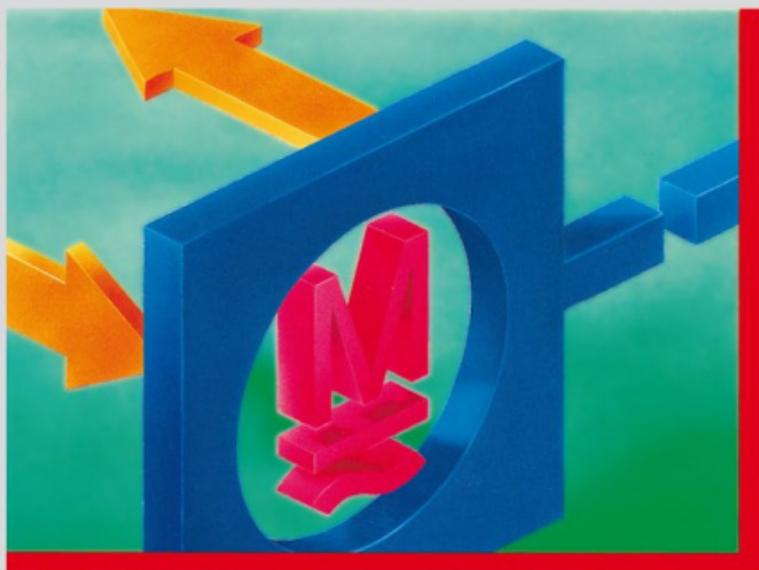


Vogel Fachbuch

Boy/Bruckert/Wessels/Meyer

Elektrische Steuerungs- und Antriebstechnik

Die Meisterprüfung



Vogel Buchverlag

Boy/Bruckert/Wessels/Meyer
Elektrische Steuerungs- und Antriebstechnik

Die Meisterprüfung

Elektrische Steuerungs- und Antriebstechnik

Dipl.-Ing. Hans-Günter Boy

Dipl.-Ing. Klaus Bruckert

Dipl.-Ing. Bernard Wessels

Dipl.-Ing. Theo Meyer

13., überarbeitete Auflage

Vogel Buchverlag

Weitere Informationen:

www.vogel-buchverlag.de



<http://twitter.com/vogelbuchverlag>



www.facebook.com/vogel.buchverlag



www.vogel-buchverlag.de/rss/buch.rss

ISBN 978-3-8343-3312-4

13. Auflage. 2014

Alle Rechte, auch der Übersetzung vorbehalten.

Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie, Mikrofilm oder einem anderen Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden. Hiervon sind die in §§ 53, 54 UrhG ausdrücklich genannten Ausnahmefälle nicht berührt.

Printed in Germany.

Copyright 1977 by

Vogel Business Media GmbH & Co. KG,

Würzburg

Umschlaggrafik: Michael M. Kappenstein, Frankfurt

Vorwort

Dieses Buch in der Reihe *Die Meisterprüfung in der Elektrotechnik* behandelt ausführlich alle wichtigen Teile der elektrischen Steuerungstechnik und der Leistungselektronik.

Innerhalb der Schalt- und Steuerungstechnik ist ein Kapitel den Schaltgeräten gewidmet. In zahlreichen Beispielen werden Grundschaltungen und spezielle Schaltungen in konventioneller Technik gezeigt. Es folgt eine ausführliche Anleitung zum Darstellen von Steuerungsfunktionen mit Symbolen für binäre Schaltungen und zum Beschreiben von Steuerungen mit Funktionsplänen. Die Einführung in das Thema speicherprogrammierbare Steuerungen schließt sich an. Ein weiteres Kapitel beschreibt die Drehzahlverstellung von Gleich- und Drehstrommotoren mit den zugehörigen Stellern der Leistungselektronik.

Dieser Band ist für jeden Elektrofachmann in der Energietechnik wichtig, weil Antriebe und Steuerungen zur Grundausrüstung aller Betriebe, sowohl im Handwerk als auch in der Industrie, gehören. Von besonderer Bedeutung ist es für die Meisterausbildung von Elektrofachkräften der energietechnischen Berufe, wie Meister im Elektrotechniker-Handwerk bzw. Meister im Elektromaschinenbauer-Handwerk. Da bedingt durch die neue Meisterprüfungsverordnung mehr Eigeninitiative bei der Erarbeitung der Lerninhalte gefordert ist, wird dieses Buch als Nachschlagewerk mehr denn je benötigt.

Vorausgesetzt werden die Kenntnisse, die der Band *Mathematische und elektrotechnische Grundlagen* enthält. Hierzu zählen der Umgang mit mathematischen Formeln, das magnetische Feld, die elektrischen Grundgesetze der Gleichstrom- und Wechselstromtechnik und die grundlegenden Zusammenhänge der Drehstromtechnik.

Die mit diesem Buch erreichbaren Lernziele entsprechen jenen Anforderungen, die der Zentralverband der Deutschen Elektro- und Informationstechnischen Handwerke für die Meisterprüfung im Elektrotechniker- bzw. Elektromaschinenbauerhandwerk festgelegt hat. Die heutige Form der Buchreihe entwickelte sich aus den bekannten Bänden *Die Meisterprüfung in der Elektrotechnik*. Sie ist das Ergebnis ständiger Erprobungen mit Teilnehmern an Meisterlehrgängen des Bundestechnologiezentrums für Elektro- und Informationstechnik e.V. in Oldenburg und bringt die umfangreichen Erfahrungen der Autoren im Handwerk und in der Industrie zum Ausdruck.

Die übersichtliche Gliederung und Gestaltung des Stoffes erleichtert dem Leser das Einarbeiten. Zahlreiche Beispiele tragen zum besseren Verständnis der Fachprobleme bei. Bei jeder Überarbeitung werden die neuesten Normen nachgetragen und an einigen Stellen zum besseren Erkennen den alten Normen gegenübergestellt.

In der Fachbuchreihe «Die Meisterprüfung in der Elektrotechnik» sind bisher erschienen:

Böttle/Friedrichs: Mathematische und elektrotechnische Grundlagen

Boy/Dunkhase: Elektro-Installationstechnik

Behrends: Elektrische Maschinen

Folkerts/Baade: Hausgeräte-, Beleuchtungs- und Klimatechnik

Böttle/Boy/Clausing: Elektrische Mess- und Regelungstechnik

Dugge/Eißner: Grundlagen der Elektronik

Janßen/Soboll/Böttle/Friedrichs: Aufgaben und Lösungen Elektrotechnik

Boy/Bruckert/Wessels/Meyer: Elektrische Steuerungs- und Antriebstechnik

Behrends/Wessels: Formeln und Tabellen Elektrotechnik

Siegismund: Werkstoffkunde

Wübbe: Telekommunikation

Ebenfalls im Vogel Buchverlag sind in der Fachbuchreihe «Elektronik» erschienen:

Klaus Beuth/Olaf Beuth: Elementare Elektronik

Heinz Meister: Elektrotechnische Grundlagen
(Elektronik 1)

Klaus Beuth: Bauelemente
(Elektronik 2)

Klaus Beuth/Wolfgang Schmusch: Grundsaltungen
(Elektronik 3)

Klaus Beuth: Digitaltechnik
(Elektronik 4)

Helmut Müller/Lothar Walz: Mikroprozessortechnik
(Elektronik 5)

Wolfgang Schmusch: Elektronische Meßtechnik
(Elektronik 6)

Klaus Beuth/Richard Hanebuth/Günter Kurz/Christian Lüders: Nachrichtentechnik
(Elektronik 7)

Wolf-Dieter Schmidt: Sensorschaltungstechnik
(Elektronik 8)

Olaf Beuth/Klaus Beuth: Leistungselektronik
(Elektronik 9)

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
1 Schaltgeräte und Grundschaltungen	11
1.1 Bedeutung der Schaltzeichen	11
1.2 Schaltgeräte	24
1.2.1 Schaltkontakte	24
1.2.2 Bemessungsdaten von Schaltgeräten	32
1.2.3 Schalter und deren Einteilung	39
1.2.3.1 Schalter in der Einteilung nach dem Schaltvermögen	41
1.2.3.2 Schalter in der Einteilung nach dem Verwendungszweck	42
1.2.4 Meldeleuchten	57
1.2.5 Relais	59
1.2.5.1 Zeitrelais	60
1.2.5.2 Stromstoßschalter (Stromstoßrelais)	63
1.2.5.3 Stromrelais (Stromwächter)	63
1.2.5.4 Spannungsrelais (Spannungswächter)	64
1.2.5.5 Phasenüberwachungsrelais (Phasenwächter)	64
1.2.5.6 Isolationsüberwachungsrelais (Isolationswächter)	64
1.2.5.7 Druckwächter	66
1.2.5.8 Temperaturwächter	66
1.2.5.9 Drehzahlwächter	67
1.2.6 Wächter und Begrenzer	68
1.2.7 Schütze	68
1.2.7.1 Aufbau und Wirkungsweise	68
1.2.7.2 Lebensdauer	73
1.2.7.3 Ölschütze	73
1.2.7.4 Remanenzschütze	73
1.2.7.5 Elektronikschütze	74
1.2.8 Steckvorrichtungen	75
1.2.8.1 Schutzkontakt-(Schuko-)Steckvorrichtung	76
1.2.8.2 Perilex-Steckvorrichtung	77
1.2.8.3 Industrie-Steckvorrichtungen nach VDE 0623 (CEE-Steckvorrichtung)	78
1.2.9 Schutzeinrichtungen	80
1.2.9.1 D- und DO-System DIN VDE 0636-3 (VDE 0636-3) September 2011	81
1.2.9.2 Geräteschutz-Sicherungssystem (DIN VDE 0820)	88
1.2.9.3 Niederspannungs-Hochleistungssicherungen (NH-Sicherungen) nach DIN VDE 0636-2 (VDE 0636-2) September 2011	89
1.2.9.4 Leitungsschutzschalter nach DIN VDE 0641 bzw. 0660	91
1.2.9.5 Selektive Haupt-Leitungsschutzschalter nach DIN VDE 0641-21 (VDE 0641-21) Oktober 2011	100
1.2.9.6 Motorschutzschalter (Motorstarter)	102
1.2.9.7 Leistungsschalter	106
1.2.9.8 Thermisches Überstromrelais (Bimetallrelais)	108
1.2.9.9 Motorvollschutz	110
1.3 Stromkreise	111
1.3.1 Hauptstromkreis (Laststromkreis)	111
1.3.2 Steuer- und Meldestromkreise	112

1.3.3	Bestimmungen für Steuerungsanlagen nach DIN EN 60 204-1 (VDE 0113-1) Juni 2007; Sicherheit von Maschinen	114
1.3.3.1	Allgemeine Anforderungen	115
1.3.3.2	Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag	116
1.3.3.3	Abweichungen bei der Anwendung der Schutzmaßnahmen	116
1.3.3.4	Leitungen und Kabel	117
1.3.3.5	Unterspannungsschutz	120
1.3.3.6	Schutz bei Spannungsausfall	120
1.3.3.7	Start-/Stopp-Funktion	120
1.3.3.8	Handlungen im Notfall (NOT-AUS, NOT-HALT bzw. Gefahrenschalter)	121
1.3.3.9	Zuleitung und Netztrenneinrichtung (alt: Hauptschalter)	122
1.3.3.10	Schutz gegen nichtelektrische Gefahren im Fehlerfall	125
1.3.3.11	Steuerstromkreise, Steuerspannung	128
1.3.3.12	Prüfungen	130
1.3.3.13	Technische Unterlagen	131
1.3.3.14	Fragebogen für die elektrische Ausrüstung von Maschinen wie im Anhang B der DIN EN 60 204-1 (VDE 0113-1) Juni 2007	132
1.4	Schaltungsunterlagen (DIN EN 61 346)	132
1.4.1	Zeichenregeln	134
1.4.2	Übersichtsschaltplan	138
1.4.3	Stromlaufpläne	139
1.4.3.1	Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung (der frühere Wirkschaltplan)	140
1.4.3.2	Stromlaufplan in aufgelöster Darstellung (der frühere Stromlaufplan)	140
1.4.4	Geräteverdrahtungsplan	144
1.4.5	Anschlussplan	144
1.4.6	Verbindungsplan	145
1.4.7	Anordnungsplan	146
1.4.8	Aderzahlermittlung mit Hilfe von Potentialzahlen	146
1.5	Funktionsbeschreibung	149
1.6	Steuerungsentwurf mit Grundsaltungen	150
1.6.1	Allgemein	150
1.6.2	Grundsaltungen	152
1.6.2.1	Tippbetrieb	152
1.6.2.2	Haltegliedsteuerung	152
1.6.2.3	Folgeschaltung	153
1.6.2.4	Verzögerungsfolgeschaltungen	153
1.6.2.5	Verriegelungsschaltungen	154
1.6.2.6	Kontrollschaltungen	156
1.6.2.7	Sonderschaltungen für Gleichstrombetrieb	157
1.6.2.8	Schaltungsaufbau mit einem Steuertransformator	158
1.7	Steuerungsbeispiele	159
1.7.1	Kühlanlage	160
1.7.2	Kusa-Schaltung (Kurzschlussläufermotor-Sanftanlauf)	161
1.7.3	Automatische Δ - Δ -Anlassschaltung	163
1.7.4	Dahlander-Schützschtaltung	164
1.7.5	Begrenzungssteuerung (Wendeschützschtaltung)	166
1.7.6	Kaskadenschaltung	166
1.7.7	Schleifringläufer-Selbstanlasserschaltung	167
1.7.8	Bremswächterschaltung	170
1.7.9	Selbsttätige Netzumschaltung	170
2	Darstellung von Steuerungen mit Schaltzeichen für binäre Schaltungen	
2.1	Binäre Steuerungen	171
2.1.1	Signalpegel	171

2.1.2	Wahrheitstabelle	172
2.1.3	Grundform des Schaltzeichens für binäre Schaltungen	172
2.1.4	Negierung von Signalen	173
2.1.5	Binäre Verknüpfungsglieder	174
2.1.5.1	Und-Verknüpfung	174
2.1.5.2	Oder-Verknüpfung	174
2.1.5.3	Nicht-Funktion	175
2.1.5.4	Nand-Funktion	176
2.1.5.5	Nor-Funktion	176
2.1.5.6	Speicherglieder	177
2.1.5.7	Verzögerungsglieder	181
2.2	Steuerungsdarstellung durch Funktionspläne	182
2.2.1	Darstellung von Verknüpfungssteuerungen	183
2.2.2	Darstellung von Aktionen	184
2.2.2.1	Unterschiede zwischen den Normen DIN EN 61 131 und DIN EN 60 848	185
2.2.2.2	Unterschiede bei Transitionen	185
2.2.2.3	Unterschiede bei Aktionen	185
2.3	Ablaufsteuerungen	190
3	Speicherprogrammierbare Steuerungen	197
3.1	Allgemein	197
3.2	Funktion speicherprogrammierbarer Steuerungen	198
3.3	Aufbau einer speicherprogrammierbaren Steuerung	199
3.3.1	Stromversorgung	201
3.3.2	Digitale Eingabebaugruppen	201
3.3.3	Digitale Ausgabebaugruppen	202
3.3.4	Zentralbaugruppe	205
3.3.5	Zeitbaugruppen	205
3.3.6	Bussystem	206
3.3.7	Speicherbaugruppen	206
3.3.8	Baugruppen für besondere Anwendungen	209
3.4	Programmierung speicherprogrammierbarer Steuerungen	210
3.4.1	Aufbau einer Anweisung	210
3.4.2	Operationsvorrat speicherprogrammierbarer Steuerungen	211
3.4.3	Programmierung der Grundverknüpfungen als Anweisungsliste	213
3.4.3.1	Und-Verknüpfung	214
3.4.3.2	Oder-Verknüpfung	214
3.4.3.3	Nicht-Verknüpfung	215
3.4.3.4	Nand-Verknüpfung	216
3.4.3.5	Nor-Verknüpfung	217
3.4.3.6	Speicherglieder	218
3.4.3.7	Bistabile Kippglieder	219
3.4.3.8	Zeitglieder	220
3.4.4	Programmeingabe in speicherprogrammierbare Steuerungen	221
4	Grundlagen der Leistungselektronik	229
4.1	Grundbegriffe der Stromrichtertechnik	229
4.1.1	Steuern der Energieflussrichtung	230
4.1.2	Einteilung der Stromrichter nach der Art der Kommutierung	231
4.1.3	Schutz von Stromrichtern	231
4.1.4	Ungesteuerte Stromrichter (Gleichrichter)	234
4.1.4.1	1-Puls-Schaltung (1-Weg-Schaltung) M1	234
4.1.4.2	2-Puls-Mittelpunktschaltung M2	235
4.1.4.3	2-Puls-Brückenschaltung B2	235
4.1.4.4	3-Puls-Mittelpunktschaltung M3	236
4.1.4.5	6-Puls-Brückenschaltung (Drehstrom-Brückenschaltung) B6	236
4.1.5	Dimensionierungshinweise für Gleichrichterschaltungen	237

	4.1.5.1	Spannungsbeanspruchung der Dioden	238
	4.1.5.2	Strombeanspruchung der Dioden	238
	4.1.5.3	Sicherungsauslegung	238
4.2		Gesteuerter Stromrichter	239
	4.2.1	Gesteuerte 1-Puls-Mittelpunktschaltung M1C	239
	4.2.1.1	M1C-Schaltung mit Widerstandslast	240
	4.2.1.2	M1C-Schaltung mit induktiver Last	240
	4.2.2	Gesteuerte 3-Puls-Mittelpunktschaltung M3C	242
	4.2.2.1	M3C-Schaltung mit Widerstandslast	242
	4.2.2.2	M3C-Schaltung mit induktiver Last	242
	4.2.2.3	M3C-Schaltung mit aktiver Last	245
	4.2.2.4	Kommutierungsvorgang	249
	4.2.3	Gesteuerte 6-Puls-Brückenschaltung B6C	251
	4.2.3.1	B6C-Schaltung mit ohmscher Last	251
	4.2.3.2	B6C-Schaltung mit induktiver Last	252
	4.2.4	Gesteuerte 2-Puls-Brückenschaltung B2C	253
	4.2.5	Halbgesteuerte 2-Puls-Brückenschaltung B2H	256
	4.2.5.1	Spannungs- und Strombildung	256
	4.2.6	Blindleistungsbetrachtung bei gesteuerten Stromrichtern	258
	4.2.6.1	Stromüberschwingungen	258
	4.2.6.2	Blindleistungssparende Schaltungen	260
	4.2.7	Steuerkennlinien	262
4.3		Stromrichter für Gleichstrommotoren	263
	4.3.1	Aufbau eines typischen 1-Quadrant-Antriebes	264
	4.3.1.1	Leistungsteil	264
	4.3.1.2	Steuerungs- und Regelungsteil	264
	4.3.1.3	Ankerspannungsregelung	267
	4.3.2	Aufbau von 4-Quadrant-Antrieben	268
	4.3.2.2	4-Quadrant-Antrieb mit 2 gegenparallel geschalteten Stromrichtern (kreisstromfrei)	270
	4.3.2.3	Kreisstrombehaftete Gegenparallelschaltung	271
4.4		Gleichstromrichter (Gleichstromsteller)	273
	4.4.1	Gleichstromsteller mit Transistoren	273
	4.4.2	Steuerverfahren von Gleichstromstellern	274
	4.4.2.1	Impulsbreitensteuerung	275
	4.4.2.2	Impulsfolgesteuerung (Frequenzsteuerung)	275
	4.4.3	Thyristor-Gleichstromsteller	275
	4.4.4	Mehrquadrant-Gleichstromsteller	277
	4.4.4.1	Energierückspeisung mit einem Gleichstromsteller	277
	4.4.4.2	4-Quadrant-Gleichstromsteller	278
4.5		Wechselstromsteller	280
	4.5.1	Wechselstromsteller mit induktiver, ohmsch-induktiver Last	280
4.6		Drehstromsteller	281
	4.6.1	Spannungsbildung eines Drehstromstellers mit ohmscher Last	282
4.7		Drehzahlsteuerung von Drehstrommotoren	283
	4.7.1	Motorauslegung und Kühlung des Motors	285
	4.7.2	Drehzahlverstellung mit Zwischenkreisumrichtern	286
	4.7.2.1	Spannungszwischenkreisumrichter (U-Umrichter)	287
	4.7.2.2	Stromzwischenkreisumrichter (I-Umrichter)	293
	4.7.2.3	Stromrichtermotor	298
	4.7.2.4	Direktumrichter	300
4.8		Entwicklungstendenzen in der Leistungselektronik	303
	4.8.1	Digitale Steuerung und Regelung	305
	4.8.2	Einbindung von Antriebssystemen in übergeordneten Automatisierungssystemen	307
		Literaturverzeichnis	309
		Stichwortverzeichnis	311

1 Schaltgeräte und Grundsaltungen

Als Elektrofachkraft muss man in der Lage sein, Schaltpläne mit den darin enthaltenen Schaltgeräten lesen, also in der Funktion verstehen zu können. Damit dies auch jeder Elektrofachkraft möglich ist, sind die gebräuchlichsten Schaltzeichen genormt, so dass sie in den Schaltplänen gut identifizierbar sind und ihre Funktion eindeutig ist. Damit nicht nur das Lesen der Schaltpläne möglich ist, sondern auch die Erstellung mit der richtige Auswahl der Schaltgeräte, soll der erste Abschnitt in diesem Buch von den Grundlagen der Schaltgeräte, über technische Ausführungen bis zu kleinen Steuerungsaufgaben ein Leitfaden liefern.

Aus dem Gebiet der Niederspannungs-Schalt- und Steuertechnik sollen wichtige Schaltgeräte nun in Aufbau und Funktion behandelt werden. Weiterhin sind die Grundlagen aufgeführt, die erforderlich sind, um Schaltpläne sinngemäß richtig lesen zu können, und die es ermöglichen, einfache Steuerungen logisch aufzubauen.

1.1 Bedeutung der Schaltzeichen

Elektrische Schaltungen können nach einheitlichen Richtlinien des Deutschen Instituts für Normung (DIN) in Form von genormten Schaltplänen aufgezeichnet werden. Eine wichtige Voraussetzung für die schnelle und richtige Beurteilung eines Schaltgerätes oder einer elektrischen Anlage nach einem Schaltbild bzw. nach einem Schaltplan ist die genaue Kenntnis der Bedeutung von Schaltzeichen. Alle Elemente einer elektrischen Schaltung, wie z.B. Schaltkontakt, Antriebe, Leitungen, Klemmenverbindungen, mechanische nichtleitende Verbindungen von Gerätebauteilen usw., lassen sich eindeutig durch genormte Sinnbilder, sog. Schaltzeichen und Schaltkurzzeichen, darstellen.

Einige gebräuchliche, nach DIN EN 60 617 genormte Schaltzeichen sind auszugsweise in Tabelle 1.1 zusammengefasst und erklärt. Durch das Zusammenfügen der Schaltzeichen erhält man Schaltbilder oder Schaltpläne von Geräten oder elektrischen Einrichtungen. Schaltgeräte bestehen im Aufbau allgemein aus drei Grundeinheiten:

Tabelle 1.1 Schaltzeichen in Anlehnung an DIN EN 60 617

Ihr sind die gebräuchlichsten Schaltzeichen in ihren Beschreibungen zu entnehmen. Bei verschiedenen Darstellungsformen ist vorzugsweise die Form 1 zu verwenden.

Kennzeichen für Arten von Strömen und Spannungen

	Gleichstrom
	Wechselstrom
	Gleich- oder Wechselstrom (Allstrom)
	Gleichgerichteter Strom mit Wechselstromanteil
	Mittlere Frequenzen (z. B. Tonfrequenzen)
	Hohe Frequenzen (z. B. Rundfunkfrequenzen)
	Rechteckstromimpuls positiv, negativ
1 ~ 60 Hz	1-Phasen-Wechselstrom 60 Hz
3 ~ 50 Hz 400 V 3/N ~ 50 Hz 400 V 3/PEN ~ 50 Hz 400 V 3/N/PE ~ 50 Hz 400 V	3-Phasen-Wechselstrom (Drehstrom) 50 Hz mit Neutralleiter mit Neutralleiter mit Schutzfunktion mit Neutralleiter und Schutzleiter

Erde, Masse

	Erde, allgemein Anmerkung: Um die Art oder den Zweck der Erde anzugeben, dürfen ergänzende Angaben hinzugefügt werden.
	Fremdspannungsarme Erde
	Schutzleiteranschlussklemme
	Masse Gehäuse Anmerkung: Die Schraffur darf entfallen, wenn keine Unklarheit besteht. Die Linie, die das Gehäuse repräsentiert, muss dann breiter dargestellt werden! ⊥

Besondere Leiter, Leitungen

	Leiter, allg.
Form 1 Form 2	Neutralleiter (N) Mittelleiter (M)
PE	Schutzleiter (PE)
PEN	Neutralleiter mit Schutzfunktion (PEN)
	3 Leiter
	Gleichstromkreis, 110 V, 2 Aluminiumleiter 120 mm²
	Leiter, geschirmt
	Leiter, koaxial
	Leiter in einem Kabel, 3 Leiter dargestellt

Leitungsverbindungen

	Verbindung von Leitern
	Anschluss (z. B. Klemme)
	Steckverbindung mit Buchse und Stecker
	Abzweig von Leitern
	Anschlussleiste, dargestellt mit Anschlussbezeichnungen
	Reihenklemmen, dargestellt mit fester Verbindung
	Reihenklemmen, dargestellt mit lösbarer (schaltbarer) Verbindung
	Reihentrennklemmen
	Klemmenleiste Dargestellt sind Reihenklemmen und Reihentrennklemme
	Steckverbinder, dargestellt mit Kennzeichnung des Schutzleiteranschlusses

Mechanische Stellteile

<p>Form 1</p> <p>Beispiele: Mechanische Verbindung Pneumatische Wirkverbindung Hydraulische Wirkverbindung</p> <p>Mechanische Verbindung mit Angabe der Richtung von Kraft oder Bewegung</p> <p>Mechanische Verbindung mit Angabe der Drehrichtung</p> <p>Form 2</p>	<p>Wirkverbindungen, allgemein</p> <p>Mechanische Wirkverbindung</p> <p>Pneumatische Wirkverbindung</p> <p>Hydraulische Wirkverbindung</p> <p>Anmerkung: Der Pfeil ist im Vordergrund, die Wirkungslinie im Hintergrund zu denken.</p>
<p>Form 1 </p> <p>Form 2 </p>	<p>Verzögerte Wirkung</p> <p>Anmerkung: Verzögerte Wirkung in Bewegungsrichtung vom Bogen zu dessen Mittelpunkt (Fallschirmwirkung).</p>
	<p>Selbsttätiger Rückgang</p> <p>Anmerkung: Das Dreieck zeigt in die Richtung des Rückganges.</p>

Mechanische Stellteile

	Raste Nicht selbsttätiger Rückgang Einrichtung zum Beibehalten einer gegebenen Stellung
	Raste, nicht eingerastet
	Raste, eingerastet
	Mechanische Verriegelung zweier Einrichtungen
	Sperre, nicht verklinkt
	Sperre, verklinkt
	Blockiereinrichtung, allgemein
	Blockiereinrichtung, verklinkt Bewegung nach links ist blockiert
	Kupplung, allgemein
	Kupplung, gelöst
	Kupplung, gekuppelt Beispiel: Kupplung für Mitnahme in einer Drehrichtung, Freilauf
	Bremse
	Beispiele: Elektromotor mit eingelegerter Bremse
	Elektromotor mit gelöster Bremse
	Getriebe

Antriebsarten

	Handantrieb, allgemein
	Handantrieb mit beschränktem Zugriff
	Betätigung durch Ziehen
	Betätigung durch Drehen
	Betätigung durch Drücken
	Betätigung durch Annähern

Antriebsarten

	Betätigung durch Berühren
	Notschalter
	Betätigung durch Handrad
	Betätigung durch Pedal
	Betätigung durch Hebel
	Betätigung durch abnehmbaren Griff
	Betätigung durch Schlüssel
	Betätigung durch Kurbel
	Betätigung durch Rolle Fühler
  	Betätigung durch Nocken Anmerkung: Nocken und Nockenscheibe dürfen im Profil detailliert dargestellt werden. Beispiele: Nockenprofil Nockenprofil (abgewickelte Darstellung) Betätigung durch Nocken und Rolle
	Kraftantrieb, allgemein Betätigung durch gespeicherte mechanische Energie Anmerkung: Hinweis auf die Art der gespeicherten Energie dürfen in das Quadrat eingetragen werden (z. B. p v).
	Betätigung durch pneumatische oder hydraulische Kraft in Pfeilrichtung
	Betätigung durch Flüssigkeitspegel
	Betätigung durch einen Zähler
 	Betätigung durch Strömung, allgemein Beispiel: Betätigung durch Gasströmung

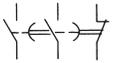
Antriebsarten

	Betätigung durch relative Feuchte
	Betätigung durch pneumatische oder hydraulische Kraft in beiden Richtungen
	Betätigung durch elektromagnetischen Antrieb
	Betätigung durch elektromagnetischen Überstromschutz
	Betätigung durch thermischen Antrieb, z. B. Bimetallrelais Thermischer Überstromschutz
	Betätigung durch Motor
	Betätigung durch Uhr
	Handantrieb, Betätigung durch Kippen
	Handantrieb, abnehmbar, z. B. Steckschlüssel
	Kraftantrieb, dargestellt mit Handaufzug
	Schalt Schloss mit mechanischer Freigabe
	Schalt Schloss mit elektromechanischer Freigabe

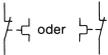
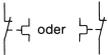
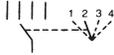
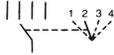
Kontakte

	Schließer Schaltfunktion, allgemein Schalter
	Öffner
	Wechsler mit Unterbrechung
	Wechsler ohne Unterbrechung Folgeumschaltglied
	2-Weg-Schließer mit Mittelstellung «Aus»
	Zwillingsschließer

Kontakte

	Zwillingsöffner
	Wischer mit Kontaktgabe bei Betätigung
	Wischer mit Kontaktgabe bei Rückfall
	Wischer mit Kontaktgabe bei Betätigung und Rückfall
	Schließer, schließt verzögert bei Betätigung
	Öffner, schließt verzögert bei Rückfall
	Schließer, schließt und öffnet verzögert
	Kontaktsatz mit einem unverzögerten Schließer, einem bei Rückfall verzögerten Schließer und einem verzögerten Öffner
	Voreilender Schließer eines Kontaktsatzes, der relativ zu anderen Kontakten des Kontaktsatzes früher schließt
	Nacheilender Schließer (eines Kontaktsatzes), der relativ zu anderen Kontakten des Kontaktsatzes später schließt
	Nacheilender Öffner (eines Kontaktsatzes), der relativ zu anderen Kontakten des Kontaktsatzes später öffnet
	Voreilender Öffner (eines Kontaktsatzes) der relativ zu anderen Kontakten des Kontaktsatzes früher öffnet

Schalter, Schaltergeräte

	Handbetätigter Schalter, allgemein
	Druckschalter (nicht rastend) Taster
	Zugschalter (nicht rastend)
	Drehschalter (rastend)
	Grenzschalter (Schließer) Endschalter (Schließer)
	Grenzschalter (Öffner) Endschalter (Öffner)
	Grenzschalter, Endschalter, für mechanische Betätigung in beiden Richtungen in 2 getrennten Stromkreisen
	Schließer, temperaturabhängig Anmerkung: Anstelle von Θ dürfen die Temperatur-Ansprechwerte eingesetzt werden.
	Öffner, temperaturabhängig. Es gilt die Anmerkung wie vor.
	Öffner mit selbsttätiger thermischer Betätigung (Thermokontakt, z. B. Bimetall) Anmerkung: Es ist zu unterscheiden zwischen dem dargestellten Kontakt und dem Kontakt eines elektrothermischen Relais, der in aufgelöster Darstellung wie folgt dargestellt werden darf:  oder 
	Mehrstellungsschalter, 1-polig, dargestellt mit 6 Schaltstellungen
	Mehrstellungsschalter, 1-polig, dargestellt mit 4 Schaltstellungen Anmerkung: Hat ein Schalter nur wenig Schaltstellungen, darf dieses Schaltzeichen angewendet werden. Beispiel mit Schaltstellungsdiagramm: 
	Anmerkung: Es ist manchmal zweckmäßig, die Aufgabe jeder Schaltstellung durch zusätzlichen Text in einem Schaltstellungsdiagramm anzugeben. Es darf auch die mechanische Begrenzung für die Betätigungseinrichtung angegeben werden.