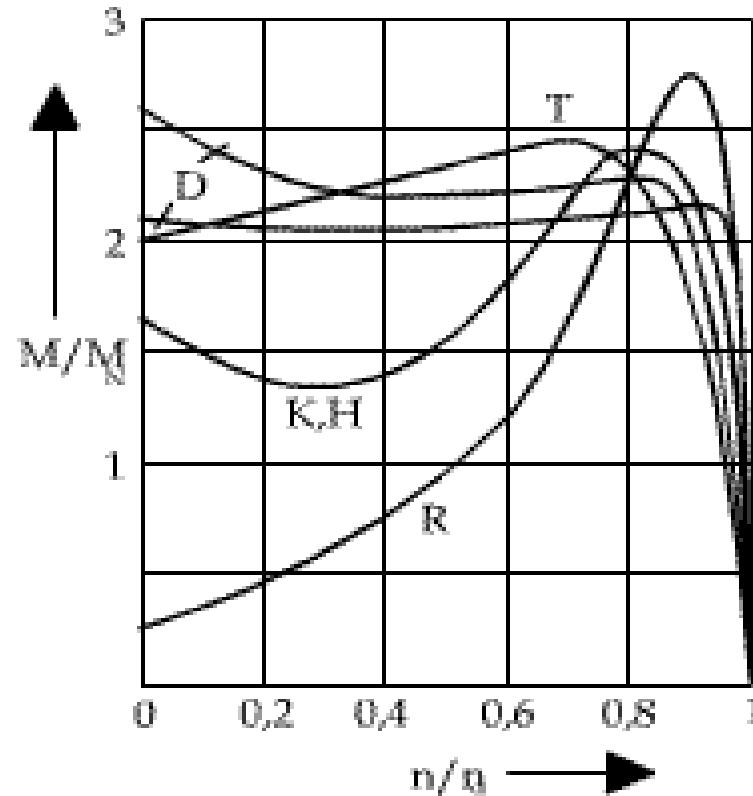
Rotorkäfig aus Kupfer



Rotorkäfig aus Aluminium



Stromverdrängungsläufer



Mittlere Dehnmoment-Drehzahl-Kennlinie und Nut- und Stabformen von Drehstrom-Asynchronmotoren.

R...Schleifringläufer oder Rundstabläufer für Leistungen über 50kW
 T...Kleinmotor bis 1kW mit Tropfnut

H...Hochstabläufer

K...Keilstabläufer

D...Doppelkäfigläufer

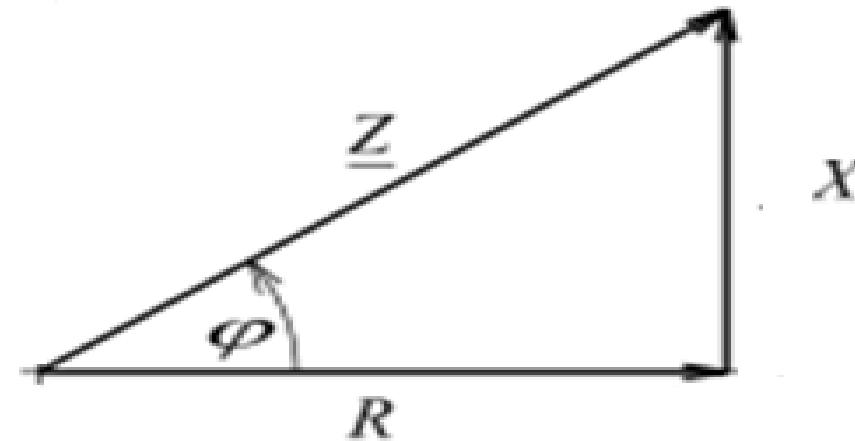
Funktionsweise des Stromverdrängungsläufer

Beim DASM sollte der Anlaufstrom klein und das Anlaufmoment groß sein.

Zur Begrenzung des Stroms muss der Wirkwiderstand des Läufers groß sein.

Ein großes Moment wird durch eine kleine Phasenverschiebung zwischen Läuferstrom und Spannung erreicht.

Folglich muss der Läufer so konstruiert werden, daß der Wirkwiderstand des aktiven Läuferstabes sehr viel größer ist als sein Blindwiderstand.

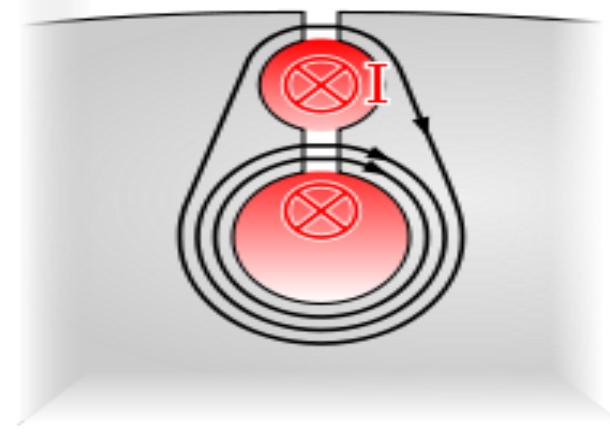


Ein hoher Wirkwiderstand im Rotor begrenzt den Strom, erhöht aber den Schlupf und verschlechtert den Wirkungsgrad des Motors nach dem Hochlauf.

Jetzt kommt die Stunde des Doppelstabläufers!

Anlauf – hohe Frequenz im Rotor – Wechselstrom in den Läuferstäben Wechselfeld um die Stäbe erzeugen einen Blindwiderstand

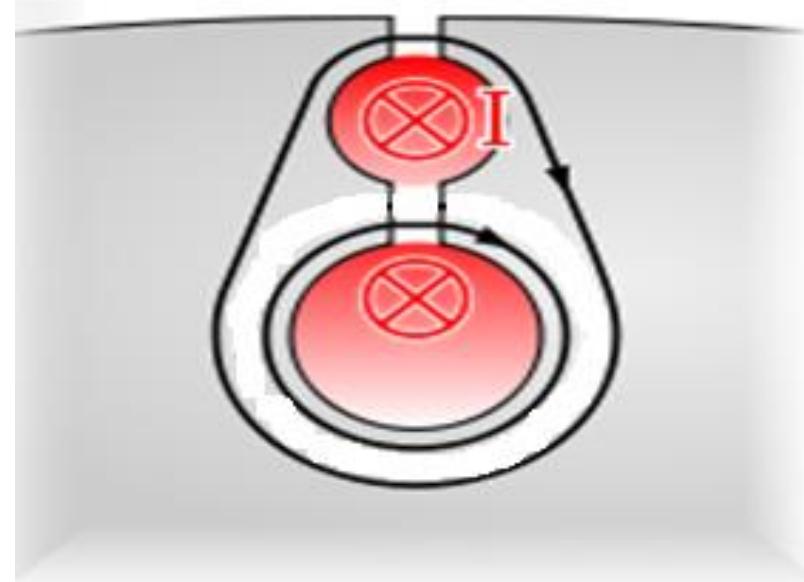
In den Stäben wird eine Spannung induziert, die den sie verursachenden Strömen entgegenwirkt.
(Lenzsche Regel)



Das magnetische Wechselfeld im inneren Rotor ist stärker, da die Feldlinien sich im Eisenpaket schließen können.

Der Gesamtwiderstand des inneren Stabes ist damit größer, der Strom wird nach außen „gedrängt“. (Skineffekt)

Außen haben wir eine höhere Stromdichte und einen großen Wirkwiderstand.



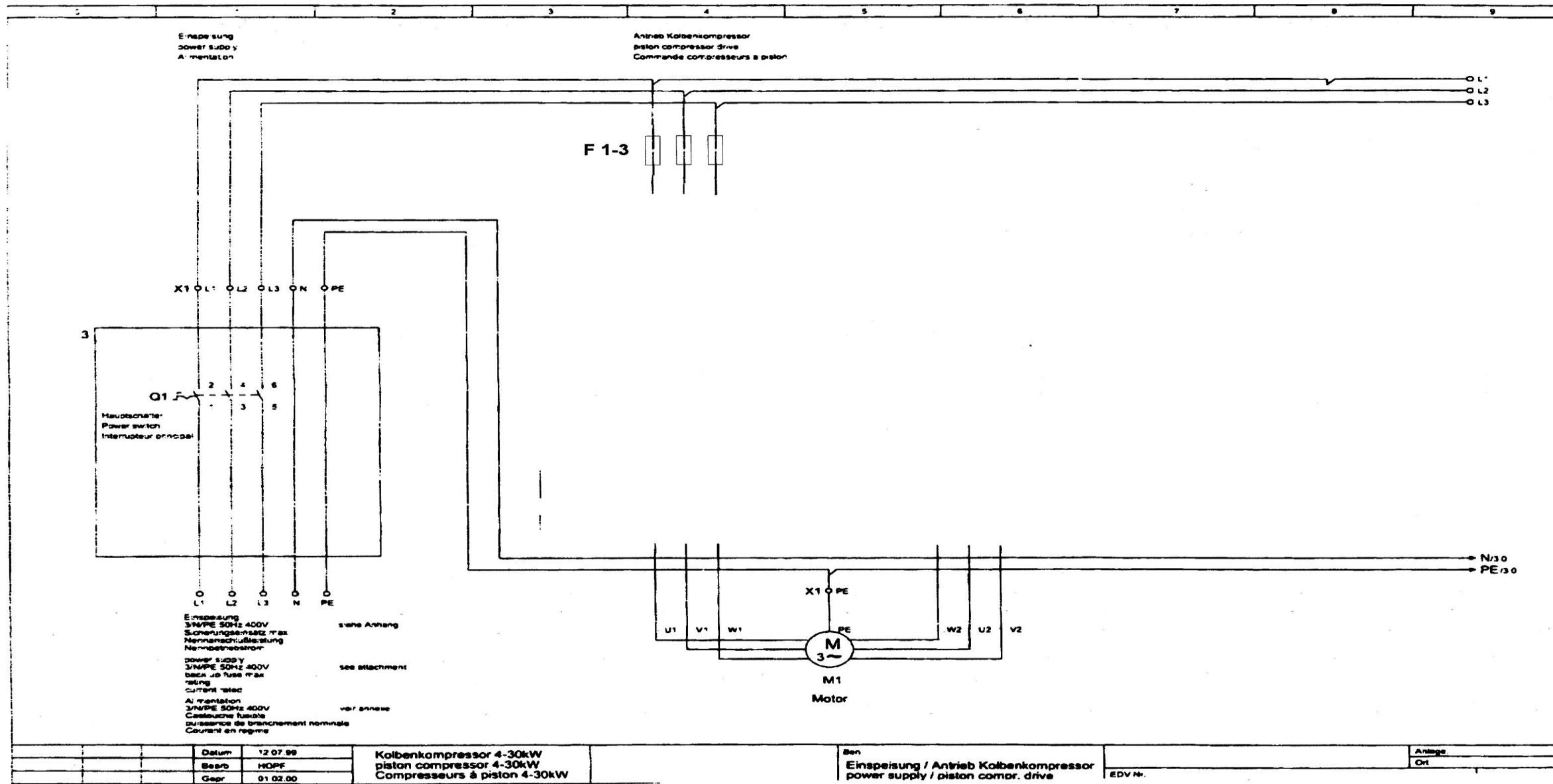
Beim Hochlauf wird die Läuferfrequenz kleiner das Wechselmagnetfeld nimmt ab.

Die Stromverdrängung nimmt ab, der Strom nutzt den Querschnitt beider Läuferstäbe.

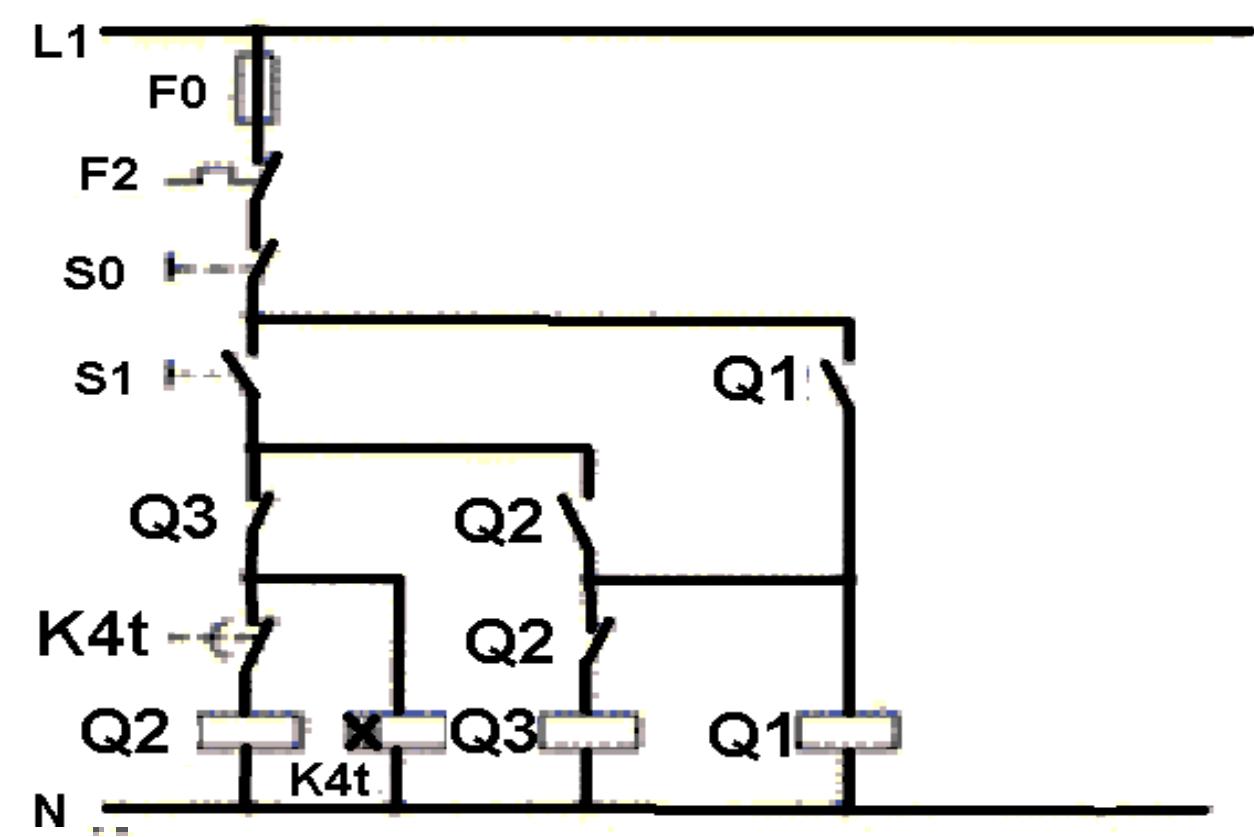
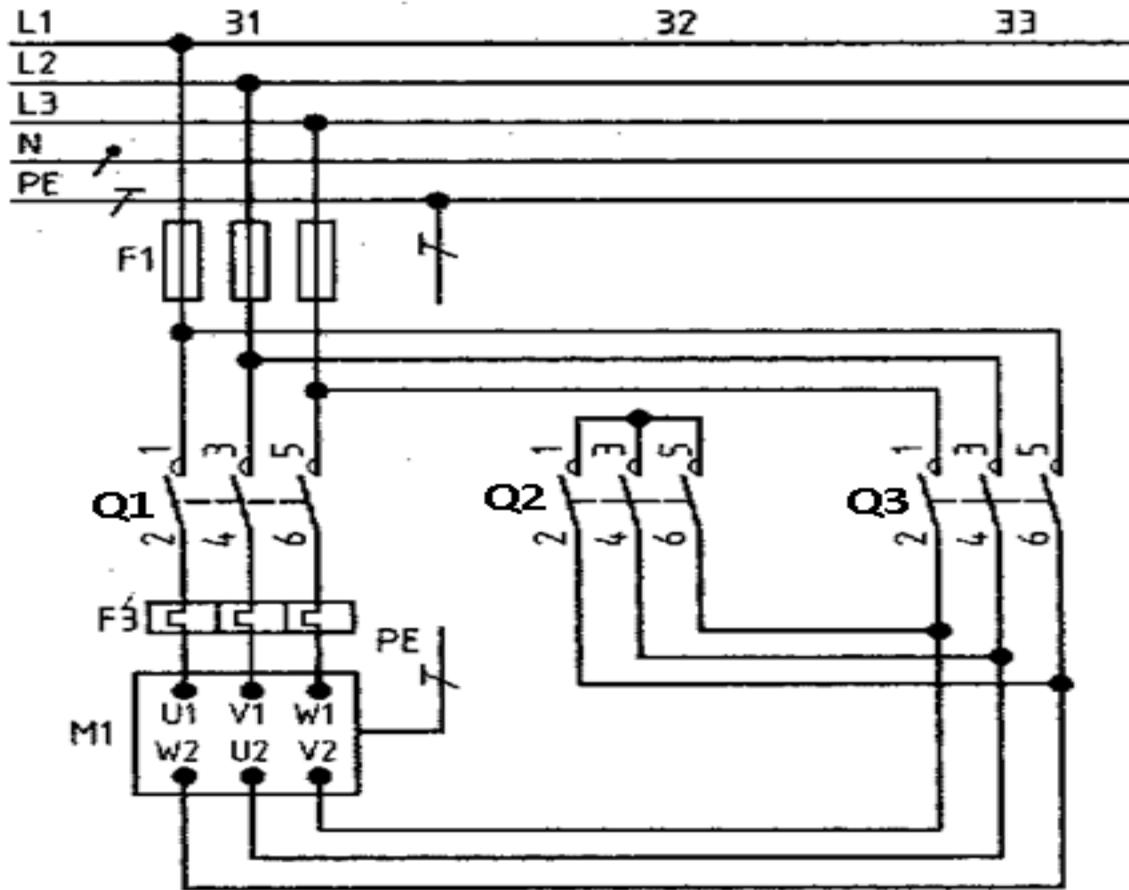
Der Läufer hat nun geringe Verluste, was einen guten Wirkungsgrad ergibt

Stern- Dreieck Schaltung

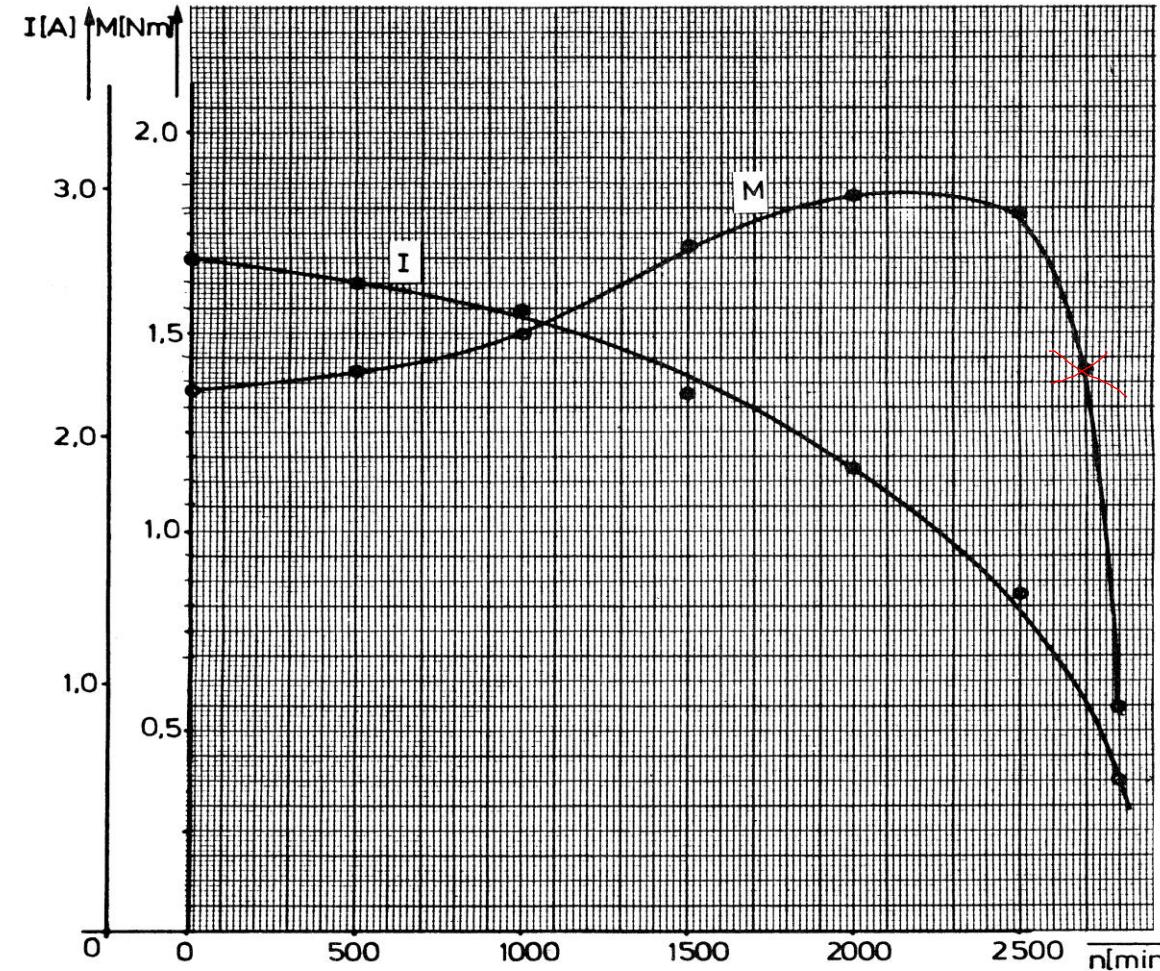




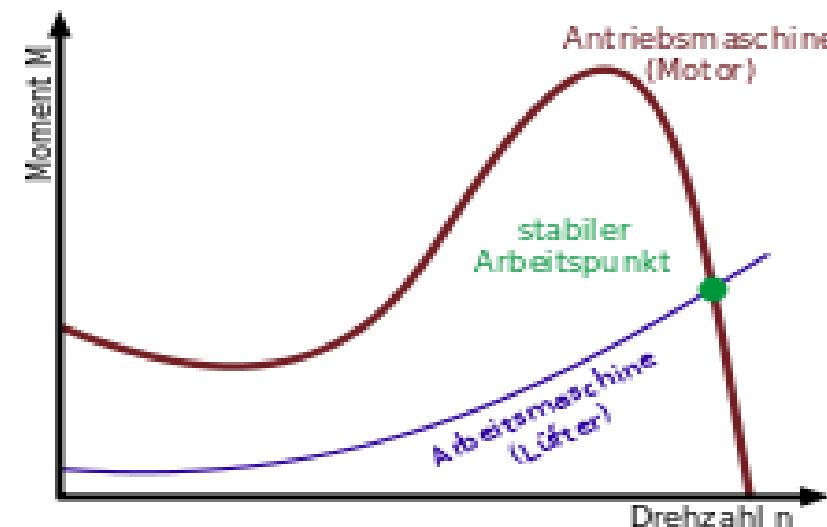
Automatische Stern-Dreieck-Schaltung



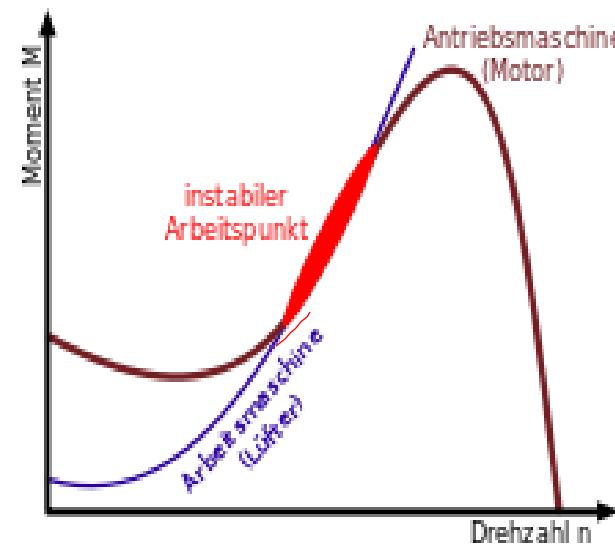
Dreieck- Hochlaufkennlinie



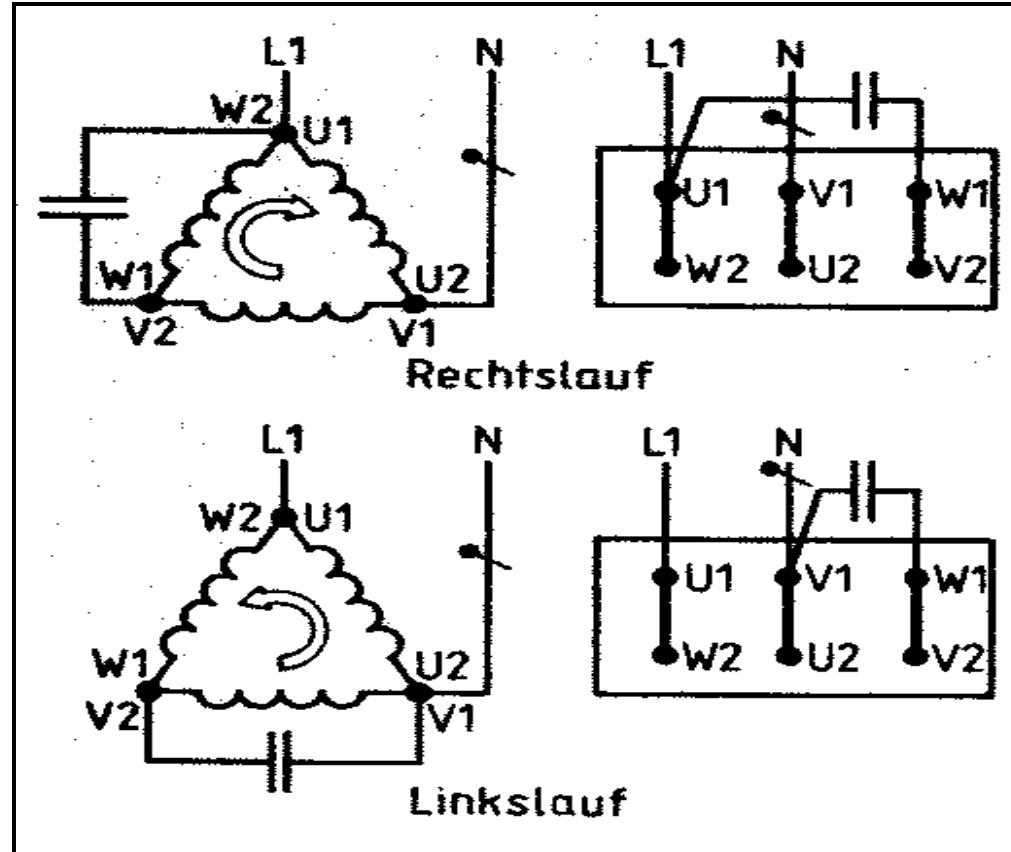
Stabiler Arbeitspunkt



Instabiler Arbeitspunkt



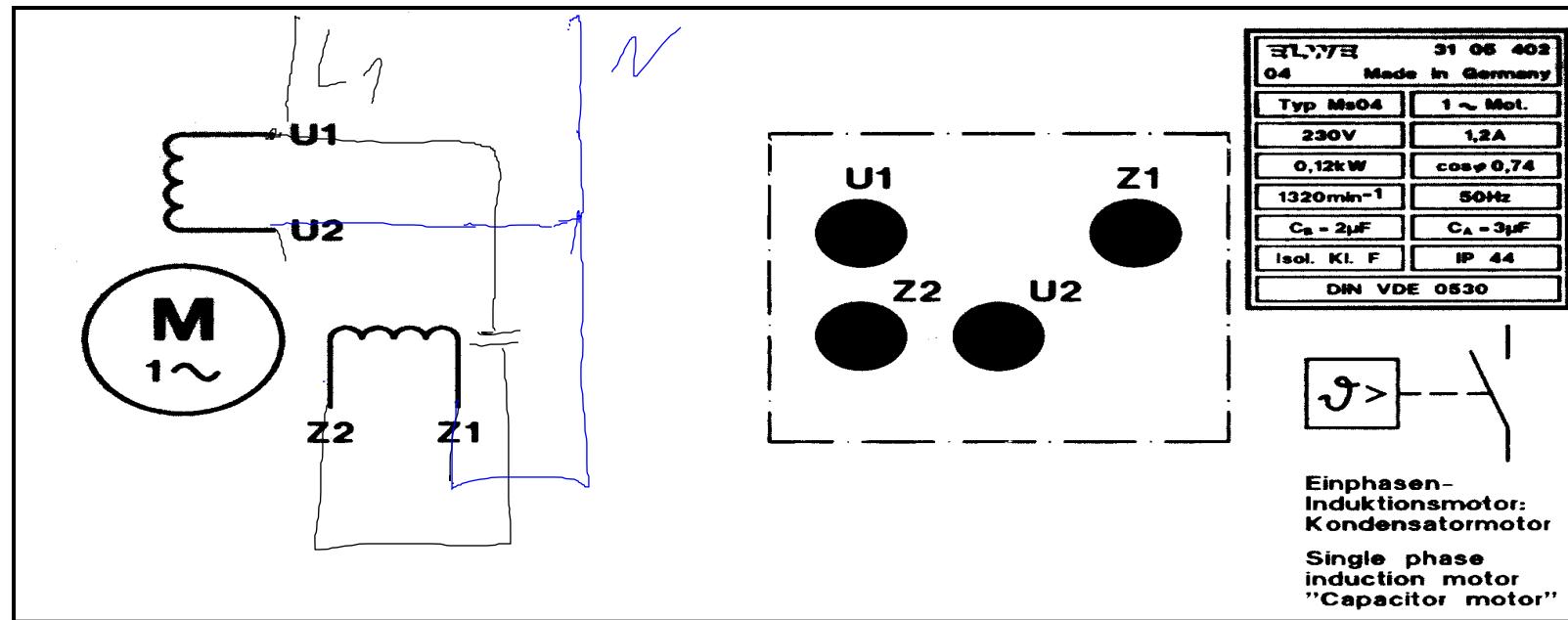
(Drehstrom-Kurzschlußläufermotor am Einphasennetz)



Drehstrommotoren können an Einphasennetzen betrieben werden, wenn die zur Entstehung eines Drehfeldes erforderliche Phasen-verschiebung der Ströme in den Strängen der Ständerwicklung erreicht wird. Üblicherweise geschieht dies durch Zuschalten eines Kondensators. In dem Strang, der mit dem Kondensator in Reihe liegt, ist der Strom voreilend. Die Drehrichtung bestimmt der Hilfsstrang mit dem Kondensator. Mithilfe von Kondensatoren erzeugte Drehfelder haben eine elliptische Form.

Bei 230V sind $70\mu F$ je kW Motorleistung erforderlich.

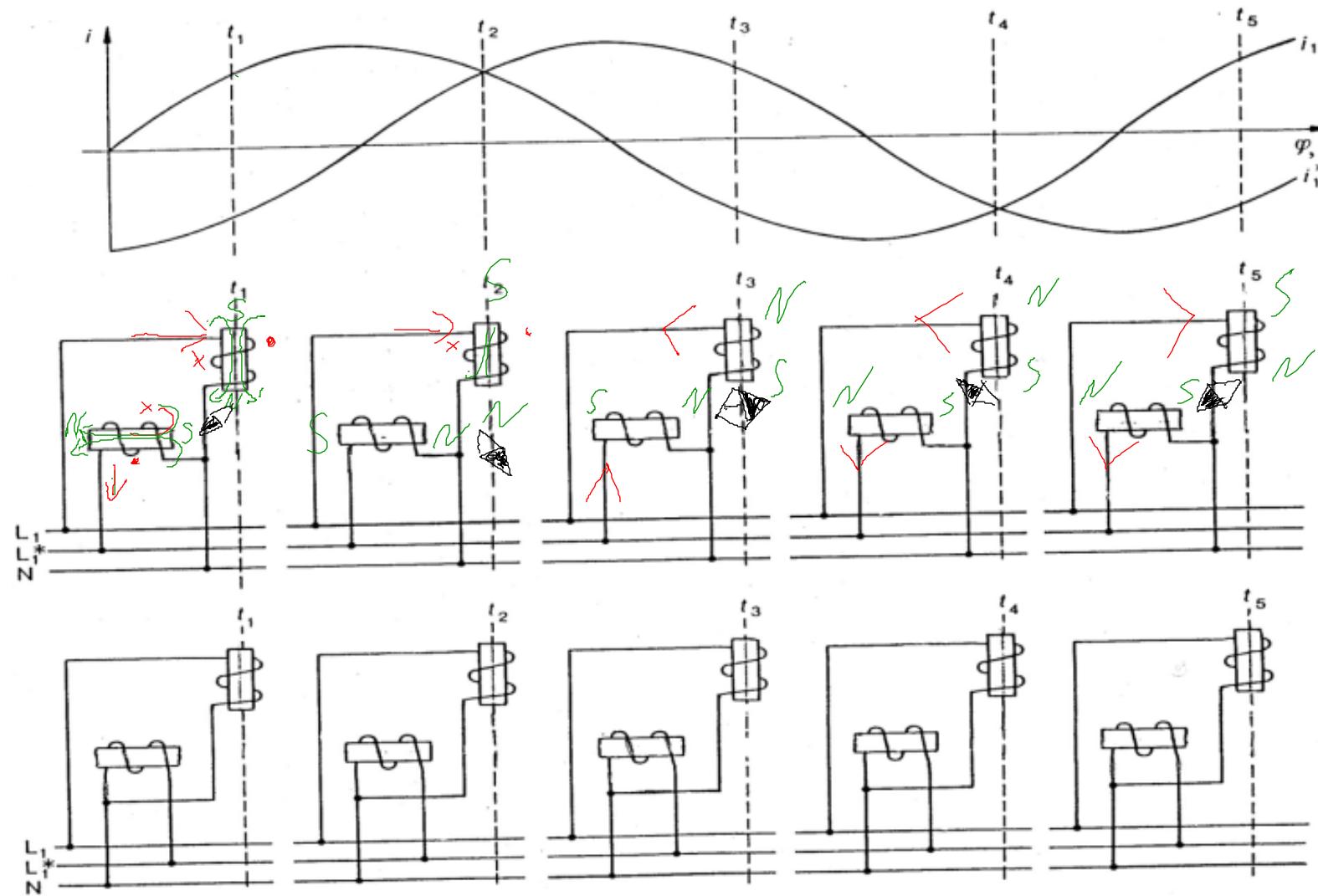
Kondensatormotor



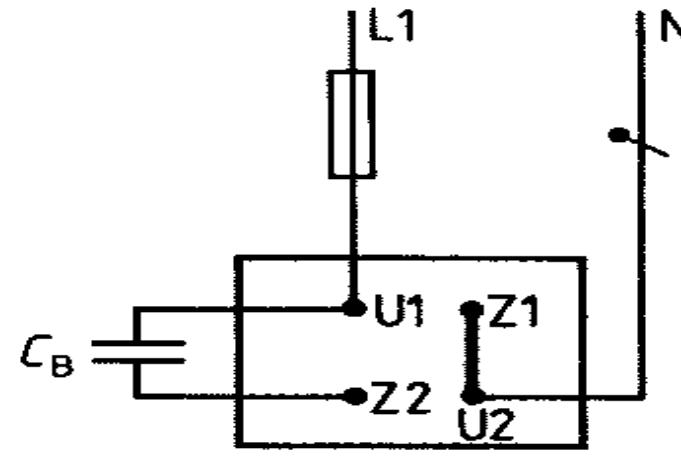
Beim Kondensatormotor wird das erforderliche Drehfeld durch die Phasenverschiebung eines Kondensators erzeugt. Dieser liegt in Reihe zur Hilfswicklung.

Durch die Kondensatorangabe auf dem Leistungsschild kann der Kondensatormotor leicht von anderen Motoren unterschieden werden.

Drehfelderzeugung mit einphasigem Wechselstrom

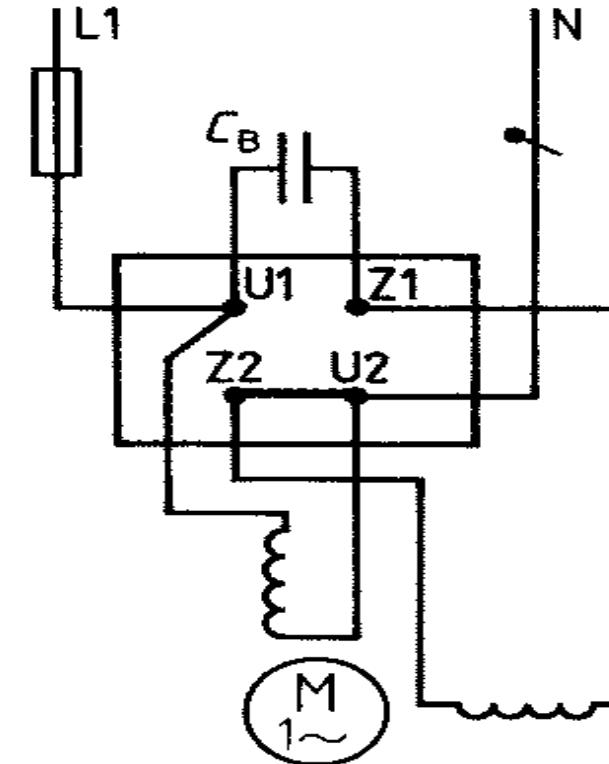


Kondensatormotor



C_B Betriebskondensator

Schaltung für Linkslauf



Schaltung für Rechtslauf

Zur Änderung der Drehrichtung muss die Stromrichtung in der Hilfswicklung umgepolt werden.

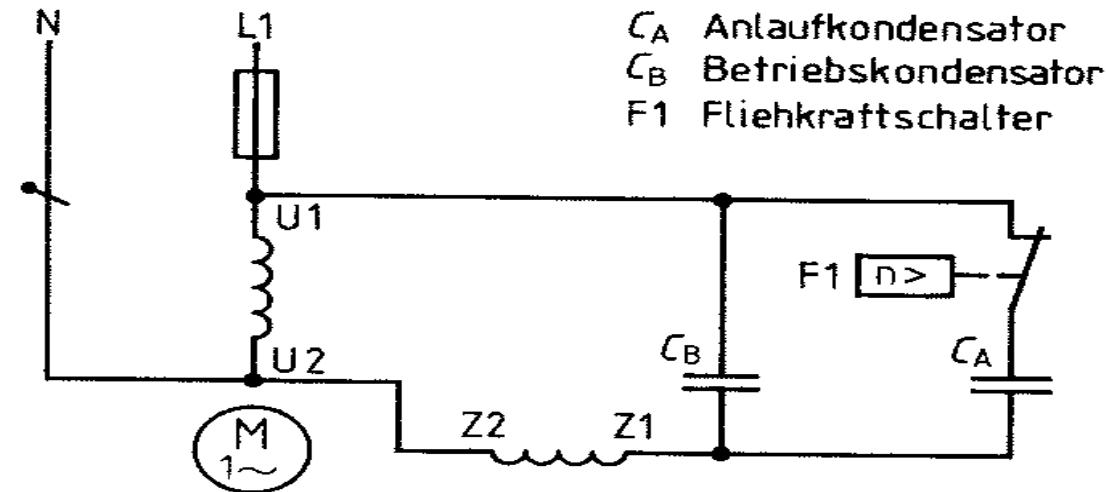
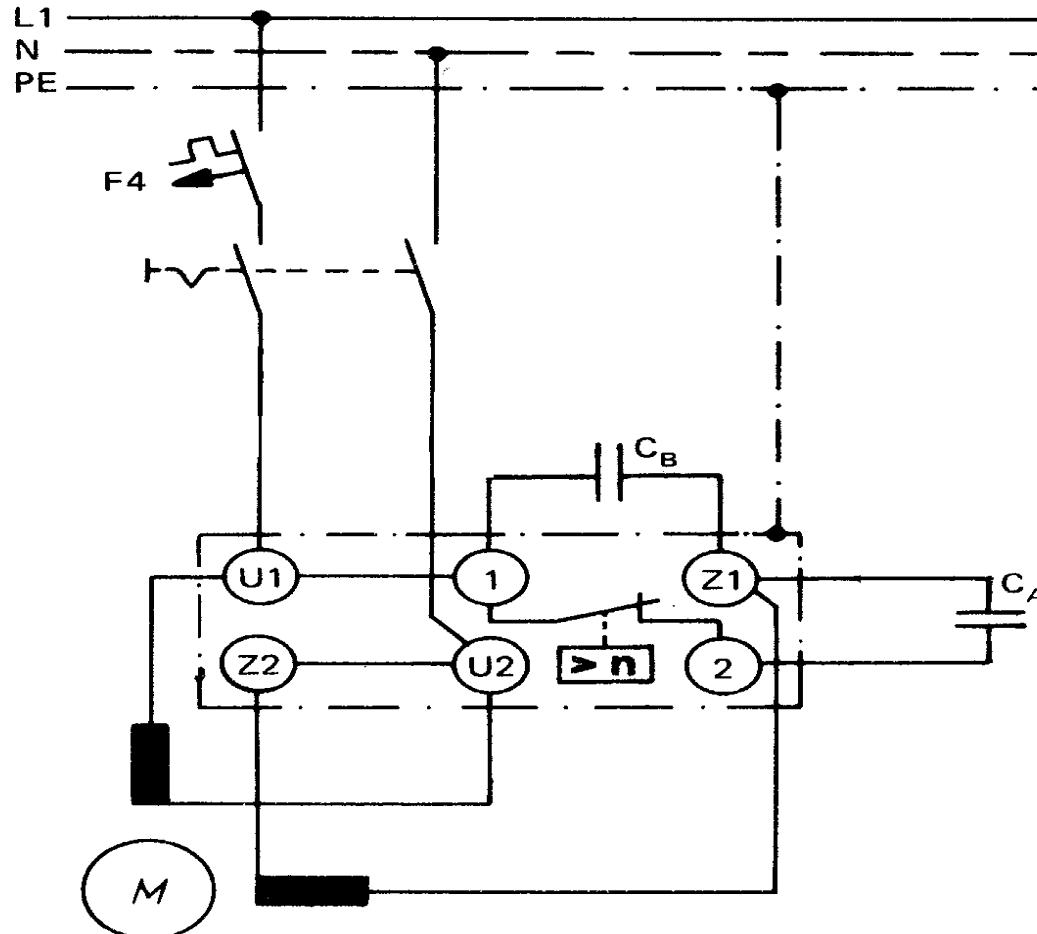
Kondensatormotor mit Anlauf- und Betriebskondensator

Um ein hohes Anzugsmoment (bis zum 2-3fachen Nennmoment) zu erreichen, verwendet man einen Anlaufkondensator C_A und einen Betriebskondensator C_B .

Der Motor kann dann unter Last anlaufen (z.B. Kühlschrank).

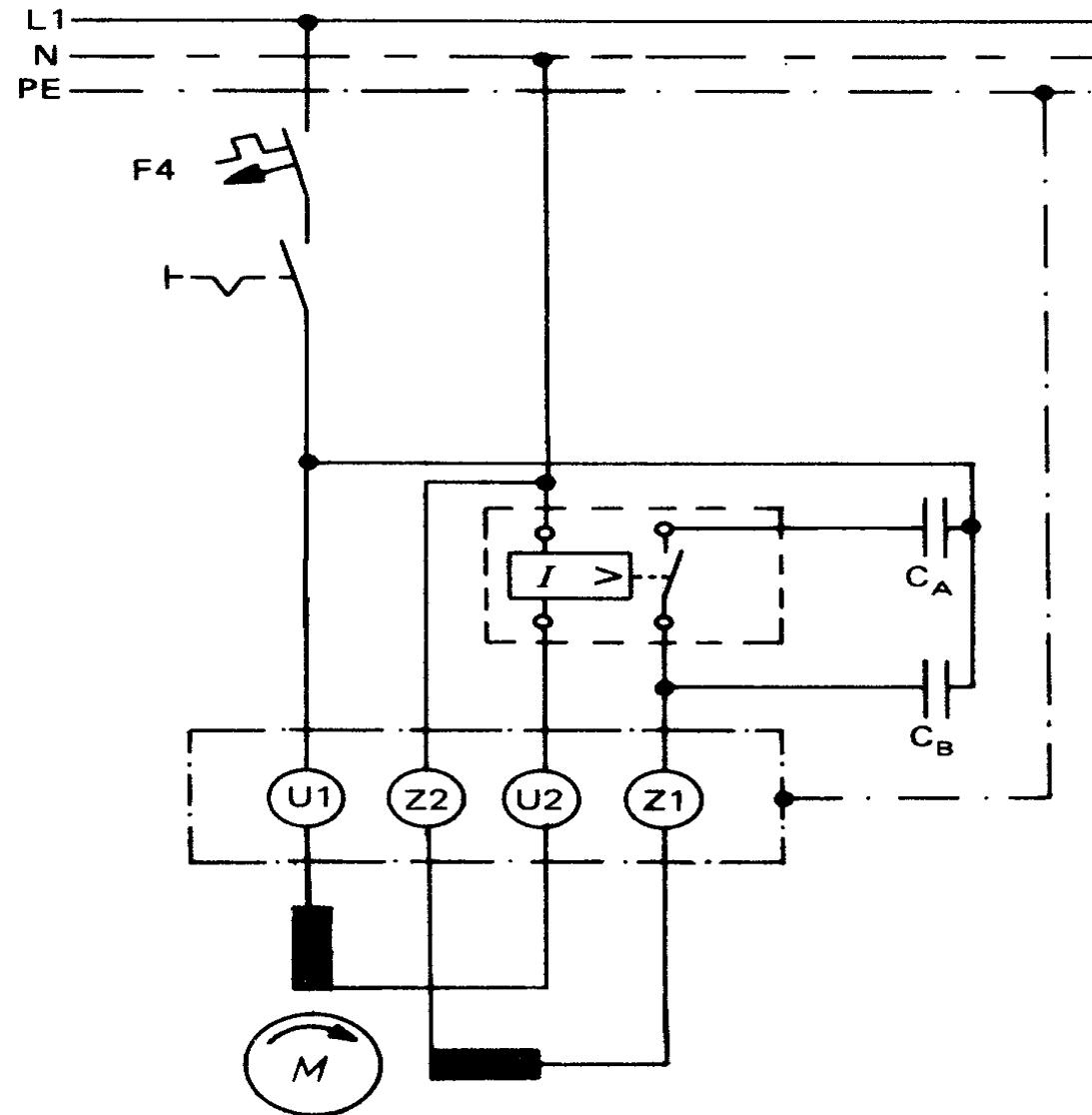
Nach dem Anlauf muss der Anlaufkondensator abgeschaltet werden, da sonst ein zu hoher Strom durch die Hilfswicklung fließen würde. Die Abschaltung erfolgt durch **thermische** oder **stromabhängige** Relais oder durch **Fliehkraftschalter**.

Kondensatormotor mit Fliehkraftschalter



Zu beachten ist, dass die Kondensatoren für die größte auftretende Spannung bemessen sein müssen (Kondensator und Hilfswicklung bilden einen Reihenschwingkreis).

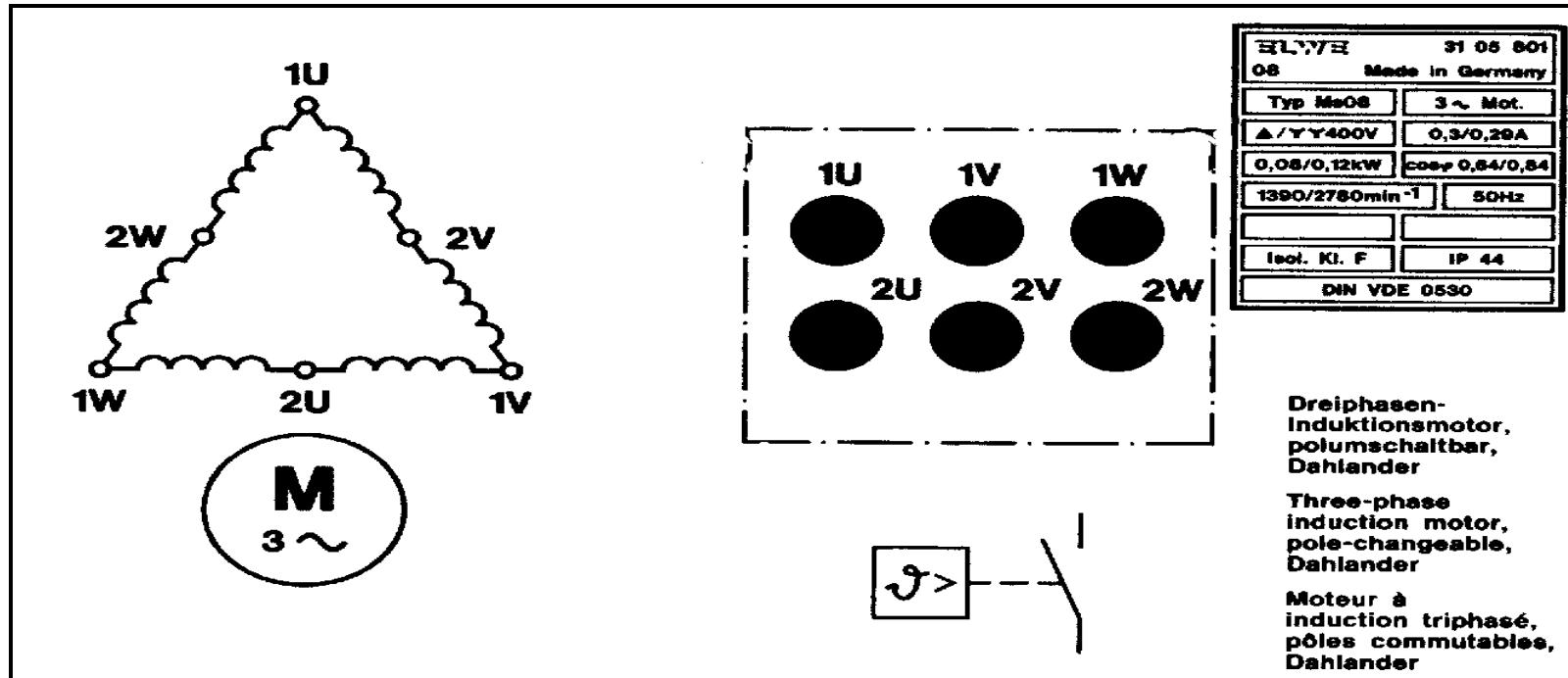
Kondensatormotor Anlaufrelais



(Rechtslauf)

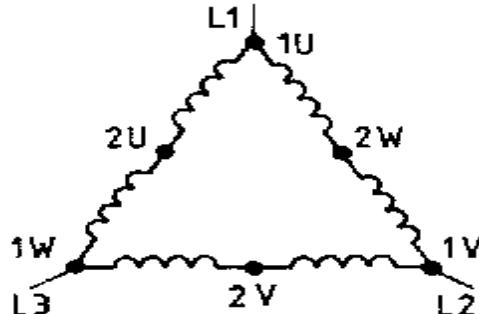
Nach dem Einschalten fließt zunächst ein hoher Anlaufstrom und das Anlaufrelais schaltet den Anlaufkondensator ein. Nach dem Hochlauf verringert sich die Stromaufnahme und das Anlaufrelais fällt ab. Das Anlaufrelais liegt in Reihe zur Hauptwicklung. Beim Einschalten fließt ein großer Einschaltstrom durch das Anlaufrelais. Das Anlaufrelais zieht an und schaltet den Anlaufkondensator parallel zum Betriebskondensator. Nach dem Hochlauf wird die Stromaufnahme in der Hauptwicklung kleiner, deshalb fällt das Relais ab und schaltet den Anlaufkondensator aus.

Dahlandermotor



Niedrige Drehzahl

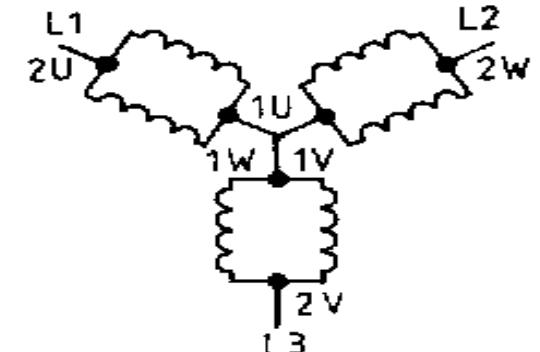
= hohe Polzahl (4Pole)

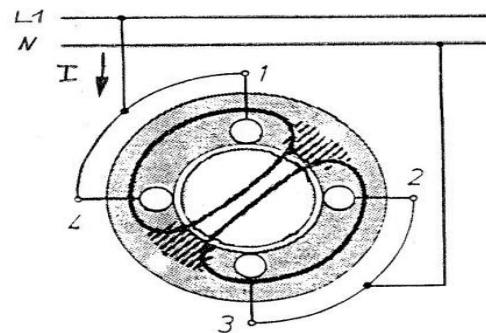


Drehzahlverhältnis bei Dahlander 1:2

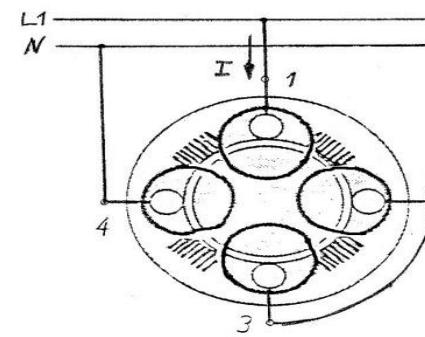
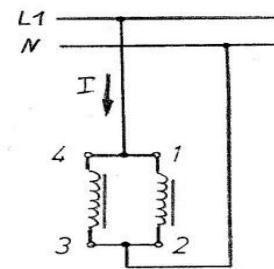
Hohe Drehzahl

= niedrige Polzahl (2Pole)

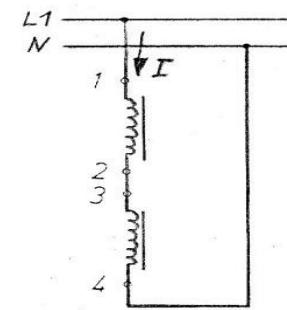




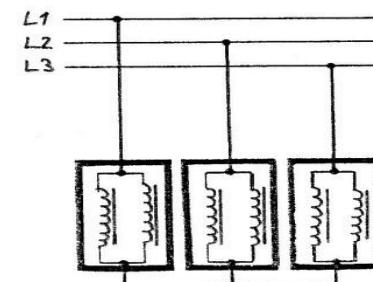
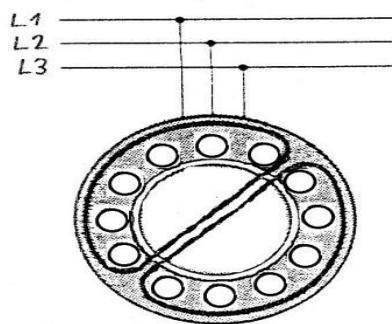
1 Nordpol + 1 Südpol = 1 Polpaar



2 Nordpole + 2 Südpole = 2 Polpaare

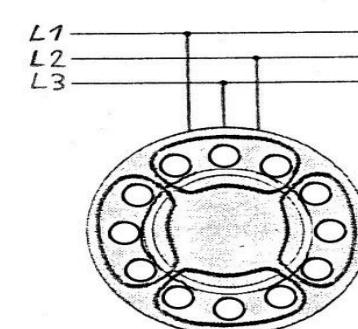


$p = 1$

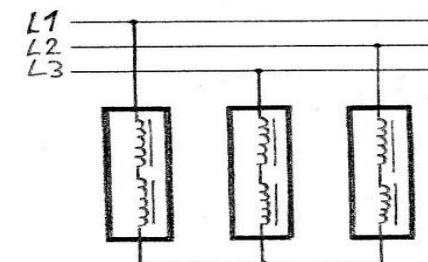


Drehfeld mit Polpaarzahl $p = 1$

$n_S = 3000 \text{ min}^{-1}$

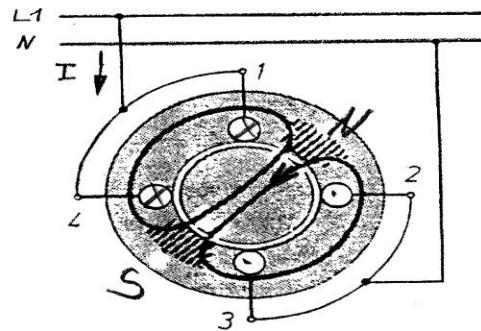


$p = 2$

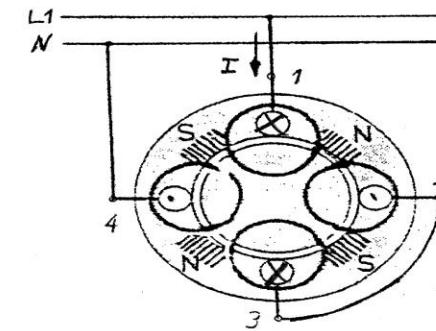
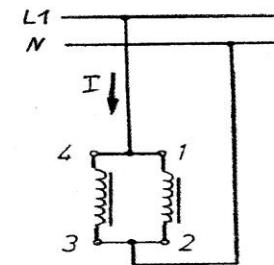


Drehfeld mit Polpaarzahl $p = 2$

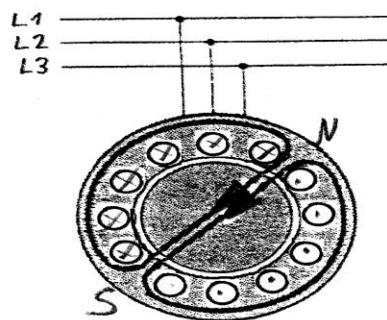
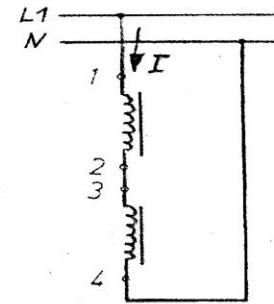
$n_S = 1500 \text{ min}^{-1}$



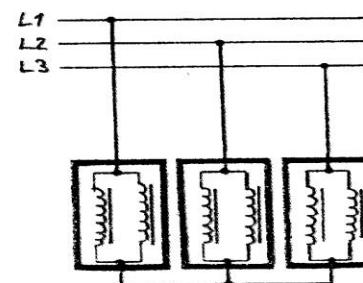
1 Nordpol + 1 Südpol = 1 Polpaar



2 Nordpole + 2 Südpole = 2 Polpaare

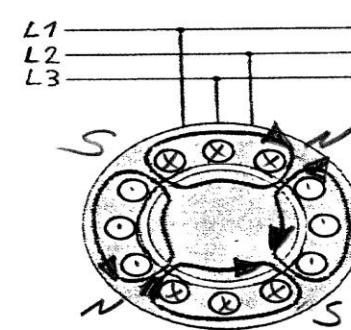


$p=1$

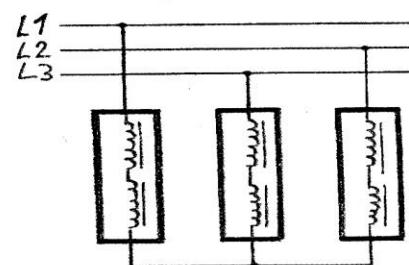


Drehfeld mit Polpaarzahl $p=1$

$$n_S = 3000 \text{ min}^{-1}$$

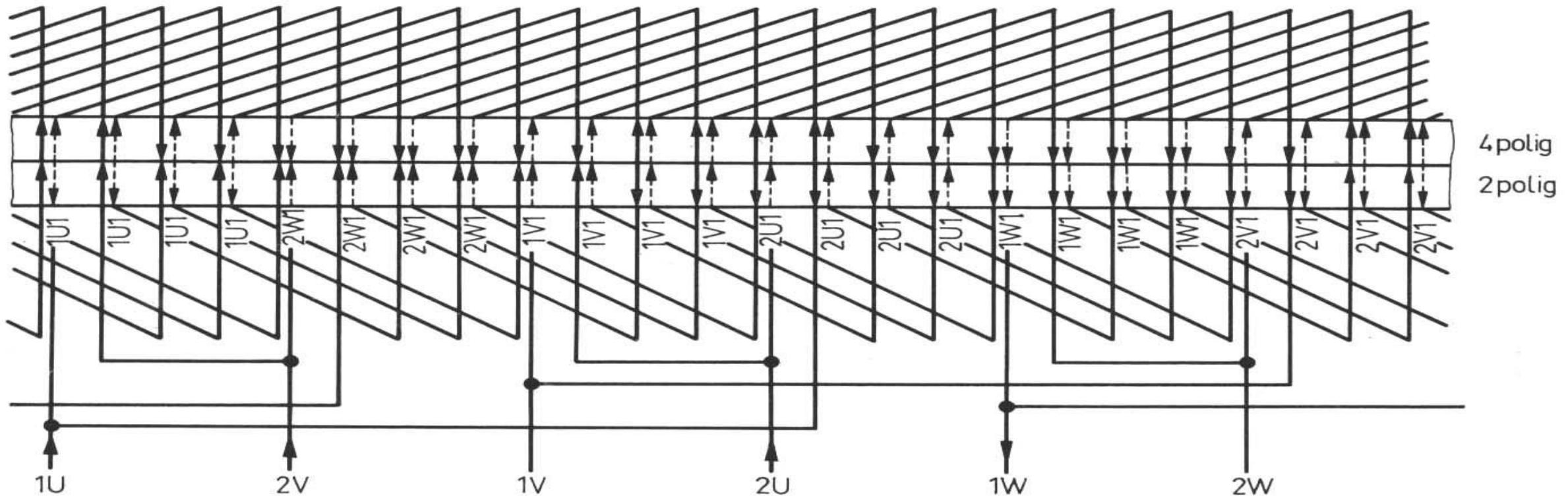


$p=2$



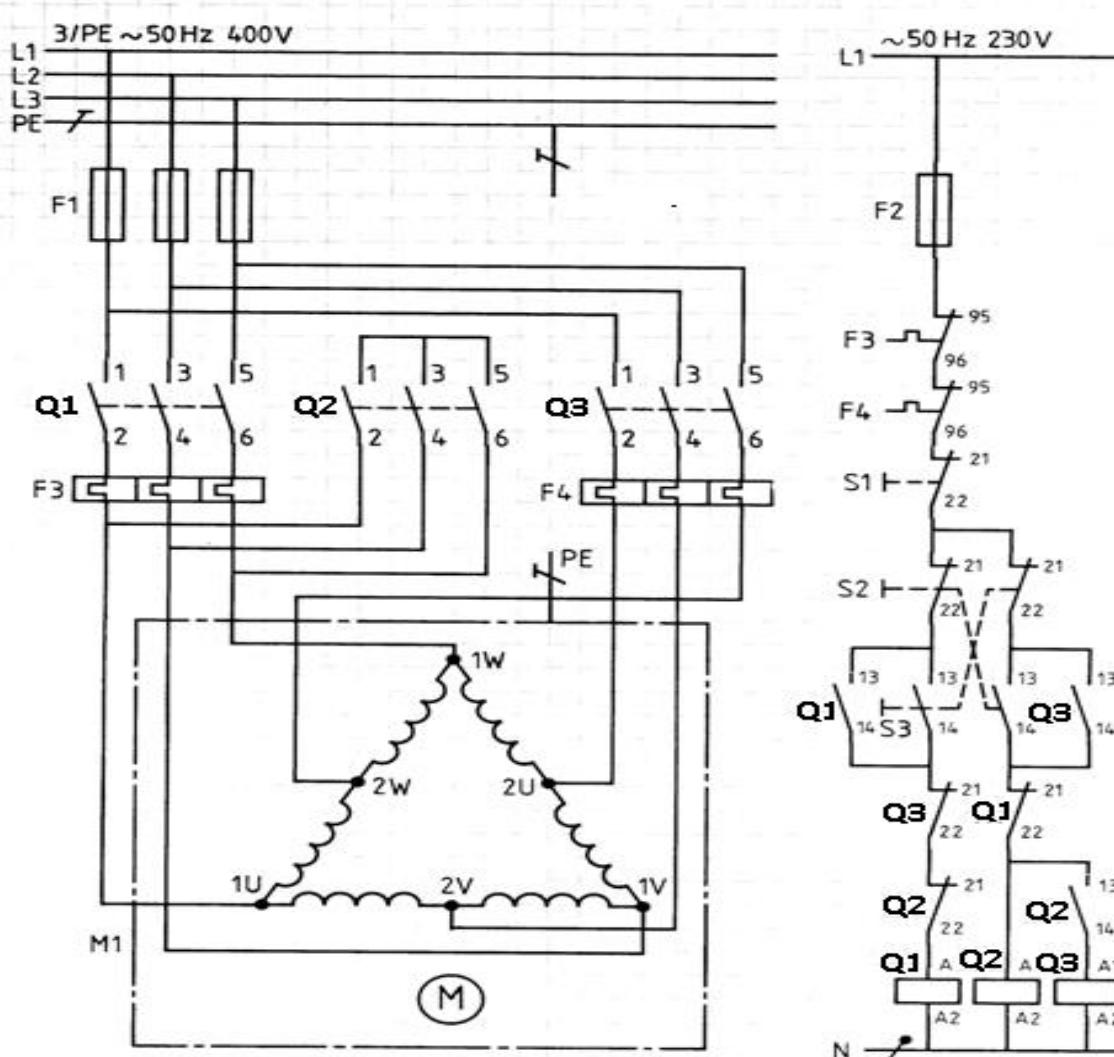
Drehfeld mit Polpaarzahl $p=2$

$$n_S = 1500 \text{ min}^{-1}$$



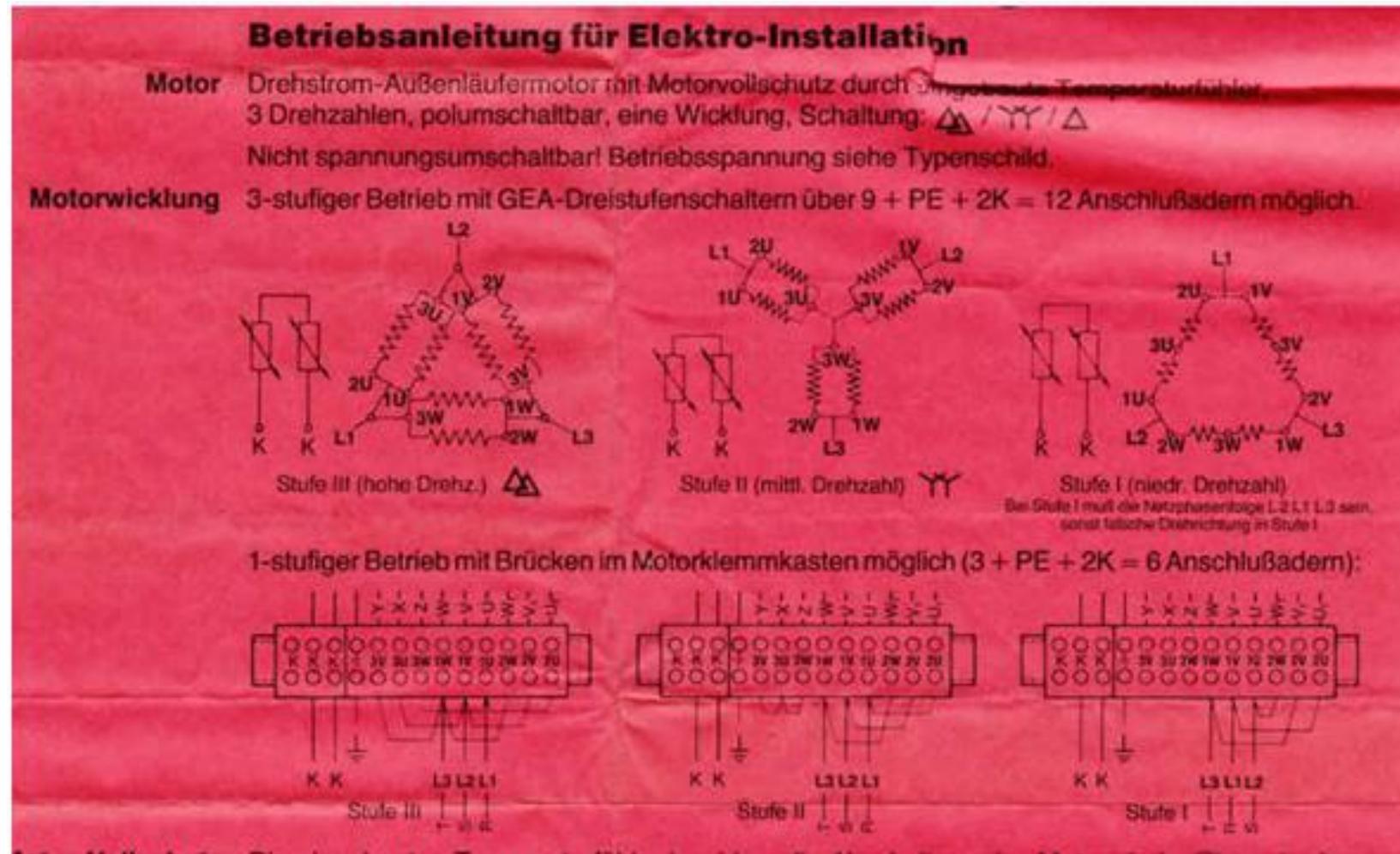
4.66 Nutenplan und Wicklung 24 Nuten 2/4polig (Zweischichtwicklung)

Dahlandermotor - Schützsteuerung

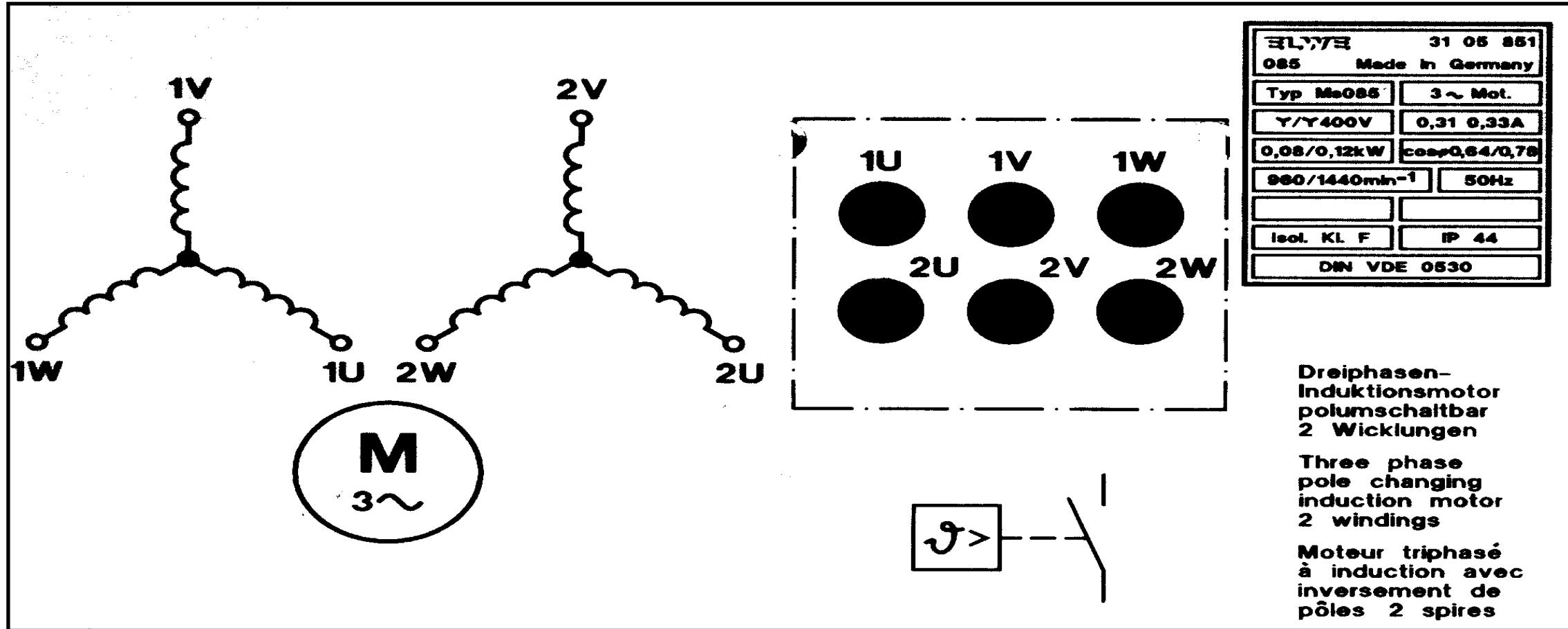


**(Hohe und niedrige Drehzahl
beliebig schaltbar)**

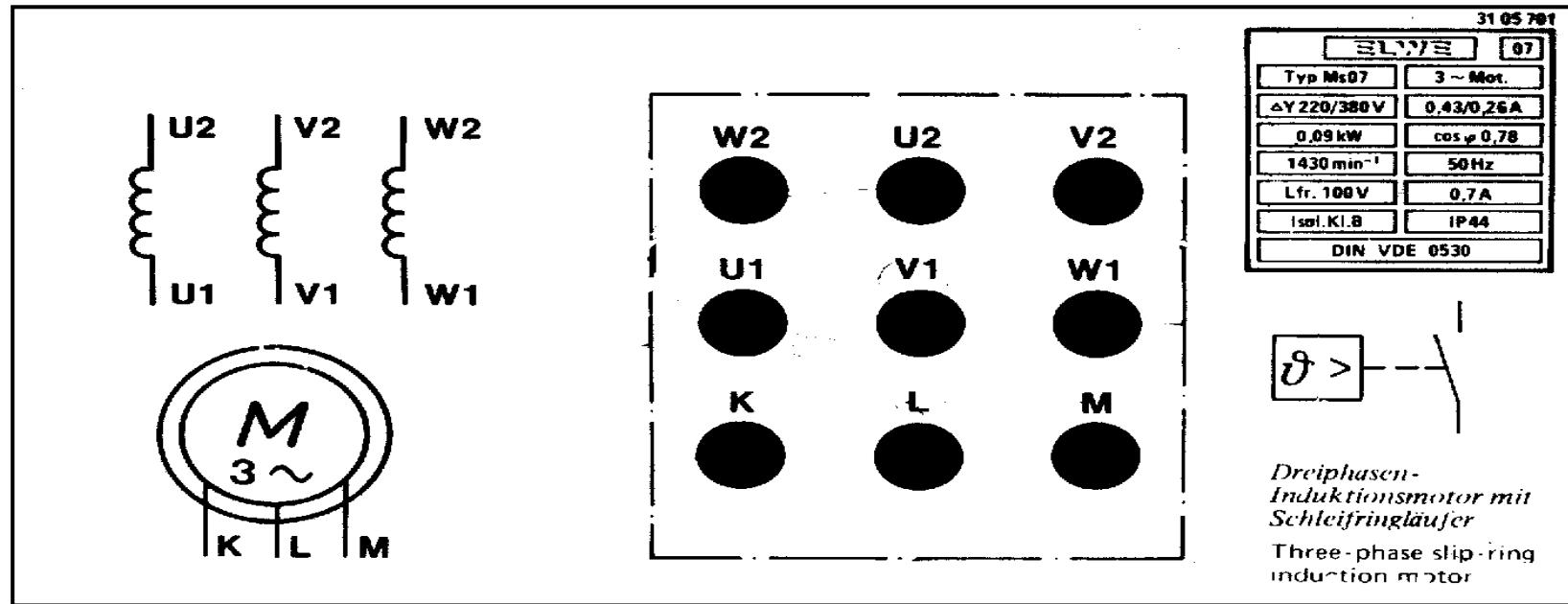
Motor mit Drei Drehzahlen und einer Wicklung



Drehstrommotor Polumschaltbar mit getrennten Wicklungen



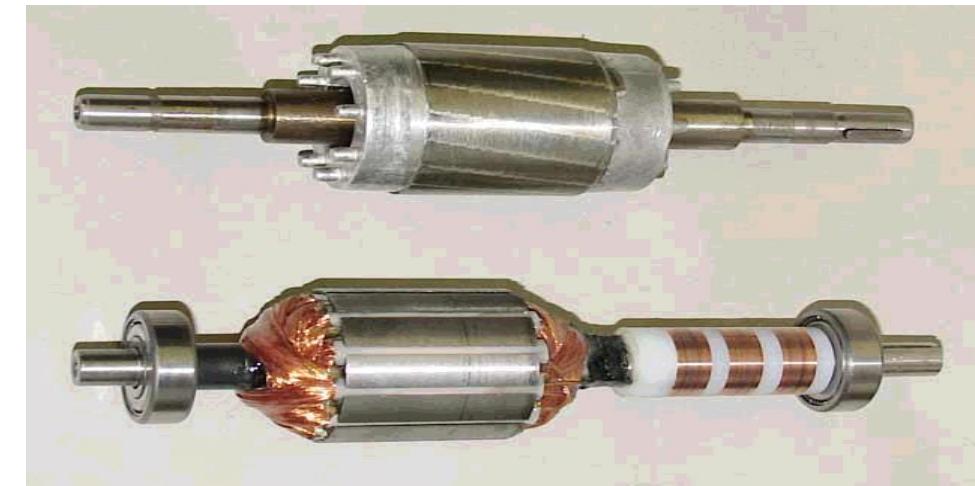
Schleifringläufer



WICHTIG:

Auch bei diesem Motor ist beim Anschluss auf die zulässige Strangspannung zu achten !

Zusätzlich muss beim Schleifringläufer die Läuferspannung und der Läuferstrom beachtet werden.

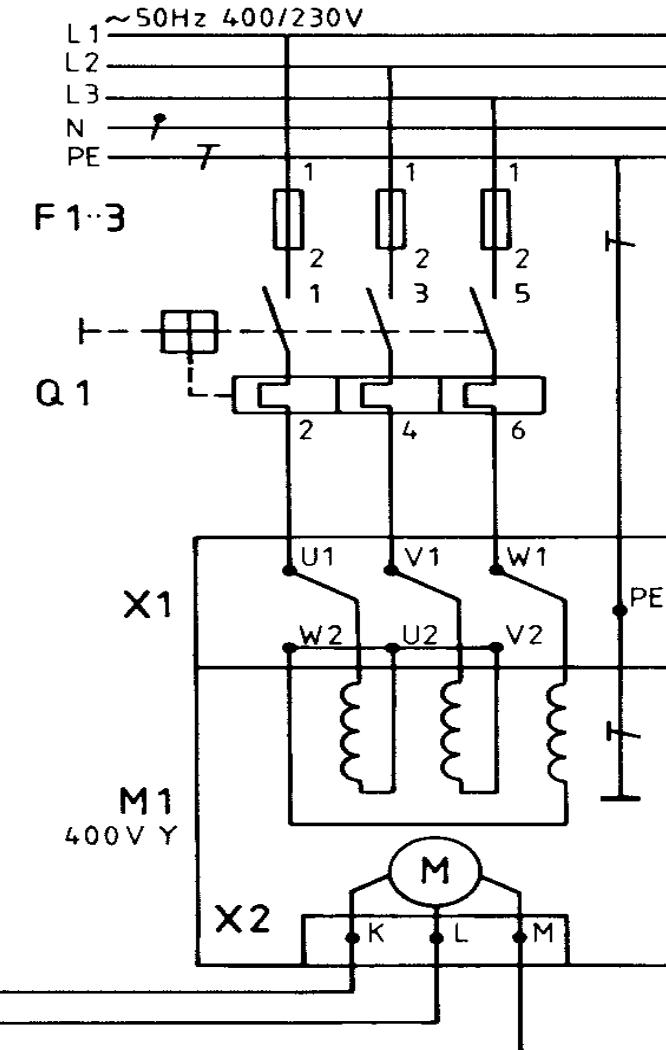
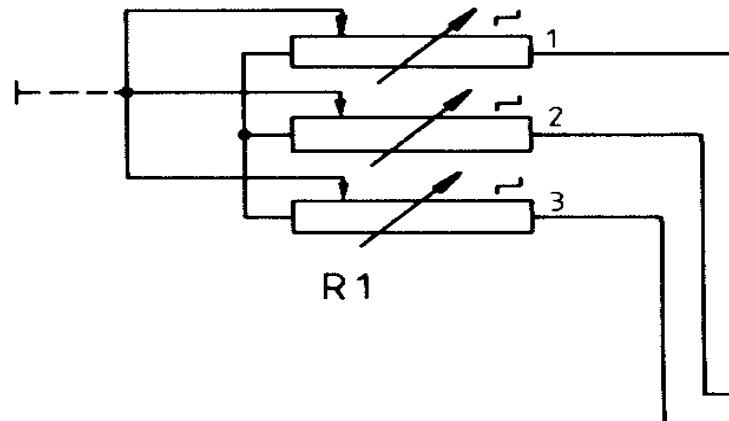
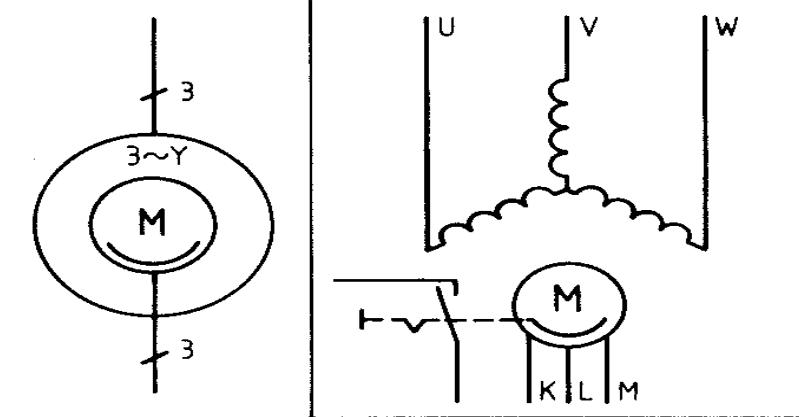


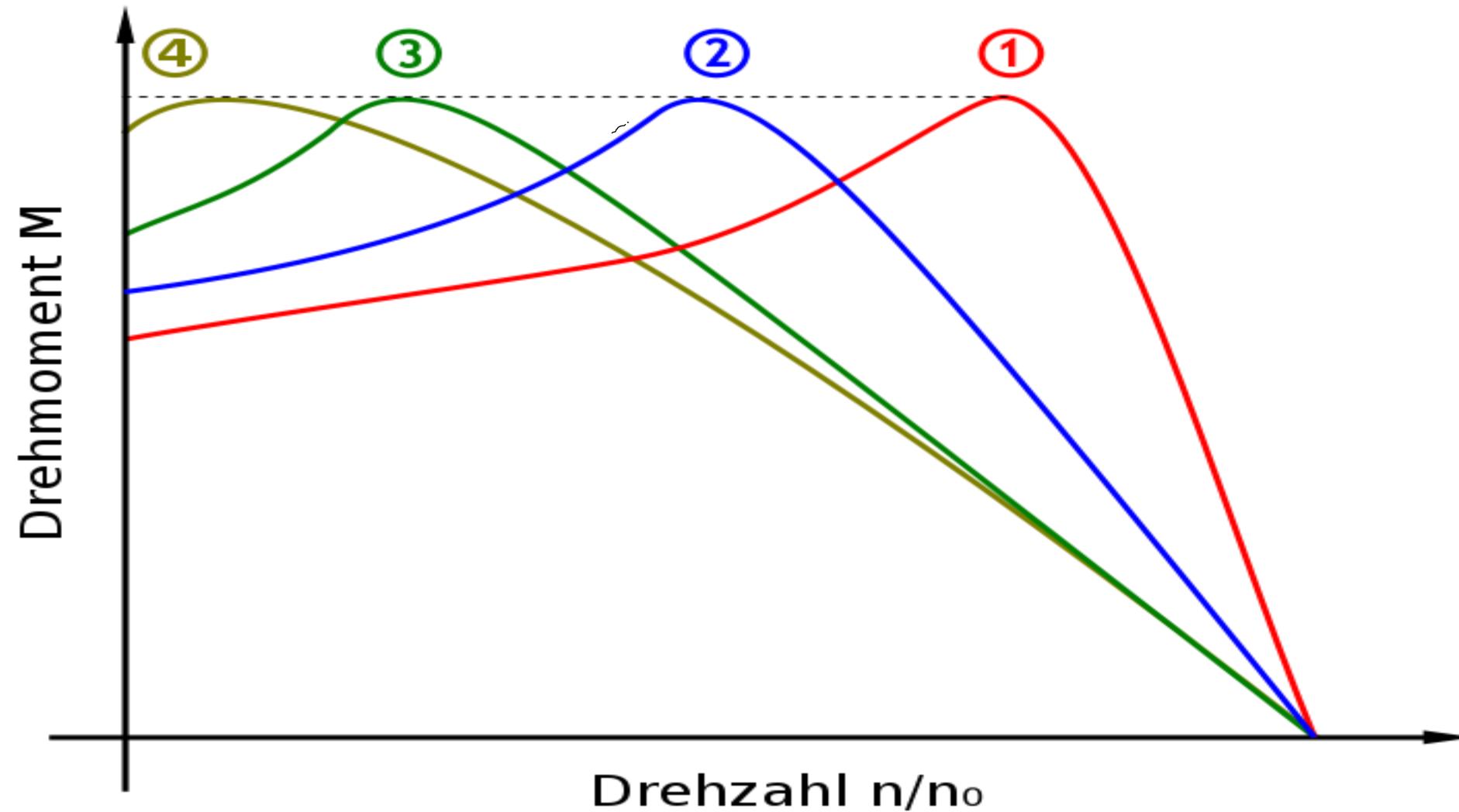
Schleifringläufer



Schleifringläufer Prinzipschaltung

Schleifringläufer mit Kurzschließer und Bürstenabheber mit Handbetrieb und Hilfsschalter

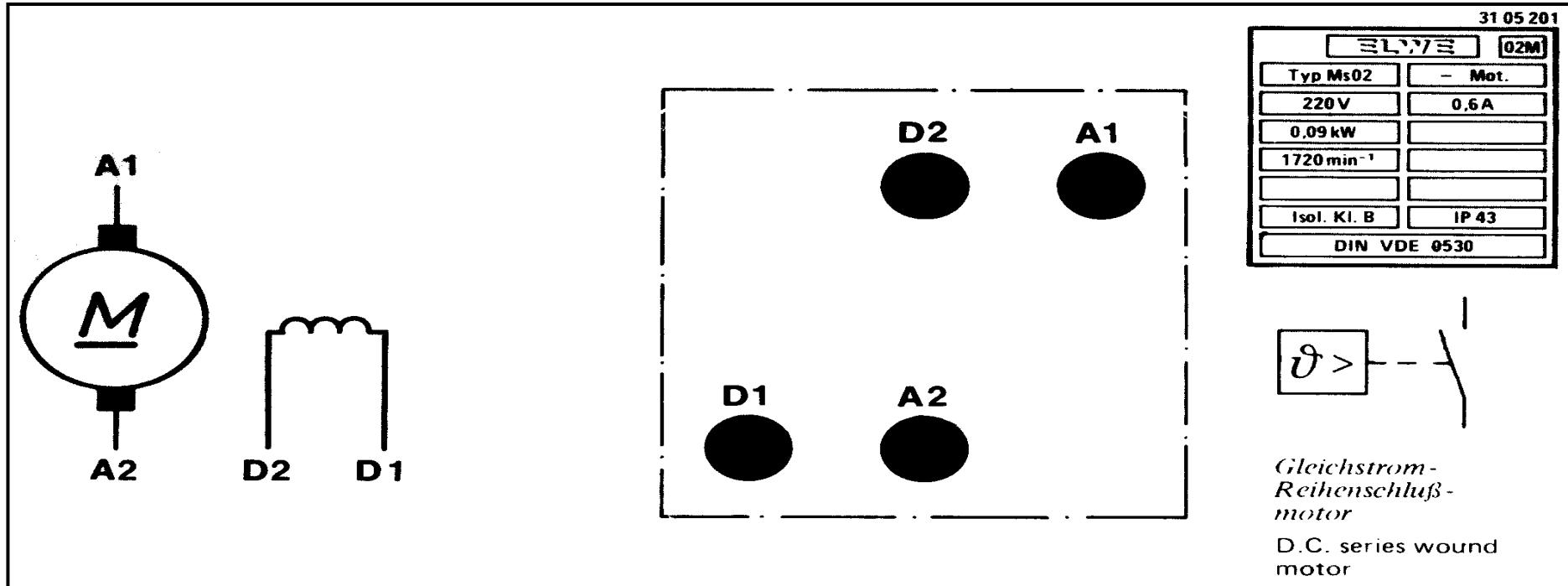




DC-Reihenschlussmotor

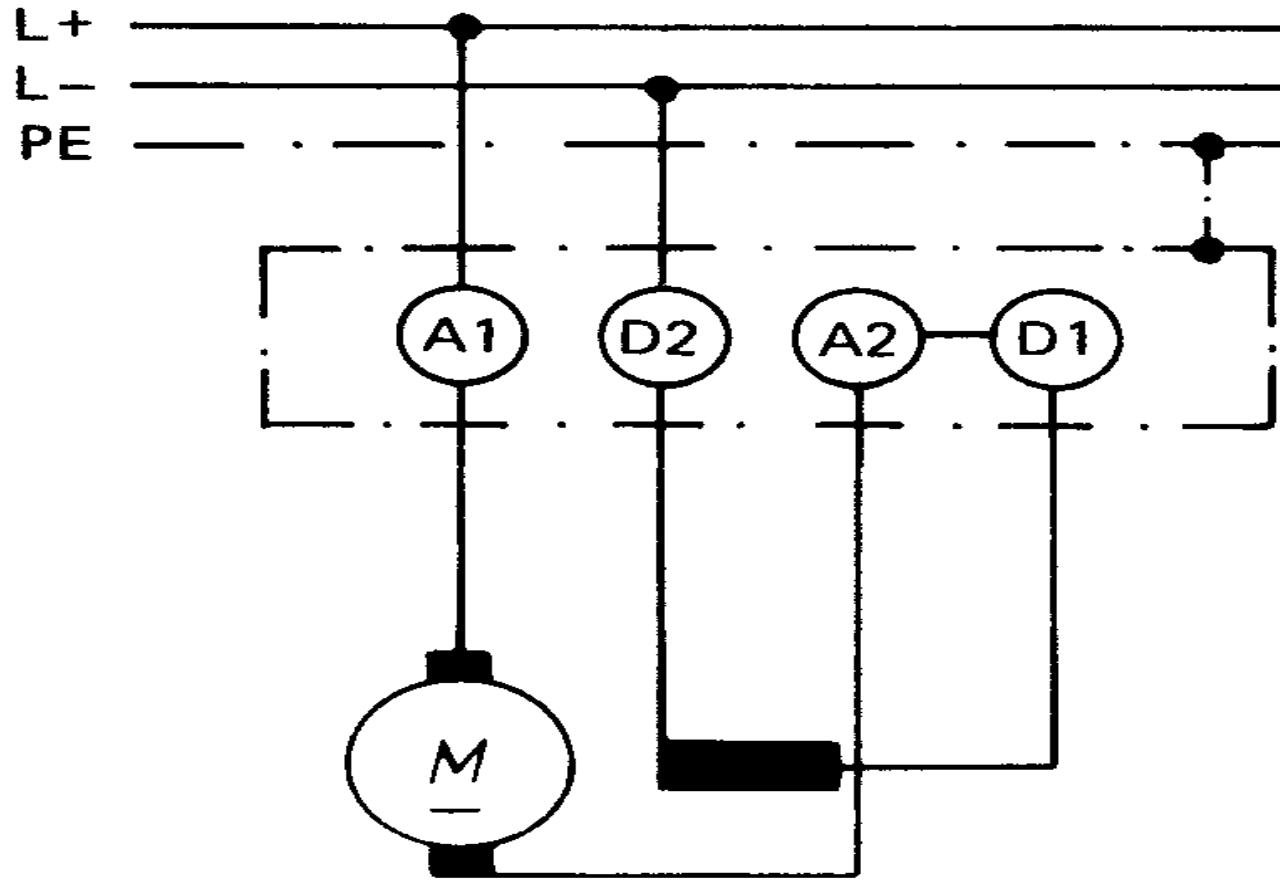


Handwerkskammer
Flensburg



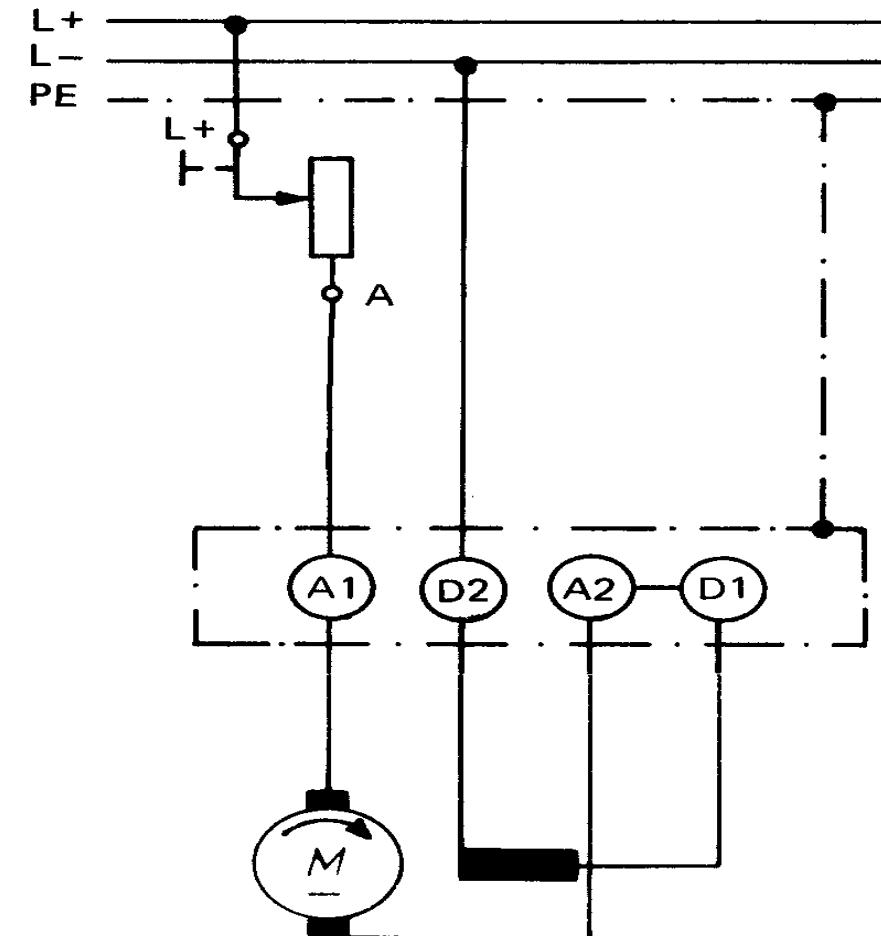
- Besonderheiten:**
- die Erregerwicklung ist in Reihe zum Anker geschaltet
 - sie haben von allen Motoren das größte Anzugsmoment (z.B. Kfz-Anlasser)
 - sie gehen im Leerlauf durch (nie ohne Last laufen lassen)
 - die Drehzahl ist stark lastabhängig

DC-Reihenschlussmotor

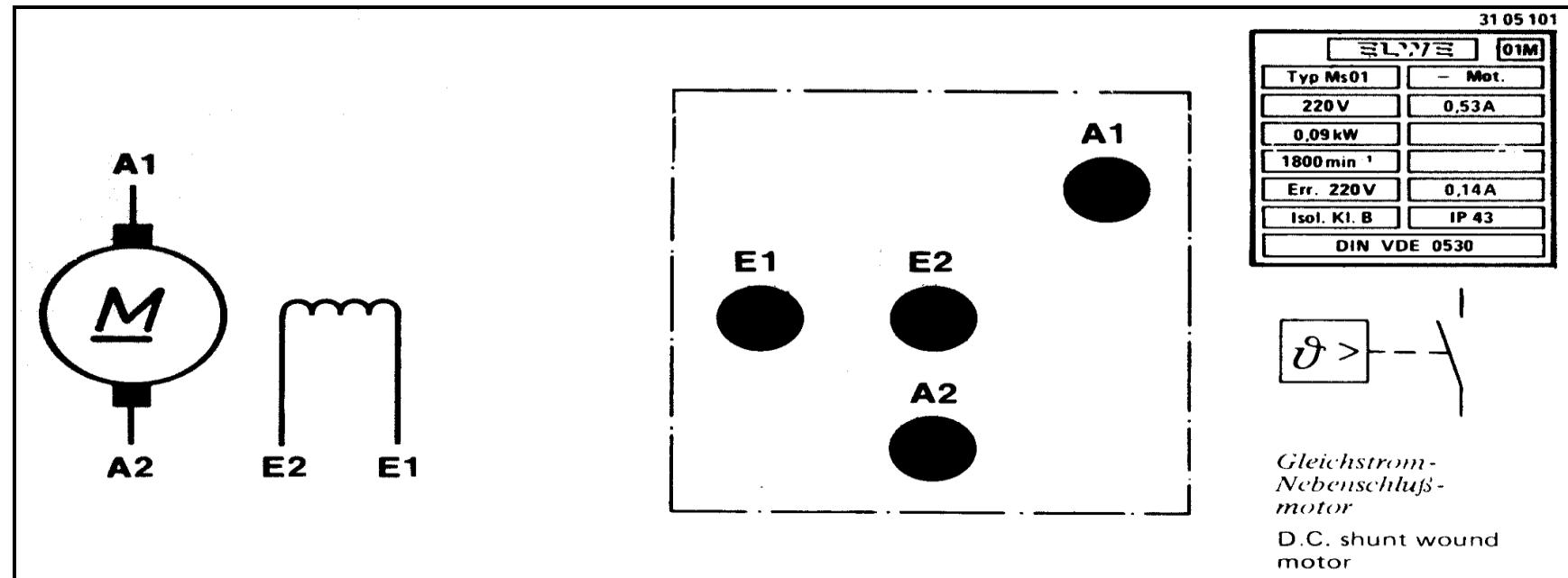


Reihenschlussmotor, Rechtslauf

Reihenschlussmotor, Rechtslauf
Anlasser



DC-Nebenschlussmotor



Beim Nebenschlußmotor liegt die Erregerwicklung parallel zum Anker.

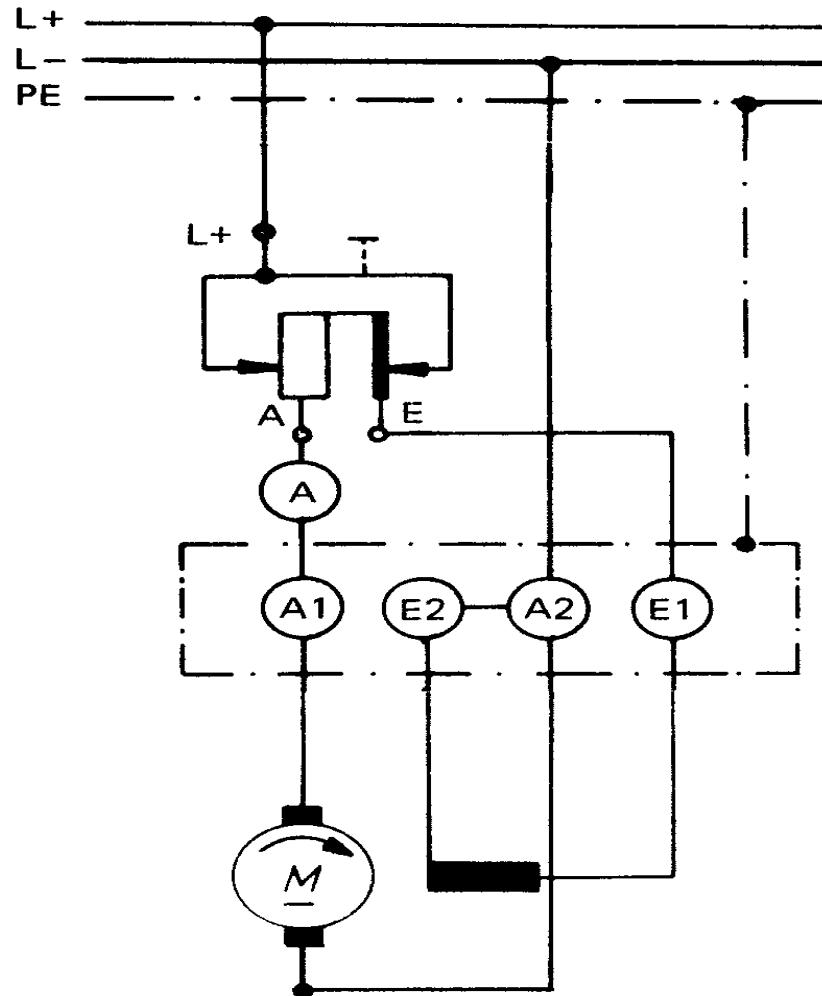
Nebenschlußverhalten:

- Motor geht im Leerlauf (ohne Last) nicht durch
- Drehzahl fällt bei Belastung nur wenig ab

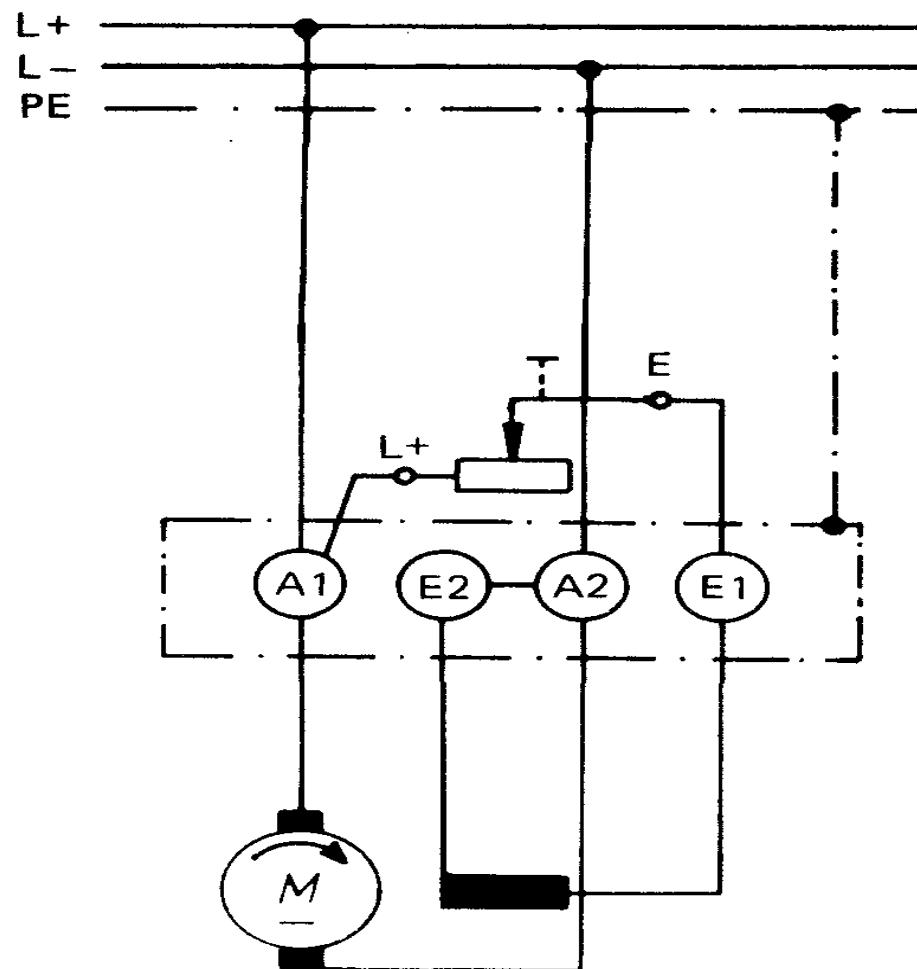
Durch Schwächung des Erregerfeldes kann die Motordrehzahl über die Nenndrehzahl erhöht werden.

Nebenschlußmotoren können jedoch bei Unterbrechung des Erregerkreises durchgehen.

DC-Nebenschlussmotor

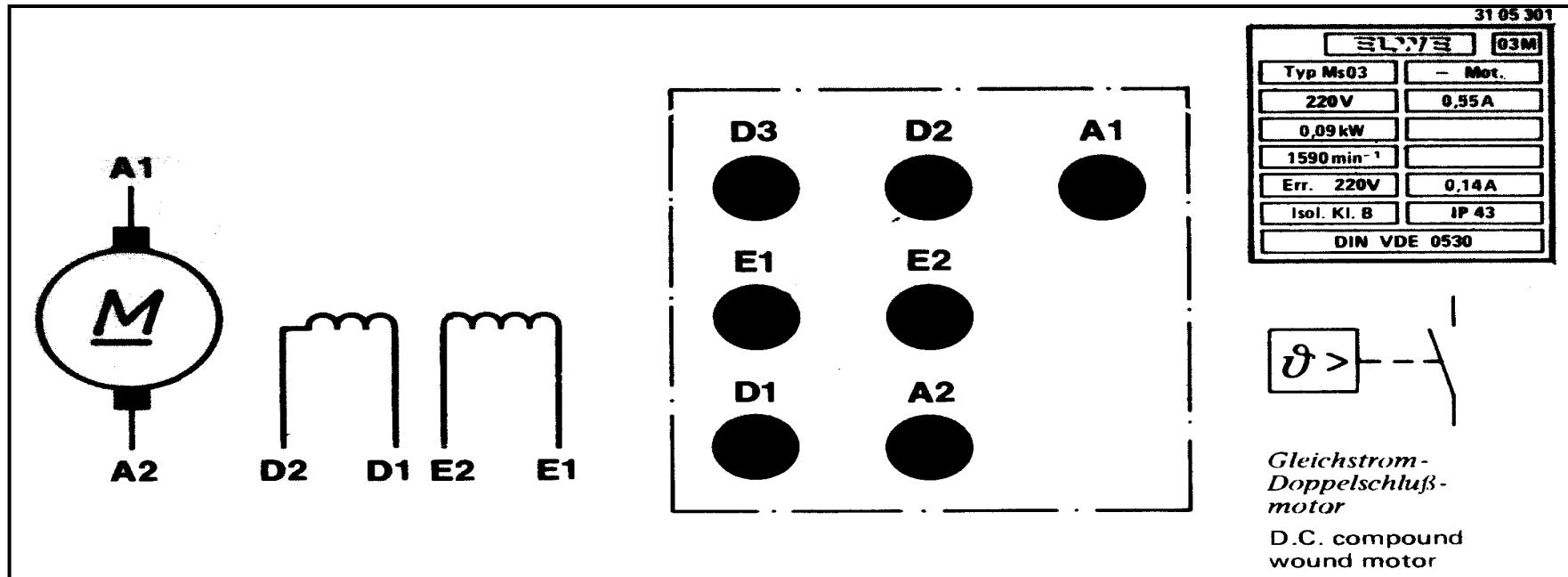


Nebenschlußmotor, Rechtslauf
mit Anlasswiderstand



Nebenschlußmotor, Rechtslauf
mit Feldsteller

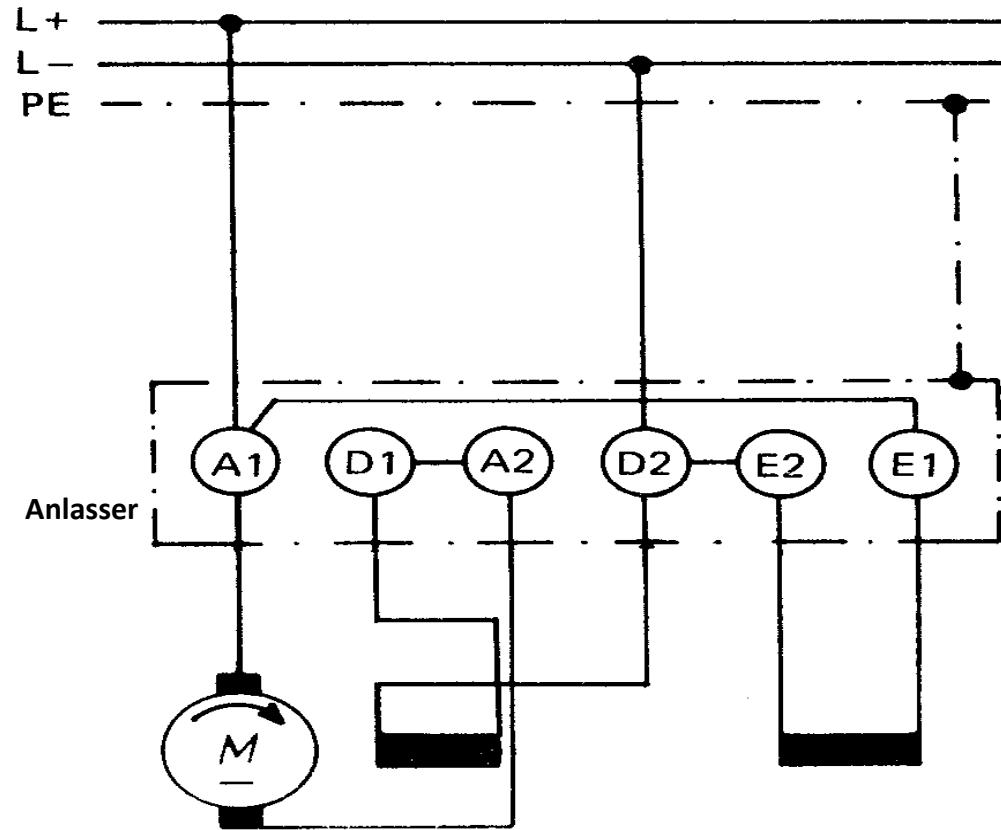
DC-Doppelschlussmotor



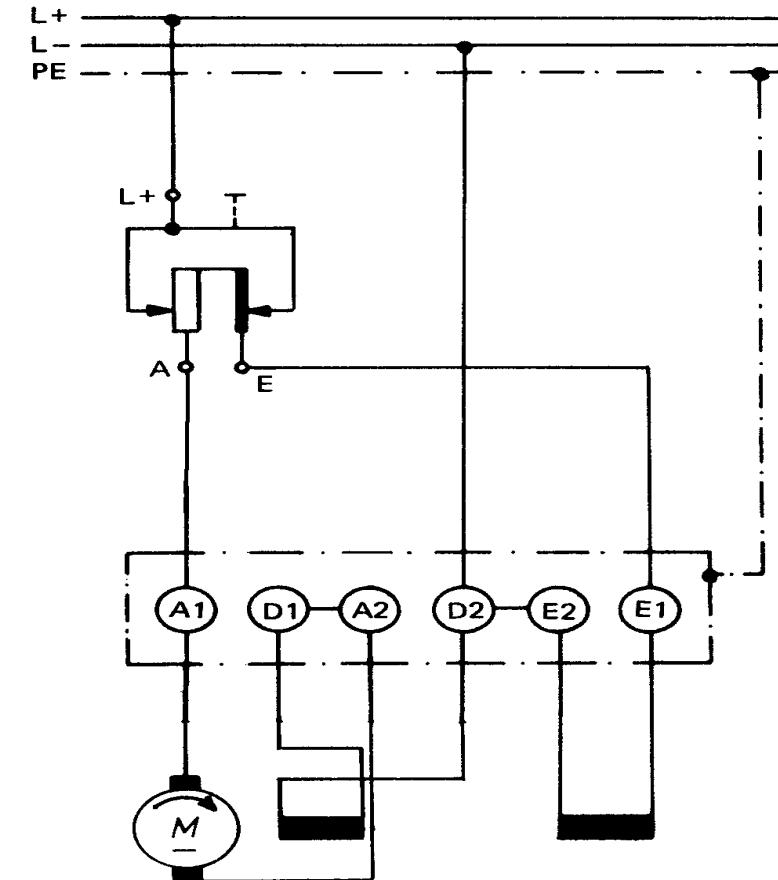
Der Doppelschlussmotor besitzt eine Reihenschluss- und eine Nebenschlusswicklung.

Die Reihenschlusswicklung ist so angeschlossen, dass ihr Magnetfeld dieselbe Richtung wie das Magnetfeld der Nebenschlusswicklung hat.

DC-Doppelschlussmotor

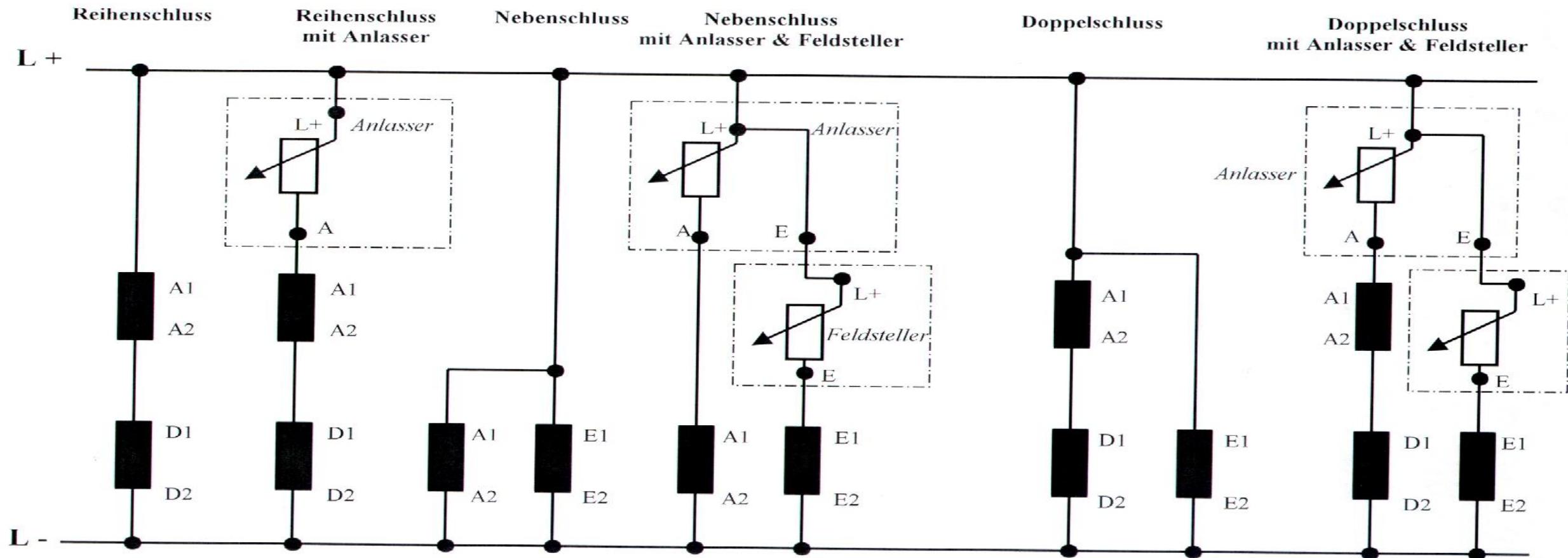


Doppelschlußmotor, Rechtslauf

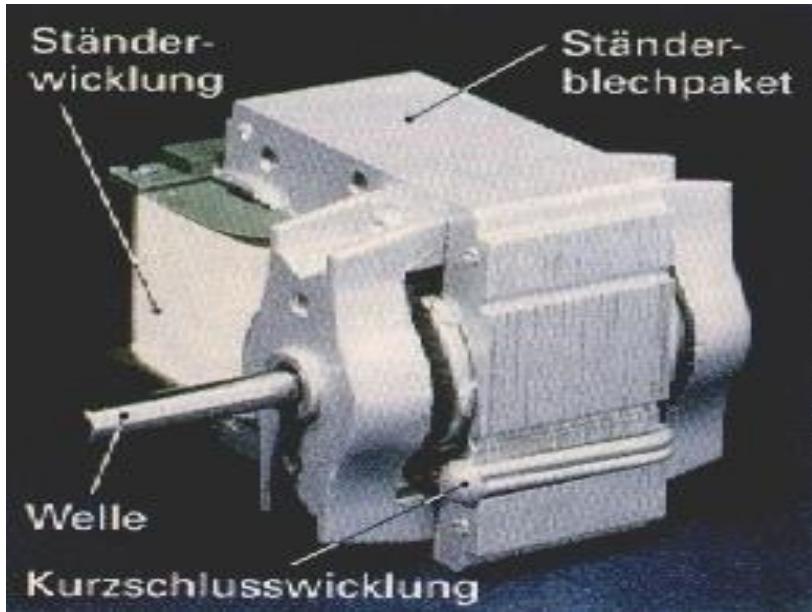


Doppelschlußmotor, Rechtslauf,
Anlasser

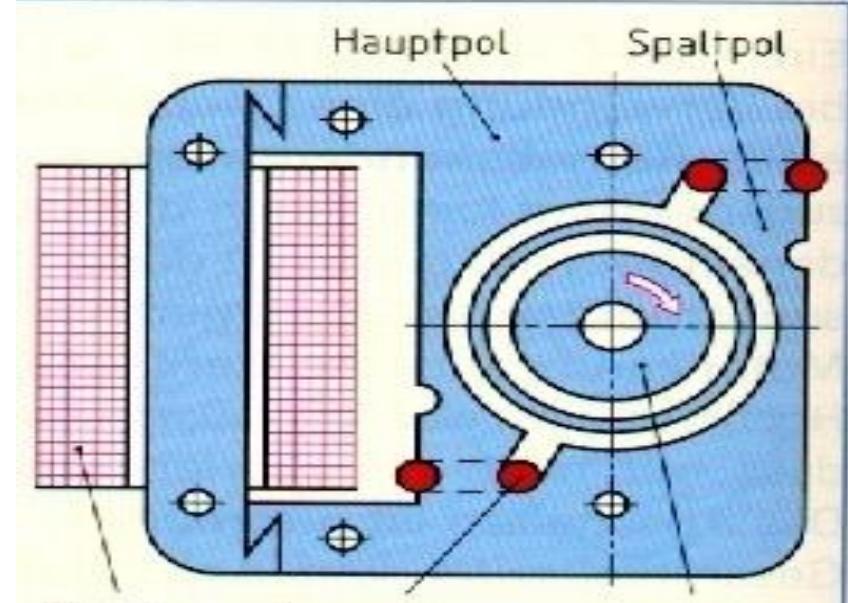
Vereinfachte Übersicht der Gleichstrom-Motoren (alle in Rechtslauf)



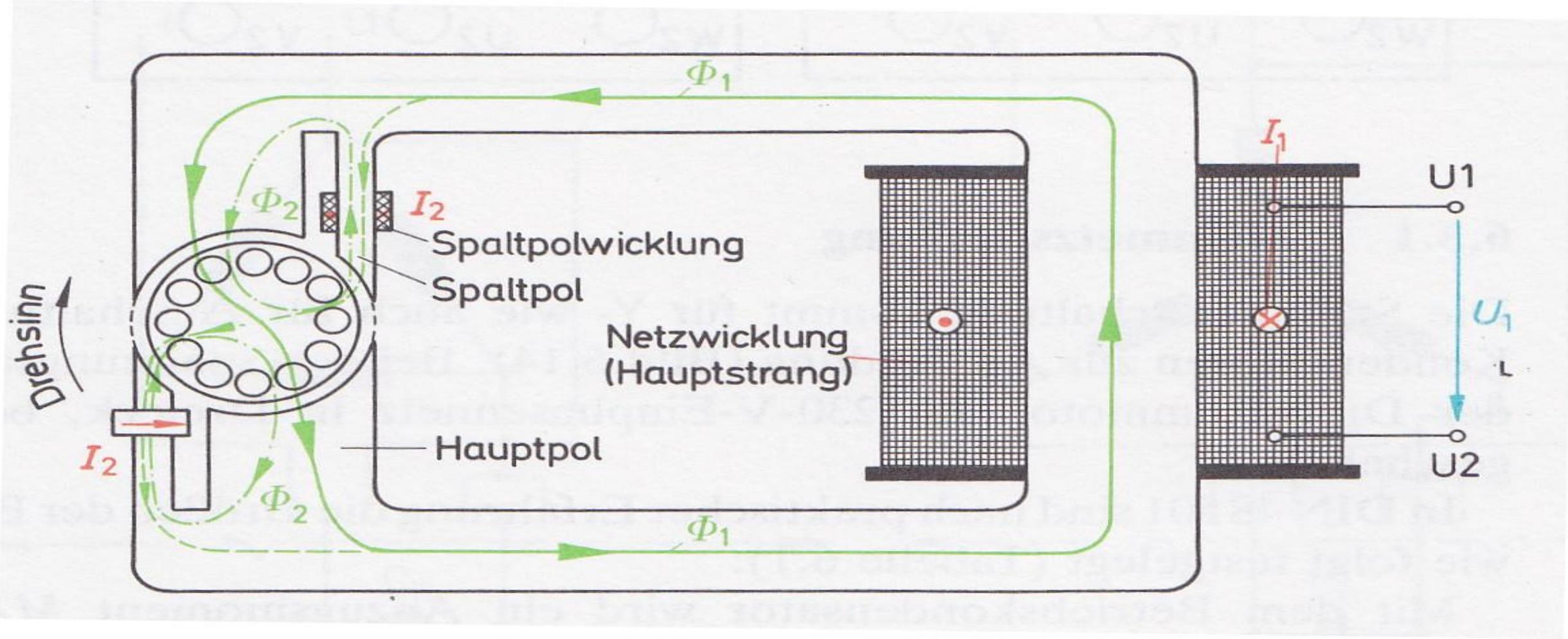
**Wichtig: PE nicht vergessen.
Um die Drehrichtung zu ändern, sind nur A1 und A2 zu tauschen.**

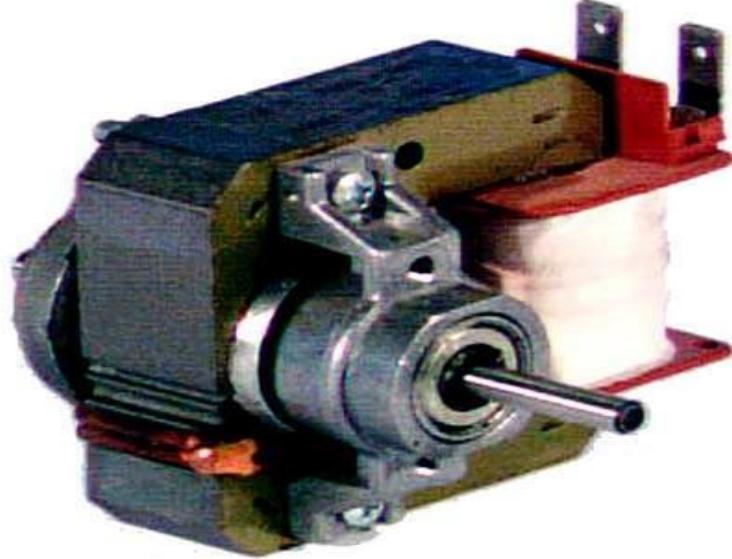


Der Motor arbeitet als Asynchronmotor.

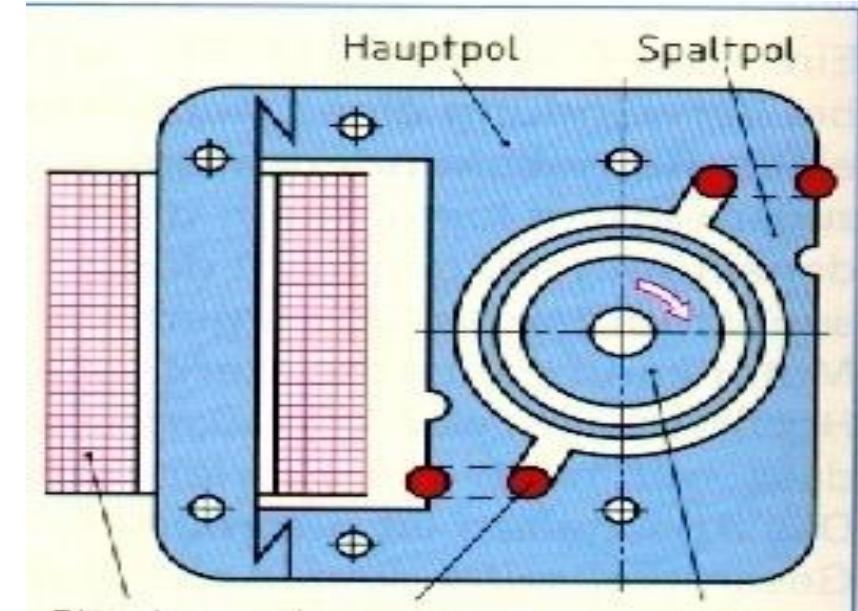


Der Ständer des Spaltpolmotors hat ausgeprägte Pole. Von diesen ist ein kleinerer Teil durch eine Nut abgespalten. Um diesen Spaltpol liegt eine Kurzschlusswicklung. Durch die Kurzschlusswicklung geht nur ein Teil der von der Ständerwicklung erzeugten Feldlinien. Dadurch entsteht eine große Streuung: Zwischen dem Strom in der Ständerwicklung und dem in der Kurzschlusswicklung fließenden Strom tritt eine Phasenverschiebung auf. Die beiden phasenverschobenen Ströme erzeugen ein magnetisches Feld, dessen Magnetpole nacheinander zu folgenden Statorpolen wandern: Hauptpol 1, Spaltpol 1, Hauptpol 2, Spaltpol2 usw. Dieses ungleichmäßige Drehfeld wirkt auf einen Kurzschlussläufer.





Der Motor arbeitet als Asynchronmotor.



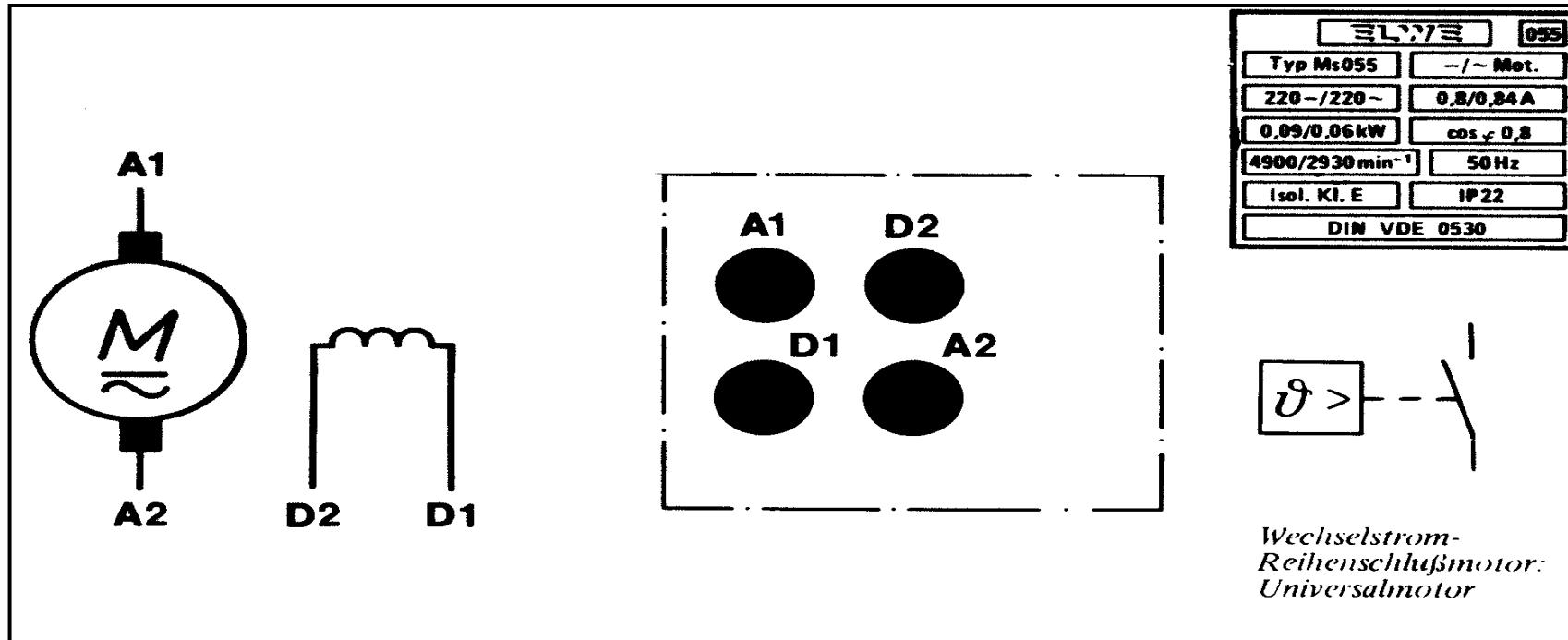
Die Drehrichtung von Spaltpolmotoren geht immer vom Hauptpol zum Spaltpol. (diese kann elektrisch nicht geändert werden)

Stellt man Läufer aus magnetisch hartem Werkstoff her (Hystereseläufer) so laufen derartige Motoren nach dem Anlauf als Synchronmotoren weiter.

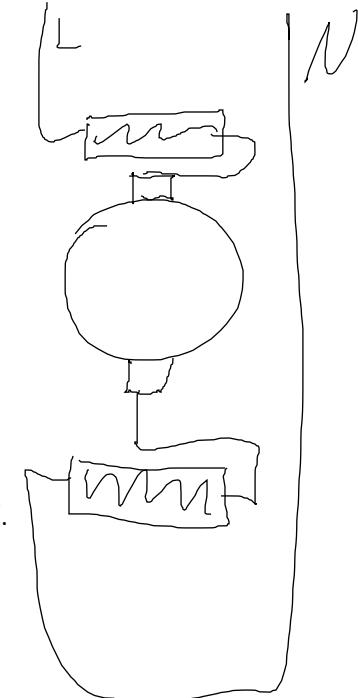
Spaltpolmotoren sind robust und kostengünstig herzustellen. Wegen ihres geringen Wirkungsgrades von nur etwa 30% werden sie für kleine Leistungen bis etwa 300W gefertigt. Sie dienen zum Antrieb von Heizlüftern, Laugenpumpen und E-Herd-Lüftern (Umluftbetrieb).

Als Synchronantrieb werden sie z.B. für Programmschaltwerke verwendet.

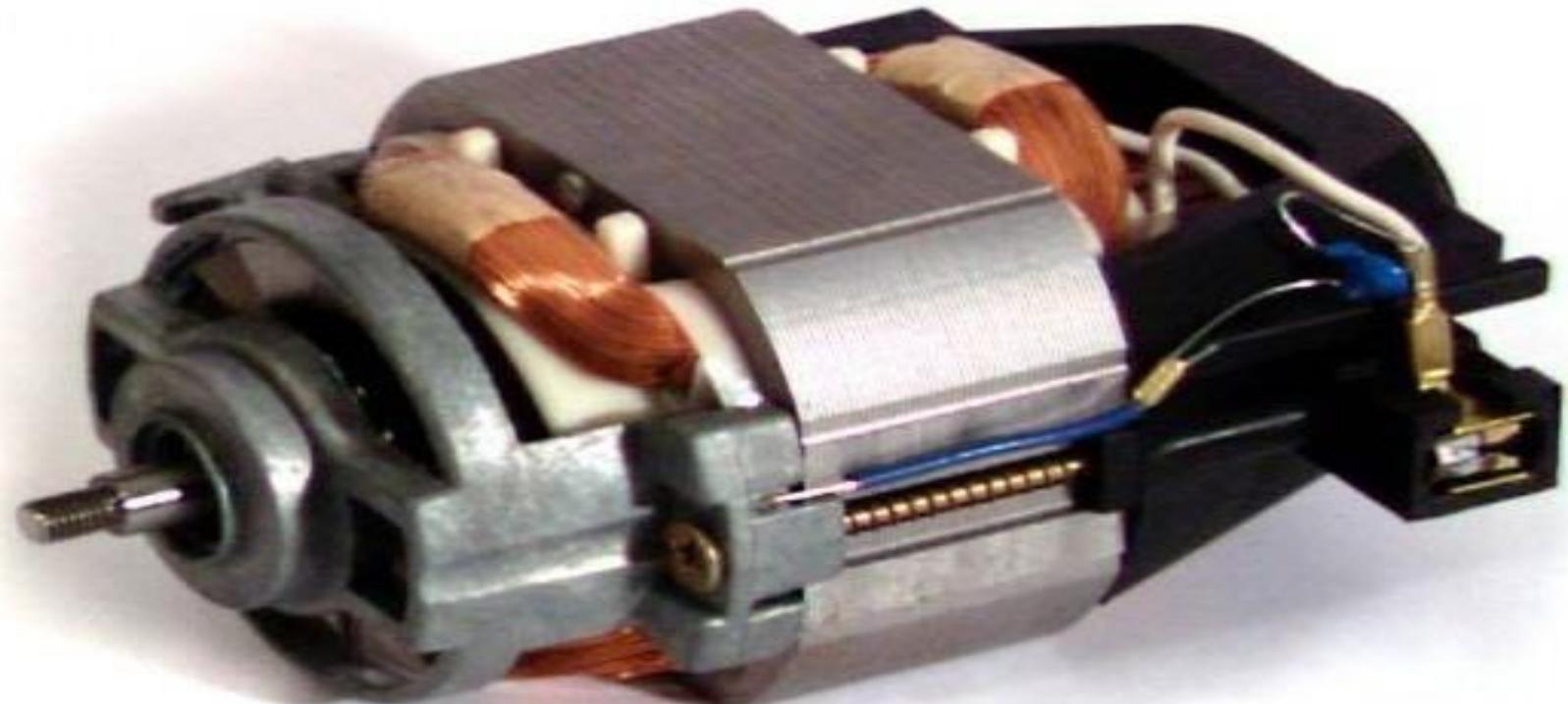
Universalmotor



Der Universalmotor entspricht im Aufbau und Betriebsverhalten dem Reihenschlußmotor.



Universalmotoren



Universalmotor

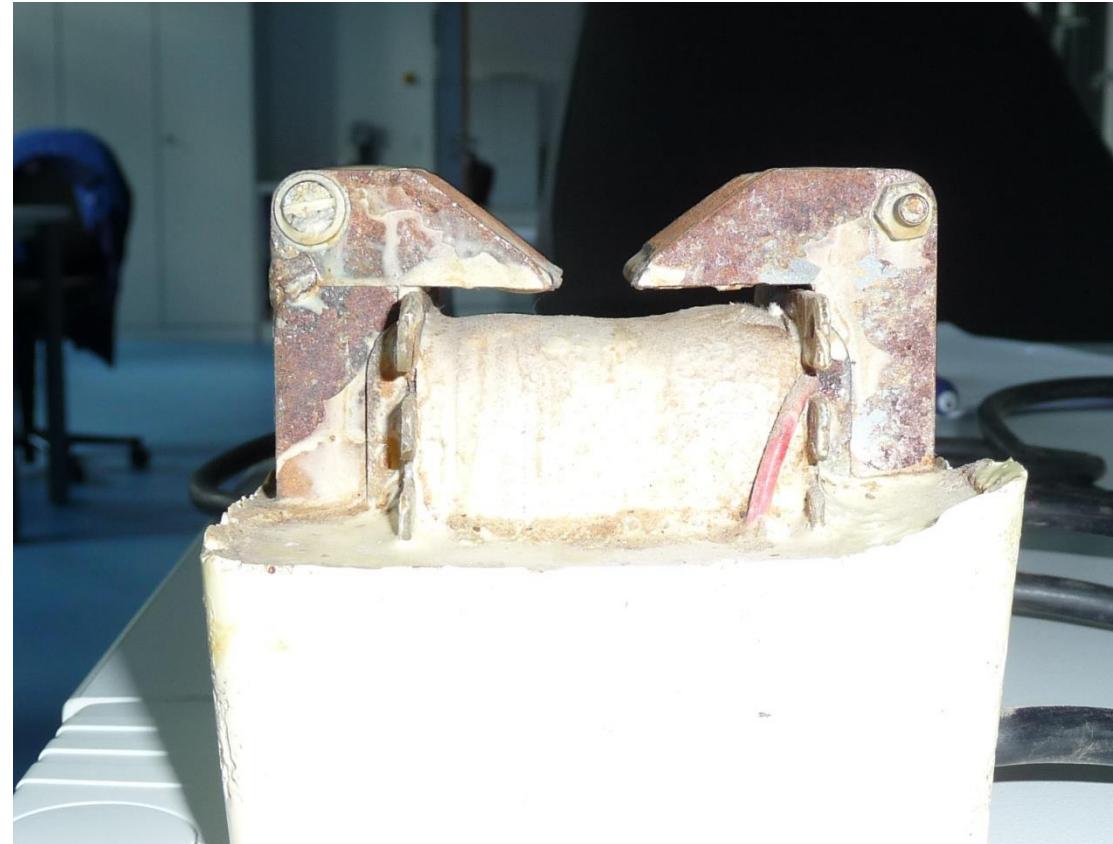
Aufbau und Wirkungsweise

- Stator und Rotor Blechpaket mit Kupferwicklungen
- Reihenschaltung von Stator und Rotor über Kohlebürsten
- In der Ständerwicklung wird ein Magnetfeld erzeugt und über das Blechpaket
 - verstärkt
- Im in Reihe geschaltetem Anker wird auch ein Magnetfeld erzeugt das bei jeder
 - halben Umdrehung im Kommutator umgepolt wird

Universalmotor

- Drehzahl bis zu 30 000 1/min
- Leistung bis ca. 2500 Watt
- Vielseitige Anwendung durch kleine Bauformen
- Einfache Drehzahlregelung
- Bürstenfeuer nicht vollständig zu vermeiden
- „Durchgehen“ muss verhindert werden

Eigenbau um einen Windungsschluss im Anker festzustellen.



Das Ausgleichen der induktiven Blindleistung durch kapazitive Blindleistung nennt man Kompensieren.

Durch Kompensation der Blindleistung werden Erzeuger- und Energieübertragungs-anlagen entlastet. Sie ist deshalb vom VNB vorgeschrieben.

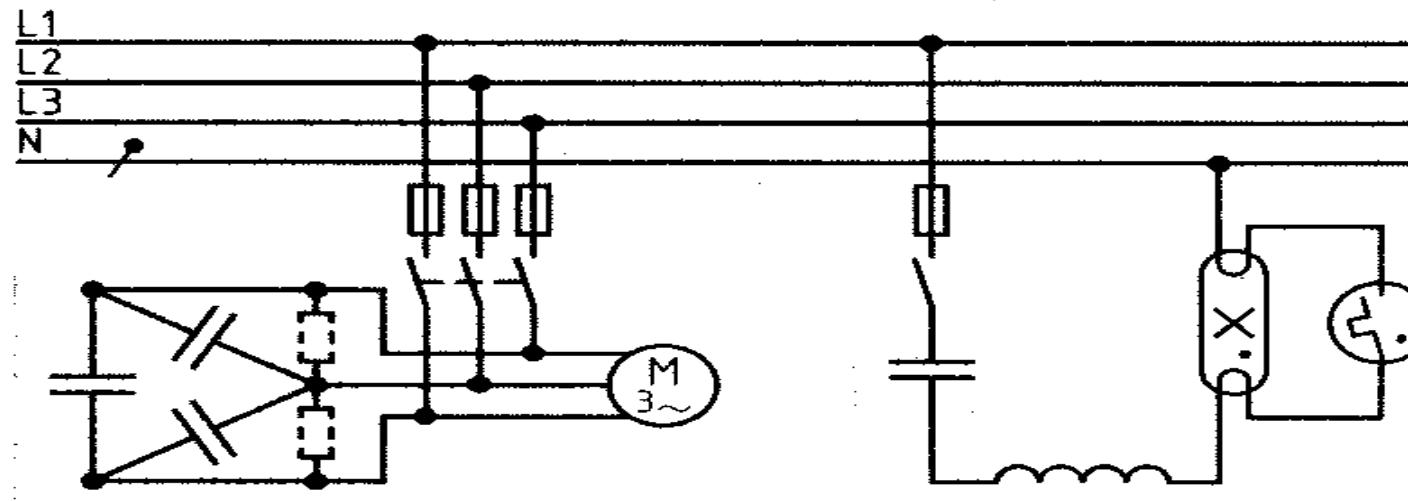
Man strebt bei Kompensation einen Leistungsfaktor von etwa 0,9 bis 0,95 (induktiv) an.

Wichtig:

Nach dem Abschalten des Verbrauchers müssen die Kondensatoren innerhalb von 60 Sekunden auf eine ungefährliche Spannung (<50V) entladen sein.

Einzelkompensation

Einzelkompensation ist die einfachste Kompensationsart. Die Kondensatoren sind hierbei direkt an den Verbraucher, z.B. einen Motor, geschaltet.

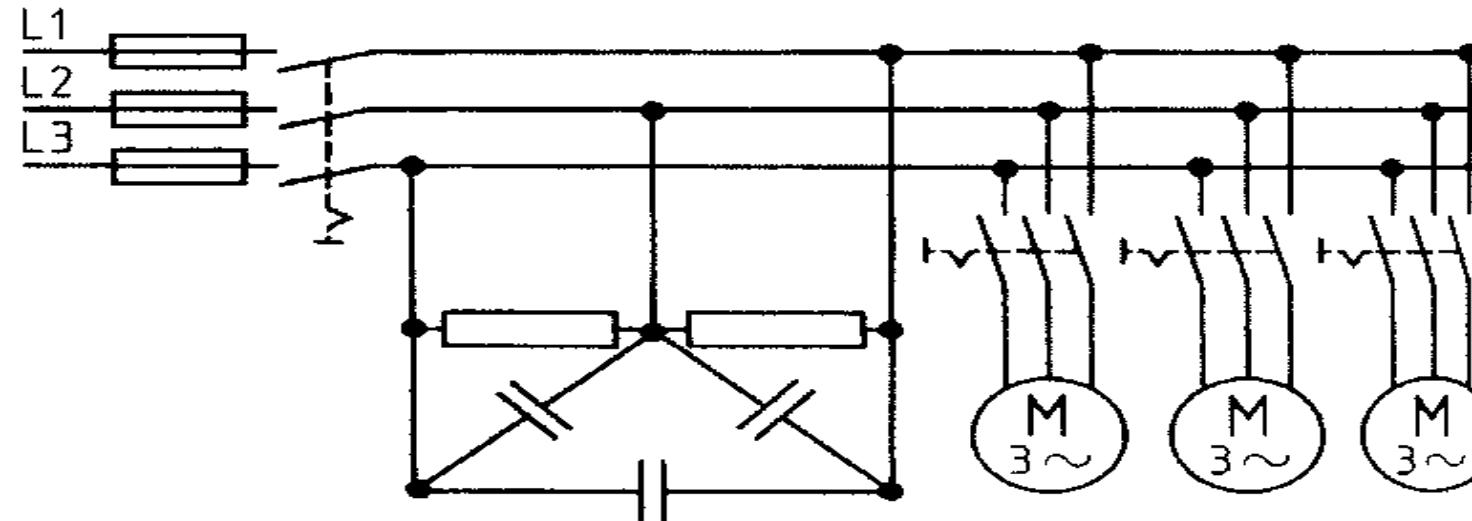


Parallelkompensation

Reihenkompensation

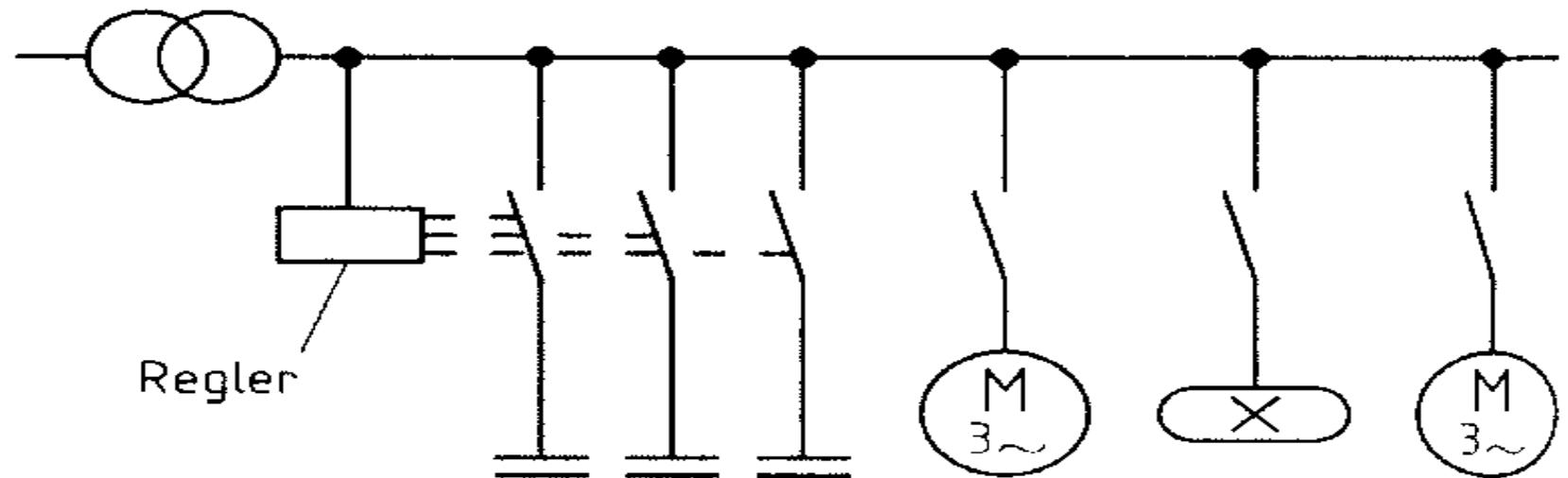
Gruppenkompensation

Gruppenkompensation ist für Gruppen von Verbrauchern geeignet, die über ein Schütz oder Schalter gemeinsam an eine Kompensationsanlage geschaltet werden.

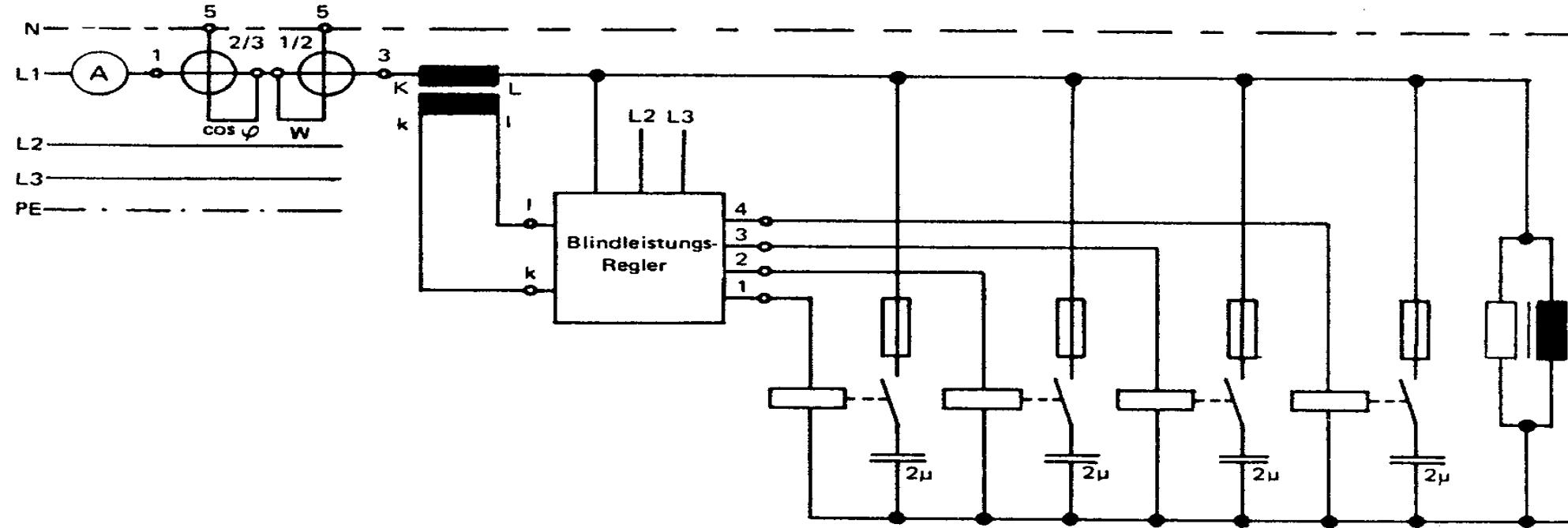


Zentralkompensation

Zentralkompensation lohnt sich, wenn viele Verbraucher mit unterschiedlicher Leistung und wechselnder Einschaltdauer betrieben werden. Hierbei schaltet ein Blindleistungsregler aus einer Kondensatorbatterie so viele Kondensatoren zu oder ab, wie zum augenblicklichen Blindleistungsbedarf notwendig sind. Diese Kompensation ist durch zentrale Anordnung leicht zu überprüfen und auch für eine nachträgliche Installation gut geeignet.



Zentralkompensation



Versuchsanordnung einer Zentralkompensationsschaltung



**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**