

Steuerungstechnik

7. Elektrische Steuerungen



V3.1

Prof. (FH) DI Dr. Franz Auinger

7 Elektrische Steuerungen

7.1 Gerätetechnisch orientierte Zuordnung von Steuerungsteilen

7.2 Schaltzeichen und Betriebsmittelkennzeichen

7.3 Schaltungsunterlagen

7.4 Geräte und Bauelemente der elektrischen Steuerungstechnik

Gerätetechnische Ausführung von Steuerungen

Vergleich von Steuerungsaufbauten in unterschiedlicher Gerätetechnik

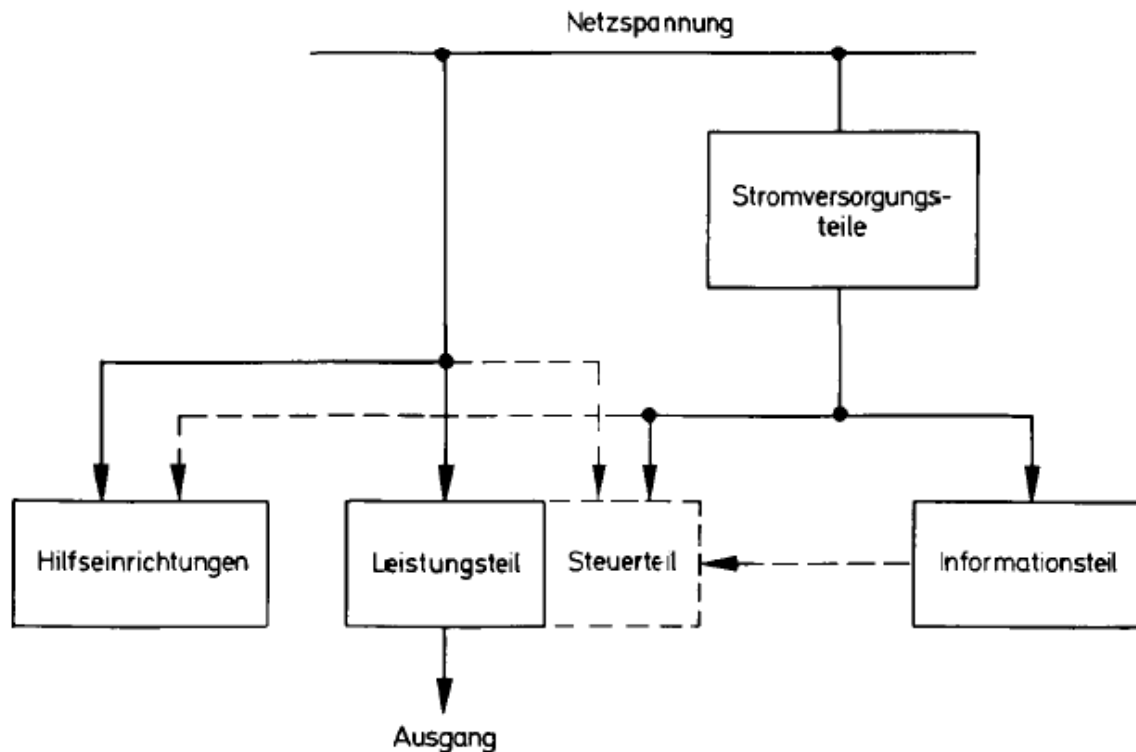
	Mechanik	Hydraulik	Pneumatik	Elektrik	Elektronik
Signalträger	Kraft, Weg	Flüssigkeit (mit Druck)	Druckluft	Strom, Spannung	Spannung, Strom
Signalglied Befehlgeber	Stößel Nocken	Verschiedene Bauarten von Ventilen	Verschiedene Bauarten von Ventilen	Schalter, Endtaster	Fühlerelement Sensor
Steuerglied Verknüpfung Informationsverarbeitung	Hebel, Kurvenscheiben			Relais Hilfsschütz	Diskret aufgebaute und/oder integrierte Schaltkreise
Stellglied	Zahnstange, Mitnehmer mit Kupplung			Schaltschütz	Elektronisches Schütz, Stromrichter
Antriebsglied	Kurbel, Schubstange	Kolbenaggregat Hydraulikmotor	Zylinder Druckluftmotor	Elektromotor	Elektromotor Aktor

Gerätetechnisch orientierte Zuordnung von Steuerungsteilen

Ausgehend von den Vorzugswerten der Nennspannungen, die innerhalb der jeweiligen Steuerungsteile dominierend angewendet werden, wird in VDE 0160 eine Einteilung der Steuerung in

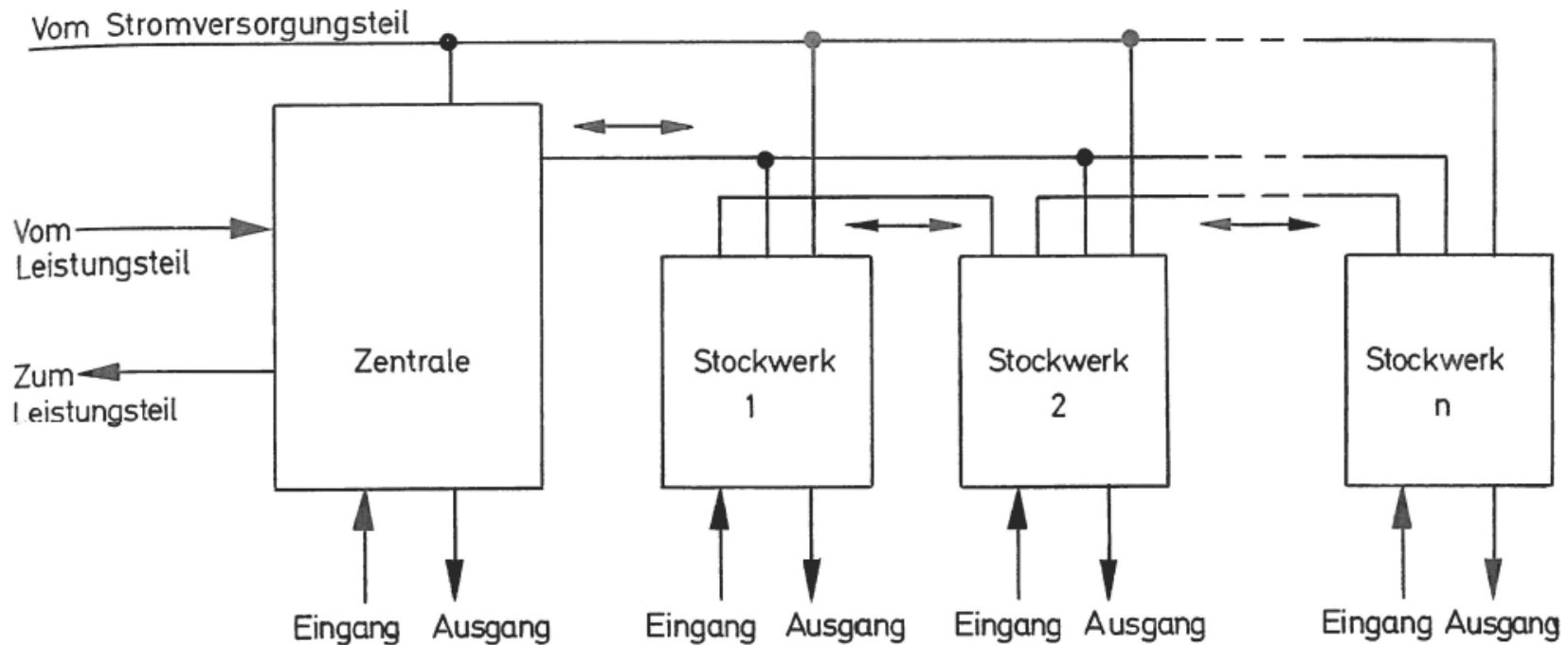
- Leistungsteile mit den Steuerungsteilen,
- Informationsteile und
- Stromversorgungsteile

vorgenommen.



Der Vorteil der Einteilung nach VDE0160 liegt in der gerätetechnischen Zuordnung. Eine Steuerung kann in Erweiterung dieses Einteilungskriteriums baugruppenorientiert aufgebaut werden. So können z.B. Stromversorgungsteile einheitlich für viele Steuerungen vorgefertigt werden. Dieses Prinzip kann beliebig erweitert werden und vereinfacht die Handhabung der Steuerung von der Projektierung bis hin zur Störungssuche.

Beispiel: Gliederung des Informationsteils einer Aufzugsteuerung



Zusammenstellung wichtiger Schaltzeichen (I)

Schaltzeichen				Benennung
neu			alt	
Entwurf DIN IEC 3A - 80	DIN 40713 wahlweise			
				Einschaltglied Schließer
				Ausschaltglied Öffner
				Schließer, ohne selbsttätigen Rückgang nach Betätigungs- ende
				Öffner, ohne selbsttätigen Rückgang nach Betätigungs- ende




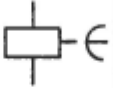

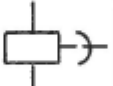
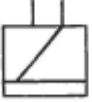

Zusammenstellung wichtiger Schaltzeichen (II)

Schaltzeichen				Benennung
neu		alt		
Entwurf DIN IEC 3A - 80	DIN 40713 wahlweise			
				Frühschließer
				Spätöffner
				Umschaltglied Wechsler
				Wechsler, Umschaltung erfolgt ohne Unterbrechung
				Schließer, schließt verzögert
				Schließer, öffnet verzögert

Zusammenstellung wichtiger Schaltzeichen (III)

Schaltzeichen				Benennung
neu		alt		
Entwurf DIN IEC 3A - 80	DIN 40713 wahlweise			
				Öffner, schließt verzögert
				Öffner, öffnet verzögert
				Stellschalter, für Handbetätigung
				Tastschalter, für Handbetätigung
				Grenztaster, Endschalter

Zusammenstellung wichtiger Schaltzeichen (IV)

Schaltzeichen			Benennung
Entwurf DIN IEC 3A - 80	neu	alt	
	DIN 40713 wahlweise		
			Schütz-, Relaisspule
			Zeitrelais mit Anzugsverzögerung
			Zeitrelais mit Abfallverzögerung
			Lasthebemagnet
			magnetische Bremse


Kennbuchstaben für die Kennzeichnung der Art des Betriebsmittels

Art des Betriebsmittels	Kennbuchstaben nach		Art des Betriebsmittels	Kennbuchstaben nach	
	DIN 40719 Teil 2 (lat. Groß- buchstabe)	DIN 40719 Beiblatt 1 (lat. Klein- buchstabe)		DIN 40719 Teil 2 (lat. Groß- buchstabe)	DIN 40719 Beiblatt 1 (lat. Klein- buchstabe)
Baugruppen, Teilbaugruppen	A	u	Transformatoren	T	m
Umsetzer von nicht- elektrischen auf elektrische Größen oder umgekehrt	B	u	Modulatoren, Umset- zer von elektrischen und anderen Größen	U	u
Kondensatoren	C	k	Röhren, Halbleiter	V	p
Binäre Elemente, Verzögerungseinrich- tungen, Speicherein- richtungen	D	u	Übertragungswege, Hohlleiter	W	—
Verschiedenes	E	u	Klemmen, Stecker, Steckdosen	X	—
Schutzeinrichtungen	F	e	Elektrisch betätigte mechanische Einrich- tungen	Y	s
Generatoren, Strom- versorgungen	G	m	Abschlüsse, Gabel- übertrager, Filter, Ent- zerrer, Begrenzer, Aus- gleichseinrichtungen, Gabelanschlüsse	Z	u
Meldeeinrichtungen	H	h	Kennzeichnungs- beispiel: 2. Schütz, Klemme 23 der 5. Fräsmaschine in der 3. Fertigungs- halle Zielzeichen	K2:23	c2.23
Relais	J	—		=3E	C5
Schütze	K	d		=3E—	C5c.2.23
Induktivitäten	K	c		K2:23	
Induktivitäten	L	k			
Motoren	M	m	Vorzeichen Übergeordnete Zuord- nung (Anlage) Ort Art, Zähler, Funktion Anschluß	=	
Verstärker, Regler	N	—		+	
Meßgeräte	P	g		—	
Prüfeinrichtungen	P	u		:	
Starkstrom- Schaltgeräte	Q	a			
Widerstände	R	r			
Schalter, Wähler	S	b			

Schaltungsunterlagen von elektrischen Steuerungen

- Nach DIN 40719, Teil 1, werden Schaltungsunterlagen grundsätzlich nach dem **Zweck** und der **Art der Darstellung** eingeteilt.
- Bei der zweckgebundenen Einteilung wird weiter unterschieden zwischen
 - Schaltungsunterlagen zur **Erläuterung der Arbeitsweise** und
 - Schaltungsunterlagen zur Erläuterung der **Verbindungen** und der räumlichen **Lage**.

•Übersichts-, Stromlauf-und Funktionsschaltplan erläutern somit die **Arbeitsweise** der Steuerung.

Schaltplanart	DIN 40719 Teil 1	VDE 0113	Notwendigkeit nach der Größe der Anlage							
			1	2	3	4	5	6	7	
Übersichtsschaltplan	×				×	×	×	×	×	
Stromlaufplan (Wirkschaltplan)	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
Ersatzschaltplan	×					○	○	×	×	
Funktionsbeschreibung		×	○	○	○	○	×	×	×	
Funktionsschaltplan			○	○	○	○	×	×	×	
Ablaufdiagramm	×					○	○	×	×	
Zeitablaufdiagramm	×					○	○	×	×	
Bauschaltplan			○	×	×					
Geräte-	×						○	○	×	×
Verdrahtungsplan										
Verbindungsplan	×						→	×	×	×
Verbindungstabelle										
Anschlußplan	×	×				→	×	×	×	
Anschlußstabelle										
Anordnungsplan (Gerätedisposition)	×			○	○	→	×	×	×	
Aufstellungsplan (Endschalterplan)		×					○	○	×	
Geräteliste		×	×	×	×	×	×	×	×	
Montage- und Betriebsanleitung			○	○	○	○	×	×	×	
Wartungsanleitung		×	○	○	○	×	×	×	×	
Konstruktions- zeichnungen							○	○	×	
Schaltungsbuch			○	○	○	×	×	×	×	

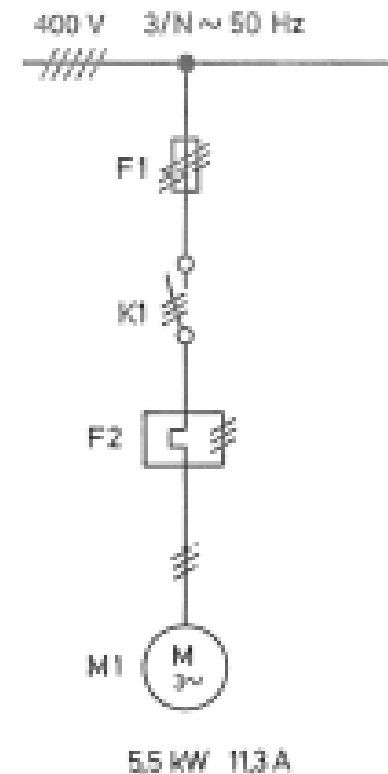
× in jedem Fall notwendig ○ sinnvolle Ergänzung

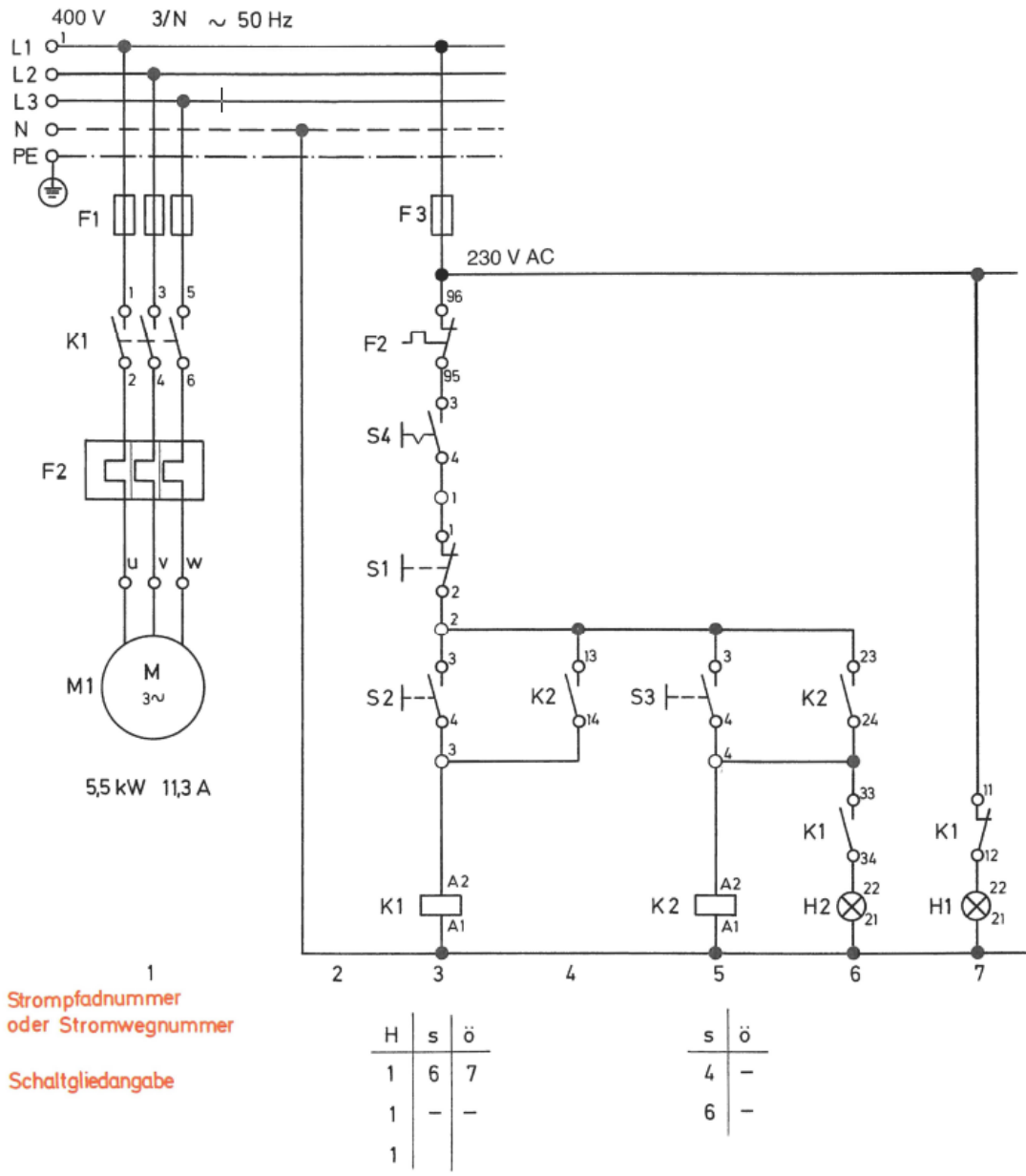
•Der Bauschaltplan oder eine Verbindungstabelle zusammen mit einer Anschlusstabelle, einem Anordnungsplan und der Geräteliste stellen Erläuterungen der **Verbindungen** und der **räumlichen Lage** dar.

Übersichtsschaltplan

- Ein *Übersichtsschaltplan nach DIN 40719, Teil 4*, ist die vereinfachte Darstellung einer Schaltung, wobei nur die wesentlichen Teile berücksichtigt werden. Er **zeigt die Arbeitsweise und die Gliederung** einer elektrischen Einrichtung.
- Insbesondere **bei größeren und umfangreichen elektrischen Anlagen** wird beim Entwurf einer Schaltung mit dem Übersichtsschaltplan begonnen.
- Er stellt im allgemeinen in leicht überschaubarer Form den *Hauptstromkreis zur besseren Übersichtlichkeit* einpolig dar.
- Ein wichtiger Bestandteil der Übersichtsschaltpläne sind **genaue technische Angaben an den Betriebsmitteln und an den Netzen**.
- Blockschaltpläne für Antriebsregelungen und Schaltpläne der Analog-Schaltungstechnik mit den Schaltzeichen nach DIN 40700, Teil 18, sowie Schaltpläne der digitalen Informationsverarbeitung mit den Schaltzeichen nach DIN 40700, Teil 14, werden als **Übersichtsschaltpläne** bezeichnet.

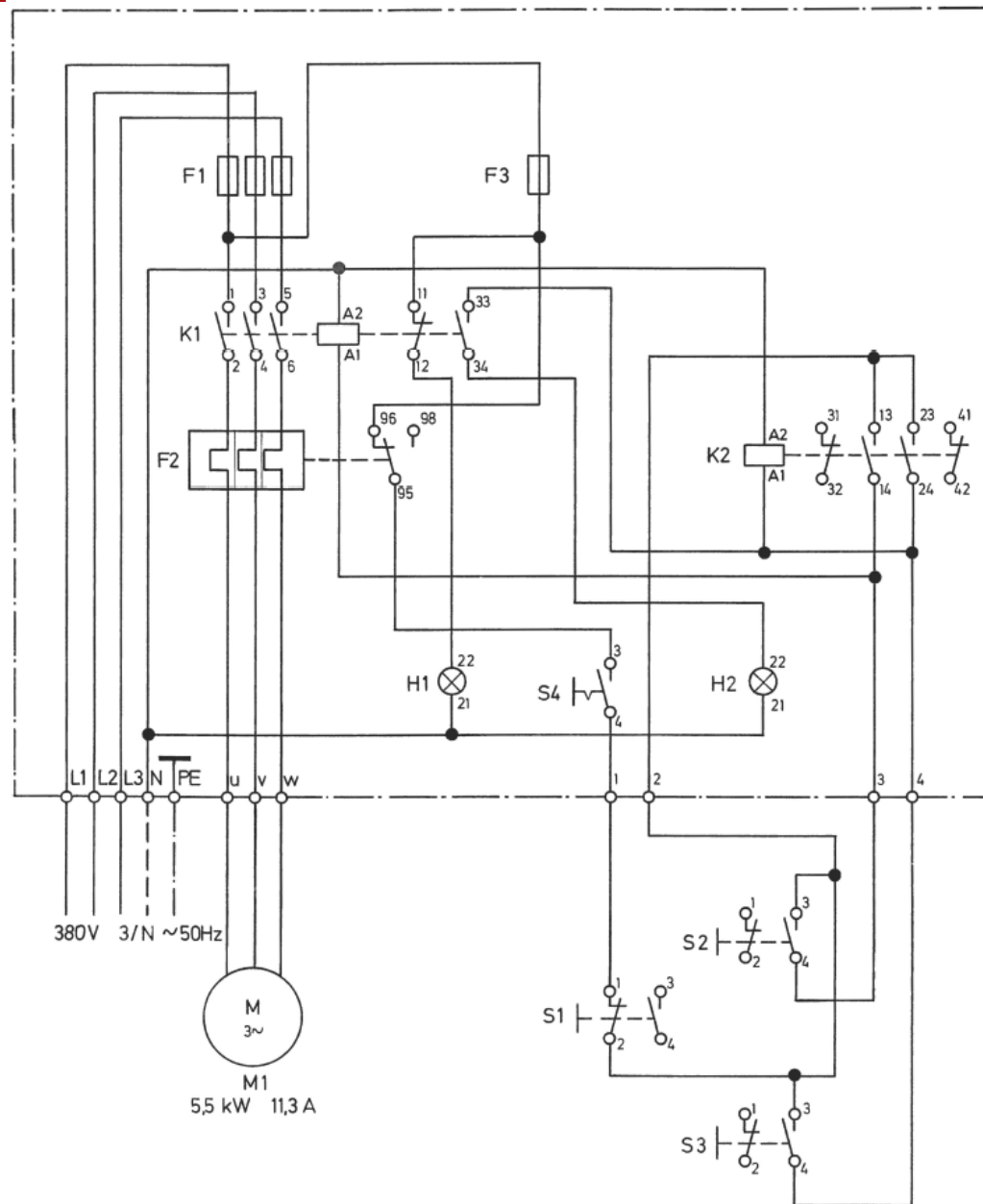
Übersichtsschaltplan





Wirkschartplan - Stromlaufplan

- Der Stromlaufplan hat sich aus dem **Wirkschartplan** entwickelt.
- Wie das **Bild des Wirkschartplanes** zeigt, ist aber aus dem Wirkschartplan nur sehr schwer die Funktion herauszulesen, da die **Geräte (Relais, Schütze) zusammenhängend dargestellt** werden und darunter die Übersichtlichkeit sehr stark leidet.

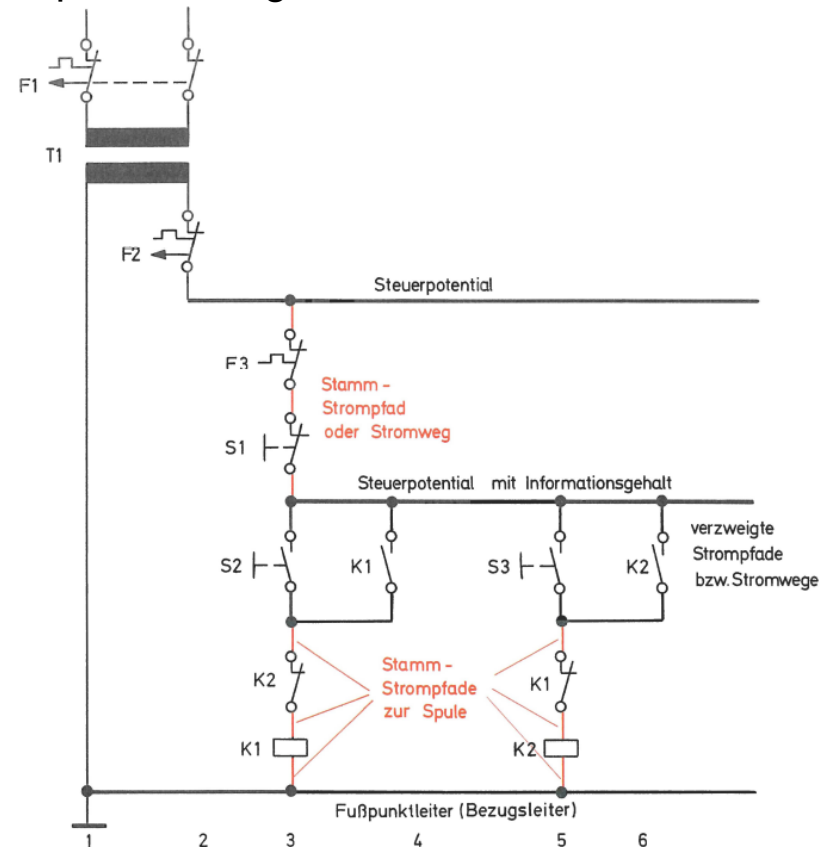


Stromlaufpläne

- Ein *Stromlaufplan* gemäß **DIN 40719, Teil 3**, ist die ausführliche Darstellung einer Schaltung mit ihren Einzelheiten.
- Er zeigt die Wirkungsweise einer elektrischen Einrichtung. Im Stromlaufplan wird die Schaltung nach *Stromwegen bzw. Strompfaden* aufgelöst mit allen Einzelheiten, Leitungen und Verbindungsstellen dargestellt.
- Auf die räumliche Lage und den mechanischen Zusammenhang der einzelnen Teile und Geräte braucht keine Rücksicht genommen werden.
- Für kleine Anlagen ist es durchaus üblich, Hauptstromkreis und *Steuerstromkreis nur im Stromlaufplan* darzustellen.
- Bei größeren Anlagen werden die Hauptstromkreise ausschließlich dem Übersichtsschaltplan und die Steuerstromkreise dem Stromlaufplan zugeordnet.
- Um den Stromlaufplan bei ausgedehnten Anlagen nicht zu lang und umfangreich werden zu lassen, sollte eine sinnvolle Auftrennung in kleinere Stromlaufpläne vorgenommen werden.
- Beispielsweise bietet sich eine Aufteilung der Stromlaufpläne nach Funktionsgruppen, wie Antriebe, Anlageteile o.ä., an.
- Das Stromlaufplanpapier kann dann formularartig vorbereitet werden und die Stromlaufpläne bei einheitlicher Länge (z.B. nur DIN-A3-Format oder Formathöhe wie DIN A4, aber Formatlänge wie DIN A1 in einem *Schaltungsbuch* zusammengefasst werden.

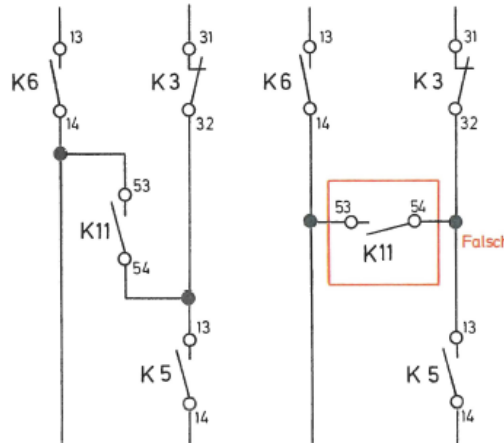
Aufbau von Stromlaufplänen

- Der Stromlaufplan enthält waagerecht angeordnete Potentiallinien und senkrecht verlaufende Stromwege oder Strompfade .
- Die Potentiallinie, an der alle Spulen mit einem "Fuß,, (Klemmenbezeichnung A2 bei Schützen) angeschlossen werden, wird deshalb Fußpunktleiter genannt.
- Potentiallinien besitzen meist einen bestimmten Informationsgehalt.
- Unverzweigte Strompfade nennt man Stammstrompfade.
- Bei ihrer Unterbrechung erhält man Ausschalt Dominanz, d.h. also ein sicheres Ausschalten der Schütze.
- Alle Schaltelemente im Stromlaufplan werden stets in spannungslosem Zustand dargestellt.
- Automatische Kontaktgeber, wie Wächter, Endschalter usw., werden in ihrer Grundstellung bezüglich der Gesamtanlage gezeichnet.
- Sind abweichende Darstellungen unvermeidlich, so müssen sie unbedingt im Stromlaufplan vermerkt sein.

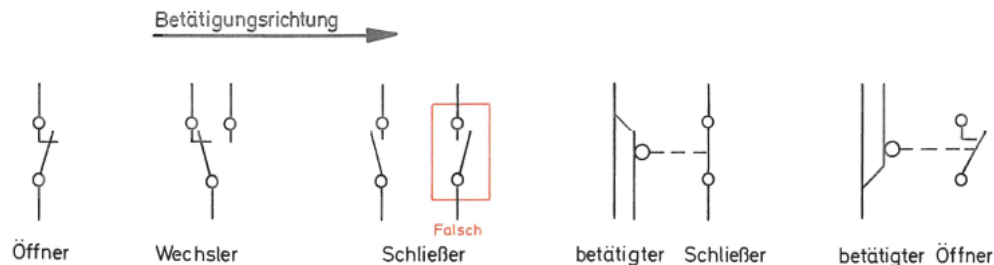


Aufbau von Stromlaufplänen

- Alle Schaltzeichen sind in Stromwegrichtung, also senkrecht, anzuordnen.



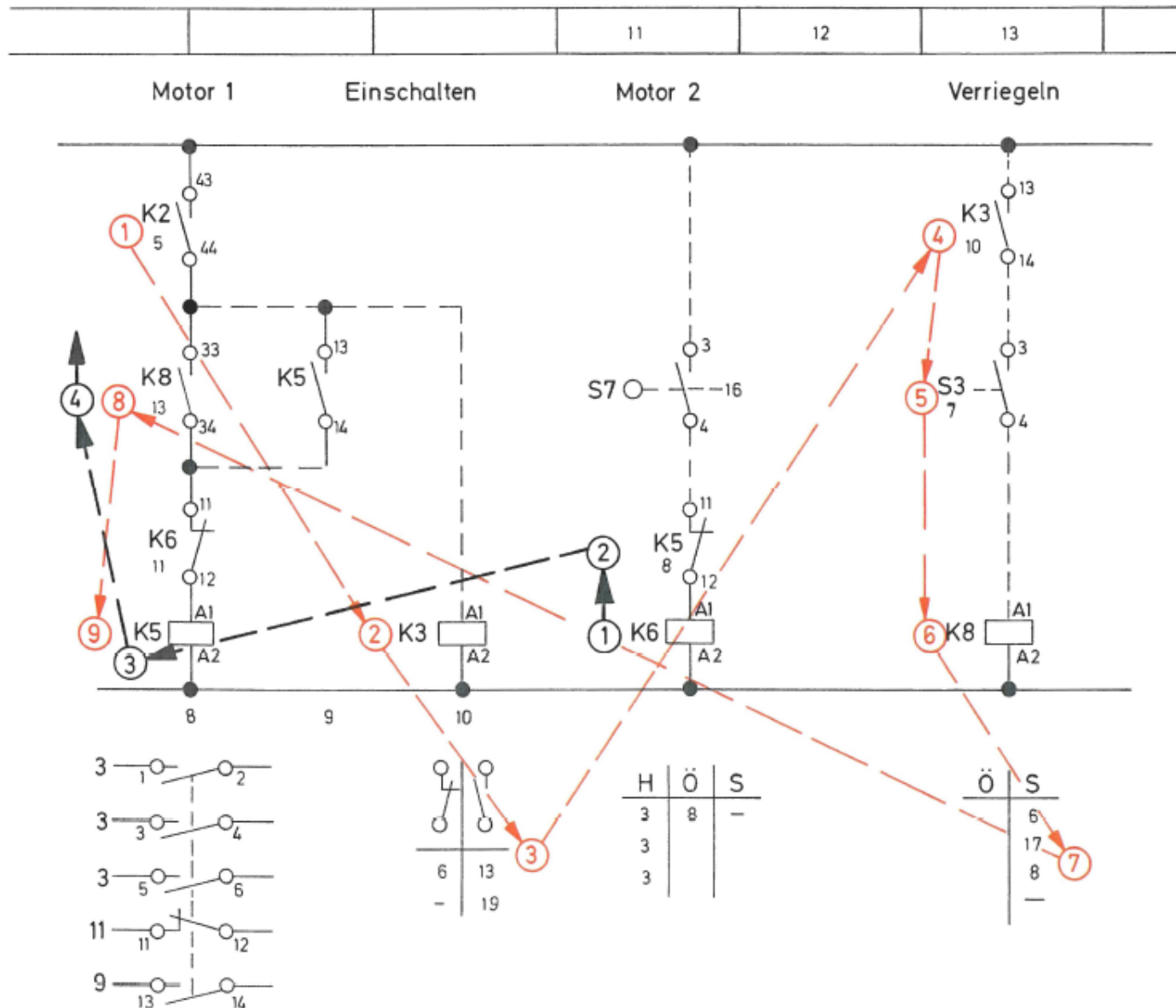
- Die Bewegungsrichtung der Schaltzeichen soll symbolisch in der Zeichenebene immer einheitlich von links nach rechts erfolgen.
- Dies vereinfacht das Lesen von Schaltplänen insbesondere dann, wenn viele Wechselkontakte oder in der Grundstellung betätigte, automatische Kontaktgeber im Stromlaufplan gezeichnet sind.



Kennzeichnung von Stromlaufplänen

- Alle Geräte müssen eindeutig und einheitlich nach DIN 40719, Teil 2, gekennzeichnet sein (Siehe Tabelle mit Betriebsmittelkennzeichen).
- Die Kennzeichnung der Anschlüsse elektrischer Betriebsmittel wird in **DIN 42400** neu festgelegt.
 - So sollen z.B. die Außenleiter des Drehstromnetzes mit L1 (bisher R), L2 (bisher S) und L3 (bisher T), der Mittelpunktsteiter mit N (bisher Mp), der Schutzleiter mit PE (bisher SL) und der Nulleiter mit PEN (bisher Mp + SL) bezeichnet werden.
 - Klemmenbezeichnungen stehen auf der rechten Seite des Schaltzeichens,
 - *Gerätebezeichnungen* stehen links vom Schaltzeichen.
 - Unter die Gerätebezeichnung kann eine Strompfadnummer geschrieben werden. Sie gibt dann an, wo sich das Betätigungsglied für diesen Kontakt befindet. Bei einem Schützkontakt ist es die Spule und bei einem Endschalterkontakt der Betätigungsstößel.
- Direkte Schützverriegelungskontakte sind vor den Spulenanschluß mit der Klemmenbezeichnung A1 zu legen.
- Die Stromweg bzw. Strompfadbezeichnungen können direkt unterhalb des Fußpunktsteiters oder oberhalb der Steuerpotentiallinie angezeichnet sein.
- Sehr häufig wird nicht jeder einzelne Stromweg bezeichnet, sondern abschnittsweise in regelmäßigen Abständen die Kennzeichnung angebracht.
- Falls die Steuerung einen fest eingepprägten Ablauf enthält, so ist dieser dem Stromlaufplan von links nach rechts fortlaufend einzuprägen.

Leseverfahren von Stromlaufplänen (Methode 1 und 2)



Leseverfahren beim Stromlaufplan (Methode 1)

- Grundsätzlich gibt es zwei Leseverfahren im Stromlaufplan.
- Ausgehend von der Abbildung wendet sich die erste Lesemethode der Frage nach der Gesamtfunktion der Steuerung oder größerer Steuerungsgruppen zu.
- Man liest von oben nach unten.
 - Wenn K2, Kontakt 43-44 im Stromweg 8 schließt, zieht das Hilfsschütz K3 im Stromweg 10 an.
 - Unterhalb des Fußpunktleiters befindet sich eine Darstellung des Kontaktsystems oder eine entsprechende Tabelle.
 - Bezüglich des Hilfsschützes K3 beinhaltet die Tabelle die Aussage, dass der erste Öffner von K3 im Stromweg 6 geöffnet hat, der erste Schließer im Abschnitt 13 des Stromlaufplanes geschlossen hat, und der zweite Schließer im Abschnitt 19 ebenfalls geschlossen hat.
 - Für den zweiten Öffner bedeutet der Leerstrich in der Tabelle, dass er nicht angeschlossen ist.
 - Konsequenterweise müssen nun die Auswirkungen im Stromlaufplan durch das Schalten von K3 an allen drei Stellen weiterverfolgt werden.
 - Im Abschnitt 13 des Stromlaufplanes schließt K3 Kontakt 13-14 und legt damit Spannung an die Klemme 3 des Endschalters S3.
 - Wenn dieser betätigt wird, zieht das Hilfsschütz K8 an. Nun wird in gleicher Weise wie beim Hilfsschütz K5 weitergelesen.

Leseverfahren beim Stromlaufplan (Methode 2)

- Bei der zweiten Lesemethode wird nach der Einzelfunktion gefragt.
- Man liest im Stromlaufplan von unten nach oben.
- Es wird z.B. gefragt: "Wann bzw. wodurch zieht das Schütz K6 an?"
 - Von der Spule ausgehend, wird zunächst untersucht, wann das Schütz K5 abgefallen ist und damit der Öffner 11-12 von K5 geschlossen hat.
 - Bei jedem Kontakt vor K5 muss wiederum nach der Betätigungsfunktion gefragt werden.
- Diese Lesemethode wird vor allem bei der Störungssuche angewendet.

Bauschaltplan

- Der **Bauschaltplan** gibt **Hinweise auf die Leitungsverbindungen** innerhalb eines Gerätes, zwischen Geräten oder Geräteteilen und den Ein- und Ausgangselementen, die an der Maschine oder Anlage an verschiedenen Stellen montiert sind.
- Der Bauschaltplan dient also als **Grundlage für die Verdrahtung** in der Werkstatt und der Anschluss der Verbindungskabel bei der Montage der Steuerung und **wird aufgrund des Stromlaufplanes** erstellt.
- In der Form, wie ihn das Bild zeigt, ist er **nur für kleine Anlagen anwendbar**.
- Er wird *meist für die internen Verbindungen im Steuerschrank* durch eine **Verbindungstabelle** (siehe unten) in Verbindung mit einem **Anordnungsplan** (siehe unten) nach DIN 40719, Teil 10, und *für die externen Verbindungen* durch eine **Anschlussstabelle** (siehe unten) nach DIN 40719, Teil 9, ersetzt.

7. Elektrische Steuerungen

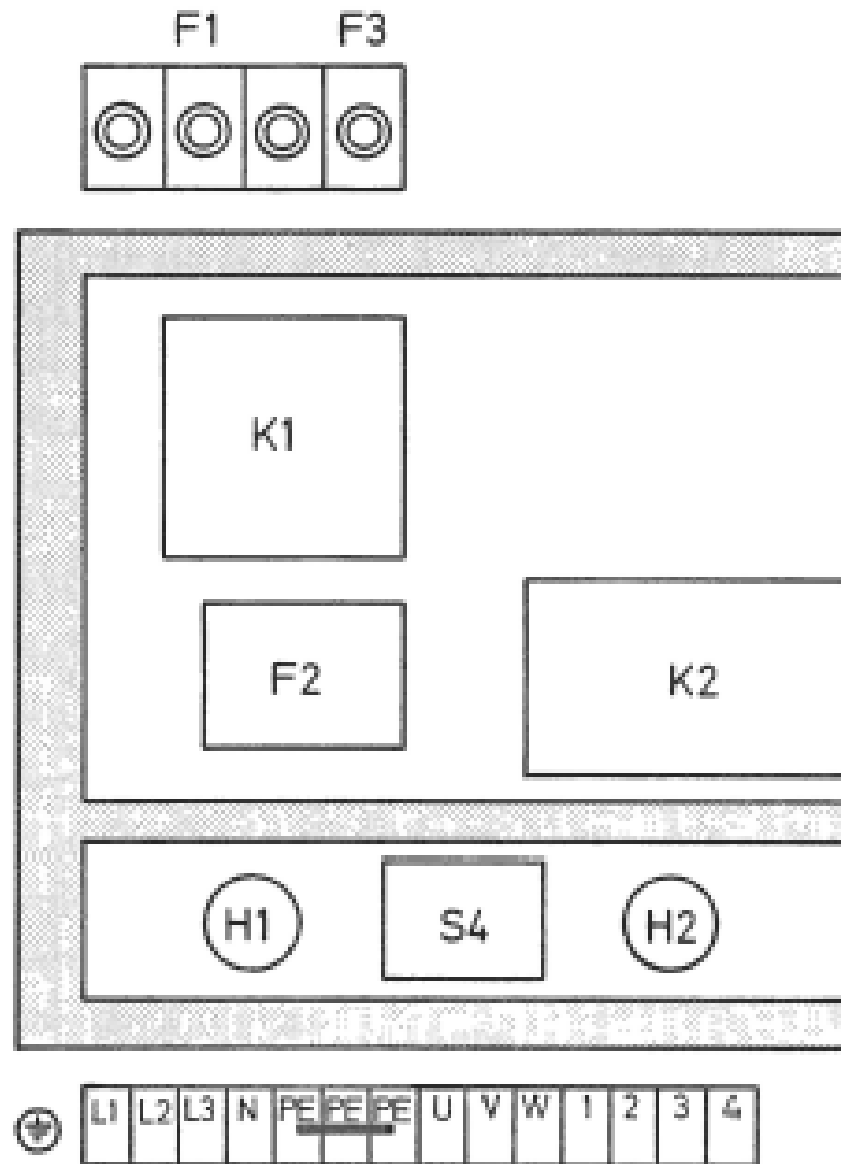


Verbindungstabelle

Zeile Nr.	Leiter mm ² Cu	Leitungs- farbe	Stromlauf- plan	Strompfad- Nr.	Leistungsverbindung
1	2,5	sw		1	L1 — F1 (Fuß)
	2,5	sw		1	L2 — F1 (Fuß)
	2,5	sw		1	L3 — F1 (Fuß)
	1,5	rt			N — K1.A2 — K2.A2 — H1.21 — H2.21
5	2,5	gngrb			PE — Masseanschluß
	2,5	sw		1	F1 — K1.1
	2,5	sw		1	F1 — K1.3
	2,5	sw		1	F1 — K1.5
10	2,5	sw		1	K1.2 — F2.1
	2,5	sw		1	K1.4 — F2.3
	2,5	sw		1	K1.6 — F2.5
	2,5	sw		1	F2.2 — U
15	2,5	sw		1	F2.4 — V
	2,5	sw		1	F2.6 — W
	1,5	rt		2	F1 — F3 (Fuß)
	1,5	rt		2, 3, 7	F3 — K1.11 — F2.96
20	1,5	rt		3	F2.95 — S4.3
	1,5	rt		3	S4.4 — 1
	1,5	rt		3, 4, 6	2 — K2.13 — K2.23
	1,5	rt		3, 4	3 — K2.14 — K1.A1
20	1,5	rt		5, 6	4 — K2.24 — K2.A1 — K1.33
	1,5	rt		6	K1.34 — H2.22
	1,5	rt			K1.12 — H1.22

7. Elektrische Steuerungen

Seite 25



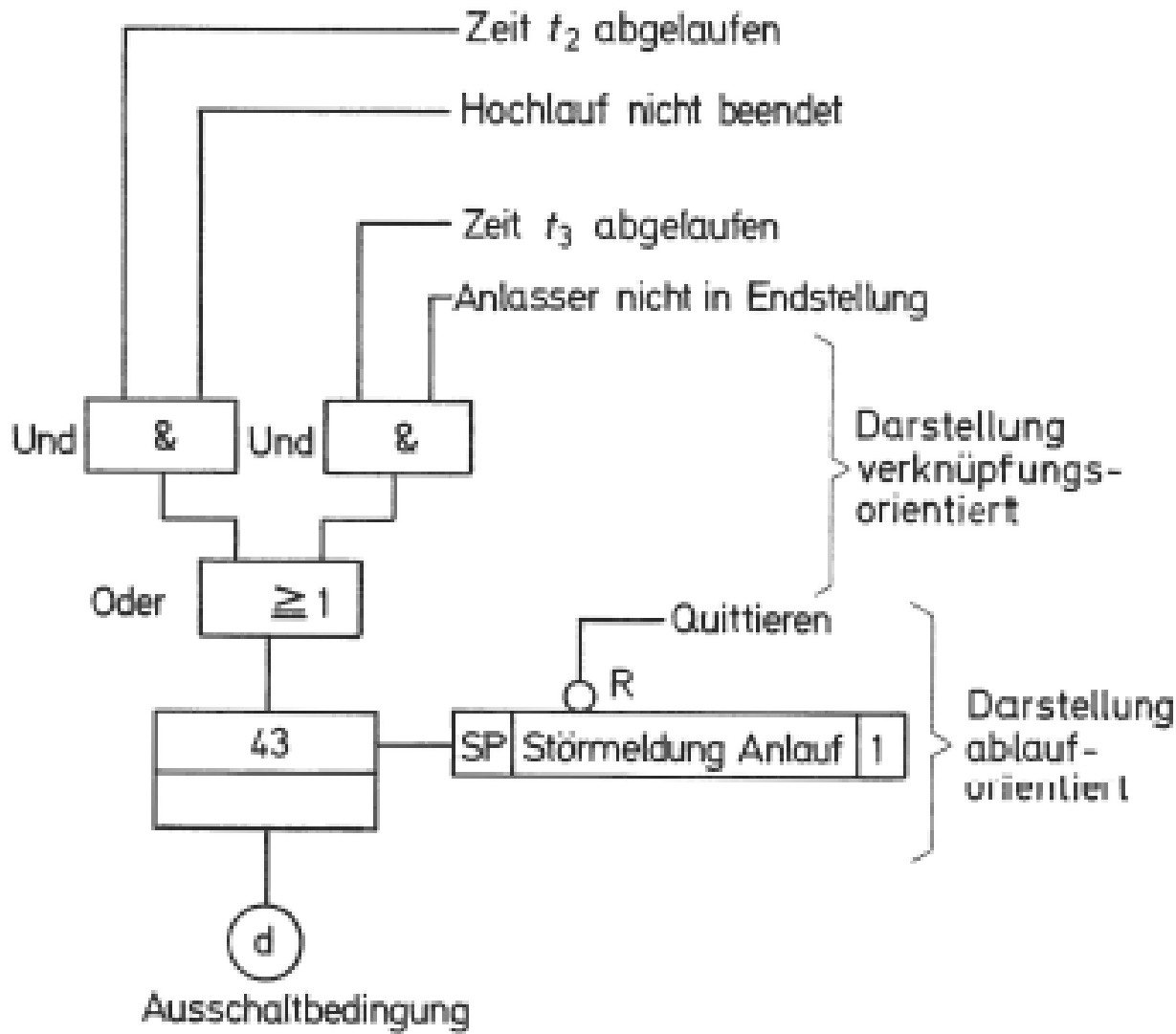
Geräteliste

- Die **Geräteliste** ist neben dem Stromlaufplan die am häufigsten gebrauchte Schaltungsunterlage
- Eine Geräteliste beinhalten alle technischen Daten der verwendeten Betriebsmittel
- Sie ergänzt die Verdrahtungsunterlagen
- Sie u.a. auch für die Beschaffung von Ersatzgeräten.
- Sie kann natürlich auch in Verbindung mit Bestelllisten, Auftragsbestätigungen o.ä. erstellt werden.

Kennzeichen	Verwendungszweck	Techn. Daten	Hersteller Bestellbez.	Hinweise
M1	Hauptmotor	Drehstrom-Asynchronmotor 400 V Δ, 5,5 kW, 11,3 A, 1380 1/min, Isol.kl. F.n. VDE 0530 3 Kaltleiter		
F1	Motorsicherungen	Sicherungselemente E27 mit Paßringen 20 A und Schraubkappen E27 Schmelzsicherungen 20 A träge		
K1	Hauptschütz	Typ HS 10/4 AC3, D3 Spule 220 V, 50 Hz 4 Hilfskontakte 2S+2ö mit Nennstrom 4 A/380 V		
F2	Motorschutzrelais	Typ MS 10 ohne Sperre 10 bis 15 A Einstellbereich		
F3	Steuersicherung	Sicherungselement E 27 mit Paßring 6 A und Schraubkappe E 27 Schmelzsicherung 6 A flink		
K2	Hilfsschütz	Typ SR 4 AC 11, D10 Spule 220 V, 50 Hz 2S+2ö mit Nennstrom 4 A/380 V		
S1	Befehlstaster Aus	Typ DT 10 Tastenschild 0 Farbe Rot		Fronteinbau
S2	Befehlstaster Tippen	Typ DT 10 Tastenschild II Farbe Grün		Fronteinbau
S3	Befehlstaster Ein	Typ DT 10 Tastenschild I Farbe Grün		Fronteinbau
S4	Steuerschalter	Typ PS 16 mit Schaltknebel und Bezschild Ein-Aus		
H1	Signallampe „Anlage einschaltbereit“	Typ SM 2 Farbe Grün Glimmlampe 220 V		Vorsatzlinse für Fronteinbau
H2	Signallampe „Anlage in Betrieb“	Typ SM 2 Farbe Weiß Glimmlampe 220 V		Vorsatzlinse für Fronteinbau

Funktionsschaltplan

- Die Darstellung im Funktionsschaltplan ist gerätetechnisch völlig neutral. Die Steuerung selbst kann sowohl als elektronische Steuerung als auch als elektrische oder pneumatische Steuerung aufgebaut werden.
- Der Funktionsschaltplan ist ein wichtiges Entwurfsinstrument der Steuerungstechniker der die Inbetriebnahme und Störungssuche durch seine problemorientierte Darstellung der Steuerungsfunktionen wesentlich erleichtert.
- Der Stromlaufplan ist demgegenüber eine gerätetechnisch orientierte Darstellung der Steuerungsfunktionen.
- Im Bild wird der Teil eines größeren Funktionsschaltplanes dargestellt.
- Hochlauf und Anlasserstellung eines größeren Antriebes werden überwacht.
- Wenn die Zeit t_2 abgelaufen ist und dabei der Hochlauf noch nicht beendet ist oder die Zeit t_3 abgelaufen ist und der Anlasser sich dabei noch nicht in Endstellung befindet, wird durch den Schritt 43 über die Abbruchstelle d) der Antrieb ausgeschaltet.
- Die Störmeldung Anlauf wird gespeichert (S) und kann über den Eingang R (Reset-Löschen) quittiert werden, d.h., der Speicher wird damit zurückgesetzt.



Geräte und Bauelemente der elektrischen Steuerungstechnik

- Die Vielzahl verschiedener Geräte und Bauelemente der elektrischen Steuerungstechnik lässt sich nur schwer in einem Schema nach einheitlichen Gesichtspunkten ordnen. Eine Möglichkeit bietet sich jedoch an, wenn man dabei sowohl gerätetechnische als auch funktionsorientierte Gesichtspunkte zugrunde legt.
 - Bei booleschen Verknüpfungen und Speichern der logischen Schaltungen werden fast ausschließlich **kontaktbehaftete Schaltgeräte** verwendet.
 - In sequentiellen Schaltungen werden Zeitfunktionen durch **Zeitrelais** gebildet.
 - An den Eingangselementen müssen nichtelektrische, physikalische Größen durch **Befehlsgeräte** und **Eingabewandler** in elektrische Größen so umgeformt werden, dass Signale entstehen, die in der elektrischen Steuerung verarbeitet werden können.
 - Am Ausgang der Steuerung bzw. der Steuereinrichtung nach der Definition in DIN 19226 wird am Stellort aufgabengemäß in eine Steuerstrecke eingegriffen. Häufig wird der Ausgangszustand der Steuereinrichtung und die Signalzustände an beliebigen anderen Stellen innerhalb der Steuereinrichtung durch **Meldegeräte** angezeigt.
 - Befindet sich am Stellort der Steuerstrecke ein Elektromotor, so muss dieser gegen Überlastung und Kurzschluss durch **Schutzgeräte** geschützt sein. Auch an anderen Stellen innerhalb der Steuerung, zum Beispiel am **Steuertransformator**, im Steuerstromkreis und zum Leitungsschutz, werden Schutzgeräte eingesetzt. Sie sind darüber hinaus notwendiger Bestandteil zur Erfüllung der Anforderungen aus VDE 0100 und VDE 0113.
- Eine Vielzahl verschiedener Bauelemente dient zum freien Aufbau von Schaltungen, wie sie vor allem in der Relaistechnik gebräuchlich sind.
 - Es sind alle Bauarten von **Widerständen, Kondensatoren, Drosseln, Transformatoren** und **Halbleiterbauelemente**.
 - Die Verbindung der Schaltungselemente untereinander erfolgt über **Leitungen, Kabel** oder auch über **gedruckte Leiterplatten**. Die Verdrahtung und Hilfsmittel zur Leitungsverlegung sind also wesentliche Bestandteile der Steuerung.

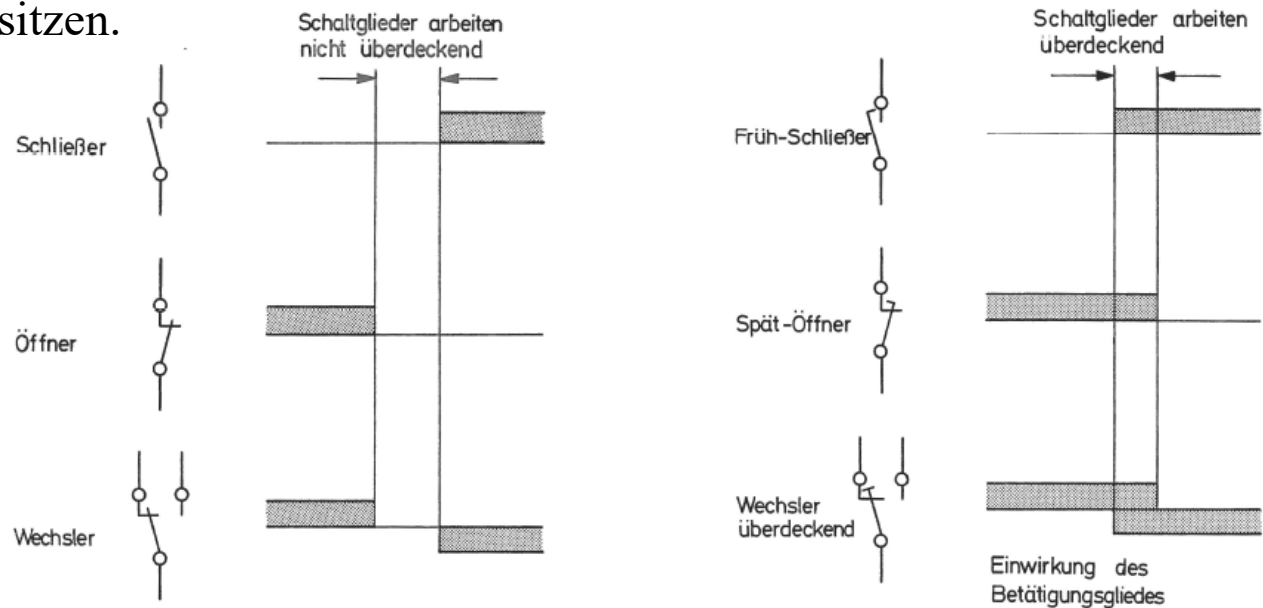
Als gemeinsames Merkmal besitzen alle Schaltgeräte

- **Schaltglieder** oder **Kontakte**, die zum Öffnen bzw. Schließen von Stromkreisen verwendet werden, und
- **Betätigungsglieder**, um die Schaltglieder zu betätigen.

Schaltglieder

Nach ihrer Grundfunktion werden die Schaltglieder weiter unterteilt:

- Der **Schließer** ist im Ruhezustand geöffnet und bei Betätigung geschlossen. Er wurde früher auch als Arbeitskontakt bezeichnet.
- Der **Öffner** ist im Ruhezustand geschlossen und bei Betätigung geöffnet. Er wurde früher auch als Ruhekontakt bezeichnet.
- Der **Wechsler** besteht eigentlich aus einem Schließer und einem Öffner, die ein gemeinsames Schaltstück besitzen.



Daneben gibt es noch

- **Früh-Schließer** und
- **Spät-Öffner**,

die im Vergleich zum normalen Schließer oder Öffner, wie ihr Name sagt, früher schließen oder später öffnen. In ihrer Funktion zueinander arbeiten Früh-Schließer und Spät-Öffner überdeckend. Sinngemäß gilt diese Aussage auch für entsprechende Wechsler.

Beurteilung und Auswahl von Schaltgliedern

- Zur Beurteilung der Schaltglieder und damit auch zu deren Auswahl wird man zunächst klären müssen, ob das Schaltglied in der Steuerung Leistung (im Zuge des Leistungsflusses) schalten muss oder im Steuerstromkreis (im Zuge des Signalfusses) zur Bildung von Steuerungsverknüpfungen gebraucht wird.
- Im ersten Fall muss geprüft werden, ob der Kontakt der großen Strom einschalten, führen und ausschalten kann, und im zweiten Fall wird man häufig zu überlegen haben, ob das Schaltglied einen kleinen Steuerstrom noch sicher und zuverlässig schaltet.
- Ganz allgemein wird das Kontaktverhalten und damit die Lebensdauer durch elektrische, durch konstruktionsbedingte mechanische und durch die am Betriebsort herrschenden chemischen Faktoren beeinflusst.

Elektrische Faktoren

Stromart (Gleich- oder Wechselstrom), Strom beim Schließen, im Betrieb und beim Öffnen, Spannung, Art der Stromkreisbelastung, Funkenlöscheinrichtung.

Mechanische Faktoren

Kontaktkräfte (Schließkraft, Betriebskraft, Öffnungskraft). Kontaktbewegung (Schaltgeschwindigkeit). Kontaktprellen, Kontaktbeben, Kontaktflattern,

Schaltzahl und Schalzhäufigkeit, konstruktive Faktoren.

Chemische Faktoren

Schutzart, Art der Atmosphäre, Temperatur, Verunreinigungen.

Kontaktversagen kann sich auf mehrere Arten äußern:

Der Kontaktwiderstand ist nach einer gewissen Betriebsdauer zu groß. Das ist besonders bei Schaltgliedern im Steuerstromkreis mit kleinen Strömen und oft auch kleinen Spannungen sehr gefährlich.

Kontakte bleiben durch Kleben oder Schweißen geschlossen. Dadurch können Fehlschaltungen hervorgerufen werden, die u.U. zu Unfällen führen. Tritt besonders häufig bei falsch dimensionierten Schaltgliedern im Leistungsfluß auf. Die Kontaktoberfläche ist durch Abbrand oder mechanischen Verschleiß soweit abgetragen, daß die Kontaktabstände nicht mehr stimmen und der Strom unterbrochen bleibt.

Materialwanderungen führen durch ungünstige Formen zum Verhaken oder Verschweißen.

Betätigungsarten in Geräten ohne Hilfsenergie zur Betätigung:

- Hauptschalter
- Wahlschalter
- Befehlstaster
- Anstoßschalter
- Endschalter

Betätigungsarten in Geräten mit Hilfsenergie zur Betätigung:

- Schütze
- Hilfsschütze
- Relais

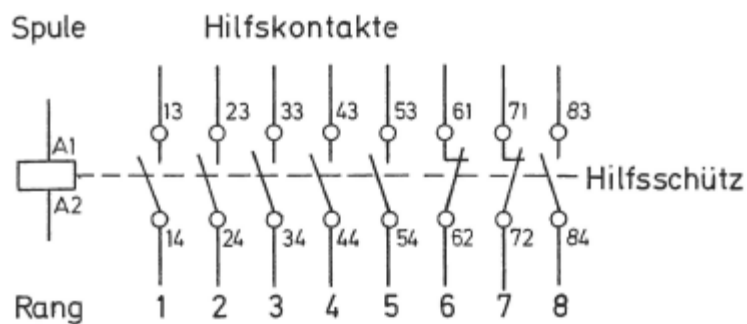
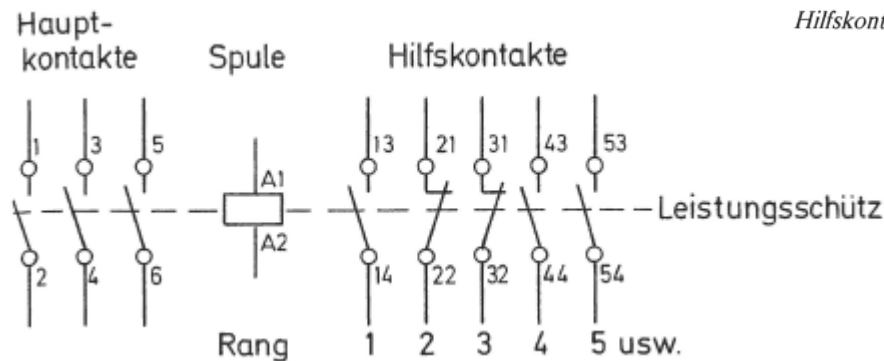
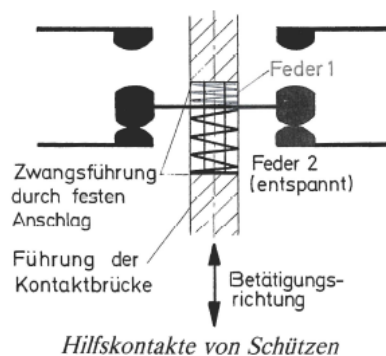
Schütze

- Alle Schütze haben ein elektrisches Betätigungsglied, sie werden also mit Hilfsenergie betätigt.
- Die Schützspulen können entweder mit Wechselstrom oder Gleichstrom erregt werden, und je nach Auslegung der Spulen können verschieden hohe Steuerspannungen angeschlossen werden.
- Die Leistungsaufnahme der Schützspulen richtet sich nach der Schützgröße, wobei bei wechselstromerregten Spulen zwischen Anzugs- und Halteleistung unterschieden werden muss, was wiederum die Dimensionierung des Steuertransformators beeinflusst.
- Nach Beginn und Ende der Erregung an der Schützspule schließen und öffnen die Kontakte erst nach Ablauf der Anzugs- und Abfallzeiten.

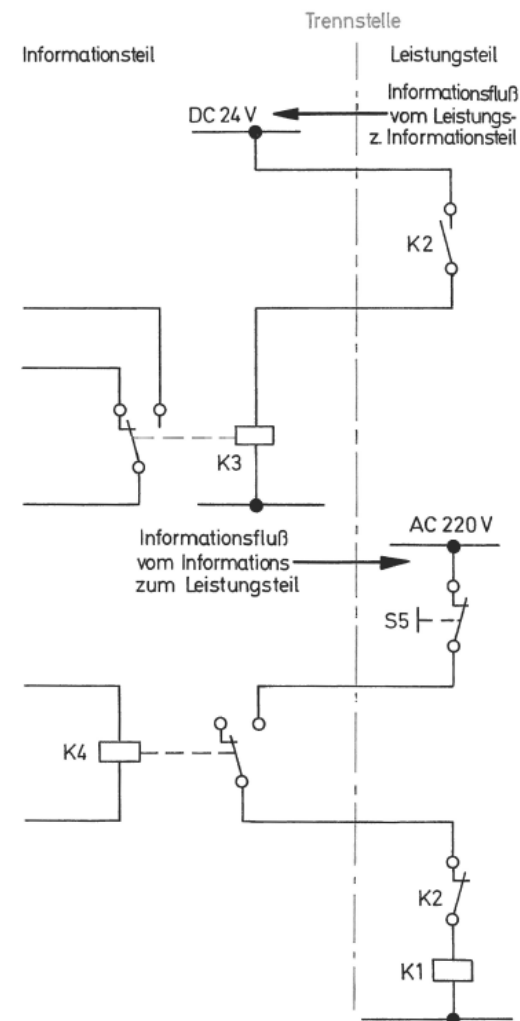
- Das **Kontaktsystem** der Leistungsschütze wird im wesentlichen vom geforderten *Schaltvermögen* und von der *Stromart* bestimmt.
- Jeder **Leistungs-** oder Hauptkontakt hat *Doppelunterbrechung* und eine eigene *Lichtbogenlöschkammer*.
- Die **Hilfskontakte** von Leistungsschützen und die Kontakte der Hilfs- bzw. Steuerschütze haben nur Schaltkammern ohne Löscheinrichtungen und werden für *Nennströme* von 2 A bis maximal 20 A gebaut.
 - Sie bewirken durch ihre konstruktive Gestaltung ebenfalls eine Doppelunterbrechung der Strombahn.
 - Je nach Hersteller besitzen Hilfsschütze 4 bis 10 Schaltglieder, wobei Art der Schaltglieder (Öffner, Schließer, Spät-Öffner, Spät-Schließer usw.) je nach Hersteller in gewissem Rahmen frei gewählt werden kann.
 - Hilfsschütze gewährleisten zuverlässige Verriegelungs- und Verknüpfungsfunktionen.
 - Schließer und Öffner sind durch eine gemeinsame Kontaktbrücke **zwangsgeführt**.
 - Das bedeutet, daß z.B. bei Entregen der Schützspule und fehlerhaften hängenbleiben nur eines Schließerkontaktes die Öffnerkontakte ebenfalls geöffnet bleiben.

Schütze und Kontaktbezeichnungen von Schützen

Die Anschlußbezeichnungen der Schütze sind in DIN EN 50005, 50011 und 50012 genormt. Spulenanschlüsse erhalten die Kennbuchstaben A1 und A2, die Hauptkontakte einstellige Kennziffern und die Hilfskontakte zweistellige Kennziffern wobei die erste Stelle der Kennziffer den Rang (= Ordnungsziffer) und die zweite Stelle der Kennziffer die Art (= Funktionsziffer) des Hilfskontaktes angibt. Mit 1-2 ist ein Öffner, mit 3-4 ein Schließer gekennzeichnet



Relais an der Trennstelle zwischen Leistungs- und Informationsteil einer Steuerung



Relais

- Relais erfüllen ähnliche Funktionen wie Hilfsschütze.
- Sie sind im allgemeinen für kleinere Erregerspannungen und vor allem fast ausschließlich für Gleichspannungserregung geeignet.
- Für die Kontaktsysteme werden Kontakte mit Strombelastungen von kleinsten Stromwerten bis etwa 15 A verwendet.
- Die Kontakte sind einfach-unterbrechend und häufig als Wechsler ausgeführt.
- Als Kontaktmaterial kommen je nach Anwendung verschiedene Werkstoffe, wie z.B. Silber, Gold, Wolfram, Platin, und vor allem eine Vielzahl von Kontaktlegierungen zum Einsatz.
- Auch in der Kontaktkonstruktion wird eine breite Palette von Lösungen angeboten bis hin zu Quecksilberschaltrohren und Reed- bzw. Röhrchenkontakten in sog. *Herkonrelais* (Herkon von hermetisch abgeschlossener Kontakt).

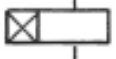
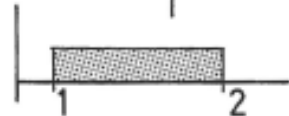

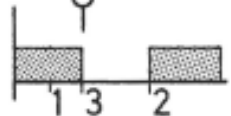

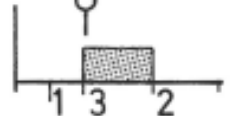



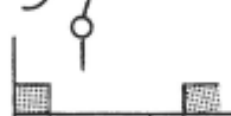

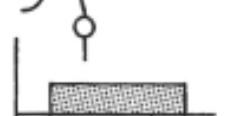






Zeitrelais

Von der Funktion her bietet ein Zeitrelais

Anzugs- oder

Abfallverzögerung und

Anzugs-und Abfallverzögerung.

Funktion des Zeitrelais	Betätigungsglied	Schaltglieder	
		Öffner	Schließer
Anzugsverzögert	 	 	 
Abfallverzögert	 	 	 
Anzugs- und Abfallverzögert	 	 	 

Nockenschalter

- Nockenschalter besitzen wie Schütze doppelt unterbrechende Kontakte in eigenen Schaltkammern mit und ohne Lichtbogenlöscheinrichtungen und können deshalb sowohl als Leistungs- als auch als Steuerschalter eingesetzt werden.
- Die Betätigung der Kontakte erfolgt über Nockenscheiben, die Stellung des Schaltknebels wird, bezogen auf die Gesamtdrehung von 360° , durch Rastscheiben mit möglichen Raststellungen bei 30° , 36° , 45° , 60° und 90° bestimmt.
- Durch Kombination mehrerer Schaltkammerebenen lässt sich eine Vielzahl verschiedener Schaltprogramme verwirklichen.

- Leistungsschalter und auch Leistungstrenner werden in elektrischen Steuerungen als Hauptschalter eingesetzt.
- Wie bei sicherungsloser und sicherungsarmer Ausführung der Verteilernetze kann auch als Hauptschalter von Steuerungen ein Leistungsschalterselbstschalter mit Bimetall- und elektromagnetischer Schnellauslösung verwendet werden.
- Zusätzliche Spannungsauslöser zur Fernausschaltung mit Not-Aus-Tastern und Hilfsschalter zur Überwachung und Anzeige der Schalterstellung können an die Leistungsschalter angebaut werden.

Befehlstaster

- Bei Befehlsgeräten sind die Farben der Tastelemente der Befehlsart und Funktion zugeordnet.
- Unabhängig von den Farben können weitere Bezeichnungen am Befehlsgerät vorhanden sein.
- Nach der konstruktiven Gestaltung der Tastelemente unterscheidet man
 - Drucktaster,
 - Wahltaster mit und ohne Raststellung,
 - Pilztaster,
 - Schlagtaster mit und ohne Verschlüsselung bei Entsperrung durch Drehen und
 - Schlüsseltaster.

Farben für Leuchttaster (Befehlstaster mit Leuchtfunktion)

Farbe und Anwendungsart	Bedeutung des aufleuchtenden Knopfes	Funktion des Knopfes	Anwendungsbeispiele und Hinweise
ROT Anzeige		HALT oder AUS und in bestimmten Anwendungsfällen RÜCKSTELLUNG (nur wenn die gleiche Taste auch für HALT verwendet wird)	
GELB (Bernstein) Anzeige	Achtung oder Vorsicht	Start einer Handlung zur Vermeidung gefährlicher Zustände	Ein Wert (Strom, Temperatur) nähert sich seinem zulässigen Grenzwert Die Betätigung des gelben Druckknopfes kann andere, vorher gewählte Funktionen außer Kraft setzen
GRÜN Anzeige	Maschine oder Einheit einschaltbereit	START oder EIN nach Freigabe durch Aufleuchten des Knopfes	<ul style="list-style-type: none"> – Start eines oder mehrerer Motoren für Hilfsfunktionen – Start von Maschinenteilen – Erregung magnetischer Spannfutter oder -platten – Start eines Zyklus oder eines Teilablaufes
BLAU Anzeige	Jede Bedeutung, die nicht durch die oben angegebenen Farben und WEISS erfaßt wird	Jede Funktion, die nicht durch die oben angegebenen Farben und WEISS abgedeckt ist	Anzeige oder Befehl an den Bedienenden, eine bestimmte Aufgabe auszuführen, beispielsweise Durchführung einer Einstellung. (Nachdem diese Forderung erfüllt ist, drückt er die Taste als Quittierung)
WEISS (Klar) Bestätigung	Ständige Bestätigung, daß ein Stromkreis an Spannung liegt oder daß eine Funktion oder Bewegung gestartet oder vorgewählt wurde	Schließen eines Stromkreises oder Start oder Vorwahl	Ein Hilfsstromkreis, der nicht zum Arbeitszyklus gehört, wird an Spannung gelegt Start oder Vorwahl <ul style="list-style-type: none"> – der Richtung der Vorschubbewegung – der Geschwindigkeiten usw.

Anmerkung: Rote Leuchttaster sollen möglichst nicht verwendet werden

Farben für Drucktaster der Befehlsgeräte

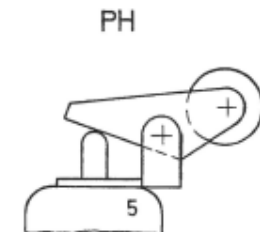
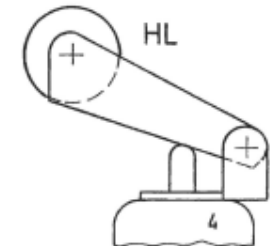
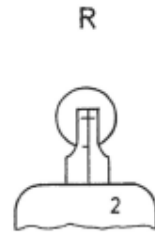
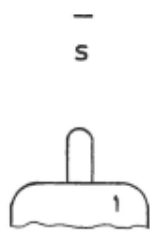
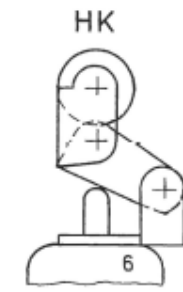
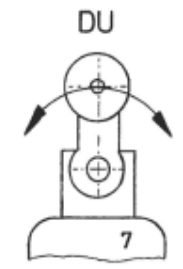
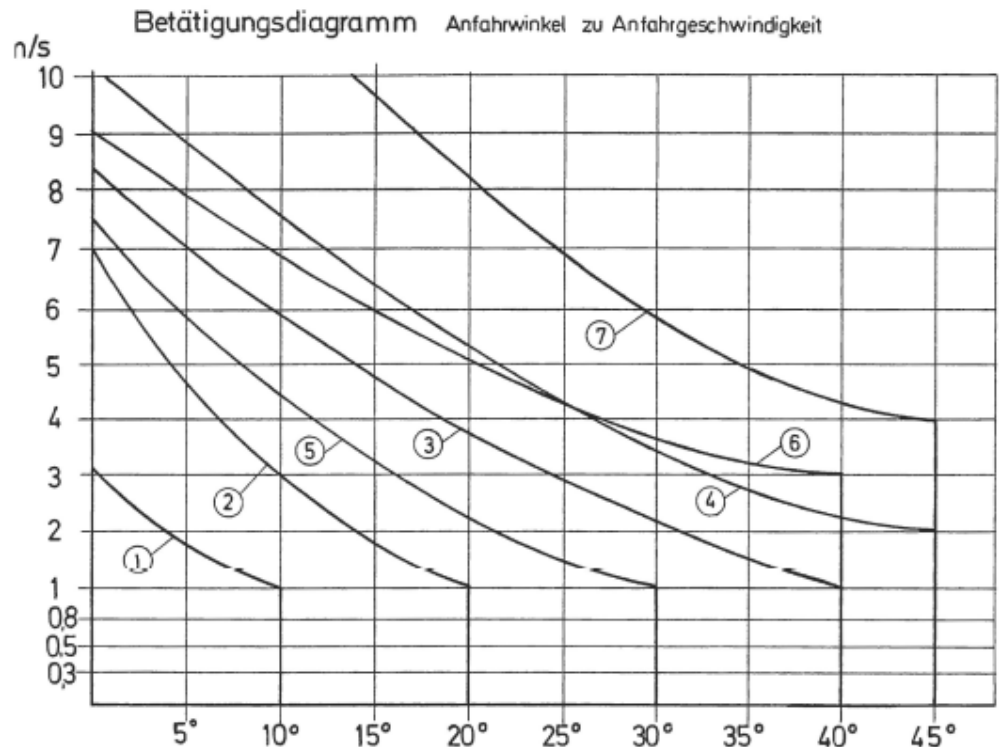
Farbe	Bedeutung der Farbe	Typische Anwendungsbereiche
Rot	Handeln im Gefahrenfall	<ul style="list-style-type: none"> – NOT-AUS – Brandbekämpfung
	HALT oder AUS	<ul style="list-style-type: none"> – Alles stillsetzen – Stillsetzen (Stoppen) eines oder mehrerer Motoren – Stillsetzen eines Teiles der Maschine – Zyklusstillsetzen (wenn die Bedienungsperson den Drucktaster während eines Zyklus betätigt, hält die Maschine, nachdem der laufende Zyklus beendet ist) – Ausschalten eines Schaltgerätes – Rückstellung kombiniert mit HALT-Funktion
Gelb	Eingriff	<p>Eingriff zur Beseitigung abnormaler Bedingungen oder zur Verhinderung unerwünschter Änderungen, beispielsweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Rücklauf von Maschineneinheiten zum Ausgangspunkt des Zyklus, falls dieser noch nicht abgeschlossen war. <p>Das Betätigen des gelben Drucktasters kann andere, vorher gewählte Funktionen außer Kraft setzen.</p>
Grün	START oder EIN	<ul style="list-style-type: none"> – Alles starten – Anlauf eines oder mehrerer Motoren – Anlauf eines Teiles der Maschine – Starten von Hilfsfunktionen – Einschalten eines Schaltgerätes – Steuerstromkreis an Spannung legen
Blau	Jede beliebige Bedeutung, für die keine der obengenannten Farben gilt	Eine Funktion, für die keine der Farben Rot, Gelb und Grün gilt, kann in besonderen Fällen dieser Farbe zugeordnet werden.
Schwarz Grau Weiß	Keiner besonderen Bedeutung zugeordnet	<p>Darf für jede Funktion angewendet sein mit Ausnahme der Drucktaster mit alleiniger HALT- oder AUS-Funktion.</p> <p>Beispiele:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Schwarz: Tippbetrieb, Tippen beim Einrichten – Weiß: Steuern von Hilfsfunktionen, die nicht direkt mit dem Arbeitszyklus zusammenhängen

Grenztaster

- Die am häufigsten verwendeten Grenztaster haben ein ähnlich aufgebautes Kontaktsystem wie Hilfsschütze und gewährleisten damit dieselbe Zuverlässigkeit bei Verriegelungs- und Verknüpfungsfunktionen.
- In einem **Betätigungsdiagramm** werden die *zulässigen Anfahrwinkel in Abhängigkeit von der Anfahrgeschwindigkeit* für die jeweils konstruktive Ausführung des Betätigungselementes dargestellt.
- Das Schließen und Öffnen der Kontakte erfolgt in etwa mit derselben Geschwindigkeit wie die Betätigung.
- Bei sehr langsamer Betätigung werden deshalb sinnvollerweise **Grenztaster mit Sprungkontakten** eingesetzt, deren Kontaktsysteme allerdings meist keine Doppelunterbrechung haben.
- **Berührungslose Grenztaster** arbeiten bei Beachtung der Kenn- und Grenzwerte praktisch verschleiß- und damit auch wartungsfrei und können in vielen Fällen mit höherer Geschwindigkeit angefahren werden.
- **Magnetschalter** und induktiv arbeitende **Näherungsinitiatoren** benötigen einen Schaltmagneten, kapazitiv arbeitende Näherungsinitiatoren erfassen die Annäherung meistmetallischer Gegenstände, und **Lichtschraken** ändern ihren Signalzustand bei Unterbrechung eines Lichtstrahles.

Betätigungsdiagramm

Zulässigen Anfahrwinkel in Abhängigkeit von der Anfahrgeschwindigkeit für die jeweils konstruktive Ausführung



Eingabewandler

- Durch die Eingabewandler werden beliebige von Gebern erfasste physikalische Größen, z.B. Druck, Weg, Beschleunigung, Temperatur, Feuchtigkeit, Lichtstärke, in eine analoge oder digitale elektrische Größe umgewandelt.
 - In der elektrischen Steuerungstechnik kommen bei Gebern praktisch nur digitale Ausgangsgrößen in Form von potentialfreien Kontakten in Betracht.
- Als Geber kommen grundsätzlich aktive Geber und passive Geber zur Anwendung. In aktiven Gebern wird die mechanische, thermische o.ä. Energie direkt in elektrische Größen umgewandelt, z.B. in piezoelektrischen Gebern.
 - Bei passiven Gebern beeinflusst die physikalische Größe eine elektrische Größe, z.B. einen Widerstand.
 - Ein Geber mit direkter Umformung ist beispielsweise ein Bi-metallkontakt.
 - Geber mit indirekter Umformung sind häufiger und haben oft mehrere Umformungsstufen im Eingabewandler.

Meldegeräte

- Auch für Meldeleuchten sind die zu verwendenden Farben vorgeschrieben (s. Kap. 3).
- Meldeleuchten können durch zusätzliche Vorsatzlinsen ergänzt werden.
- In Industriesteuerungen sind Meldeleuchten mit 2-W-Glühlampen oder mit Glimmlampen ausgerüstet.
- Zu den optischen Meldegeräten sind auch elektromechanisch arbeitende Fallklappenrelais, gasgefüllte Ziffernanzeigeröhren, Leuchtdioden-Anzeigeelemente und Flüssigkristall-Anzeigegeräte zu rechnen.
- Akustische Meldegeräte, wie Sirenen, Wecker, Hupen, Gongs und Klingeln, sind in verschiedenen Klangfarben, und Lautstärken für alle üblichen Spannungen und Stromarten erhältlich.
 - Sie werden häufig in Verbindung mit optischen Sichtmeldern eingesetzt, wobei durch das akustische Signal „unüberhörbar“ auf das optische Signal aufmerksam gemacht werden soll.

Farben für die Anzeige von Betriebszuständen

Farbe	Bedeutung d. Farbe	Erklärung	Typische Anwendung
ROT	Gefahr oder Alarm	Warnung vor möglicher Gefahr oder einem Zustand, der ein sofortiges Eingreifen erfordert	<ul style="list-style-type: none"> – Druckausfall im Schmiersystem – Temperatur außerhalb vorgegebener (sicherer) Grenzen – Befehl, die Maschine sofort zu stoppen (beispielsweise wegen Überlast) – Wesentliche Teile der Ausrüstung gestoppt durch Ansprechen einer Schutzeinrichtung – Gefahr durch zugängliche aktive oder sich bewegende Teile
GELB	Vorsicht	Veränderung oder bevorstehende Änderung der Bedingungen	<ul style="list-style-type: none"> – Temperatur (oder Druck) abweichend vom Normalpegel – Überlast, deren Dauer nur innerhalb beschränkter Zeit zulässig ist – automatischer Zyklus läuft
GRÜN	Sicherheit	Anzeige eines sicheren Betriebszustandes oder Freigabe des weiteren Betriebsablaufes	<ul style="list-style-type: none"> – Kühlfüssigkeit läuft – Automatische Kesselsteuerung eingeschaltet – Maschine fertig zum Start: alle notwendigen Hilfseinrichtungen funktionieren, die Einheiten befinden sich in der Ausgangsstellung, und der hydraulische Druck oder die Ausgangsspannung eines Motorgenerators liegen innerhalb des vorgegebenen Bereiches – Zyklus beendet und Maschine bereit zu neuem Start
BLAU	Spezielle Bedeutung (Information, die ggf. gemäß den besonderen Anforderungen zugeordnet wird)	BLAU darf jede beliebige Bedeutung haben, die nicht durch die o.g. Farben ROT, GELB und GRÜN abgedeckt ist	<ul style="list-style-type: none"> – Anzeige für Fernsteuerung – Wahlschalter in der „Einricht“-Stellung – Eine Einheit in Vorwärtsstellung – Mikrovorschub eines Schlittens oder einer Einheit
WEISS	Keine spezielle Bedeutung zugeordnet (neutral) (allgemeine Information)	Beliebige Bedeutung; darf angewendet werden, wenn bezüglich der Anwendung der 3 Farben ROT, GELB und GRÜN Zweifel bestehen, z. B. als Bestätigung	<ul style="list-style-type: none"> – Hauptschalter in EIN-Stellung – Wahl der Geschwindigkeit oder der Drehrichtung – Nicht zum Arbeitszyklus gehörende Hilfseinrichtungen sind in Betrieb

Anmerkung: Es darf ein Blinklicht der entsprechenden Farbe benutzt werden

Schutzgeräte

- Schutzgeräte sollen Stromkreise und Geräte bei Überlastung und Kurzschlüssen vor Zerstörung schützen. Auf die speziellen Probleme des Motorschutzes wurde in der Vorlesung Elektrotechnik näher eingegangen.
- Schmelzsicherungen
 - Abschaltendes Element aller Schmelzsicherungen ist ein Schmelzleiter.
 - Querschnitt und Werkstoff der Schmelzleiter bestimmen im wesentlichen die Abschaltcharakteristik der Sicherung.
 - Von der Bauform her gibt es Glasrohrsicherungen, Schraubsicherungseinsätze und NH-Sicherungseinsätze mit hochhitzebeständigen Isolierkörpern aus Steatit.
 - Ab etwa 2 A Nennstrom wird im Sicherungskörper ein Löschmittel aus besonders ausgesuchtem Quarzsand verwendet.
 - Nach der Strom-Zeit-Ausschaltcharakteristik gibt es ein träges, ein flinkes und ein superflinkes Auslöseverhalten der Sicherung.
 - Für den Schutz von Halbleiterbauelementen werden superflinke Gleichrichtersicherungen eingesetzt.
 - Schmelzsicherungen trennen die Strombahn beim Auslösen absolut sicher auf. Durch das Abschmelzen eines Schmelzleiters kann es zu keiner Fehlhandlung kommen, wie z.B. beim Öffnen von Kontakten infolge Kontaktschweissens.

Schutzgeräte

- Sicherungsselbstschalter (und Sicherungsautomaten)
 - Sicherungsselbstschalter besitzen ein elektro-thermisches Auslösesystem mit Bimetallelementen zum Schutz gegen Überlastung und ein elektromagnetisches Auslösesystem zum Schutz gegen Kurzschlüsse.
 - Beide Systeme wirken unabhängig voneinander auf die mechanischen Abschaltorgane.
 - Für Sonderfälle werden auch Sicherungsselbstschalter nur mit elektrothermischer oder nur mit elektromagnetischer Auslösung gebaut.
 - Kleine Sicherungsselbstschalter werden auch Sicherungsautomaten genannt.
 - Nach der Strom-Zeit-Auslösecharakteristik gibt es H-Automaten, L-Automaten, G-Automaten und K -Automaten.
- Motorschutzschalter
 - erlauben die Anpassung der elektrothermischen Auslösung an den Motornennstrom mit einer Stellschraube.
- Leistungsselbstschalter
 - dienen vor allem in Energieverteilungsanlagen dem Anlagenschutz.

Vergleich:

- Gegenüber Schmelzsicherungen haben Sicherungsselbstschalter den Vorteil, dass die Strom-Zeit-Kennlinie anpassungsfähig ist.
- Bei falsch eingesetzten Sicherungsselbstschaltern kann es aber zum Verschweißen von Kontakten kommen.
- Schaltervorsicherungen sollen deshalb gruppenweise zusammengefassten Sicherungsselbstschaltern vorgeschaltet werden.
- Die Größe der Vorsicherungen wird vom Hersteller der Sicherungsselbstschalter empfohlen.
- Auf jeden Fall muss sichergestellt sein, dass alle Sicherungsbauteile selektiv zueinander arbeiten, d.h., es müssen immer die der Fehlerstelle nächstliegenden Sicherungsselbstschalter oder Schmelzsicherungen auslösen.

Weitere Bauelemente

Widerstände

Kondensatoren,

Drosseln und Transformatoren

Halbleiterbauelemente

Verdrahtungshilfsmittel

Anhang: Berührungs- und Fremdkörperschutz und Wasserschutz

Berührungs- und Fremdkörperschutz

Erste Kennziffer	Schutzzumfang	
	Benennung	Erklärung
0	Kein Schutz	Kein besonderer Schutz von Personen gegen zufälliges Berühren unter Spannung stehender oder sich bewegender Teile. Kein Schutz des Betriebsmittels gegen Eindringen von festen Fremdkörpern.
1	Schutz gegen Fremdkörper > 50mm	Schutz gegen zufälliges großflächiges Berühren unter Spannung stehender und innerer sich bewegender Teile, z.B. mit der Hand, aber kein Schutz gegen absichtlichen Zugang zu diesen Teilen. Schutz gegen Eindringen von festen Fremdkörpern mit einem Durchmesser größer als 50 mm.
2	Schutz gegen Fremdkörper > 12mm	Schutz gegen zufälliges Berühren mit den Fingern unter Spannung stehender oder innerer sich bewegender Teile. Schutz gegen Eindringen von festen Fremdkörpern mit einem Durchmesser größer als 12 mm.
3	Schutz gegen Fremdkörper > 2,5 mm	Schutz gegen Berühren unter Spannung stehender oder innerer sich bewegender Teile mit Werkzeugen, Drähten oder ähnlichem von einer Dicke größer als 2,5 mm. Schutz gegen Eindringen von festen Fremdkörpern mit einem Durchmesser größer als 2,5 mm.
4	Schutz gegen Fremdkörper > 1 mm	Schutz gegen Berühren unter Spannung stehender oder innerer sich bewegender Teile mit Werkzeugen, Drähten oder ähnlichem von einer Dicke größer als 1 mm. Schutz gegen Eindringen von festen Fremdkörpern mit einem Durchmesser größer als 1 mm.
5	Schutz gegen Staubablagerung	Vollständiger Schutz gegen Berühren unter Spannung stehender oder innerer sich bewegender Teile. Schutz gegen schädliche Staubablagerungen. Das Eindringen von Staub ist nicht vollkommen verhindert, aber der Staub darf nicht in solchen Mengen eindringen, daß die Arbeitsweise beeinträchtigt wird.
6	Schutz gegen Staubeintritt	Vollständiger Schutz gegen Berühren unter Spannung stehender oder innerer sich bewegender Teile. Schutz gegen Eindringen von Staub.

Wasserschutz

Zweite Kennziffer	Schutzzumfang	
	Benennung	Erklärung
0	Kein Schutz	Kein besonderer Schutz
1	Schutz gegen senkrecht fallendes Topfwasser	Wassertropfen, die senkrecht fallen, dürfen keine schädliche Wirkung haben.
2	Schutz gegen schrägfallendes Topfwasser	Wassertropfen, die in einem beliebigem Winkel bis zu 15° zur Senkrechten fallen, dürfen keine schädliche Wirkung haben.
3	Schutz gegen Sprühwasser	Wasser, das in einem beliebigen Winkel bis 60° zur Senkrechten fällt, darf keine schädliche Wirkung haben.
4	Schutz gegen Spritzwasser	Wasser, das aus allen Richtungen gegen das Betriebsmittel spritzt, darf keine schädliche Wirkung haben.
5	Schutz gegen Strahlwasser	Ein Wasserstrahl aus einer Düse, der aus allen Richtungen gegen das Betriebsmittel gerichtet wird, darf keine schädliche Wirkung haben.
6	Schutz bei Überflutung	Wasser darf bei vorübergehender Überflutung, z.B. durch schwere Seen, nicht in schädlichen Mengen in das Betriebsmittel eindringen *).
7	Schutz beim Eintauchen	Wasser darf nicht in schädlichen Mengen eindringen, wenn das Betriebsmittel unter den festgelegten Druck- und Zeitbedingungen in Wasser eingetaucht wird *).
8	Schutz beim Untertauchen	Wasser darf nicht in schädlichen Mengen eindringen, wenn das Betriebsmittel unter einem festgelegten Druck und für unbestimmte Zeit unter Wasser getaucht wird *).

* In bestimmte Betriebsmittel darf kein Wasser eindringen. Dies ist erforderlichenfalls in dem Folgeblatt für das betreffende Betriebsmittel festgelegt.

Beispiel für die Angabe der Schutzart: IP 54 ◊ 1. Kennziffer 5 (Fremdkörper), 2. Kennziffer 4 (Wasser)