

6 Elektrische Maschinen und Steuerungstechnik

6.1 Elektrische Maschinen

Elektrische Maschinen sind ganz allgemein Generatoren und Motoren. Ein Generator wird von einer Arbeitsmaschine angetrieben und wandelt mechanische in elektrische Energie um. Ein Motor wiederum treibt eine Arbeitsmaschine an und wandelt somit elektrische in mechanische Energie um.

6.1.1 Allgemeines

Das Wirkungsprinzip jedes Elektromotors besteht grundsätzlich darin, dass zwei Magnetfelder aufeinander einwirken und eine Kraftwirkung hervorrufen. Jeder Elektromotor (**Abb. 6.1**) besteht aus einem feststehenden Teil, dem Gehäuse mit Ständerpaket, und einem beweglichen Teil, dem Läufer. Das Ständerpaket besteht aus dem Gehäuse, dem Ständerblechpaket und der Ständerwicklung. Die Ständerwicklungsanfänge und -enden sind an das Motorklemmbrett herausgeführt.

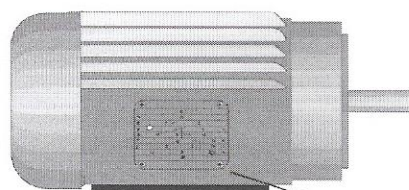


Abb. 6.1: Aufbau eines Elektromotors

Elektrische Maschinen werden hauptsächlich hinsichtlich ihrer Stromversorgung unterschieden: So gibt es **Drehstrommotoren**, **Wechselstrommotoren** und **Gleichstrommotoren**.

Die wichtigsten Kennwerte Daten einer elektrischen Maschine sind auf einem genormten **Leistungs- oder Typenschild** angegeben: Dazu gehören die Angaben des Herstellers, die Maschinenart und die Bemessungswerte, wie Bemessungsspannung, Bemessungsstrom und die Bemessungsleistung für die angegebene Betriebsart (S1-S5). Auch mechanische Größen, wie z.B. die Bemessungsdrehzahl, oder Angaben zur Isolierstoffklasse und Schutzart sind von Bedeutung.

Abb. 6.2 zeigt ein genormtes Leistungsschild, dessen Aufschriften in **Tabelle 6.1** erläutert werden.



Hinweis:

Abhängig von Art, Größe und Einsatzgebiet der elektrischen Maschine kann die Anzahl der dargestellten Informationen auf den Leistungsschildern stark variieren. Insbesondere bei kleineren Gleich- und Wechselstrommotoren werden lediglich die wichtigsten technischen Daten angegeben. Weitere Kennwerte sind daher der Bedienungsanleitung/dem Motorkatalog zu entnehmen.

1					
Typ 2					
3		4	Nr.		5
6		7 V		8 A	
9		10	11	cos φ 12	
13		14 /min.		15 Hz	
16		17	18 V		19 A
20		21		22 kg	
23					

Abb. 6.2: Genormtes Leistungsschild auf einem Motor

Feld		Erklärung der Angaben auf dem genormten Leistungsschild	
1		Name des Herstellers	
2		Typenbezeichnung	
3		Stromart z.B. G (-) für Gleichstrom E (~) für Einphasenwechselstrom D (3~) für Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom)	
4		Art der Maschine	
5		Fertigungsnummer	
6		Schaltart der Ständerwicklung z.B.  für Einphasenwicklung  für Einphasenwicklung mit Hilfsphase  für Zweiphasenwicklung (L-Schaltung)  für Dreiphasenwicklung in Sternschaltung  für Dreiphasenwicklung in Dreieckschaltung  für Dreiphasenwicklung in Dahlanderschaltung	
7	8	Bemessungsspannung	Bemessungsstrom
9		Bemessungsleistung (zulässige Belastung an der Welle)	
10		Maßeinheit für Bemessungsleistung (kW, kVA, W, VA)	
11		Betriebsart (bei S1 keine Angabe) entspricht Dauerbetrieb Weitere Betriebsarten sind mit S2-S10 beschrieben (nachfolgende Seite)	
12		Leistungsfaktor $\cos \varphi$ bei Bemessungsbetrieb	
13		Drehrichtung (auf die Antriebsseite gesehen)  (Rechtslauf)  (Linkslauf)	
14	15	Bemessungsdrehzahl	Bemessungsfrequenz
16		Das Wort »Läufer« bzw. »Lfr« beim Schleifringläufermotor oder »Erregung« bzw. »Err« bei Gleichstrom- und Synchronmaschinen	
17		Schaltart der Läuferwicklung beim Schleifringläufermotor	
18		Läuferstillstandspannung beim Schleifringläufermotor oder Bemessungserregerspannung bei Gleichstrom- und Synchronmaschinen	
19		Läuferstrom beim Schleifringläufermotor oder Bemessungserregersstrom bei Gleichstrom- und Synchronmaschinen	
20	21	Wärmeklasse (A, E, B, F, H, C)	Schutzart (z.B. IP 44)
22		Angenähertes Gewicht in kg bzw. t	
23		Zusätzliche Vermerke: z.B. VDE 0530/....., Kühlmittelmenge bei Fremdbelüftung	

Tabelle 6.1: Erklärung der Angaben auf einem genormten Leistungsschild

Hier einige kurze ergänzende Ausführungen zu den Angaben auf dem Leistungsschild.

(9) Bemessungsleistung

Die auf dem Leistungsschild angegebene Bemessungsleistung kann zweierlei Bedeutung haben - je nachdem, ob es sich um einen Motor oder ein motorisch angetriebenes Gerät handelt. So bezieht sich die Bemessungsleistung eines Motors auf seine **mechanische Leistung**, die er an seiner Welle abgibt. Weil eine Energieumwandlung grundsätzlich nicht ohne Verluste (Wärme, Reibung) erfolgen kann, ist die zugeführte **elektrische Bemessungsleistung** stets größer als die abgegebene. Bei motorisch angetriebenen Geräten, z.B. einer Bohrmaschine, handelt es sich bei der angegebenen Bemessungsleistung um die elektrische Aufnahmeleistung.

(11) Betriebsart

Nach DIN VDE 0530 muss jede elektrische Maschine entsprechend ihrem Verwendungszweck für eine bestimmte Betriebsart ausgelegt sein. Die Grundlage für die Betriebsart bildet die Betriebstemperatur einer elektrischen Maschine, die abhängig ist von ihrer Belastung, der Einschaltdauer sowie der Häufigkeit der Anlauf- und Bremsvorgänge. So muss z.B. ein Motor, der häufig anläuft und abgebremst wird und nur für eine bestimmte Zeit (Spieldauer) mit seiner Bemessungsleistung arbeitet, eine höhere Betriebsart haben als ein Motor, der mit konstanter Belastung läuft.

In der DIN VDE 0530 sind zehn verschiedene Betriebsarten aufgeführt (S1 bis S10). Wenn auf dem Leistungsschild die Angabe der Betriebsart fehlt, muss die Maschine für Dauerbetrieb bemessen sein.

Betriebsart	Bedeutung
S1 Dauerbetrieb	Der Motor kann ständig mit seiner Bemessungsleistung arbeiten, ohne die zulässige Temperatur zu überschreiten.
S2 Kurzzeitbetrieb	Der Motor kann mit seiner Bemessungsleistung immer nur für eine festgelegte Zeit arbeiten, ohne die zulässige Temperatur zu übersteigen (z.B. 10 min oder 30 min).
S3 Aussetzbetrieb (ohne Einfluss des Anlaufvorgangs)	Der Motor ist kurzzeitig mit Bemessungsleistung in Betrieb, um anschließend für eine bestimmte Zeit still zu stehen. Die Spieldauer beträgt i.d.R. 10 min.
S4 Aussetzbetrieb (mit Einfluss des Anlaufvorgangs)	
S5 Aussetzbetrieb (mit Einfluss des Anlaufvorgangs und der elektrischen Bremsung)	
S6 Ununterbrochener periodischer Betrieb	mit Aussetzbelastung
S7 Ununterbrochener periodischer Betrieb	mit Anlauf und Bremsung
S8 Ununterbrochener periodischer Betrieb	mit periodischer Drehzahländerung
S9 Ununterbrochener periodischer Betrieb	mit nichtperiodischer Last- und Drehzahländerung
S10 Betrieb mit einzelnen konstanten Belastungen	

(20) Isolierstoffklasse

Werden elektrische Maschinen unzulässig erwärmt, kann die Isolation zerstört werden. Die Isolierstoffklasse eines Motors ist einer Grenztemperatur zugeordnet, die - vermindert um einen festgelegten Sicherheitswert - nicht überschritten werden darf. Nach DIN VDE 0530 wird die Isolierstoffklasse einer elektrischen Maschine mit den Buchstaben B, E, F und H angegeben.

Dabei bedeuten:

B : zulässig bis 130 °C	E : zulässig bis 120 °C
F : zulässig bis 155 °C	H : zulässig bis 180 °C

Um einer übermäßigen Erwärmung elektrischer Maschinen entgegen zu wirken, ist die Kühlung von großer Bedeutung. Dabei werden die Kühlarten in zwei Gruppen eingeteilt:

- Nach dem **Zustandekommen der Kühlung** (Selbstkühlung, Eigenkühlung und Fremdkühlung) und
- nach der **Wirkungsweise der Kühlung** (Innenkühlung, Oberflächenkühlung, Kreislaufkühlung und Flüssigkeitskühlung).

Durch eine gute Eigenkühlung wird die Verlustwärme abgeführt und der Motor kann höher belastet werden. Bei dieser Kühlmethode wird die Kühlluft für die Maschine durch einen am Läufer angebrachten oder von ihm betriebenen Lüfter bewegt.

(21) Schutzart

Die stromführenden und umlaufenden Teile von elektrischen Maschinen müssen - abhängig vom Verwendungszweck - so beschaffen sein, dass Eindringen von Wasser, kleinen Rundkörpern oder Staub nicht möglich ist. Die Schutzart gibt hierrüber Auskunft. Sie wird im Wesentlichen durch Umgebungsbedingungen, Betriebsverhältnisse und Unfallverhütungsvorschriften bestimmt. Die Schutzart wird durch die Kennbuchstaben IP und zwei Ziffern angegeben. Die erste Ziffer gibt den Schutz gegen Fremdkörper an, die zweite Ziffer den Schutz gegen Wasser. Für weitere Ausführungen und Beispiele: vgl. **Kap. 5.7.2.2 Schutz durch Abdeckung und Umhüllung**.

6.1.2 Anschluss von Motoren

Damit der Motor seine Aufgabe als Maschinenantrieb mit den erwarteten Eigenschaften erfüllen kann, ist sowohl der Anschluss an den Klemmen im Anschlusskasten des Motors als auch das Einlegen der entsprechenden Brücken durchzuführen. Zusätzlich ist auf die richtige Drehrichtung des Motors zu achten. Grundsätzlich drehen Motoren rechts herum, d.h. mit Blick auf die Welle im Uhrzeigersinn.

6.1.2.1 Drehstrommotoren

Bei diesen Motoren müssen alle drei Außenleiter (L1, L2, L3) an die Klemmen im Anschlusskasten angeschlossen werden, so dass die drei Wicklungen U, V und W an Spannung liegen. Die jeweiligen Wicklungsanfänge werden mit einer 1 und die Wicklungsenden mit einer 2 gekennzeichnet. Dadurch ergeben sich die Klemmenbezeichnungen: U1, U2, V1, V2, W1 und W2.

Die einfachste Methode, um festzustellen, wie ein Motor richtig angeschlossen wird, ist die Festlegung des Anschlusses nach der Spannung.

Oft werden zwei Spannungen auf dem Leistungsschild eines Drehstrommotors angegeben. Die kleinere Spannungsangabe ist die Wicklungsbemessungsspannung, d.h. die Wicklungen sind für diese Spannung ausgelegt bzw. bemessen. An den Wicklungen des Motors muss diese Spannung anliegen, damit der Motor mit seiner Bemessungsleistung belastet werden kann.

Liegt an den Wicklungen eine geringere Spannung als die Wicklungsbemessungsspannung an, so besteht die Gefahr, dass der Motor überlastet wird. Liegt an den Wicklungen eine höhere Spannung als die Wicklungsbemessungsspannung an, so wird ein größerer Strom fließen, der mehr Wärme erzeugt und den Motor ebenfalls überlasten kann. Der **Schutz des Motors gegen Überlastung** wird in **Kapitel 6.1.3** behandelt.

Durch das Vertauschen von zwei Außenleitern wird die Drehrichtung des Motors geändert. Dabei ist es gleichgültig, welche zwei Außenleiter vertauscht werden.

Dreieckschaltung

Ist die Spannung zwischen zwei Außenleitern genauso groß wie die Wicklungsbemessungsspannung, so muss der Motor im Dreieck geschaltet werden: Verbindet man das Ende jedes Stranges mit dem Anfang eines anderen, also U2 mit V1, V2 mit W1 und W2 mit U1, so sind alle Wicklungen hintereinander geschaltet.

Beispiel: Spannung zwischen den Außenleitern: 400 V~
Spannungsangabe auf dem Leistungsschild: 400/690 V~

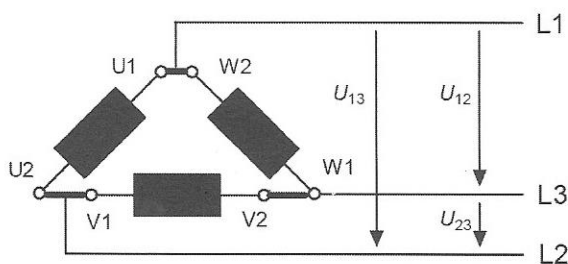


Abb. 6.3: Dreieckschaltung der Ständerwicklung

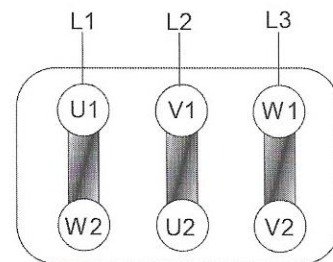


Abb. 6.4: Klemmbrett mit Anschluss in Dreieckschaltung

Sternschaltung

Ist die Spannung zwischen den Außenleitern um den Faktor $\sqrt{3}$ ($\approx 1,73$) größer als die Wicklungsbemessungsspannung, so ist der Motor in Stern zu schalten. Bei der Sternschaltung sind die Strangenden U2, V2 und W2 miteinander zum Sternpunkt (N) verbunden.

Beispiel: Spannung zwischen den Außenleitern: 400 V~
Spannungsangabe auf dem Leistungsschild: 230/400 V~

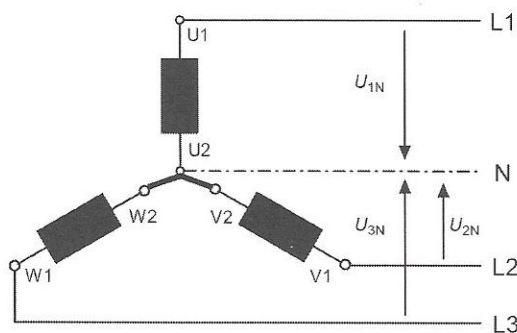


Abb. 6.5: Sternschaltung der Ständerwicklung

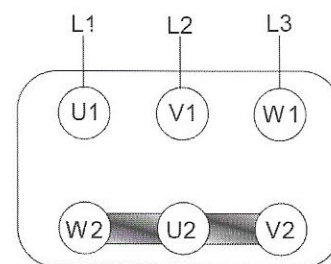


Abb. 6.6: Klemmbrett mit Anschluss in Sternschaltung

6.1.2.2 Einphasen-Wechselstrommotoren

Voraussetzung für die Entstehung eines Drehfeldes im Ständer des Einphasen-Wechselstrommotors ist eine zeitliche Verschiebung des Stromes in der Hilfswicklung gegenüber dem Strom in der Hauptwicklung. Diese zeitliche Verschiebung der Ströme in der Hilfs- und Hauptwicklung wird erreicht, indem in Reihe zur Hilfswicklung ein Kondensator geschaltet wird.

Der Motor dreht rechts herum, wenn in allen Wicklungen die Stromrichtung immer von 1 nach 2 erfolgt. Zur Änderung der Motordrehrichtung muss die Stromrichtung in der Hilfswicklung umgepolt werden. Dies geschieht durch Tauschen des Kondensatoranschlusses am Motorklemmbrett. Die **Abb. 6.7** und **6.8** zeigen die Anschlussmöglichkeiten bei einem Einphasen-Wechselstrommotor.

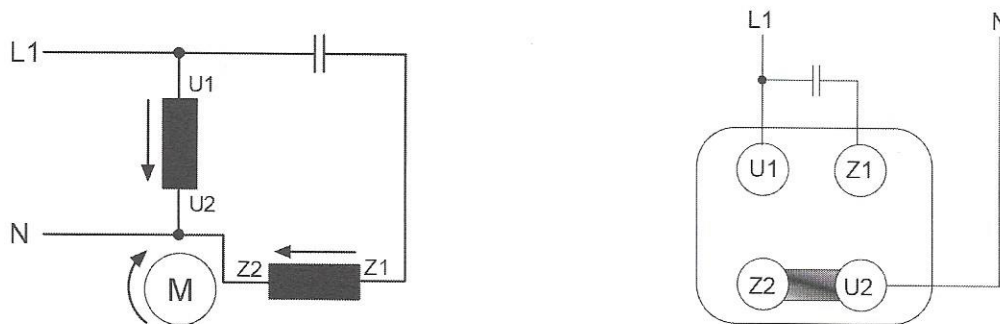


Abb. 6.7: Einphasen-Wechselstrommotor für Rechtslauf

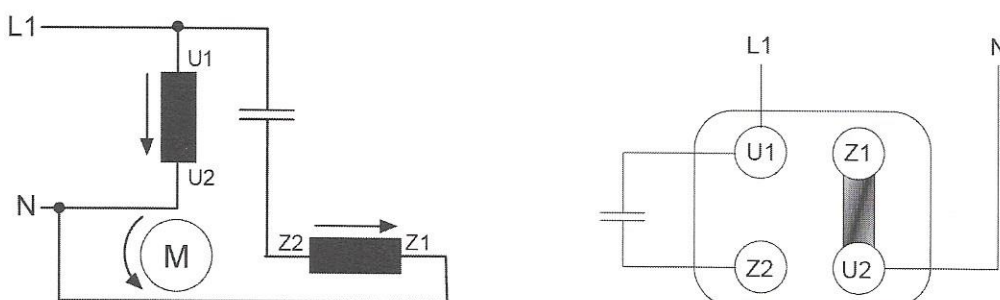


Abb. 6.8: Einphasen-Wechselstrommotor für Linkslauf

6.1.3 Motorschutz

Motorschutzeinrichtungen haben die Aufgabe, die Wicklungen von Elektromotoren vor unzulässig hohen Temperaturen zu schützen. Bewährte Einrichtungen sind Motorschutzschalter, Motorschutzrelais und Motorvollschutz.

6.1.3.1 Motorschutzschalter

Motorschutzschalter haben einen thermischen Auslöser zum Schutz der Motorwicklung bei **Überlast** und eine elektromagnetische Auslösung gegen **Kurzschluss**. Mit einer Stellschraube wird der Motorschutzschalter auf den Bemessungsstrom (Angaben auf dem Leistungsschild des Motors) I_n des zu schützenden Motors eingestellt.

Bei Belastung des Motors durch einen zu großen Strom, wird das Bimetall im Motorschutzschalter erwärmt und unterbricht den Hauptstromkreis dreipolig vom Netz. Erst nach Abkühlen des Bimetalls kann der Motor wieder eingeschaltet werden.

Der elektromagnetische Schnellauslöser besteht im Wesentlichen aus einer Spule mit einem beweglichen Eisenkern. Die elektromagnetische Auslösung ist so ausgelegt, dass sie etwa beim 12- bis 14-fachen des maximal einstellbaren Stroms abschaltet.

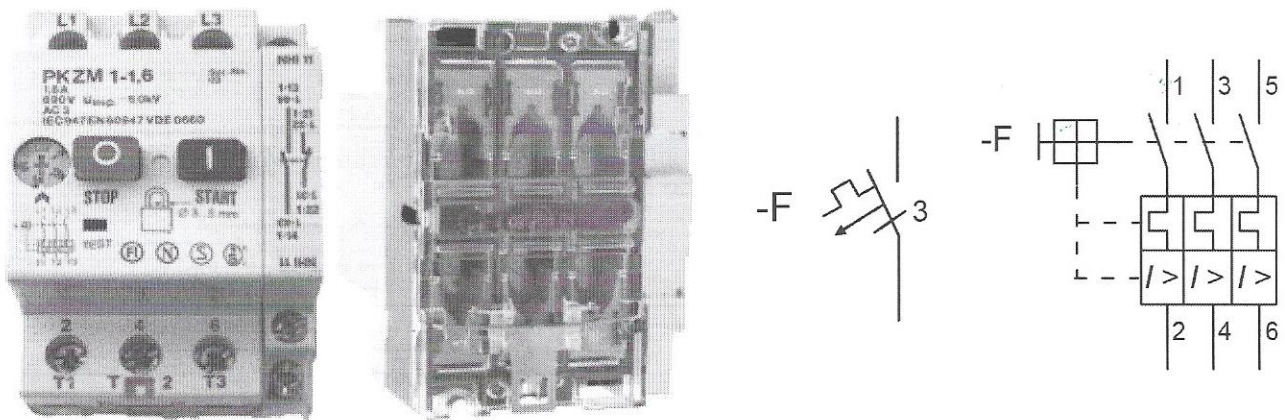


Abb. 6.9: Motorschutzschalter; Schaltzeichen in einpoliger und dreipoliger Darstellung

An Motorschutzschalter lassen sich Zusatzeinrichtungen anbauen, z.B. Unterspannungsauslöser (**Abb. 6.10**), Arbeitsstromauslöser, Hilfsschalter und Auslöstmelder.

Motorschuttschalter mit Unterspannungsauslöser schalten bei Unterspannung und Spannungsausfall aus. Fällt die Spannung aus, so schaltet der Motorschutzschalter allpolig ab. Das verhindert selbstständiges Anlaufen von Motoren nach Wiederkehr der Betriebsspannung. Dies ist erforderlich, um Unfällen vorzubeugen (z.B. beim Wiederanlaufen einer Kreissäge).

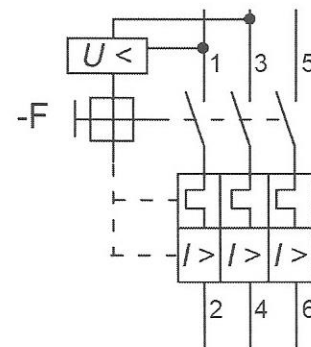


Abb. 6.10: Motorschutzschalter mit Unterspannungsauslöser

Der Anschluss von Einphasen-Wechselstrommotoren mit Motorschutzschalter erfolgt wie in **Abb. 6.11** dargestellt, damit der Motor geschützt und voll belastet werden kann.

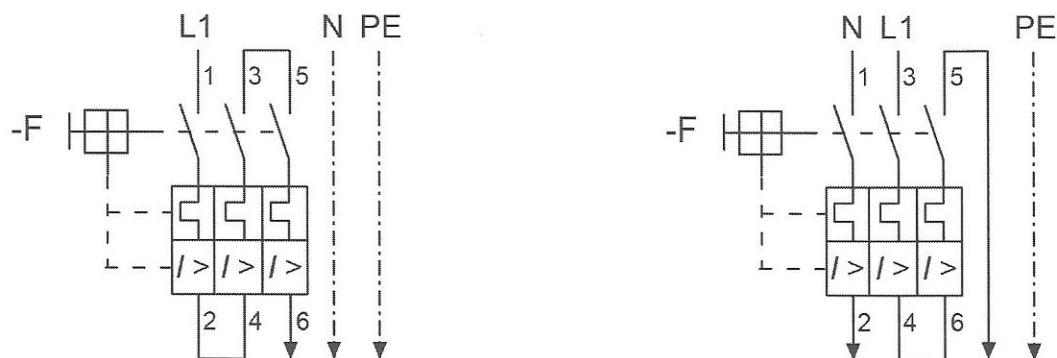


Abb. 6.11: Drehstrommotorschuttschalter bei Anschluss eines Einphasen-Wechselstroms

Die Schaltung in **Abb. 6.11** rechts bietet den Vorteil des allpoligen Abschaltens. Diese ist bei Steckergeräten zu bevorzugen, wie z.B. bei Pumpen.

6.1.3.2 Motorschutzrelais

Motorschutzrelais (**Abb. 6.12**), in den Normen **Überlastrelais** genannt, zählen zur Gruppe der stromabhängigen Schutzeinrichtungen. Sie überwachen die Temperatur der Motorwicklung mittelbar über den in den Zuleitungen fließenden Strom und bieten einen bewährten und preiswerten **Schutz vor Zerstörung durch Nichtanlauf, Überlastung und Phasenausfall**. Motorschutzrelais nutzen die Eigenschaft des Bimetalls aus. Die Arbeitsweise der Bimetallauslösung entspricht der des Motorschutzschalters.

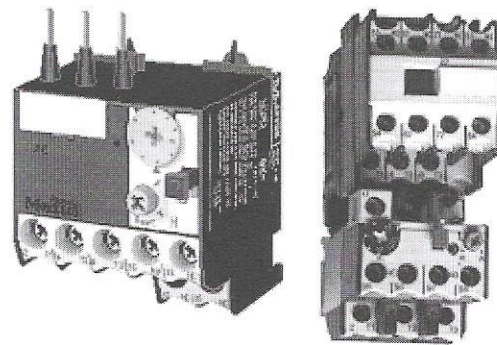


Abb. 6.12: Motorschutzrelais für den direkten Anbau am Schütz

Bei Motorschutzrelais besteht die Möglichkeit, die Wiedereinschaltsperrung auf »Hand« bzw. »Manuell« (EIN) oder auf »Automatik« (AUS) zu stellen (**Abb. 6.13 a**). Wird das Motorschutzrelais z.B. durch einen Schwimmerschalter oder Druckwächter (Dauerkontakt) geschaltet, so muss die Wiedereinschaltsperrung eingestellt sein. Das ist erforderlich, weil die Bimetallstreifen im Überlastrelais schneller abkühlen als die Motorwicklungen. In der Stellung »Automatik« besteht für den Motor kein ausreichender Schutz. Die Stellung »Automatik« kann eingestellt werden, wenn das Motorschutz z.B. durch einen Taster (Impuls) geschaltet wird.

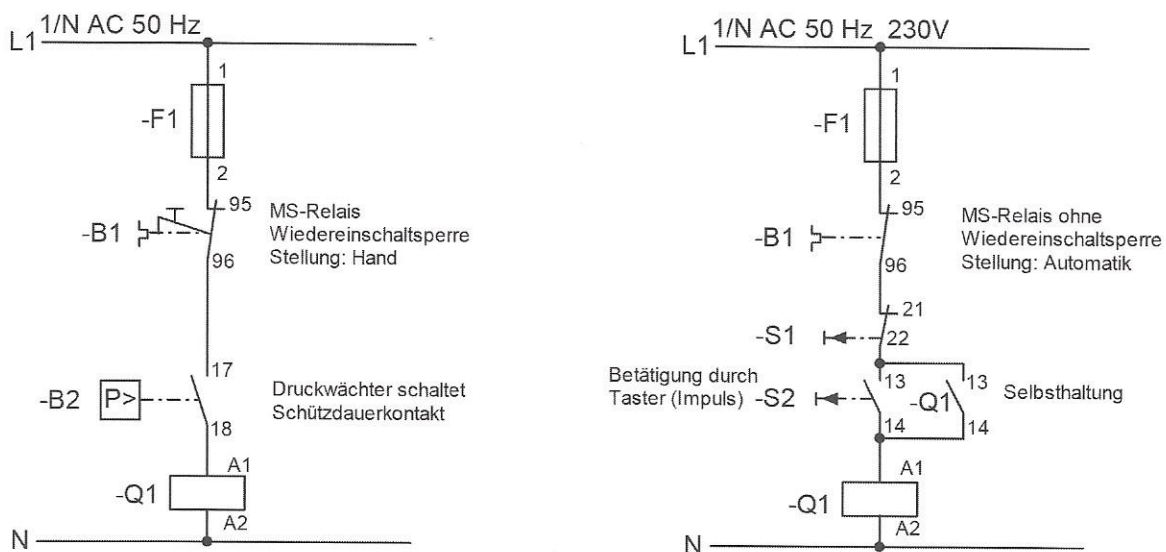


Abb. 6.13 a: Wiedereinschaltsperrung von »Hand« und »Automatik« bei Motorschutzrelais

Motorschutzrelais im Einsatz

Erfolgt ein Anstieg des Motorstroms über den Bemessungsstrom des Motors, so **unterbricht** das Überstromrelais den Steuerstromkreis des Schützes, das den Motor schaltet. Das Schütz fällt ab und trennt den Motor vom Netz (**Abb. 6.13 b**). Das thermische Überstromrelais wird auf den Bemessungsstrom des zu schützenden Motors eingestellt. Den Kurzschlusschutz übernehmen die vorgeschalteten Sicherungen.

Hinweis:

Ist das Motorschutzrelais mit einer **Entsperrungstaste** ausgestattet, muss diese betätigt werden, wenn nach Auslösen und anschließendem Abkühlen der Bimetalle der Steuerstromkreis des Schützes wieder geschlossen werden soll.

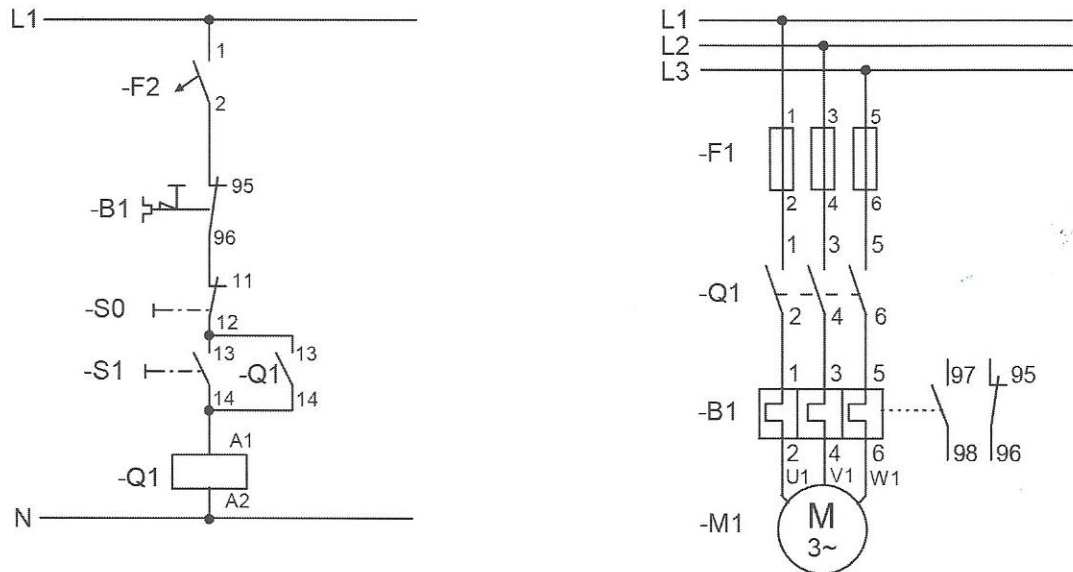


Abb. 6.13 b: Motorschutzrelais im Einsatz

Schaltzeichen Motorschutzrelais

Für die erste Ziffer der Anschlussbezeichnung ist die 9 als Ordnungsziffer festgelegt. Für die Funktionsziffern werden die Bezeichnungen der Sonderfunktionen verwendet. Weitere Details folgen in **Kap. 6.2.2.3**.

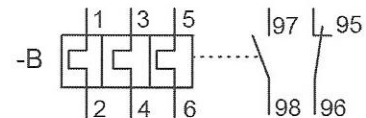


Abb. 6.14: Schaltzeichen Motorschutzrelais

6.1.3.3 Motorvollschutz durch Thermistoren

Beim Motorschutzschalter und Motorschutzrelais wird der Motor **indirekt** durch Überwachung der Stromstärke vor unzulässig hohen Temperaturen geschützt. Besonders empfindlich gegen unzulässige Temperaturerhöhungen sind Motorwicklungen und hierbei ganz besonders die Wicklungsisolation. Ein wirksamer Motorschutz kann dadurch erfolgen, dass die Wicklungstemperatur direkt mit Temperaturfühlern (vgl. **Kap. 3.1.4.1**) erfasst wird, die in den Motorwicklungen (**Abb. 6.15**) untergebracht sind. Die Temperaturerfassung erfolgt mit in Reihe geschalteten Thermistoren (temperaturabhängige Widerstände, Kaltleiter), die an besonders kritischen Stellen (z.B. Wickelköpfe) angebracht sind.

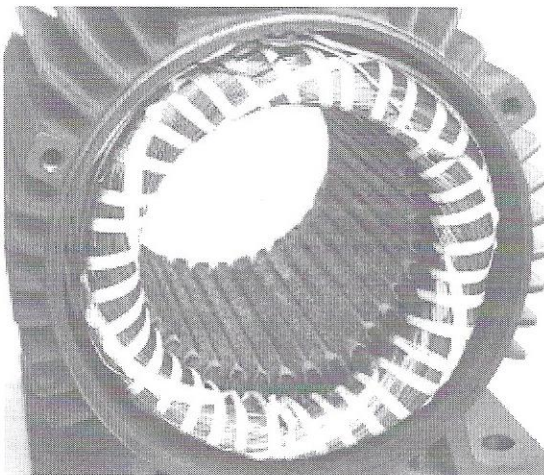


Abb. 6.15 a: Motorwicklung mit Temperaturfühler

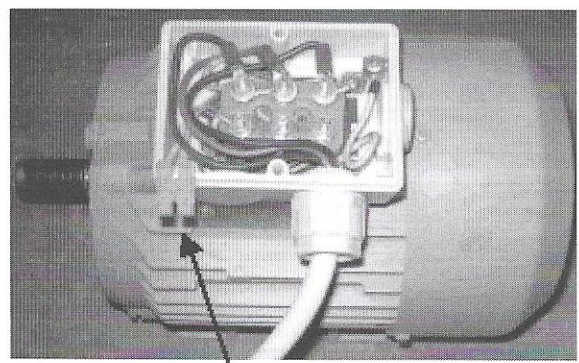


Abb. 6.15 b: Motorklemmbrett mit Anschluss für elektronischen Motorvollschutz

Der in **Abb. 6.16** gezeigte Motorvollschutz besteht aus den Kaltleiter-temperaturfühlern (PTC) und einem Auslösegerät. Steigt die Wicklungstemperatur über den Wert der Ansprechtemperatur der Kaltleiterfühler an, werden die Fühler hochohmig und schalten den Motor durch das Relais K1 (in **Abb. 6.16**) im Auslösegerät ab.

Hinweis:

Beim Motorvollschutz wird der Motor vor unzulässigen Wicklungstemperaturen auch dann geschützt, wenn die Temperaturzunahme nicht durch einen Anstieg des Stromes hervorgerufen wird, sondern z.B. durch ungenügende Kühlung oder eine Erhöhung der Umgebungstemperatur. In einem solchen Fall würden Motorschutzschalter und Motorschutzrelais nicht ansprechen.

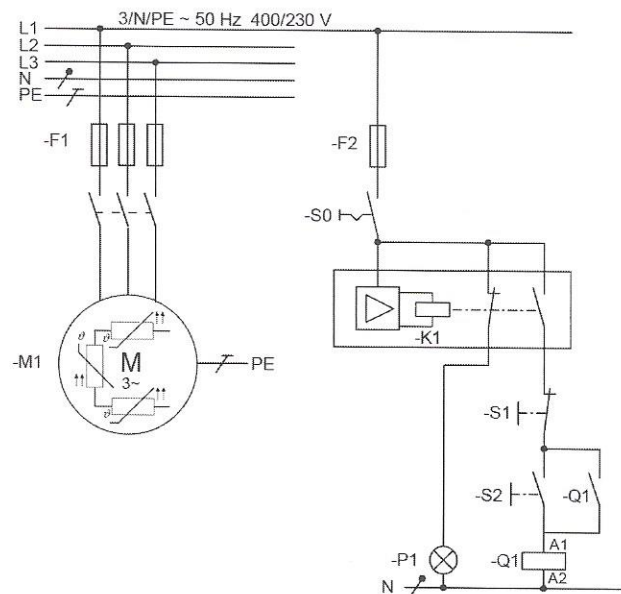


Abb. 6.16: Prinzip Motorschutz mit Kaltleitern (PTC)

6.2 Steuerungstechnik

Steuerungen kommen in der Elektrotechnik in vielfältiger Weise vor. Zur Beschreibung der Vorgänge gibt es eine Vielzahl von Begriffen, die in diesem Kapitel verdeutlicht werden sollen. **Abb. 6.17** zeigt das grundlegende Prinzip einer Steuerung mit ihren unterschiedlichen Ebenen.

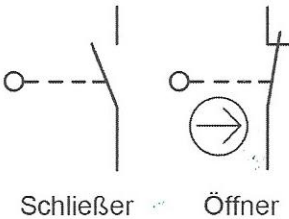
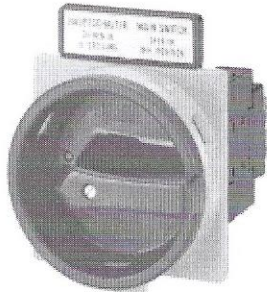
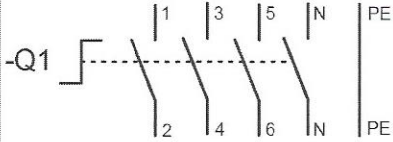
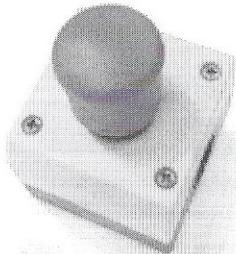
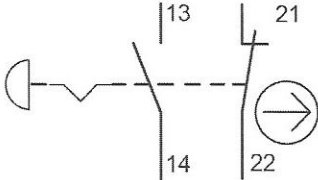
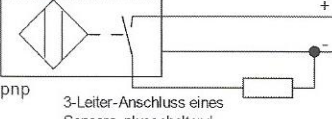
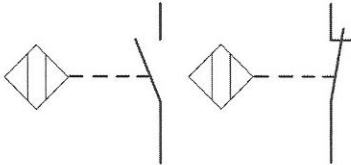


Abb. 6.17: EVA-Prinzip einer Steuerungseinrichtung

6.2.1 Eingabe

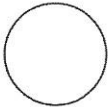
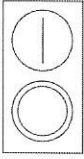
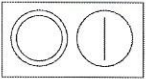
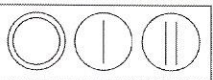
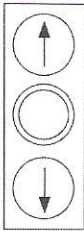
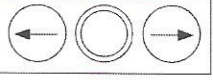
Über die Eingabe erhält die Steuerung Befehle und ggfs. Rückmeldungen vom Steuerungsprozess. Typische Befehlsgeräte sind Schalter und Taster.

Schalter Beim Loslassen der Betätigung bleibt der Schaltzustand erhalten.		
Taster Beim Loslassen der Betätigung bleibt der Schaltzustand nicht erhalten.		

Positionsschalter (Grenztaster) Die Betätigung erfolgt mechanisch. Wenn diese Schalter eine sicherheitsrelevante Abschaltfunktion (wie auch Not-Aus) übernehmen, ist eine Zwangsöffnung nach EN 60947 gefordert. D.h., dass der Öffnerkontakt auf jeden Fall öffnet, wenn das Bedienteil (z.B. Stößel) sich in der Stellung AUS befindet. Symbol Zwangsöffnung: 		 Schließer Öffner
Netz-Trenneinrichtung (Hauptschalter) Jede Maschine muss eine Netz-Trenneinrichtung haben, um die Maschine für Reparatur- und Wartungsarbeiten allpolig vom Netz zu trennen. Hierfür werden allgemein Lasttrenn- oder Leistungsschalter verwendet. Diese dürfen nur eine Aus- und eine Ein-Stellung haben, die deutlich mit O und I gekennzeichnet ist. Darüber hinaus muss die Aus-Stellung abschließbar sein.		
Not-Aus-Taster Die Not-Aus-Funktion hat die Aufgabe, alle gefährbringenden Bewegungen einer Maschine durch eine menschliche Handlung schnellstmöglich abzuschalten. Not-Aus-Taster müssen jederzeit leicht erreichbar sein und sind daher an allen Bedienstellen sowie an anderen Orten, an denen die Einleitung eines Stillsetzens im Notfall erforderlich ist, zu finden. Die vorgeschriebene Farbkennzeichnung ist rot-gelb.		 Schließer Öffner
Sensoren Die »Betätigung« (berührungslos) erfolgt durch eine nichtelektrische Größe. Es gibt eine Vielzahl von verschiedenen Sensoren. Am häufigsten werden induktive und kapazitive Sensoren eingesetzt. Induktive Sensoren arbeiten mit einem magnetischen Feld; bei Annäherung eines metallischen Gegenstandes wird ein Schaltvorgang ausgelöst. Kapazitive Sensoren arbeiten mit einem elektrischen Feld; bei Annäherung eines Gegenstandes wird ein Schaltvorgang ausgelöst.	  pnp 3-Leiter-Anschluss eines Sensors, plusschaltend	 Schließer Öffner

Anordnung und Kennzeichnung von handbetätigten Bedienteilen

Um die Gefahr von Unfällen zu verringern, müssen Drucktaster nach EN 60447 angeordnet werden und nach EN 60204 gekennzeichnet sein.

Symbol für AUS-Funktion Farbe: schwarz (bevorzugt) Symbol für EIN-Funktion Farbe: weiß (bevorzugt)	 AUS	 EIN
Bei vertikaler Anordnung muss der STOP-Taster unten angeordnet sein.		 START Stufe 2 START Stufe 1 STOP
Bei horizontaler Anordnung muss der STOP-Taster links angeordnet sein.		STOP START START Stufe 1 Stufe 2 
Bei entgegengesetzten Bewegungsrichtungen darf der STOP-Taster in der Mitte angeordnet sein.	 Auf STOP Ab	links STOP rechts 

Farben für Drucktaster, Anzeigen und Leuchttaster (DIN EN 60204-1)

Drucktaster, Leuchtdrucktaster			Anzeigen (Leuchten)	
Farbe	Bedeutung	Anwendung	Bedeutung	Anwendung
rot	Notfall	Bei gefahrbringendem Zustand oder im Notfall (NOT-AUS)	Notfall	Gefährlicher Zustand
gelb	Anormal	Beseitigung anormaler Bedingungen oder unerwünschter Änderungen	Anormal	Physikalische Größe überschreitet den normalen Bereich
grün	Sicher	Vorbereiten Betätigen	Normal	Physikalische Größe liegt im normalen Bereich
blau	Zwingend	Rückstellfunktion	Zwingend	Vorgegebene Werte eingeben
weiß grau schwarz	Keine spezielle Bedeutung	START/EIN* STOP/AUS*	Neutral	Allgemeine Informationen

* Für START/EIN-Bedienteile darf auch grün verwendet werden, jedoch nicht rot; für STOP/AUS-Bedienteile darf auch rot verwendet werden, wenn keine Verwechslungsgefahr zum Not-Aus-Schalter besteht; grün darf nicht verwendet werden.

6.2.2 Verarbeitung

Auf der Ebene der Verarbeitung werden in der Steuerungstechnik elektromagnetisch betätigte Schaltgeräte eingesetzt. Das sind z.B. Relais und Schütze. Ihre Funktion lässt sich am Beispiel von Elektromagneten beschreiben.

Abb. 6.18 zeigt das Grundprinzip eines Relais und eines Schützes. Fließt ein Strom durch die Erregerspule, wird ein Magnetfeld erzeugt. Der Magnetfluss im Kern übt eine Anziehungskraft auf den Anker aus, so dass dieser angezogen wird. Der Anker bewegt sich. So wird bei diesem einfachen Elektromagneten elektrische Energie in mechanische Energie umgesetzt. Von diesem Prinzip macht man beim Relais und beim Schütz Gebrauch.

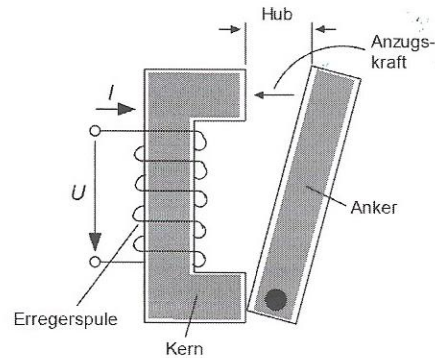


Abb. 6.18: Grundprinzip eines Relais

6.2.2.1 Relais

Den prinzipiellen Aufbau eines Relais gibt die **Abb. 6.19** wieder. Fließt ein Strom durch die Spule, wird der Klappanker vom Eisenkern angezogen. Dieser drückt den Abstandshalter, so dass sich die Kontakte schließen. Solange ein Strom durch die Erregerspule fließt, ist das »Relais angezogen« und die Kontakte sind geschlossen. Bei den Kontakten können selbstverständlich noch mehrere, weitere Kontakte betätigt werden; neben Schließern auch Öffner. Es muss also zwischen dem Erreger- oder Steuerstromkreis und dem Laststromkreis unterschieden werden. Ein Relais wirkt somit wie ein fremdgesteuerter Schalter.

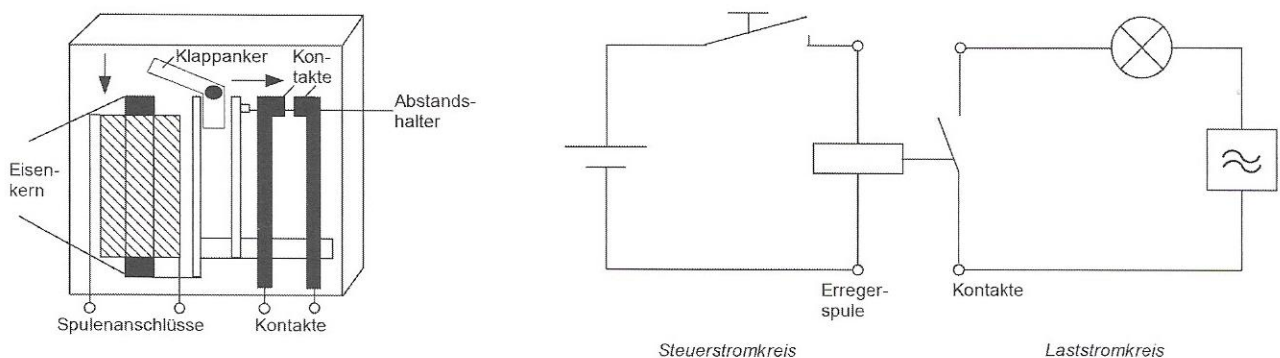


Abb. 6.19: Prinzipaufbau und Schaltung eines Relais

Es gibt eine Vielzahl von Relais, die sich bezüglich ihres Einsatzes unterscheiden: Zeit- und Zählrelais, Melderelais, Verzögerungsrelais und Schutzrelais. Durch besondere Kennzeichnung im Schaltzeichen kann aus einer Schaltzeichnung die Wirkung des Relais abgelesen werden.

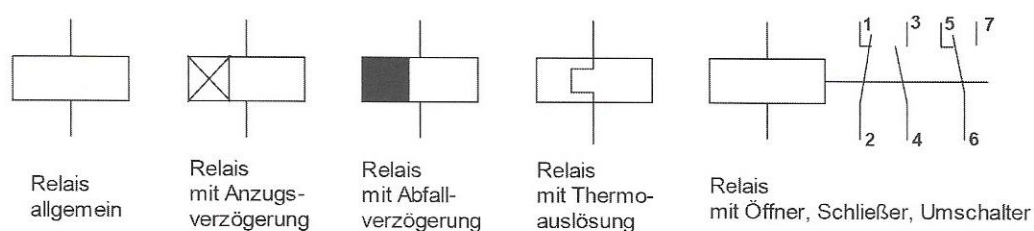


Abb. 6.20: Relais-Schaltzeichen

Zeitrelais

werden für zeitabhängige Steuerungsabläufe eingesetzt. Im Wesentlichen werden **ansprech- und rückfallverzögerte Zeitrelais (Abb. 6.21)** unterschieden. Die Verzögerungszeit lässt sich in Bereichen (z.B. von 1 s bis 30 s) stufenlos durch ein Potentiometer oder stufig durch Wahlschalter einstellen.

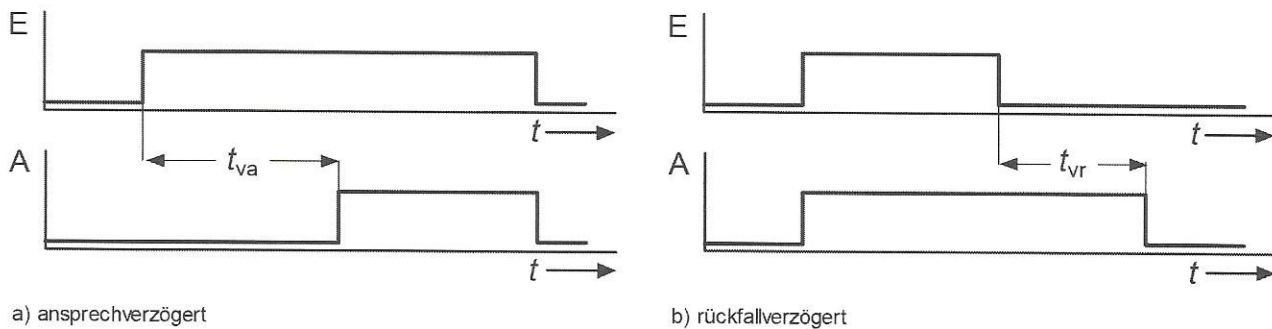


Abb. 6.21: Zeitablaufdiagramm von Zeitrelais

Erläuterung zu Abb. 6.21 a: Nach dem Anlegen der Spannung an die Relaispule (E) wird nach Ablauf der eingestellten Verzögerungszeit (t_{va}) der Kontakt (A) des Zeitrelais geschlossen.

6.2.2.2 Schütze

Nach dem Prinzip eines Relais arbeiten auch die **Schütze**.

Fließt ein Strom durch die Erregerspule, wird auch hier ein Magnetfeld erzeugt, das einen beweglichen Anker anzieht. Über ein Hebelsystem werden elektrische Kontakte des Lastkreises geöffnet, geschlossen oder umgeschaltet. Während bei den Relais nur kleinere Leistungen geschaltet werden können, sind die Kontakte bei den Schützen für größere Ströme und Spannungen ausgelegt. Aus diesem Grund setzt man Schütze zum Ein- und Umschalten von Drehstrommotoren und in der Leistungselektronik ein. Vielfach integriert man eine thermische Überstromauslösung, die bei einem Motorfehler selbsttätig auslöst und so den Motor vor Überlastung schützt.

Bei den Schützen wird zwischen **Haupt- bzw. Leistungs- und Hilfsschützen** unterschieden:

- **Hauptschütze** werden zum Schalten von Lasten eingesetzt, z.B. in Motoren, Ventilen, Lampen, Transformatoren und elektrischen Heizungen.
- **Hilfsschütze** sind für Steuerfunktionen bzw. Hilfsfunktionen, jedoch nicht zum Schalten von Lasten geeignet.

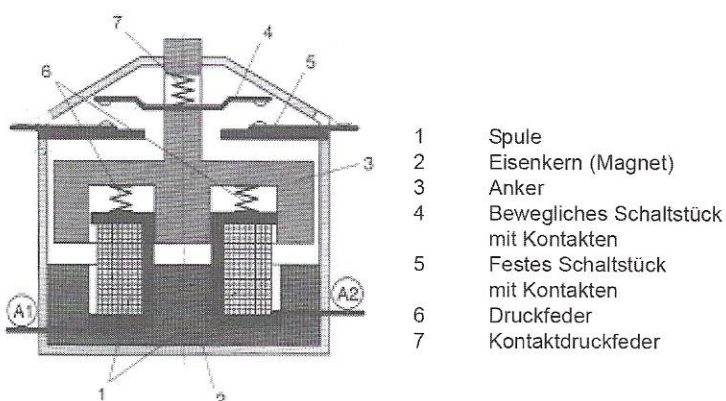


Abb. 6.22: Aufbau eines Schützes

6.2.2.3 Anschlussbezeichnungen von Schützen und Relais

Um die Funktion von Schaltgliedern an Schützen, Hilfsschützen, Relais, Tastern und Schaltern eindeutig und einheitlich zu definieren, sind die Anschlussbezeichnungen in der EN 60947 festgelegt.

Haupt- bzw. Leistungsschütze

Die Anschlussbezeichnungen bei den Hauptschaltgliedern sind einstellig fortlaufend nummeriert. Sind Hilfsschaltglieder vorhanden, so entspricht die Klemmenbezeichnung einem Hilfsschütz.

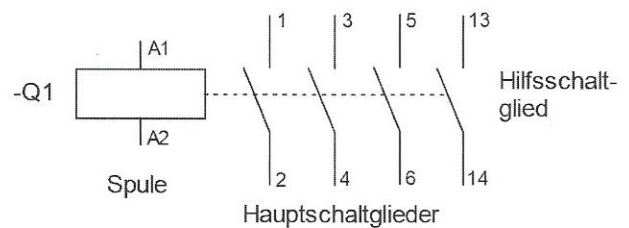
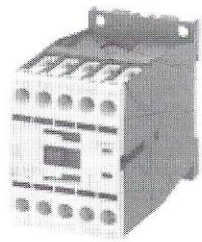


Abb. 6.23: Leistungsschütz mit Kontaktdarstellung

Hilfsschütze

Die Anschlussbezeichnungen sind zweistellig. Die erste Ziffer (Ordnungsziffer) gibt die Zählfolge der Schaltglieder an. Durch die zweite Ziffer (Funktionsziffer) wird die Funktion des Schaltgliedes angegeben. Dabei steht 1-2 für einen Öffner und 3-4 für einen Schließer.

In der Normreihe E gibt die erste Ziffer die Anzahl der Schließer an und die zweite Ziffer die Anzahl der Öffner. Die Reihenfolge der Schaltkontakte ist in der Normreihe E festgelegt.

Obwohl die Schaltglieder gleichzeitig bewegt werden, öffnen die Öffner, bevor die Schließer schließen. Diese Schaltfolge gibt es auch bei Befehlsgeräten (z.B. Taster) und wird Zwangsführung genannt.

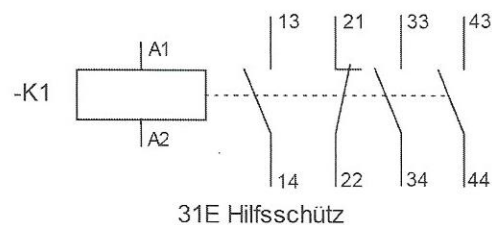
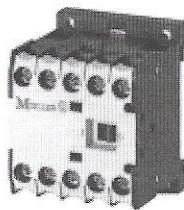


Abb. 6.24: Hilfsschütz mit Kontaktdarstellung

Zeitrelais

Die erste Ziffer der Anschlussbezeichnung ist wieder die Ordnungsziffer. Da die Schaltglieder dieser Relais eine Zeitfunktion (Sonderfunktion) haben, werden auch spezielle Funktionsziffern (2. Ziffer) für die Anschlussbezeichnungen verwendet. Dabei steht 5-6 für einen Öffner und 7-8 für einen Schließer.

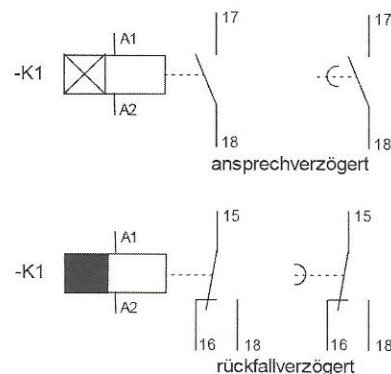
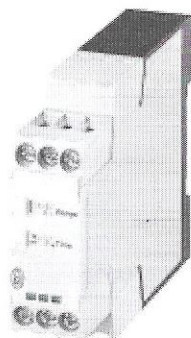


Abb. 6.25: Zeitrelais mit Kontaktdarstellung

6.2.2.4 Zusammenfassung: Kennzeichnung von Schaltgliedern

Hauptstromkreise sind mit einstelligen Zahlen gekennzeichnet. Die Klemmen mit ungeraden Zahlen (also 1, 3 und 5) führen zum Netz, an den Klemmen mit den geraden Zahlen (2, 4 und 6) liegt das zu steuernde Betriebsmittel (Verbraucher). **Hilfskontakte** haben eine zweistellige Bezeichnung. An der ersten Stelle steht die Ordnungsziffer, z.B. eine 1 beim Kontakt 13-14. Die Funktionsziffern der Kontakte stehen an zweiter Stelle und bedeuten:

- 1-2 Steuerkontakt Öffner, K1: 21-22
- 3-4 Steuerkontakt Schließer, K1: 13-14

Kennzahlen geben bei Schützen Auskunft über die Art und Anzahl der Hilfskontakte. Die erste Ziffer gibt die Anzahl der Schließer, die zweite Ziffer die Anzahl der Öffner an.

Beispiele: Kennzahlen für Schütze

- 01 Kein Schließer, ein Öffner
- 10 Ein Schließer, kein Öffner
- 31 Drei Schließer, ein Öffner
- 22 Zwei Schließer, zwei Öffner

Ziffern	Bedeutung	Beispiel: Hauptschaltglieder
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	1. Schaltglied 2. Schaltglied 3. Schaltglied 4. Schaltglied 5. Schaltglied	
1 2 5 6 3 4 7 8	Öffner Öffner mit besonderer Funktion Schließer Schließer mit besond. Funktion	
1 2 4 5 6 8	Wechsler Wechsler mit besond. Funktion	



PRAKTISCHE ÜBUNGEN

Verdrahtung einer Schützschaltung mit Selbsthaltung

FACHPRAXIS → Kapitel P 11

6.2.3 Steuerstromkreise und Steuerfunktion

Die elektrische Ausrüstung von Maschinen ist so auszuführen, dass von der Anlage keine Gefahr für Personen ausgeht.

6.2.3.1 Steuertransformator

Nach EN 60204 (DIN VDE 0113) müssen zur Versorgung von Steuerstromkreisen bis auf wenige Ausnahmen Trenntransformatoren verwendet werden, die über getrennte Wicklungen verfügen. Dadurch wird eine galvanische Trennung zwischen speisendem Netz und Steuerstromkreis hergestellt.

Durch den Einsatz von Steuertransformatoren ergeben sich u.a. folgende Vorteile:

- Anpassung an die am Einsatzort vorhandene Netzspannung durch die verschiedenen Anzapfungen,
- andere Steuerspannung als 230 V möglich, z.B. 24 V,
- Dämpfung des Kurzschlussstromes, wodurch die Hilfsschaltglieder im Steuerstromkreis weniger beansprucht werden.

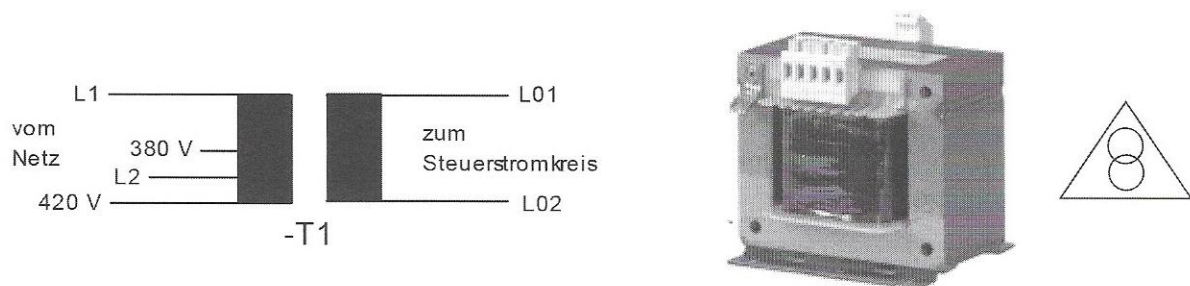


Abb. 6.26: Trenntransformator und Symbol

Galvanische Trennung des Steuerstromkreises vom Netz

Die galvanische Trennung bewirkt, dass ein Isolationsfehler (z.B. ein Körper- oder ein Erdschluss) im Steuerstromkreis durch eine Schutzeinrichtung nicht abgeschaltet wird. Im Steuerstromkreis wird daher dieser Isolationsfehler nicht bemerkt. Kommt im Laufe der Zeit ein weiterer Isolationsfehler hinzu, so besteht Gefahr, dass die Schaltglieder überbrückt werden, was dann zu einem unbeabsichtigten Anlauf bzw. zu gefährbringenden Bewegungen der Maschine führen kann und deren Abschalten (Stillsetzen) verhindert.

Um dieses zu vermeiden, muss der Steuerstromkreis entweder geerdet sein oder er muss ungeerdet mit einer Isolationsüberwachungseinrichtung betrieben werden.

6.2.3.2 Geerdeter Steuerstromkreis

Hierzu muss der entsprechende Leiter des Steuerstromkreises (**Abb. 6.27**) an das Schutzleitersystem (PE-Schiene) der Maschine angeschlossen werden. Dieser Leiter muss dann direkt (ohne zwischenliegende Schaltglieder) an einem Anschluss der Betätigungsspule (vorzugsweise immer mit derselben Klemmenbezeichnung, z.B. A2) jedes elektromagnetisch betätigten Gerätes liegen. Tritt ein Körper- oder Erdschluss im Steuerstromkreis zu einem nicht mit dem Schutzleitersystem verbundenen Leiter auf, so ist dieser Fehler einem Kurzschluss gleich. Die Überstromschutzrichtung schaltet über den Steuerstromkreis die Maschine ab. Man spricht von einem **ungesteuerten Stillsetzen** der Maschine.

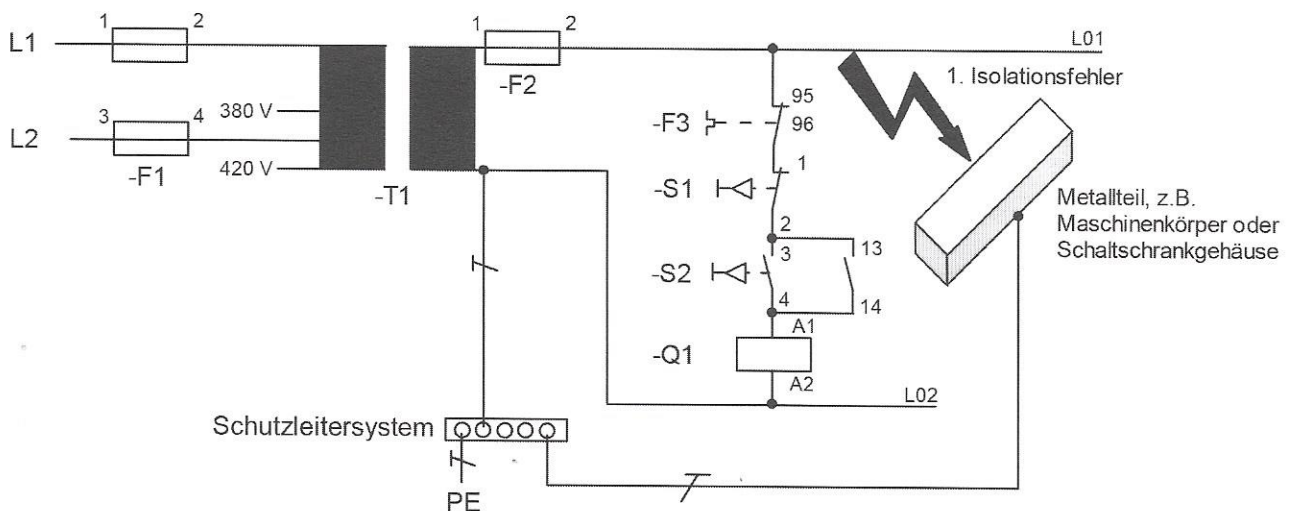


Abb. 6.27: Geerdeter Steuerstromkreis

6.2.3.3 Ungeerdeter Steuerstromkreis mit Isolationsüberwachung

Soll eine Maschine **gesteuert stillgesetzt** werden, so muss der Steuerstromkreis mit einer Isolationsüberwachungseinrichtung betrieben werden, die dann den ersten Körper- oder Erdschluss meldet. Hierbei muss aber sichergestellt sein, dass dieser Fehler beseitigt wird, bevor ein weiterer Körper- oder Erdschluss auftritt, der die Schaltglieder überbrücken kann und so die Maschine unbeabsichtigt anlaufen lässt (**Abb. 6.28**).

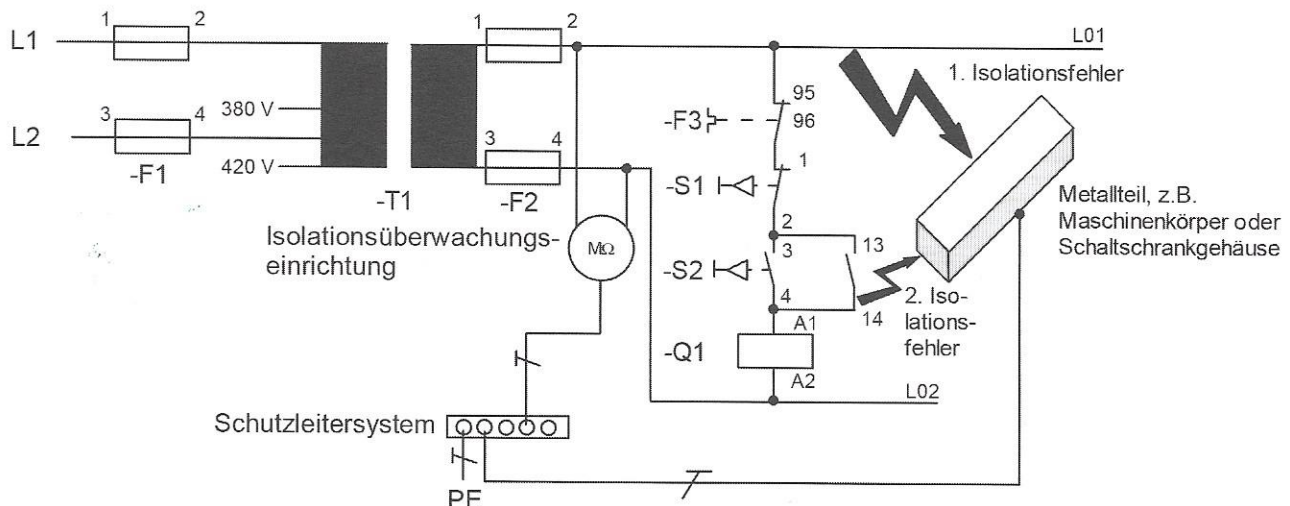


Abb. 6.28: Ungeerdeter Steuerstromkreis mit Isolationsüberwachung

6.2.3.4 Steuerfunktion (nach DIN VDE 0113 / EN 60204)

Für die Auswahl der elektrischen Ausrüstung der Maschine sind neben der Zweckbestimmung sicherheitstechnische Gesichtspunkte maßgebend.

Nachfolgend einige Erläuterungen:

- **Start-Funktionen**

Das Einschalten von Maschinen muss durch Schließerkontakte erfolgen.

- **Stopp-Funktionen**

Das Abschalten von Maschinen muss durch Öffnerkontakte (Drahtbruchsicherheit) erfolgen. Die Stopp-Funktionen müssen Vorrang vor zugeordneten Start-Funktionen haben.

Es gibt drei Kategorien von Stopp-Funktionen:

Kategorie 0: Stillsetzen durch sofortiges Abschalten der Energie zu den Maschinen-Antriebselementen, d.h. ungesteuertes Stillsetzen.

Beispiel: Abschaltung eines Motors durch ein Schütz.

Kategorie 1: Gesteuertes Stillsetzen, wobei die Energie zu den Maschinen-Antriebselementen beibehalten wird, um das Stillsetzen zu erzielen. Die Energie wird erst dann unterbrochen, wenn der Stillstand erreicht ist.

Beispiel: Elektrisches Herunterbremsen eines Motors bis zum Stillstand; dann erst wird die Energiezufuhr zum Motor abgeschaltet.

Kategorie 2: Gesteuertes Stillsetzen, bei dem die Energie zu den Maschinen-Antriebselementen beibehalten wird. Diese Stopp-Kategorie ist für Not-Aus nicht zulässig.

Beispiel: Abbremsen eines Motors über eine Elektronik (z.B. Frequenzumrichter) bis zum Stillstand. Die Spannungsversorgung wird nicht unterbrochen, weil durch die Elektronik keine galvanische Trennung entsteht.

- **Not-Aus-Funktion** (Stillsetz-Funktion)

Das Stillsetzen im Notfall muss entweder als Stopp der Kategorie 0 oder der Kategorie 1 wirken. Dafür dürfen nur festverdrahtete, elektromechanische Betriebsmittel verwendet werden.

Zusätzlich zu den Anforderungen für die Stopp-Funktionen gelten folgende Anforderungen:

- Die Not-Aus-Funktion muss gegenüber allen anderen Funktionen und Betätigungen in allen Betriebsarten Vorrang haben.
- Die Energie zu den Maschinen-Antriebselementen, die einen gefahrbringenden Zustand verursachen können, muss ohne Erzeugung anderer Gefährdungen so schnell wie möglich abgeschaltet werden.
- Das Rücksetzen des Gerätes für das Stillsetzen darf keinen Wiederanlauf einleiten.

6.2.4 Auswahl von Schützen

6.2.4.1 Allgemeines

Damit ein Schütz die zu erwartende (elektrische) Lebensdauer erreicht und während dieser Zeitspanne auch die Betriebssicherheit gewährleistet, muss es entsprechend seiner Aufgabe ausgewählt werden. Von den Herstellern werden Schütze mit unterschiedlichen Kennwerten angeboten.

Kontaktbeanspruchungen beim Schalten

Jedes Mal, wenn ein Schütz schaltet und dadurch der Strom unterbrochen wird, entsteht an den Kontakten ein Abreißfunke. Die Kontaktflächen werden stark beansprucht, so dass sich das Kontaktmaterial abnutzt oder verschmort. Die Folge ist eine Verringerung der Lebensdauer.

Unter elektrischer Lebensdauer versteht man bei Schaltgeräten, wie oft die Kontakte ein Betriebsmittel (z.B. ein Motor) ohne Störungen ein- und ausschalten können (200.000 bis 1.000.000 Schaltspiele sind möglich).

Die elektrische Lebensdauer ist von folgenden Faktoren abhängig:

- Höhe der Betriebsspannung zwischen den offenen Kontakten,
- Höhe des Betriebsstromes bei geschlossenen Kontakten,
- Höhe des Stromes beim Schließen der Kontakte,
- Höhe des Stromes bei Öffnen der Kontakte,
- Stromart (AC oder DC),
- Art des Verbrauchers (z.B. ohmsch oder induktiv),
- Schalthäufigkeit (Schaltspiele pro Stunde).

6.2.4.2 Gebrauchskategorien

Die Gebrauchskategorien geben an, welche Art von Betriebsmittel (Verbraucher) wie häufig ein- und aus- bzw. umgeschaltet werden darf, damit die Schaltkontakte eines Schützes nicht vorzeitig durch die Kontaktbeanspruchung altern bzw. zerstört werden.

Bedingungen für Hauptschaltglieder bei Wechselstrom

Gebrauchskategorie	Einschaltstrom	Ausschaltstrom	Art des Verbrauchers
AC-1	$1 \times I_e$	$1 \times I_e$	Nicht induktive oder schwach induktive Last, z.B. Widerstandsöfen
AC-3	$6 \times I_e$	$1 \times I_e$	Drehstromkurzschlussläufermotoren , die erst nach dem Hochlaufen abgeschaltet werden
AC-4	$6 \times I_e$	$6 \times I_e$	Drehstromkurzschlussläufermotoren, die noch während des Hochlaufens wieder abgeschaltet werden, z.B. Tipbetrieb oder Gegenstrombremsen

Bedingungen für Hilfsschaltglieder bei Wechselstrom

AC-12	$1 \times I_e$	$1 \times I_e$	Steuern von ohmscher Last
AC-14	$6 \times I_e$	$1 \times I_e$	Steuern von elektromagnetischer Last (bis 72 VA)
AC-15	$10 \times I_e$	$1 \times I_e$	Steuern von elektromagnetischer Last (größer 72 VA)

Bedingungen für Hilfsschaltglieder bei Gleichstrom

DC-12	$1 \times I_e$	$1 \times I_e$	Steuern von ohmscher Last
DC-13	$1 \times I_e$	$1 \times I_e$	Steuern von Gleichstrom-Elektromagneten

I_e = Bemessungsbetriebsstrom der Kontakte

Wird vom Hersteller angegeben und berücksichtigt die Bemessungsbetriebsspannung, den konventionellen thermischen Strom, die Bemessungsbetriebsart und die Gebrauchskategorie.

Abb. 6.29 zeigt beispielhaft Aufschriften, wie sie vom Hersteller zur Kennzeichnung von Schützen verwendet werden.

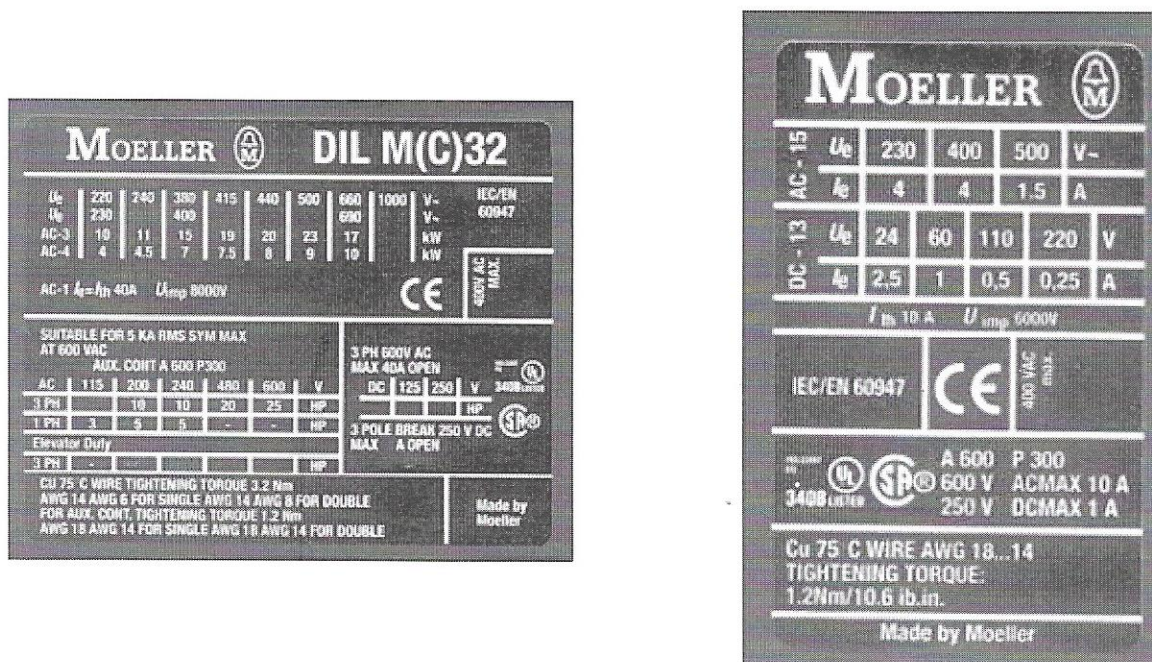


Abb. 6.29: Aufschriften bei Schützen



PRAKTISCHE ÜBUNGEN

Verdrahtung einer Folgeschaltung

FACHPRAXIS → Kapitel P 11.2

6.2.5 Schaltungsunterlagen

6.2.5.1 Allgemeines

Schaltungsunterlagen dienen zur Erläuterung der Funktion und/oder zur Darstellung von Leitungsverbindungen. Sie vermitteln Angaben für das Fertigen, Errichten und das Erhalten elektrischer Einrichtungen.

Damit Schaltungsunterlagen gelesen werden können, gibt es **einheitliche Regeln**:

- Die Schaltung ist immer im ausgeschalteten Zustand dargestellt.
- Alle Schaltglieder sind grundsätzlich in der Grundstellung (unbetätigt) eingezeichnet; Abweichungen von dieser Regel sind besonders vermerkt.
- Die Leserichtung des Schaltplanes ist von oben nach unten und/oder von links nach rechts.
- Das Betriebsmittelkennzeichen ist auf der linken Seite des Schaltzeichens bzw. unter dem Schaltzeichen.
- Die Anschluss- bzw. Klemmenbezeichnung ist auf der rechten Seite des Anschlusses bzw. der Klemme eingetragen.
- Die Schaltsymbole sind einheitlich in senkrechten Strompfaden angeordnet.

Schaltungsunterlagen sind Schaltpläne aller Art, Tabellen, Diagramme und Beschreibungen. Diese Unterlagen müssen bei Maschinen vom Hersteller mitgeliefert werden. Nach DIN VDE 0113 und EN 60204 sind dies z.B.:

- Installationspläne (für die Aufstellung),
- Block- (System-)Schaltpläne und Funktionspläne,
- Stromlaufpläne,
- Bedienungsanleitung,
- Instandhaltungsanleitung,
- Stückliste.

6.2.5.2 Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung

Der Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung (**Abb. 6.30**) ist die vollständige Darstellung einer Schaltung, in dem alle Haupt- und Hilfsleitungen eingetragen sind. Insbesondere wird auf die Erkennbarkeit des Zusammenhangs der Geräte Wert gelegt. Die Schalt- und Antriebsglieder liegen zeichnerisch auf einer Wirkungslinie, so dass man die Wirkung der Schaltgeräte erkennt.

Schaltungsfunktionen sind bei umfangreichen Schaltungen durch unvermeidbare Leitungskreuzungen und Verzweigungen nur mit Mühe zu erfassen. Die Anwendung dieses Stromlaufplanes ist daher auf kleinere Schaltungen beschränkt.

Aus dem Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung kann man im Wesentlichen die Anordnung der Gerätebauteile, die Leitungsverbindungen, die Lage der Klemmenanschlüsse und die Aderzahl der Verbindungsleitungen zwischen verschiedenen Baugruppen erkennen.

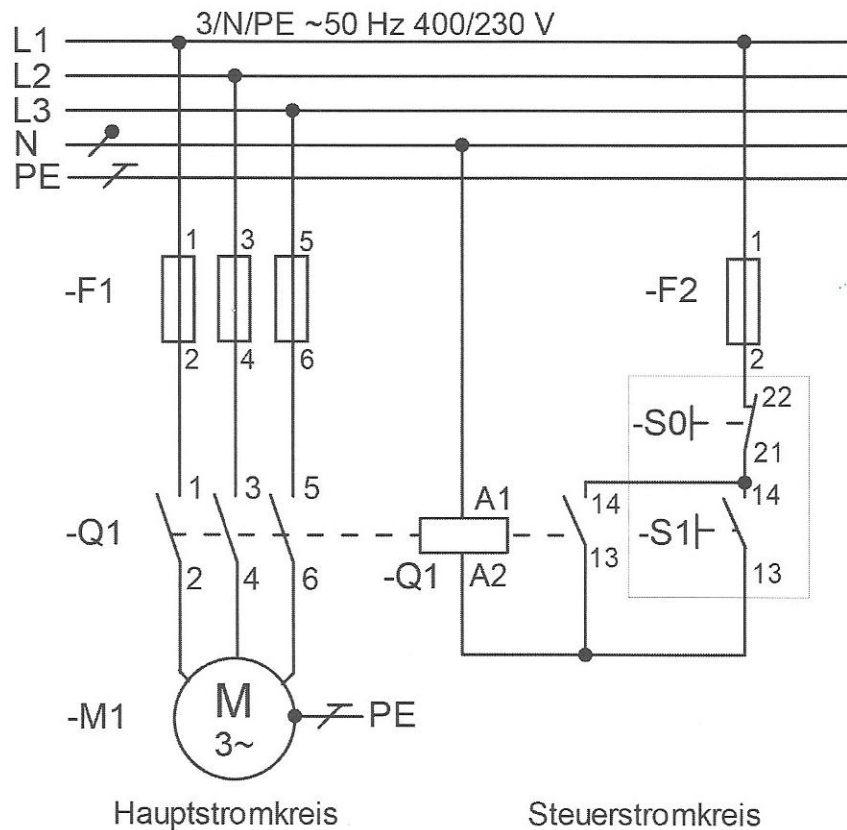


Abb. 6.30: Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung

6.2.5.3 Stromlaufplan in aufgelöster Darstellung

Der Stromlaufplan in aufgelöster Darstellung (**Abb. 6.31**) ist eine häufig verwendete Darstellungsform. Er ist die nach Strompfaden (Stromwegen) aufgelöste Darstellung der Schaltung mit allen Einzelheiten und Leitungen.

Um kreuzungsfreie Strompfade zu erhalten, werden die Schaltglieder und Antriebe, die zu einem Gerät gehören, an unterschiedlichen Stellen im Stromlaufplan angeordnet. Teile eines jeden Gerätes (im Stromlaufplan »auseinandergerissen« dargestellt) werden durch das gleich Betriebsmittelkennzeichen als zusammengehörig gekennzeichnet.

Um das Auffinden von z.B. Schaltgliedern in umfangreichen Schaltungsunterlagen zu erleichtern, wird jede Unterlage nummeriert und in Koordinaten oder zumindest in senkrecht gedachte Spalten eingeteilt. Hierzu wird der Zeichnungsrand oben und unten sowie rechts und links in Feldern von etwa 30 mm eingeteilt. Die Felder sind von links nach rechts mit aufsteigenden Zahlen und von oben nach unten in alphabetischer Reihenfolge mit großen Buchstaben versehen.

Die Ortskennzeichnung im einfachen Fall besteht dann aus der Blattnummer und der Spaltennummer. **2.5** bedeutet zum Beispiel: Blatt-Nr. 2 / Spalten-Nr. 5. Die Ortskennzeichnung bei der Koordinateneinteilung heißt z.B. **2.D5** und bedeutet: Blatt-Nr. 2 / waagerechte Zeile **D** und senkrechte Spalte **5**. Unter den Schütz- und Relaispulen wird das Kontaktbild (Kontaktspiegel) des Schaltgerätes dargestellt. An die einzelnen Kontakte des Kontaktbildes wird die Ortsbezeichnung geschrieben. Auch innerhalb des Stromlaufplanes wird die Ortsbezeichnung unterhalb der Gerätebezeichnung von den Kontakten geschrieben, wenn dasselbe Gerät auf mehreren Zeichenblättern aufgeführt ist.

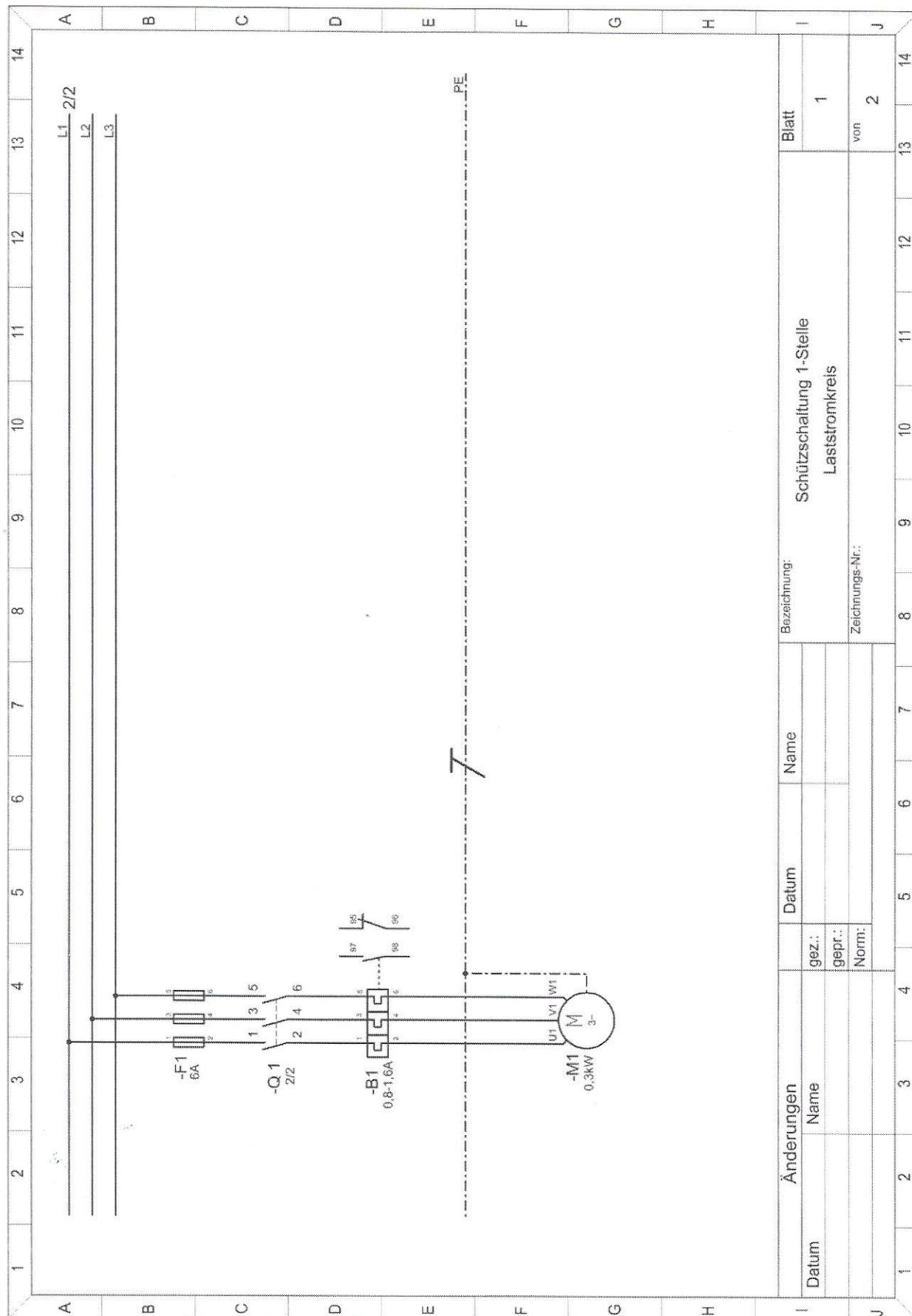


Abb. 6.31 a: Schützsicherung mit Selbsthaltung in aufgelöster Darstellung (Laststromkreis)

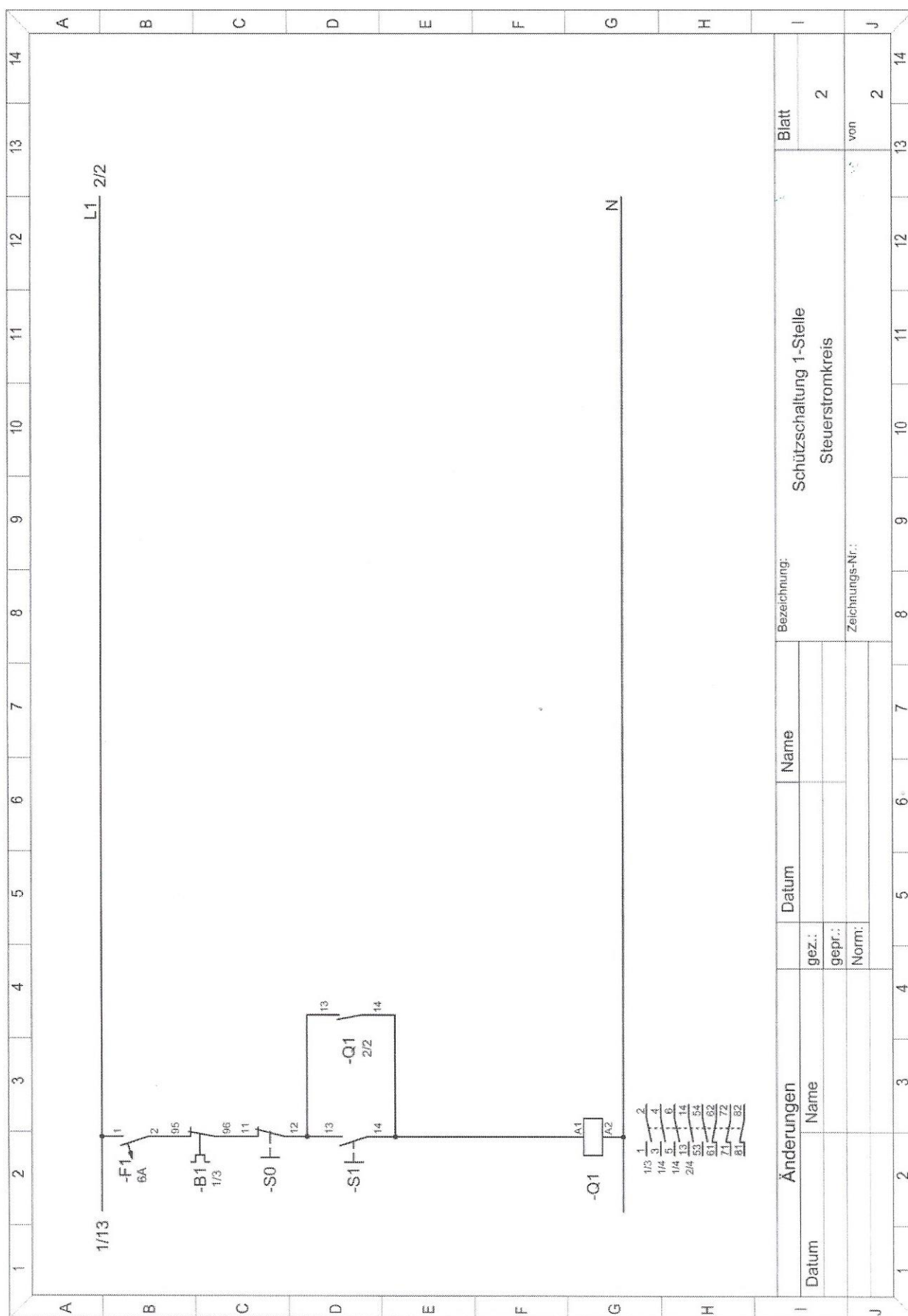


Abb. 6.31 b: Schützschialtung mit Selbsthaltung in aufgelöster Darstellung (Steuerstromkreis)

6.2.4.4 Übersichtsplan

Ein Übersichtsplan (**Abb. 6.32**) ist eine stark vereinfachte, meist einpolige Darstellung der Schaltung ohne Hilfsleitung und Hilfseinrichtungen. Es werden nur die wirksamen Teile des Hauptstromkreises mit entsprechenden Bezeichnungen aufgeführt.

Erklärung der Zeichen:

5	Zuleitung, 5-adrig
-F1/3	Überstromschutzorgan, 3-phasig
-Q1	Lastschütz
-B1	Motorschutzrelais, 3-phasig
4	Motorzuleitung, 4-adrig
-M1	Drehstrommotor

3/N/PE ~ 50 Hz 400/230 V

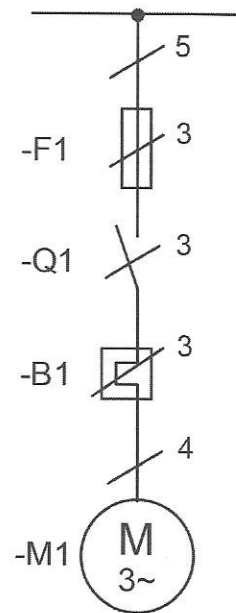


Abb. 6.32: Übersichtsschaltplan

6.2.5.5 Betriebsmittelkennzeichnung

Mit zunehmender Automatisierung und steigender Komplexität von elektrischen Systemen gewinnt die technische Kommunikation in der Elektrotechnik mehr und mehr an Bedeutung. Dabei stehen Darstellungsform, Handhabung und Lesbarkeit in direktem Zusammenhang mit Produktions-, Errichtungs- und Inbetriebnahmekosten. Reparatur- und Instandsetzungszeiten hängen in der Elektrotechnik wesentlich von aussagefähigen und verständlichen Schalt-, Montage- bzw. Ablaufplänen ab.

Grundlage für die Gestaltung der Dokumente sind die Festlegungen für Schaltungsunterlagen und Schaltzeichen nach den EN- und IEC-Normen, die in das Deutsche Institut für Normung (DIN) übernommen werden.

Die DIN EN 81346-2 hat seit einigen Jahren Gültigkeit und ersetzt die DIN 40719-2 sowie teilweise die DIN 67791- und DIN 6779-2.

In der elektrotechnischen Dokumentation wurde bisher die Funktion und das Zusammenwirken der verwendeten Betriebsmittel in elektrischen Systemen dargestellt. Die Betriebsmittel wurden dabei durch einen Kennbuchstaben klassifiziert und mit einer Zählnummer bezeichnet. Die Zählnummer diente dabei lediglich zur Unterscheidung, da der Kennbuchstabe mehrfach vorhanden sein konnte (z.B. Meldeleuchte P1 oder P2).

Mit der DIN EN 81346-2 wird die Klassifizierung verfeinert und genauer differenziert sowie die Struktur eindeutiger dargestellt. Die nachfolgende **Tabelle 6.2** erklärt die Betriebsmittelkennzeichnung nach DIN EN 81346-2.

Kennbuchstabe	Zweck	Beispiele (mechanische Beispiele sind kursiv geschrieben)
A	● Zwei oder mehrere Zwecke oder Aufgaben	Sensorbildschirm
B	● Umwandlung einer Eingangsvariablen	Fühler, Bewegungsmelder, Brandwächter, Messwiderstand, Mikrofon, Tachogenerator, Temperaturfühler <i>Messblende, Sensor</i>
C	● Speichern von Material, Energie oder Information	Kondensator, Magnetbandaufzeichnungsgerät, Pufferbatterie <i>Fass, Puffer, Zisterne, Behälter, Tank, Kessel</i>
D	noch nicht vergeben	
E	● Bereitstellung von Strahlung oder Wärmeenergie	Lampen, Boiler, Heizung, Laser, <i>Kühlschrank, Wärmetauscher, Heizung</i>
F	● Direkter (selbsttätiger) Schutz eines Energie- oder Signalfusses oder Einrichtungen zum Schutz vor gefährlichen oder unerwünschten Zuständen	Sicherung, LS-Schalter, thermischer Überlastauslöser, Faradayscher Käfig, Überspannungsableiter <i>Airbag, Zaun, Überdruckventil, Schutzschild</i>
G	● Initiieren eines Energie- oder Materialflusses ● Erzeugen von Signalen, die als Informationsträger oder als Referenzquelle verwendet werden ● Produzieren einer neuen Art von Material oder eines Produktes	Generator, Solarzelle, Brennstoffzelle, Trockenzellenbatterie, Signalgenerator <i>Gebläse, Brechwerke, Mischer, Pumpe, Ventilator</i>
H	noch nicht vergeben	
I	noch nicht vergeben	
J	noch nicht vergeben	
K	● Verarbeitung (Empfang, Verarbeitung und Bereitstellung) von Signalen oder Informationen	Schaltrelais, Hilfsschütze, Zeitrelais, Elektronisches Ventil, Transistor, Analogbaustein, Binärbaustein, Regler, Filter, Prozessrechner, Mikroprozessor, Programmsteuergerät <i>Steuerventil</i>
L	noch nicht vergeben	
M	● Bereitstellung von mechanischer Energie	Elektromotor, Stellantrieb, Betätigungsspule <i>Verbrennungsmotor, Turbine</i>
N	noch nicht vergeben	
O	nicht anwendbar	
P	● Darstellung von Informationen	Messgeräte, Meldeleuchten, optische Signalgeräte, Klingel, akustische Signalgeräte, Linienschreiber, Uhr, Drucker <i>Schauglas, Manometer, Uhr, Waage</i>
Q	● Kontrolliertes Schalten oder Variieren eines Energie-, Signal- oder Materialflusses	Leistungsschalter, Hauptschütz, Sicherungstrennschalter, Leistungstransistor, Motoranlasser, Trennschalter <i>Bremse, Kupplung, Tür, Klappe, Tor, Schloss</i>

Fortsetzung auf der nächsten Seite

R	● Begrenzung oder Stabilisierung von Bewegung oder Fluss von Energie, Information oder Material	Diode, Drosselspule, Begrenzer, Widerstand <i>Rückstoßventil, Verlinkungseinrichtung, Stoßdämpfer, Arretierung</i>
S	● Umwandeln einer manuellen Betätigung in ein zur Weiterverarbeitung bestimmtes Signal	Taster, Schalter, Lichtgriffel, Maus, Wahlschalter, Sollwerteinsteller <i>Druckknopfbetätigtes Ventil</i>
T	● Umwandlung von Energie unter Beibehaltung der Energieart ● Umwandlung eines bestehenden Signals unter Beibehaltung des Informationsgehalts ● Verändern der Form oder Gestalt eines Materials	Leistungstransformator, AC/DC-Umformung, Verstärker, Antenne, Frequenzwandler, Messumformer, Gleichrichter, Wandler <i>Getriebe, Drehmomentwandler</i>
U	● Halten von Objekten in einer definierten Lage	Isolator <i>Träger, Fundament, Mast, Spannvorrichtung</i>
V	● Verarbeitung (Behandlung) von Materialien oder Produkten	Filter <i>Zentrifuge, Staubsauger, Waschmaschine</i>
W	● Leiten oder Führen von Energie, Signalen, Materialien oder Produkten von einem Ort zum anderen	Sammelschiene, Kabel, Leiter, Informationsbus, LWL <i>Schlauch, Kanal, Rohr, Spiegel</i>
X	● Verbinden von Objekten	Verbinder, Steckdose, Klemme, Anschlussklemmleiste <i>Flansch, Haken, Schlauchanschlussstück</i>
Y	noch nicht vergeben	
Z	noch nicht vergeben	

Tabelle 6.2: Betriebsmittelkennzeichnung nach DIN EN 61346-2

6.2.6 Grundsaltungen der Steuerungstechnik

Auch umfangreiche Schützsteuerungen basieren auf Grundsaltungen der Steuerungstechnik. Zu diesen gehören:

- **Selbsthalteschaltung von einer Stelle**

Sie wird verwendet, wenn die Betätigung durch Taster erfolgt und die Maschine dauerhaft eingeschaltet werden soll.

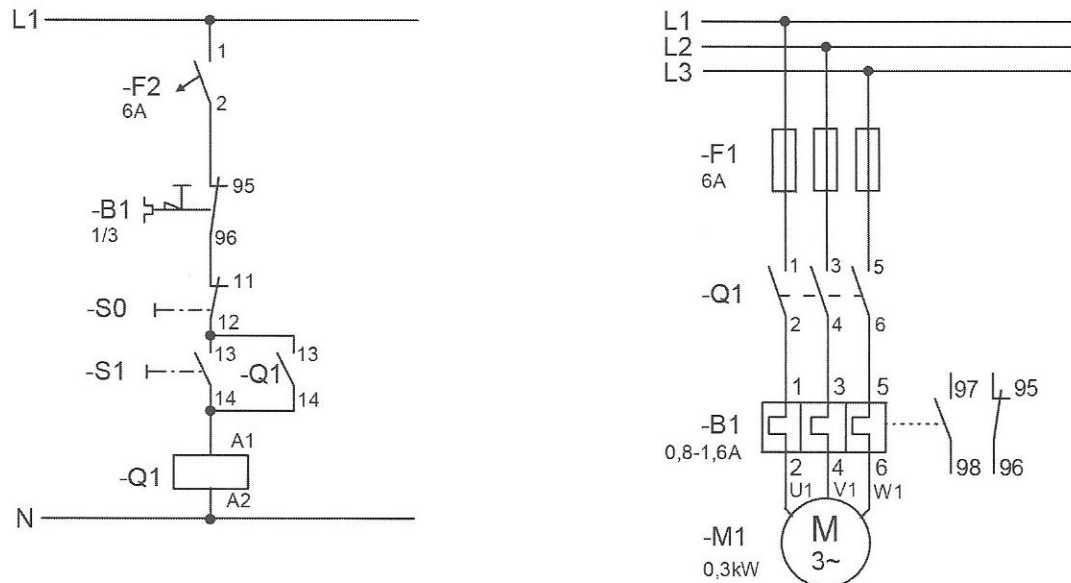


Abb. 6.33: Selbsthalteschaltung von einer Stelle mit Steuer- und Hauptstromkreis

Funktionsbeschreibung:

Zieht das Schütz durch Betätigung des Ein-Tasters S1 an, überbrückt der Steuerkontakt Q1 (13-14) den Ein-Taster S1. Kehrt der Taster S1 wieder in seine Ruhestellung zurück, hält sich das Schütz über den Selbsthaltekontakt von Q1 (13-14) weiter. Mit dem Aus-Taster S0 wird der Steuerstromkreis unterbrochen und schaltet ab. Selbsthaltekontakte sind Schließer und werden parallel zum Ein-Taster geschaltet.

- **Folgeschaltung**

Sie wird verwendet, wenn aus technischen Gründen eine bestimmte Ein- bzw. Ausschaltzwangsfolge erforderlich ist, z.B. Heizgebläse, Förderbandanlage.

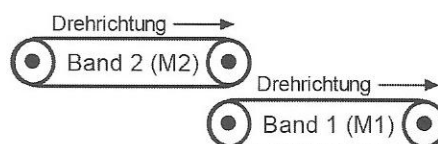


Abb. 6.34: Technologieschema Förderbandanlage

Beschreibung der Aufgabe:

Band 2 darf nur eingeschaltet werden, wenn Band 1 eingeschaltet ist.

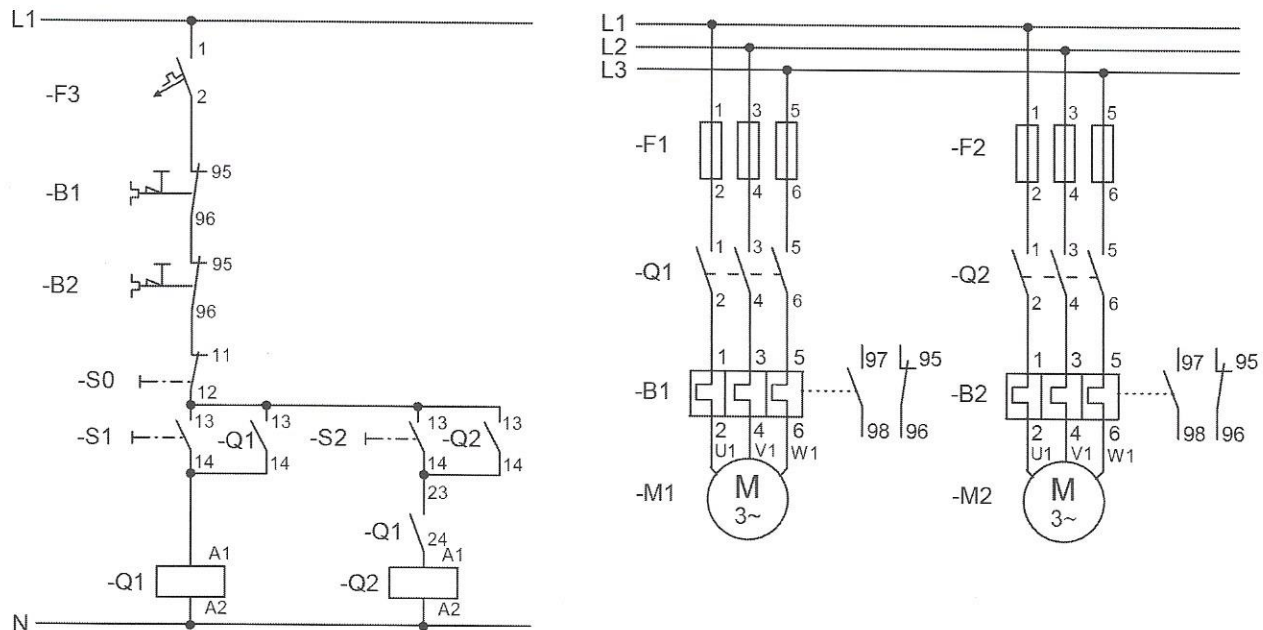


Abb. 6.35: Steuer- und Hauptstromkreis einer Folgeschaltung

Funktionsbeschreibung:

Für Schütz Q1 gelten die gleichen Bedingungen wie in der Schaltung »Selbthalteschaltung von einer Stelle«. Schütz Q2 kann nur dann eingeschaltet werden, wenn S2 und Q1 Schließer (23-24) in Strompfad 3 geschlossen sind. Der Selbsthaltekontakt von Q2 (13-14) schließt und überbrückt S2. Kehrt S2 wieder in seine Ruhestellung zurück, hält sich das Schütz Q2 weiter. Mit dem Austaster S0 wird der Steuerstromkreis unterbrochen und schaltet ab.

- Wendeschutzschaltung**

Sie wird verwendet, wenn die Drehrichtung eines Motors geändert werden soll, d.h. Umschaltung von Rechtslauf nach Linkslauf oder umgekehrt.

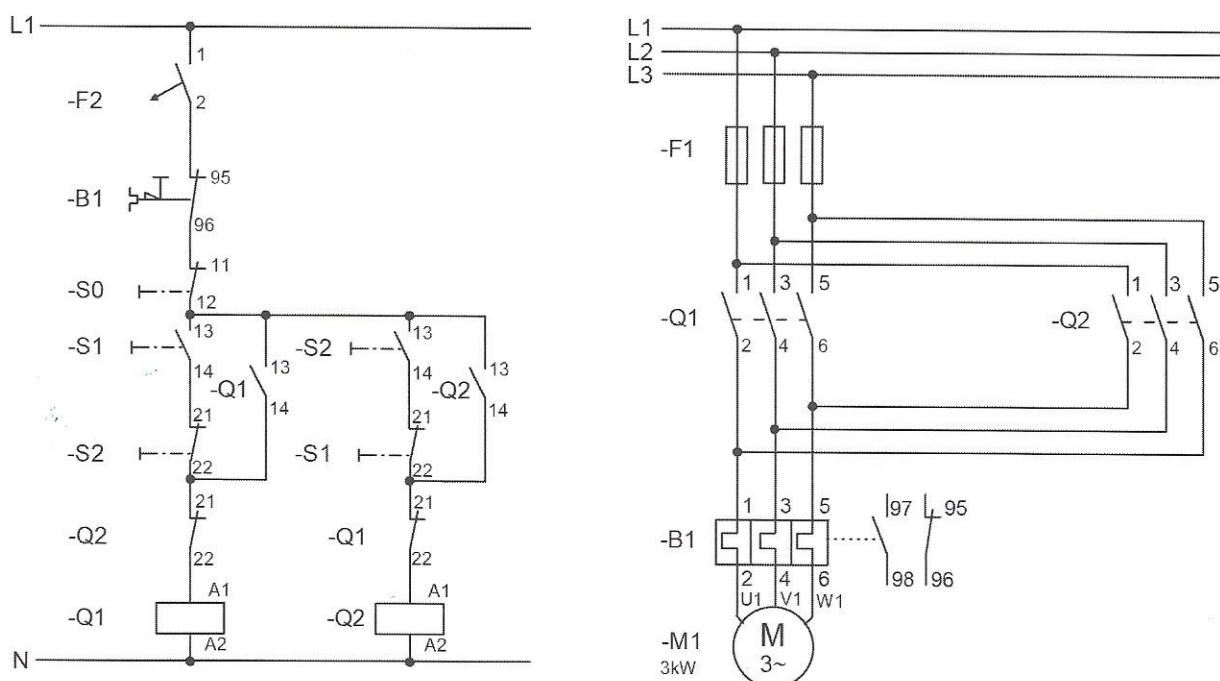


Abb. 6.36: Steuer- und Hauptstromkreis einer Wendeschutzschaltung

Funktionsbeschreibung:

Der Steuerstromkreis macht deutlich, dass entweder Q1 oder Q2 eingeschaltet werden kann. Dies bewirkt der Öffner von Q1 (21-22) in Strompfad 3 bzw. der Öffner von Q2 (21-22) in Strompfad 1. Diese gegenseitige Verriegelung der beiden Schütze nennt man Schützverriegelung. Neben der Schützverriegelung ist auch noch eine Tasterverriegelung zwischen S1 und S2 wirksam. Bei gleichzeitiger Betätigung von S1 und S2 unterbrechen die Öffnerkontakte (S1, S2) in Strompfad 1 und 3 den Steuerstromkreis für Q1 und Q2. Eine Umschaltung von Rechts- auf Linkslauf oder umgekehrt kann erst dann erfolgen, wenn der Aus-Taster S0 das Schütz Q1 oder Q2 abgeschaltet hat. Die Drehrichtungsänderung erfolgt durch den Phasentausch zwischen L1 und L3 im Hauptstromkreis.

- **Stern-Dreieckschaltung**

Sie wird bei Motoren verwendet, wenn der Anzugsstrom des Motors verringert werden soll. Allerdings lässt sich dieses Anlassverfahren nur bei Motoren einsetzen, die für die Dreieckschaltung an dem entsprechenden Versorgungsnetz geeignet sind und nahezu unbelastet anlaufen. Die Motorleistung in der Stufe Stern beträgt etwa nur 1/3 gegenüber der direkten Einschaltung in der Betriebsstufe Dreieck.

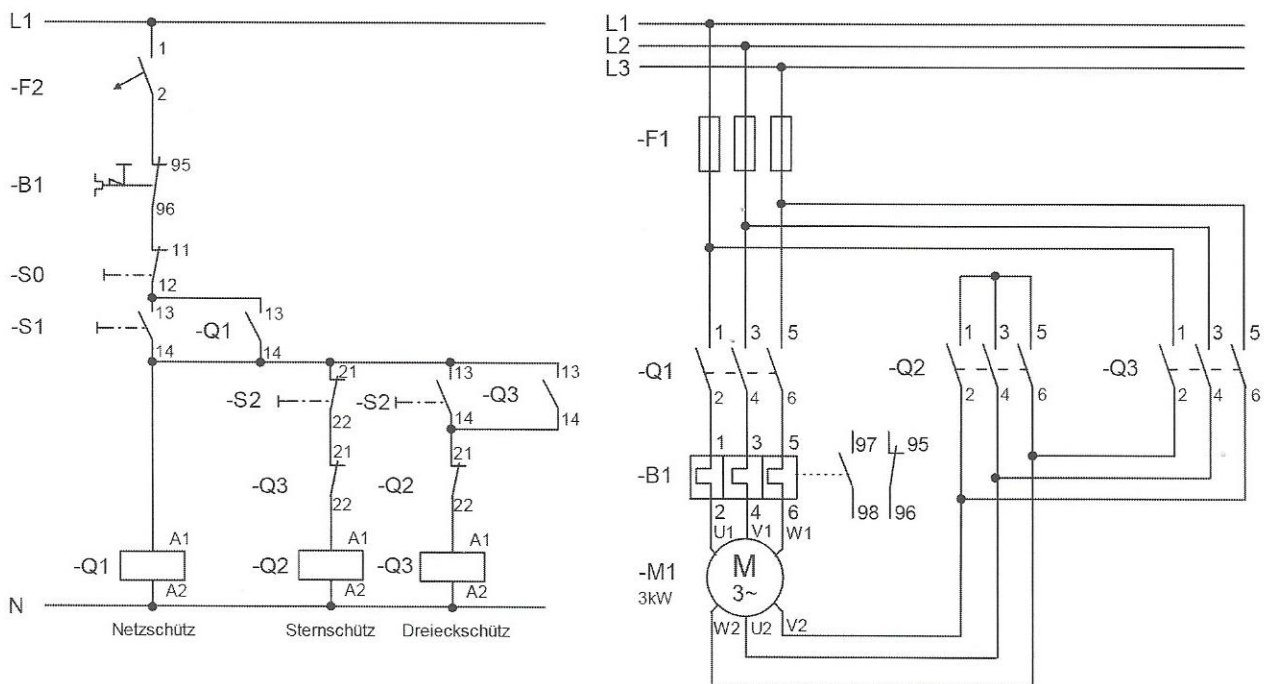


Abb. 6.37: Steuer- und Hauptstromkreis einer Stern-Dreieckschaltung

Funktionsbeschreibung:

Wird der Taster S1 betätigt, so ziehen Netz- und Sternschütz (Q1 und Q2) an. Im Strompfad 4 verhindert der Öffner von Q2 das Einschalten des Dreieckschützes Q3. Wird der Taster S2 betätigt, so schaltet dieser das Sternschütz Q2 aus; das Dreieckschütz Q3 wird eingeschaltet und hält sich selbst. Stern- und Dreieckschütz sind über die Öffnerkontakte von Q2 und Q3 (21-22) in Strompfad 3 und 4 gegenseitig verriegelt.

**PRAKTISCHE ÜBUNGEN**

1. Verdrahtung einer Wendeschützschaltung
2. Verdrahtung einer automatischen Stern-Dreieckschaltung

FACHPRAXIS → Kapitel P 11.3 und P 11.4

6.2.7 Kontaktlose Steuerungen

In der Steuerungstechnik erfolgt die Verarbeitung eines Prozessablaufes entweder kontaktbehaftet (Schütze und Relais) oder mit speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS; **Abb. 6.38**). Hierbei wird die Schaltlogik durch logische Funktionen der Digitaltechnik in Form eines Programms erstellt, im Speicher eines Steuergerätes abgelegt und nach festgelegten Richtlinien wiederholt abgearbeitet. Der wesentliche Vorteil der SPS besteht in der Möglichkeit, den Steuerungsprozess an veränderte Bedingungen anzupassen.

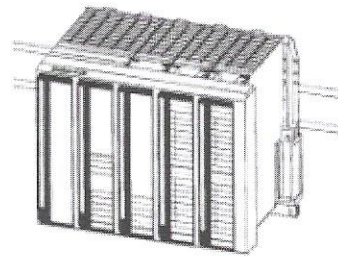


Abb. 6.38: SPS

Für die Erstellung des Programms wird häufig ein PC mit entsprechender Software benutzt. Grundlage jeder Programmerstellung ist die Aufgabenstellung, in der die Funktion beschrieben wird, die in ein Programm umgesetzt werden soll.

In der Regel lässt sich ein Programm in drei verschiedenen Arten darstellen und programmieren:

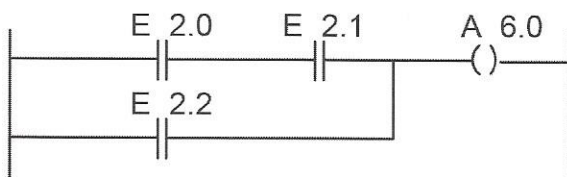
Anweisungsliste AWL

In der AWL wird die Steuerungsaufgabe mit einzelnen Anweisungen aufgelistet.

U ¹	E 2.0	} Steueranweisungen
U ¹	E 2.1	
O ²	E 2.2	
= ³	A 6.0	

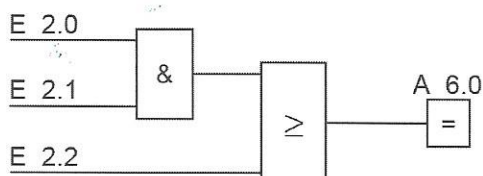
Kontaktplan KOP

Der KOP ist die bildliche Darstellung der Steuerungsaufgabe mit Symbolen. Er hat Ähnlichkeit mit dem herkömmlichen Stromlaufplan in aufgelöster Darstellung.



Funktionsplan FUP

Der FUP stellt das Programm grafisch mit den Symbolen der Digitaltechnik dar. Funktionale Zusammenhänge sind so leicht zu erkennen.



¹ UND

² ODER

³ IST GLEICH

Die **Abb. 6.39** zeigt die Beschaltung einer SPS. Die Bearbeitung des Funktionsablaufes erfolgt nach dem **EVA-Prinzip**. An den Ein- und Ausgängen des Steuergerätes werden die für den Steuerungsprozess benötigten Geber und Stellgeräte angeschlossen. In Abhängigkeit dieser Eingangssignale erfolgt die Verarbeitung des Programms. Entsprechend der im Programm definierten Schaltlogik werden die am Ausgang befindlichen Stellglieder (Q1, P1) angesteuert.

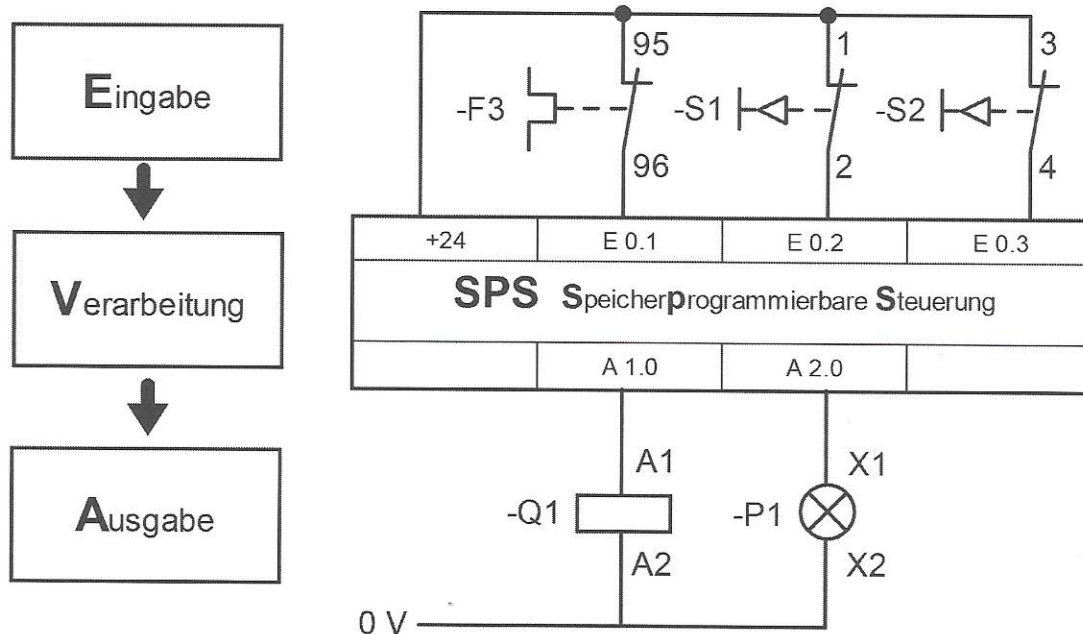


Abb. 6.39: Beschaltung einer SPS



PRAKTISCHE ÜBUNGEN

Messtechnische Untersuchungen am Drehstrommotor

FACHPRAXIS → Kapitel P 11.5 bis P 11.8