

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 Grundsaltungen 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. Elektromaschinenbauer-Handwerk 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.

Oldenburg/Würzburg

Verfasser und Verlag

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

Behrends: Elektrische Maschinen

Behrends/Wessels: Formeln und Tabellen Elektrotechnik

Böttle/Boy/Clausing: Elektrische Mess- und Regelungstechnik

Böttle/Friedrichs: Mathematische und elektrotechnische Grundlagen

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

Boy/Dunkhase: Elektro-Installationstechnik

Dugge/Eißner: Grundlagen der Elektronik

Folkerts/Baade: Hausgeräte-, Beleuchtungs- und Klimatechnik

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

Siegismund: Werkstoffkunde

Wübbe: Telekommunikation

Ebenfalls bei der Vogel Communications Group 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	13
1.1 Bedeutung der Schaltzeichen	13
1.2 Schaltgeräte	26
1.2.1 Schaltkontakte	26
1.2.2 Bemessungsdaten von Schaltgeräten	33
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	43
1.2.4 Meldeleuchten	56
1.2.5 Relais	57
1.2.5.1 Zeitrelais	57
1.2.5.2 Stromstoßschalter (Stromstoßrelais)	60
1.2.5.3 Stromrelais (Stromwächter)	61
1.2.5.4 Spannungsrelais (Spannungswächter)	61
1.2.5.5 Phasenüberwachungsrelais (Phasenwächter)	62
1.2.5.6 Isolationsüberwachungsrelais (Isolationswächter)	62
1.2.5.7 Druckwächter	62
1.2.5.8 Temperaturwächter	63
1.2.5.9 Drehzahlwächter	64
1.2.6 Wächter und Begrenzer	64
1.2.7 Schütze	65
1.2.7.1 Aufbau und Wirkungsweise	65
1.2.7.2 Lebensdauer	70
1.2.7.3 Ölschütze	70
1.2.7.4 Remanenzschütze	70
1.2.7.5 Elektronikschütze	70
1.2.8 Steckvorrichtungen	72
1.2.8.1 Schutzkontakt (Schuko)-Steckvorrichtung	72
1.2.8.2 Perilex-Steckvorrichtung	73
1.2.8.3 Industrie-Steckvorrichtungen nach VDE 0623 (CEE-Steckvorrichtung)	74
1.2.9 Schutzeinrichtungen	76
1.2.9.1 D- und DO-System DIN VDE 0636-3 (VDE 0636-3) Dezember 2013	77
1.2.9.2 Geräteschutz-Sicherungssystem (DIN VDE 0820)	83
1.2.9.3 Niederspannungs-Hochleistungssicherungen (NH-Sicherungen) nach DIN VDE 0636-2 (VDE 0636-2) September 2014	84
1.2.9.4 Leitungsschutzschalter nach DIN VDE 0641 bzw. 0660	86
1.2.9.5 Selektive Haupt-Leitungsschutzschalter nach DIN VDE 0641-21 (VDE 0641-21) September 2018	93
1.2.9.6 Motorschutzschalter (Motorstarter)	95

1.2.9.7	Leistungsschalter	99
1.2.9.8	Thermisches Überstromrelais (Bimetallrelais)	100
1.2.9.9	Motorvollschutz	102
1.3	Stromkreise	103
1.3.1	Hauptstromkreis (Laststromkreis)	103
1.3.2	Steuer- und Meldestromkreise	104
1.3.3	Bestimmungen für Steuerungsanlagen nach DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1) Juni 2019; Sicherheit von Maschinen	106
1.3.3.1	Allgemeine Anforderungen	107
1.3.3.2	Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag	108
1.3.3.3	Abweichungen bei der Anwendung der Schutzmaßnahmen	108
1.3.3.4	Leitungen und Kabel	109
1.3.3.5	Unterspannungsschutz	111
1.3.3.6	Schutz bei Spannungsausfall	111
1.3.3.7	Start-/Stopp-Funktion	111
1.3.3.8	Handlungen im Notfall (Not-Aus, Not-Halt bzw. Gefahrenschalter)	112
1.3.3.9	Zuleitung und Netztrenneinrichtung (alt: Hauptschalter)	116
1.3.3.10	Schutz gegen nichtelektrische Gefahren im Fehlerfall	119
1.3.3.11	Steuerstromkreise, Steuerspannung	121
1.3.3.12	Prüfungen	124
1.3.3.13	Technische Unterlagen	124
1.3.3.14	Fragebogen für die elektrische Ausrüstung von Maschinen wie im Anhang B der DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1) Juni 2019	125
1.4	Schaltungsunterlagen (DIN EN 61346)	125
1.4.1	Zeichenregeln	128
1.4.2	Übersichtsschaltplan	130
1.4.3	Stromlaufpläne	132
1.4.3.1	Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung (der frühere Wirkschaltplan)	132
1.4.3.2	Stromlaufplan in aufgelöster Darstellung (der frühere Stromlaufplan)	133
1.4.4	Geräteverdrahtungsplan	136
1.4.5	Anschlussplan	136
1.4.6	Verbindungsplan	136
1.4.7	Anordnungsplan	138
1.4.8	Aderzählermittlung mit Hilfe von Potentialzahlen	138
1.5	Funktionsbeschreibung	140
1.6	Steuerungsentwurf mit Grundsaltungen	142
1.6.1	Allgemein	142
1.6.2	Grundsaltungen	143
1.6.2.1	Tippbetrieb	143
1.6.2.2	Haltegliedsteuerung	143
1.6.2.3	Folgeschaltung	144
1.6.2.4	Verzögerungsfolgeschaltungen	144
1.6.2.5	Verriegelungsschaltungen	144
1.6.2.6	Kontrollschaltungen	146

1.6.2.7	Sonderschaltungen für Gleichstrombetrieb	147
1.6.2.8	Schaltungsaufbau mit einem Steuertransformator	149
1.7	Steuerungsbeispiele	149
1.7.1	Kühlanlage	150
1.7.2	Kusa-Schaltung (Kurzschlussläufermotor-Sanftanlauf)	152
1.7.3	Automatische Δ -Anlassschaltung	153
1.7.4	Dahlander-Schützschtaltung	153
1.7.5	Begrenzungssteuerung (Wendeschützschtaltung)	157
1.7.6	Kaskadenschaltung	157
1.7.7	Schleifringläufer-Selbstanlasserschaltung	158
1.7.8	Bremswächterschaltung	158
1.7.9	Selbsttätige Netzumschaltung	160
2	Speicherprogrammierbare Steuerungen	161
2.1	Allgemein	161
2.2	Funktion speicherprogrammierbarer Steuerungen	162
2.3	Aufbau einer speicherprogrammierbaren Steuerung	163
2.3.1	Zentralbaugruppe	164
2.3.2	Stromversorgung	165
2.3.3	Digitale Eingabebaugruppen	166
2.3.4	Digitale Ausgabebaugruppen	167
2.3.5	Zeitbaugruppen	169
2.3.6	Bussystem	170
2.3.7	Speicherbaugruppen	170
2.3.8	Baugruppen für besondere Anwendungen	172
2.4	Arbeitsweise der Zentraleinheit	173
2.4.1	Steuerwerk	173
2.4.2	Zykluszeit	174
2.4.3	Merker	175
2.5	Programmtechnischer Aufbau	175
3	Programmierung von speicherprogrammierbaren Steuerungen	177
3.1	Engineering Software zur Programmierung von Steuerungen	177
3.2	TIA-Portal	177
3.2.1	Projekt anlegen und Hardware-Konfiguration erstellen	177
3.3	CoDeSys	181
3.3.1	Hardware-Konfiguration mit CoDeSys	181
3.4	Steuerungsanweisungen	184
3.4.1	Aufbau einer Anweisung	184
3.4.2	Logische Grundverknüpfungen	184
3.4.3	Zeitfunktionen	190
3.4.4	Zähler	193
3.4.5	Programmeingabe in speicherprogrammierbare Steuerungen	196
3.5	Ablaufsteuerungen	201
3.5.1	Unterschiede zwischen den Normen DIN EN 61131 und DIN EN 60848	201
3.5.2	Unterschiede bei Transitionen	201
3.5.3	Unterschiede bei Aktionen	202

3.6	Eigenschaften von Ablaufsteuerungen	207
3.7	Wortverarbeitung	216
3.7.1	Byte	216
3.7.2	Wort	217
3.7.3	Doppelwort	217
3.7.4	Zahlenformate	218
3.7.4	Aufgabe: Zweipunktregler	218
4	Grundlagen der Leistungselektronik	221
4.1	Grundbegriffe der Stromrichtertechnik	221
4.1.1	Steuern der Energieflussrichtung	222
4.1.2	Einteilung der Stromrichter nach der Art der Kommutierung	222
4.1.3	Schutz von Stromrichtern	223
4.1.4	Ungesteuerte Stromrichter (Gleichrichter)	225
4.1.4.1	1-Puls-Schaltung (1-Weg-Schaltung) M1	226
4.1.4.2	2-Puls-Mittelpunktschaltung M2	226
4.1.4.3	2-Puls-Brückenschaltung B2	227
4.1.4.4	3-Puls-Mittelpunktschaltung M3	227
4.1.4.5	6-Puls-Brückenschaltung (Drehstrom-Brückenschaltung) B6	227
4.1.5	Dimensionierungshinweise für Gleichrichterschaltungen	228
4.1.5.1	Spannungsbeanspruchung der Dioden	229
4.1.5.2	Strombeanspruchung der Dioden	229
4.1.5.3	Sicherungsauslegung	229
4.2	Gesteuerter Stromrichter	230
4.2.1	Gesteuerte 1-Puls-Mittelpunktschaltung M1C	230
4.2.1.1	M1C-Schaltung mit Widerstandslast	231
4.2.1.2	M1C-Schaltung mit induktiver Last	231
4.2.2	Gesteuerte 3-Puls-Mittelpunktschaltung M3C	233
4.2.2.1	M3C-Schaltung mit Widerstandslast	233
4.2.2.2	M3C-Schaltung mit induktiver Last	233
4.2.2.3	M3C-Schaltung mit aktiver Last	235
4.2.2.4	Kommutierungsvorgang	239
4.2.3	Gesteuerte 6-Puls-Brückenschaltung B6C	241
4.2.3.1	B6C-Schaltung mit ohmscher Last	241
4.2.3.2	B6C-Schaltung mit induktiver Last	243
4.2.4	Gesteuerte 2-Puls-Brückenschaltung B2C	243
4.2.5	Halbgesteuerte 2-Puls-Brückenschaltung B2H	243
4.2.5.1	Spannungs- und Strombildung	245
4.2.6	Blindleistungsbetrachtung bei gesteuerten Stromrichtern	247
4.2.6.1	Stromberschwingungen	247
4.2.6.2	Blindleistungssparende Schaltungen	249
4.2.7	Steuerkennlinien	251
4.3	Stromrichter für Gleichstrommotoren	252
4.3.1	Aufbau eines typischen 1-Quadrant-Antriebes	253
4.3.1.1	Leistungsteil	253
4.3.1.2	Steuerungs- und Regelungsteil	253
4.3.1.3	Ankerspannungsregelung	256

4.3.2	Aufbau von 4-Quadrant-Antrieben	256
4.3.2.1	4-Quadrant-Antrieb mit elektromechanischer Umschaltung	257
4.3.2.2	4-Quadrant-Antrieb mit 2 gegenparallel geschalteten Stromrichtern (kreisstromfrei).	258
4.3.2.3	Kreisstrombehaftete Gegenparallelschaltung	260
4.4	Gleichstromumrichter (Gleichstromsteller)	261
4.4.1	Gleichstromsteller mit Transistoren	262
4.4.2	Steuerverfahren von Gleichstromstellern	262
4.4.2.1	Impulsbreitensteuerung	262
4.4.2.2	Impulsfolgesteuerung (Frequenzsteuerung)	262
4.4.3	Thyristor-Gleichstromsteller	264
4.4.3.1	Thyristor-Gleichstromsteller mit Umschwingkreis	264
4.4.4	Mehrquadrant-Gleichstromsteller	265
4.4.4.1	Energierückspeisung mit einem Gleichstromsteller	265
4.4.4.2	4-Quadrant-Gleichstromsteller	266
4.5	Wechselstromsteller	267
4.6	Drehstromsteller	269
4.7	Drehzahlsteuerung von Drehstrommotoren	271
4.7.1	Motorauslegung und Kühlung des Motors	272
4.7.2	Drehzahlverstellung mit Zwischenkreisumrichtern	273
4.7.2.1	Spannungszwischenkreisumrichter (U-Umrichter)	274
4.7.2.2	Stromzwischenkreisumrichter (I-Umrichter)	280
4.7.2.3	Stromrichteromotor	283
4.7.2.4	Direktumrichter	287
4.8	Entwicklungstendenzen in der Leistungselektronik	289
4.8.1	Digitale Steuerung und Regelung	289
4.8.2	Einbindung von Antriebssystemen in übergeordneten Automatisierungssystemen	289
Literaturverzeichnis		295
Stichwortverzeichnis		297

Multimediale Lernprogramme

für die Aus- und Weiterbildung in der Elektrotechnik

Die Lernprogrammreihe des BFE Oldenburg sorgt für noch mehr Spaß beim Lernen. Zahlreiche Themen der Elektrotechnik werden spielerisch leicht vermittelt, indem ein abwechslungsreicher Mix aus Animationen, Videos, interaktiven Aufgaben und Wissensabfragen geboten wird. Die Lerninhalte werden von einem Sprecher vorgelesen, um längeres Lesen am Monitor zu vermeiden. Merksätze, wichtige Formeln, Aufgaben und Zusammenfassungen werden zudem als Bildschirmtexte dargestellt. Vervollständigt werden die Programme durch eine Suchfunktion zum schnellen Auffinden von Begriffen und durch die Möglichkeit, Lesezeichen zu speichern.



Jetzt bestellen!

Weitere Informationen unter

<https://vogel-fachbuch.de/bfe-lernprogramme>



1 Schaltgeräte und Grundschaltungen

Als Elektrofachkraft muss man in der Lage sein, Schaltpläne mit den darin enthaltenden 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 richtigen Auswahl der Schaltgeräte, soll der erste Abschnitt in diesem Buch von den Grundlagen der Schaltgeräte über technische Ausführungen bis zu kleinen Steuerungsaufgaben einen 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







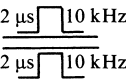
Elektrische Schaltungen können nach einheitlichen Richtlinien des Deutschen Instituts für Normung (DIN) in Form von genormten Schaltplänen aufgezeichnet werden. Eine wichtige Voraussetzung für die schnelle und richtige Beurteilung eines Schaltgerätes oder einer elektrischen Anlage nach einem Schaltbild 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 60617** 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 60617

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

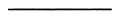








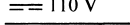
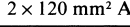
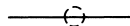
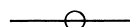
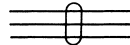
Kennzeichen für Arten von Strömen und Spannungen

	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 Neutraleiter mit Neutraleiter mit Schutzfunktion mit Neutraleiter 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 	Neutraleiter (N) Mittelleiter (M)
 PE 	Schutzleiter (PE)
 PEN 	Neutraleiter mit Schutzfunktion (PEN)
 	3 Leiter
 110 V  2 × 120 mm ² Al	Gleichstromkreis, 110 V, 2 Aluminiumleiter 120 mm ²
	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
	Reihenklennen, dargestellt mit fester Verbindung
	Reihenklennen, dargestellt mit lösbarer (schaltbarer) Verbindung
	Reihentrennklemmen
	Klemmenleiste Dargestellt sind Reihenklennen und Reihentrennklemme
	Steckverbinder, dargestellt mit Kennzeichnung des Schutzleiteranschlusses

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 eingelegter Bremse
	Elektromotor mit gelöster Bremse
	Getriebe




















Mechanische Stellteile

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













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
	Betätigung durch Nocken Anmerkung: Nocken und Nockenscheibe dürfen im Profil detailliert dargestellt werden.
	Beispiele: Nockenprofil
	Nockenprofil (abgewinkelte 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








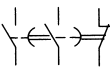




Antriebsarten

	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
	Schaltenschloss mit mechanischer Freigabe
	Schaltenschloss mit elektromechanischer Freigabe











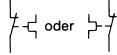


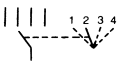
Kontakte

	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, Schaltgeräte

	Handbetätigter Taster, allgemein
	Druckschalter (nicht rastend) Taster
	Zugschalter (nicht rastend)
	Dreheschalter (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: 
	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.

Schalter, Schaltgeräte

	Schütz (Schließer) Leistungskontakt
	Schütz mit selbsttätiger Auslösung
	Schütz (Öffner) Leistungskontakt
	Leistungsschalter
	Trennschalter Leerschalter
	2-Weg-Trennschalter mit Mittelstellung «Aus»
	Lasttrennschalter
	Lasttrennschalter mit selbsttätiger Auslösung
	Trennschalter mit Blockiereinrichtung, handbetätigt

Blocksymbole für Anlasser

	Anlasser, allgemein
	Anlasser, Betätigung stufenweise Anmerkung: Die Anzahl der Stufen darf angegeben werden.
	Anlasser, stetig veränderbar
	Anlasser mit selbsttätiger Auslösung
	Anlasser mit Schütz für Direkt- anlauf eines Reversiermotors, über einen Schutz direkt ans Netz geschaltet Bemessungsspannungsanlasser
	Anlasser für Stern-Dreieck-Schaltung













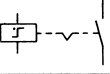

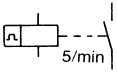


Blocksymbole für Anlasser

	Anlasser für Spartransformator
	Anlasser für Thyristoren, stetig veränderbar
	Anlasser für Motoren mit 2 Drehrichtungen
	Anlasser für Motoren mit 1 Drehrichtung
	Anlasser, automatisch
	Anlasser, teilautomatisch
	Anlasser mit thermischen und magnetischen Auslösern
	Anlasser für polumschaltbaren Motor
	Anlasser für 1-Phasen-Motor mit Hilfsphase, kapazitiv
	Anlasser mit Widerständen
	Anlaseeinrichtung, dargestellt mit - 3-phasigem Schleifringläufermotor - Schützen-Ständeranlasser für 2 Drehrichtungen - automatischem Widerstands-Läuferanlasser






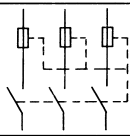








Näherungsempfindliche und berührungsempfindliche Einrichtungen

	Berührungsempfindlicher Schalter (Schließer)
	Näherungsempfindlicher Schalter (Schließer)
	Näherungsempfindlicher Schalter (Schließer), betätigt durch Näherung eines Magneten
	Näherungsempfindlicher Schalter (Öffner), betätigt durch Näherung von Eisen



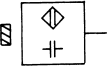

Elektromechanische Antriebe

Form 1 	Elektromechanischer Antrieb, allgemein Relaisspule, allgemein
Form 2 	Anmerkung: Mehrere Wicklungen für den Antrieb dürfen durch Einfügung der entsprechenden Anzahl von schrägen Linien oder durch Wiederholung der Schaltzeichen dargestellt werden.
Form 1 	Beispiele: Antrieb mit 2 getrennten Wicklungen: zusammenhängende Darstellung
Form 2 	
	Elektromechanischer Antrieb mit Rückfallverzögerung
	Elektromechanischer Antrieb mit Ansprechverzögerung
	Elektromechanischer Antrieb mit Ansprech- und Rückfallverzögerung Anmerkung: Die Kennzeichen für Ansprech- und Rückfallverzögerung dürfen auch ohne Abstand zueinander dargestellt werden.
Form 1 	Elektromechanischer Antrieb eines Remanenzrelais
Form 2 	
	Elektromechanischer Antrieb eines Thermorelais
	Antrieb, elektromechanisch, dargestellt mit 2 gegenseitig wirkenden Wicklungen
	Wahlweise Darstellung
	Fortschaltrelais Stromstoßrelais
	Tonfrequenz-Rundsteuerrelais
	Blinkrelais, dargestellt mit einer Blinkfrequenz von 5/min
	Stromrelais (Antrieb)
	Unterspannungsauslöser (Antrieb)




Schutzeinrichtungen

	Sicherung, allgemein
	Sicherung Die breite Seite kennzeichnet den netzseitigen Anschluss.
	Sicherung mit mechanischer Auslösemeldung (Schlagbolzensicherung)
	Sicherung mit Meldekontakt und 3 Anschlüssen
	Sicherung mit getrenntem Meldekontakt
	3-poliger Schalter mit selbsttätiger Auslösung durch den Schlagbolzen jeder einzelnen Sicherung
	Sicherungsschalter
	Sicherungstrennschalter
	Sicherungs-Lasttrennschalter
	Schraubsicherung, dargestellt 10 A, Typ DII, 3-polig
	Niederspannungs-Hochleistungssicherung dargestellt 25 A, Größe 00
	Motorschutzschalter, 3-polig, mit thermischer und magnetischer Auslösung, in 1-poliger Darstellung
	Fehlerstrom-Schutzschalter, 4-polig
	Leitungsschutzschalter






Sensoren und Detektoren

	Näherungssensor
	Näherungsempfindliche Einrichtung, Blocksymbol
	Beispiel: Näherungsempfindliche Einrichtung, kapazitiv, reagiert auf Näherung eines Festkörpers
	Berührungssensor






Elektrische Uhren

	Uhr, allgemein Nebenuhr
	Hauptuhr
	Uhr mit Schalter




Leuchtmelder und Signaleinrichtungen

	Lampe, allgemein Leuchtmelder, allgemein
	Leuchtmelder, blinkend
	Sichtmelder, elektromechanisch Schauszeichen Fallklappe
	Mehrfachzeigermelder, Stellungs- anzeige, elektromechanisch, mit einer Ruhestellung (Störstellung) und zwei Arbeitsstellungen
	Horn Hupe





Leuchtmelder und Signaleinrichtungen

	Schnarre Summer
bevorzugte Form 	Wecker Klingel
andere Form 	
	Gong 1-Schlag-Wecker
	Sirene


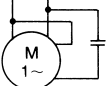


Absperrorgane

	Absperrorgan, allgemein Absperrorgan, geschlossen
	Absperrorgan, offen
	Ventil, dargestellt mit Fühler und Antrieb durch Nocken


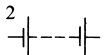
Maschinenarten

	Drehstrom-Asynchronmotor mit Käfigläufer
	Drehstrom-Asynchronmotor mit Käfigläufer, alle 6 Wicklungsenden herausge- führt, z. B. zur Stern-Dreieck- Schaltung
	Asynchronmotor, 1-phasig, mit Käfigläufer, Enden für eine Anlaufwicklung heraus- geführt
	Drehstrom-Asynchronmotor mit Schleifringläufer










Maschinenarten

	Induktionsmotor mit Käfigläufer und Polumschaltung nach Dahlander, z. B. 8 auf 4 Pole
	1-Phasen-Induktionsmotor mit Käfigläufer und Anlaufwicklung im Ständer, mit Kondensator
	Gleichstrom-Reihenschlussmotor
	Gleichstrom-Nebenschlussmotor


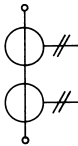
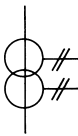


Stromversorgungsgeräte

Form 1 	Batterie von Primärelementen Akkumulatorenatterie
Form 2 	










Stromversorgungsgeräte

	Generator	
	Drehstrom-Synchrogenerator mit Dauermagneterregung	
Form 1 	Form 2 	Transformator mit 2 Wicklungen Anmerkung: In Form 2 dürfen gleiche Phasenlagen gekennzeichnet werden.
		
	Gleichrichter	
	Wechselrichter	
	Primärzelle Primärelement Akkumulator Anmerkung: Die längere Linie kennzeichnet den positiven Pol, die kürzere den negativen. Die kürzere Linie darf zur Verdeutlichung breiter gezeichnet werden.	










Messwandler und Messgeräte

	Stromwandler
	Stromwandler mit 2 Kernen und 2 Sekundärwicklungen Die Anschlusssymbole an beiden Enden der Primärwicklung geben an, dass ein einzelnes Betriebsmittel dargestellt ist.
	Stromwandler mit 2 Sekundärwicklungen auf einem Kern
	Spannungsmessgerät, anzeigend Voltmeter
	Blindstrommessgerät, anzeigend Amperemeter für Blindstrom

Messwandler und Messgeräte

	Höchstbelastungsanzeiger
	Blindleistungsmessgerät, anzeigend
	Leistungsfaktormessgerät, anzeigend
	Phasenwinkelmessgerät, anzeigend
	Frequenzmessgerät, anzeigend
	Betriebsstundenzähler
	Amperestundenzähler
	Wattstundenzähler Elektrizitätszähler
	Wattstundenzähler, der nur die in eine Richtung fließende Energie zählt

Messwandler und Messgeräte

	Wattstundenzähler, der nur die von der Sammelschiene abgegebene Energie zählt
	Wattstundenzähler, der nur die zur Sammelschiene fließende Energie zählt
	Wattstundenzähler, der die von und zur Sammelschiene fließende Energie zählt
	Mehrtarif-Wattstundenzähler 2-Tarif-Zähler dargestellt
	Wattstundenzähler, der nur zählt, wenn ein vorgegebener Wert überschritten wird
	Wattstundenzähler mit Übertragungseinrichtung
	Wattstundenzähler, fernbetätigt
	Wattstundenzähler mit Drucker, fernbetätigt
	Wattstundenzähler mit Maximumanzeiger Maximumzähler

1. Antriebsglieder

Dazu gehören handbetätigte Antriebe, wie z.B. Dreh-, Kipp- oder Hebelschalter, und fremdbetätigte Antriebe, wie z.B. druck-, temperatur- und feuchtigkeitsabhängige oder elektromagnetisch betätigte Schaltgeräte.


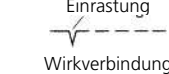
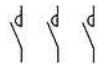



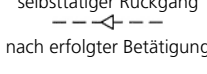

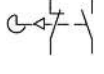



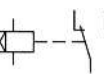
2. Mechanische Zwischenglieder

Darunter versteht man elektrisch nichtleitende, mechanische Verbindungen, die der Kraftübertragung zwischen Antriebs- und Schaltgliedern dienen.

3. Schaltglieder

Als Schaltglieder bezeichnet man Arbeits- und Hilfskontakte, z.B. Schließer, Öffner, Wechsler. Zur zeichnerischen Darstellung von Schaltgeräten werden die entsprechenden Schaltzeichen dieser 3 Grundeinheiten sinnvoll aneinandergesetzt, so wie es aus Tabelle 1.2 ersichtlich ist.

Tabelle 1.2 Gerätedarstellung durch Zusammensetzen von Schaltzeichen

Antriebsglied	Zwischenglied	Schaltglied	Schaltbild	Kurzzeichen	Gerätebezeichnung
 Handbetätigung	 Einrastung Wirkverbindung				handbetätigter Ausschalter 3-polig Lastkontakte
 Nockenbetätigung	 selbsttätiger Rückgang nach erfolgter Betätigung	 Öffner Schließer		—	Schalter mit Nocken-antrieb und selbst-tätigem Rückgang
 E-Magnet-Antrieb anzugsverzögert	 Wirkverbindung	 Wechsler		—	elektromagnetisches Zeitrelais mit Wechsler einschaltverzögert

Schaltgeräte werden in der Ruhestellung, also im unerregten Zustand, gezeichnet.

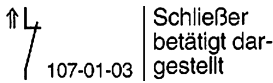


Bild 1.1
Schließer, betätigt dargestellt

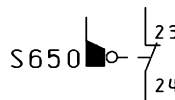


Bild 1.2
Endlagenschalter, betätigt dargestellt

Abweichungen von dieser Regel müssen durch Pfeilzeichen (Bild 1.1) kenntlich gemacht werden oder eindeutig in den Schaltungsunterlagen ersichtlich sein, wie z.B. bei Endlagenschaltern (Bild 1.2). Für umfangreiche Aufzeichnungen, die der Übersicht dienen, wie z.B. in Übersichtsschaltplänen und Installationsplänen, kommen anstatt der aufwendigen Schaltbilder vereinfachte Darstellungen, sog. Schaltkurzzeichen, zur Anwendung.

Schaltbilder bzw. Schaltkurzzeichen von weiteren gebräuchlichen Geräten werden im nachfolgenden Abschnitt mit aufgezeigt. Auf die normgerechte Darstellung der Schaltpläne wird in Abschnitt 1.4 gesondert eingegangen.

Das Schaltzeichen benötigt in der Praxis noch Anschlussbezeichnungen und Kennziffern, damit auch jeder Anschluss das richtige Potential erhält.

Bei Leistungs- oder Hauptschaltgliedern bzw. bei Überlast-Schutzeinrichtungen werden die Kontakte wie in Bild 1.3 dargestellt durchgezählt.

Ziffern	Bedeutung	Beispiele
1 2	1. Schaltglied	
3 4	2. Schaltglied	
5 6	3. Schaltglied	
7 8	4. Schaltglied	
9 0	5. Schaltglied	

Bild 1.3 Anschlussbezeichnung für Hauptschaltglieder bzw. Überlast-Schutzeinrichtungen [3]

Bei Hilfsschaltgliedern wird die Anschlussbezeichnung aus zwei Ziffern gebildet. Die erste Ziffer ist eine Ordnungsziffer (fortlaufende Zählweise) und die zweite Ziffer gibt die Funktion an (Bild 1.4).

Funktionsziffer	Kontaktart	Beispiele
1 2	Öffner	
5 6	Öffner mit besonderer Funktion	
3 4	Schließer	
7 8	Schließer mit besonderer Funktion	
1 2 4	Wechsler	
5 6 8	Wechsler mit besonderer Funktion	

Bild 1.4 Anschlussbezeichnung für Hilfsschaltglieder [3]

Für Antriebe und Auslöser wird die Anschlussbezeichnung aus einem Buchstaben und einer Ziffer aufgebaut (Bild 1.5).

Buchstabe	Art des Antriebes	Ziffer	Anschlussart	Beispiele
A	magn. Antrieb (Spule)	1	Spulenansfang	
B	2. Spule	2	Spulenende	
C	Arbeitsstromauslöser	3	Anzapfungen	
D	Unterspannungsauslöser	4	Anzapfungen	
E	Verriegelungsauslöser	.	Anzapfungen	
U	Motoren	.	Anzapfungen	
X	Leuchtmelder	.	Anzapfungen	

Bild 1.5 Anschlussbezeichnung für Antriebe und Auslöser [3]

Zur vollständigen Kennzeichnung wird noch das Betriebsmittelkennzeichen (BMK) gebraucht. Dieses BMK setzt sich aus Kennbuchstaben für die Art des Betriebsmittels (Tabelle 1.24) und Zählnummer zusammen (Bild 1.6).

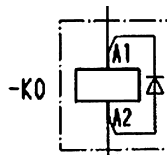


Bild 1.6 Beispiel für ein Schaltzeichen mit BMK und Anschlussbezeichnung

Bei umfangreichen Schaltplänen sind noch weitere Bezeichnungen notwendig, damit jedes Schaltzeichen eindeutig zugeordnet werden kann:

Vorzeichen	Bedeutung	Beispiel	
=	Anlagenkennzeichen bzw. Übergeordnete Zuordnung	=R21	(Roboter 21)
+	Ort / Ortskennzeichen	+A100	(Antrieb 100)
-	Art, Zählnummer	-Q2 (alt K2)	(Leistungsschütz 2)
:	Anschluss	:13 / :14	(Schließer 13 / 14)

Die vollständige Kennzeichnung des Hilfskontaktes am Leistungsschütz würde dann im Schaltplan wie folgt lauten (Bild 1.7):

=R21
+A100
-Q2
:13/ :14

=R21 | 13
-Q2 | 14
+A100

Bild 1.7 Vollständige Kennzeichnung eines Kontaktes

Die Kennzeichnung mit dem Anlagenkennzeichen (=) oder dem Ortskennzeichen (+) kann bei einfachen Schaltplänen oder bei Verwendung des Schriftfeldes eventuell entfallen (Bild 1.8).

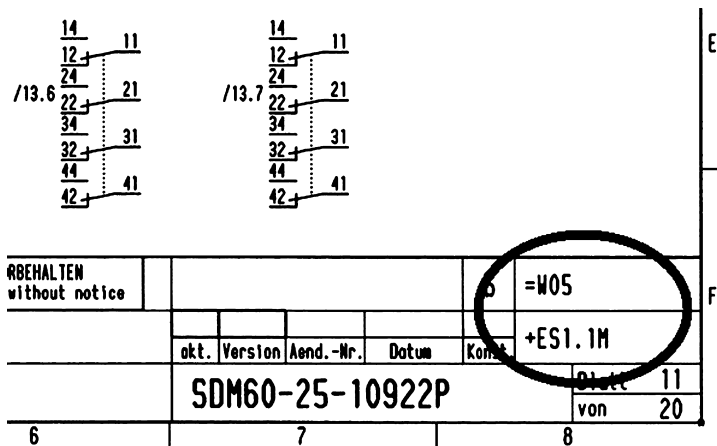


Bild 1.8 Beispiel für die Verwendung eines Schriftfeldes mit Anlagenkennzeichen und Ortskennzeichen

Ergänzende Informationen zu den Schaltungsunterlagen werden noch in Abschnitt 1.4 gegeben.

In den folgenden Abschnitten sollen nun die Grundlagen der Standardgeräte näher betrachtet werden.

1.2 Schaltgeräte

Geräte, in denen Strompfade verbunden, unterbrochen bzw. getrennt werden, lassen sich unter dem Sammelbegriff «Schaltgeräte» zusammenfassen. Zu den Schaltgeräten gehören außer den Schaltern auch Anlasser, Steckvorrichtungen und Sicherungen. Zur Verhütung von Schäden und Unfällen müssen alle Schaltgeräte, die sowohl für die Funktion als auch für die Sicherheit einer elektrischen Anlage von größter Bedeutung sind, den Anforderungen nach **DIN VDE 0660** und anderen Normen genügen. Danach müssen Schaltgeräte den betriebsmäßig auftretenden Strömen und mechanischen Beanspruchungen gewachsen sein, ohne Schaden zu nehmen und ohne die Sicherheit zu gefährden.

1.2.1 Schaltkontakte

Zu den stör anfälligsten Bauteilen der Schaltgeräte zählen die Kontakte. Die gebräuchlichsten Kontaktarten sind Druckkontakte nach Bild 1.9, wie sie z.B. bei Drucktastern und Mikroschaltern verwendet werden. Auch reibende Kontakte, wie z.B. Walzenschaltkontakte und Messerkontakte, sind gebräuchlich. Eine besondere Art des Kontaktes ist der Quecksilberschaltkontakt nach Bild 1.10. Die festen und beweglichen Kontaktstücke unterliegen während des Schaltvorganges mehr oder weniger starken Funken- oder Lichtbogenbeanspruchungen, die Veränderungen auf der Kontaktoberfläche zur Folge haben. Auch bei geschlossenen Kontakten kann bereits durch den Betriebsstrom infolge einer hohen Stromdichte in der Übergangsstelle eine merkliche Erwärmung auftreten. Bei dem Druckkontakt in Bild 1.9 ist ersichtlich, dass die Berührungsflächen nicht plan aufeinander liegen. Der Stromübergang erfolgt, bedingt durch die Oberflächenrauheit und Unebenheit der Kontakte, nur an wenigen Stellen.

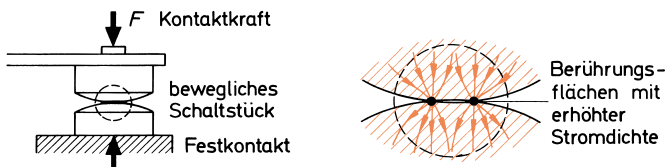


Bild 1.9 Schaltkontakt (Druckkontakt)

Die Erwärmung ist abhängig von der Größe des Übergangswiderstandes, und sie nimmt quadratisch mit ansteigendem Strom zu. Es ist also ein kleiner Übergangswiderstand anzustreben.

Der *Übergangswiderstand* wird aus dem Engewiderstand und dem Fremdwiderstand gebildet.

Der *Engewiderstand* entsteht an der Stelle der Querschnittseinengung infolge kleiner Berührungsflächen zwischen den Kontakten. Durch glatte Kontaktoberflächen, vorgeschriebenen Kontaktdruck, entsprechende Härte und gute Leitfähigkeit des Kontaktwerkstoffes lässt sich der Engewiderstand positiv beeinflussen.

Der *Fremdwiderstand* wird durch Fremdstoffe oder Verunreinigungen und durch Oxidschichten mit schlechter Leitfähigkeit an der Kontaktoberfläche gebildet.

Durch das Ölen von Kontakten wird der Fremdwiderstand vergrößert. Den größten Schutz gegen Verunreinigungen bieten Schutzrohrkontakte, die in einem Glasrohr gasdicht eingeschmolzen sind (Reedrelais- und Quecksilberschaltkontakte).

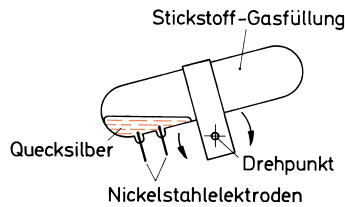


Bild 1.10 Quecksilberschaltkontakt

Außer einem kleinen Übergangswiderstand im kalten wie auch warmen Betriebszustand werden an Schaltkontakte weitere Anforderungen gestellt, wie z.B.:

- gute elektrische Leitfähigkeit, um niedrige Verlustleistungswerte zu erreichen;
- hohe Wärmeleitfähigkeit zwecks besserer Kühlung;
- geringe Neigung zum Verschweißen sowie zur Werkstoffwanderung;
- hohe mechanische Verschleißfestigkeit und
- hohe chemische Beständigkeit.

Diese Eigenschaften erhält man vor allem durch entsprechende Kontaktwerkstoffe.

Kontaktwerkstoffe

Für Steuerstromkreise kommen hauptsächlich Kontakte mit Überzügen aus *Feinsilber* (Ag, lat. Argentum) oder Silberbronzen in Frage, da Silber und Silberoxide elektrisch und thermisch relativ gut leiten.

Silber-Kadmium-Legierungen verringern die Neigung zum «Kleben» der Kontakte, werden aber aus Gründen der Umweltverträglichkeit nicht mehr verwendet. Stattdessen finden *Silber-Nickel-* und *Silber-Zinn-Legierungen* Verwendung.

Silber-Palladium erhöht die chemische Beständigkeit.

Wolfram-Kontakte sind sehr abbrandfest; sie werden bei großen Schaltheufigkeiten, z.B. an Reglern, eingesetzt.

Kupferkontakte finden in der Starkstromtechnik Verwendung. Auf der Kontaktoberfläche bilden sich Kupferoxide. Da sich diese schlecht leitenden Oxidschichten bei kleinen Kontaktdrücken besonders nachteilig bemerkbar machen, ist die Anwendung von Kupferkontakten auf Schaltgeräte kleinerer Leistung begrenzt, z.B. bei Walzenschaltern.

Goldlegierungen (Au-Legierungen) mit Ag, Cu, Ni, Co, Pt oder Pd finden bei kleinsten Spannungen und geringsten Kontaktdrücken Verwendung.

Für Starkstromkontakte höherer Belastbarkeit (>200 A) wird außer den vorgenannten Werkstofflegierungen zunehmend mit Silber-Kohlenstoff-Verbindungen gearbeitet.

Quecksilberschaltkontakt

Die Prinzipdarstellung dieses Kontaktes ist in Bild 1.10 aufgeführt. Im Gegensatz zum herkömmlichen Schaltkontakt benötigt der Quecksilberschaltkontakt keine zusätzliche Kontaktkraft. Die in eine Glasröhre eingeschmolzenen Elektroden werden in der Einschaltlage durch das flüssige Quecksilber gebrückt. Bei Verwendung von Schutzgas können ein Verzundern und eine Oxidation stark herabgemindert werden, so dass eine Lebensdauer von mehreren Millionen Schaltspielen ohne Wartung erreicht wird.

Funken- und Lichtbogenentstehung

Das Öffnen und Schließen eines unter Spannung stehenden Stromkreises kann einen Abreiß- bzw. Schließfunken zur Folge haben. Je nach Größe des Stromes, der Spannung und der Induktivität des zu schaltenden Stromkreises ist die Funkenbildung weniger oder stärker ausgeprägt. Die stärkste Form der Funkenbildung ist der Lichtbogen, der aufgrund seiner hohen Temperatur Kontaktmaterial zum Verdampfen bringen kann.

Die Entstehung des Lichtbogens beginnt damit, dass mit geringer werdender Kontaktkraft der Engewiderstand und damit die Stromdichte bis unmittelbar vor der Kontaktöffnung ansteigen. Der Spannungsfall am Kontakt nimmt ebenfalls mit steigendem Übergangswiderstand zu. Die im Stromkreis vorhandene Selbstinduktion ist bestrebt, den Stromfluss aufrechtzuerhalten. Während der Kontaktöffnung steigt die Stromdichte an der Kontaktstelle derart an, dass eine starke Materialerwärmung eintritt. Austretende Elektronen ionisieren die kurze Luftstrecke zwischen den Schaltstücken, die damit elektrisch leitend wird. Es kann ein Funke überschlagen. Bei ausreichender Energiezufuhr wird der Stromfluss über die ionisierte Luftstrecke aufrechterhalten. Dadurch weitet sich der Funke zum Lichtbogen aus.

Bei Gleichstrom ist die Funken- oder Lichtbogenbildung stärker ausgeprägt als bei Wechselstrom, da der Gleichstrom nicht periodisch durch Null geht. Im Nulldurchgang ist die Lichtbogenstrecke entionisiert, also nichtleitend. Um die Lichtbogenwirkung zeitlich zu begrenzen, sind Schaltkontakte möglichst kurzzeitig, also sprunghaft mit hoher Geschwindigkeit, zu öffnen oder zu schließen.

Beim Schließvorgang treten häufig Prellerscheinungen auf. Das heißt, nach dem Schließen federn die beweglichen Schaltstücke mehrfach zurück, so dass wiederum Lichtbögen entstehen können. Durch federnd nachgebende Konstruktionen und gleichmäßige Kräfteverteilungen werden Prellungen gedämpft, bzw. es wird die Preldauer verkürzt (Bilder 1.11 und 1.61c).

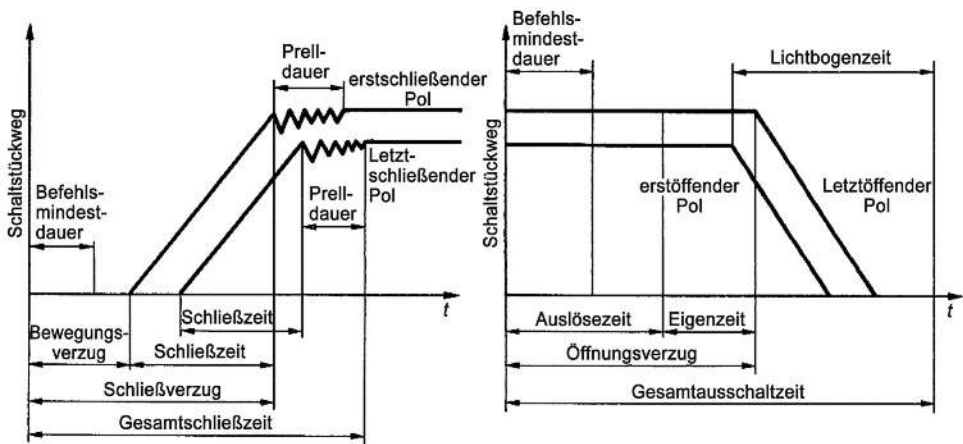


Bild 1.11 Zeitbegriffe für Schaltgeräte [2]

Bei verschiedenen handbetätigten Schaltgeräten mit schleichenden Schaltbewegungen, wie z.B. beim älteren Walzenschalter ohne ausgeprägte Einrastung der Schaltstellung, ist es ratsam, zügig durchzuschalten, um schleichende Kontaktgebungen zu verhindern. In messenden Schaltgeräten mit schleichenden Schaltbewegungen, wie z.B. in Wächtern, Begrenzen, Reglern usw., werden vielfach Momentschalter verwendet, deren Kontakte sprunghaft umschalten.

Um die Lichtbogenlöschung besser verstehen zu können, muss erst einmal der Lichtbogen in Gasen näher betrachtet werden.

Lichtbögen in Gasen

Wird zwischen zwei unter Spannung stehenden Elektroden (Kontakte eines Schaltgerätes) ein Plasma eingebracht, so wandern unter der Wirkung des elektrischen Feldes die Ionen im Plasma zur negativen Elektrode (Katode) und die Elektronen zur positiven Elektrode (Anode). Es fließt im Plasma ein elektrischer Strom. Unter bestimmten Eigenschaften im Stromkreis und an den (Schalt-) Kontakten kann der Lichtbogen (Plasma) dem Stromkreis so viel Energie entnehmen, wie notwendig ist, um seine Leitfähigkeit aufrechtzuerhalten.

Die Lichtbögen in der Schaltgerätetechnik können als thermische Lichtbögen betrachtet werden, da je nach Stromstärke und Randbedingungen eine Temperatur von mehr als 4000 K zu erwarten ist. An realen Lichtbögen ist die Temperatur über dem Säulenquerschnitt nicht konstant. Die Temperatur fällt von ihrem Maximalwert in der Lichtbogenmitte auf wesentlich niedrigere Werte im Lichtbogenrandgebiet ab. Die hohe Temperatur bewirkt in der Lichtbogenmitte einen höheren Ionisierungsgrad als in der übrigen Säule. Dadurch erreicht der Lichtbogenkern eine größere Leitfähigkeit, weist weniger Verluste auf als die Randgebiete und wird vom überwiegenden Teil des Lichtbogenstromes durchflossen. Wärmeverluste durch die Umgebung (umgebendes Gas, Schaltkontakte und Gehäusewände) entziehen dem Lichtbogenrand ständig Energie und schnüren ihn zum Kern hin ein. Durch Wärmeverluste bzw. Kühlung wird die Lichtbogenspannung also erhöht und eine Stromunterbrechung wahrscheinlicher.

Die Spannung an einem Lichtbogen verteilt sich nicht linear über den Verlauf des Lichtbogens, sondern unterscheidet sich an den elektrodennahen Gebieten der Anode bzw. Katode wesentlich davon (Bild 1.12).

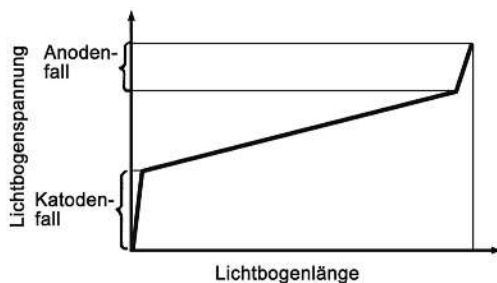


Bild 1.12 Lichtbogenspannung [2]

Der Katodenfall weist bei Luft und atmosphärischen Bedingungen Werte von 10 V bis 15 V auf, der Anodenfall etwa Werte von 2 V bis 10 V. Die Größen sind material- und stromabhängig, wobei die kleineren Werte den größeren Strömen zugeordnet werden können. Der Katoden- und Anodenfall ist also ein Gas-Metall-Übergang, der entfernte Ähnlichkeiten zu einem PN- bzw. NP-Übergang bei Halbleitern aufweist.

Der Spannungsabfall durch den Katodenfall und dem Anodenfall addiert sich also auf Werte zwischen 12 V und 25 V. Dadurch lässt sich erklären, dass bei diesen Spannungen ein Lichtbogen oft sehr gut zu beherrschen ist.

Lichtbögen im Vakuum

Öffnet man eine Schaltstrecke unter Vakuum, so bleibt der Stromfluss zunächst ausschließlich durch Elektronen aufrechterhalten. Sie werden aus der Katode ähnlich wie bei Luft durch Feld- bzw. Thermo-Feldemission ausgelöst. Durch die hohe Stromdichte kurz vor der Abhebung kommt es zu hoher lokaler Erwärmung; dieser Effekt lässt an der Anode und Katode Metaldampf entstehen, in dem es auch zu Ionisierungsvorgängen kommt. Der Vakuumlichtbogen brennt also in einem reinen Metaldampfplasma. Da im Vakuum die Leitfähigkeit des Plasmas abrupter abnimmt als unter atmosphärischen Bedingungen, kommt es in Stromkreisen mit Induktivitäten eventuell zu gefährlichen Überspannungen.

Lichtbögen in Ölen

In der Schaltgerätetechnik kommt es gelegentlich vor, dass der Lichtbogen Flüssigkeiten als Umgebungsmedium aufweist, insbesondere Öl. Auch hier handelt es sich im Grunde um Lichtbögen in Gasen, da die hohe Lichtbogentemperatur eine sofortige Verdampfung der benachbarten Flüssigkeit zur Folge hat. Das entstehende Wasserstoffgas (ca. 75 %) wirkt im hohen Maße kühlend auf den Lichtbogen.

Ein großer Anteil der Energieverluste (ca. 30 %) entsteht durch die Zersetzung des Öls und seine Ausdehnung als Gas. Durch die bessere Kühlung mit Wasserstoff und die Zersetzung des Öls wird dem Lichtbogen mehr Energie entzogen als an Luft unter atmosphärischen Bedingungen.

Durch die oben erwähnten physikalischen Eigenschaften lassen sich der Lichtbogen und damit auch der Lichtbogenspannungsbedarf folgendermaßen beeinflussen:

- Verlängerung durch schnelles Öffnen der Schaltkontakte,
- Verlängerung durch Ausnutzung des thermischen Auftriebs der heißen Bogensäule (Plasmaströmung),
- Verlängerung durch gezielte Gas- oder Flüssigkeitsströmung,
- Verlängerung durch Wirkung eines Magnetfeldes (Eigenmagnetfeld, Blasspule),
- Verlängerung durch verbesserte Lichtbogenlaufeigenschaften,
- Kühlung durch Öl, Kammerwände, Schaltstücke und Gase,
- Kühlung durch Kühlbleche,
- Aufteilung durch Löschbleche (Anoden- und Katodenfall),
- Lichtbogenlöschung mit RC-Schaltglied (Bild 1.13),
- kontaktlose Schaltgeräte (Halbleiter-Schaltgeräte).

Für die Lichtbogenlöschung sowohl im Gleichstrom- wie im Wechselstromkreis ist es erforderlich, dass die Schaltstrecke der wiederkehrenden Spannung ohne Wiederezünden standhält. Im Augenblick des Nulldurchgangs des Stromes ist die Leistungszufuhr zum Lichtbogen unterbrochen. Der Zwischenraum der Schaltstücke ist jedoch noch vom Lichtbogenplasma erfüllt; es hat in diesem Moment immer noch eine sehr hohe Temperatur und ist noch zum großen Teil leitfähig. Daher muss auch das Restplasma so schnell wie möglich abgebaut werden (z.B. durch Kühlung an den Lichtbogenlöschkammern).

Lichtbogenlöschung durch RC-Schaltglied

Das Schalten von Gleichstrom bewirkt im verstärkten Maße Abreißfunken und damit einen größeren Kontaktabbrand gegenüber Wechselstrom. Bei Schaltgeräten in Gleichstromkreisen mit kleiner Leistung lassen sich die Funkenbildung am Schaltkontakt und damit auch die Funkstör-

nung dadurch vermindern, dass man eine Reihenschaltung aus einem Kondensator C und einem Widerstand R parallel zum Schaltkontakt legt (Bild 1.13). Im geschlossenen Zustand des Schaltkontaktes sind der Kondensator und der Widerstand kurzgeschlossen und entladen. Mit dem Öffnen der Kontaktstelle beginnt die Kondensatoraufladung. Der Ladestrom, der zum Kondensator fließt, klingt ab, und die Spannung am Kondensator und am Schaltkontakt nimmt zu. Bevor die Spannung den Überschlagnungswert überschreitet, ist der Schaltkontakt so weit geöffnet, dass ein Funke nicht mehr entstehen kann. Im geöffneten Zustand des Schaltkontaktes ist der Kondensator bis zum anstehenden Spannungswert aufgeladen. Beim Schließvorgang begrenzt der Widerstand R den Entladestrom und vermindert somit einen Schließfunken.

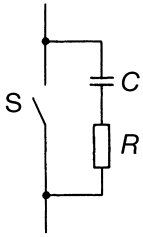


Bild 1.13 RC-Schaltglied

Lichtbogenlöschung durch Aufteilung bzw. Verlängerung

Schaltgeräte mit größerem Schaltvermögen sind so konstruiert, dass entstehende Lichtbögen schnell zum Erlöschen gebracht werden. Die Löschung erfolgt in sog. *Entionisierungskammern*, die zur Kühlung und zur Teilung der Lichtbögen Kühlbleche enthalten (Bild 1.14). Diese *Lichtbogenkammern* verhindern außerdem Querschlüsse, d.h. Überschläge in die Nachbarschaltzone. Um die Lichtbogenstrecke zu vergrößern und um sie damit schneller zum Abreißen zu bringen, können auch sog. *Blasmagneten* verwendet werden. Der Lichtbogen besteht aus ionisiertem Gas, das auch als Plasma bezeichnet wird. Es ist stromleitend und hat somit ein eigenes Magnetfeld. Der Lichtbogen wird durch das Zusammenwirken der Magnetfelder abgedrängt. Man spricht dann von magnetischer Beblasung (Bilder 1.15, 1.16 und 1.17). Das Verbrennen der Schaltkontaktflächen wird dadurch vermindert, dass der Lichtbogen zu den hörnerförmigen Kontaktverlängerungen abwandert. Die Lichtbogenlöschung mit Hilfe von Blasmagneten wird oft in Verbindung mit Lichtbogenlöschkammern angewendet. Der Lichtbogen wird dann in die Löschkammer hineingedrückt.

Bei den hier nicht aufgeführten Hochspannungsschaltgeräten sind andere, aufwendige Konstruktionen zur Lichtbogenlöschung notwendig. Grundsätzlich unterscheidet man bei Schaltgeräten über 1000 V Lichtbogenlösungen durch Gasströmungen (Hartgasschalter, Druckgasschalter) und Flüssigkeitsströmungen (Ölströmungsschalter, Expansionsschalter). Erklärungen siehe Band «Elektro-Installationstechnik», Mittelspannungs-Schaltgeräte.

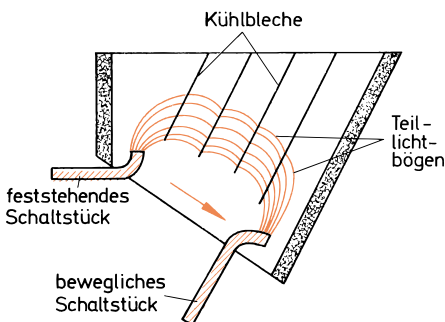


Bild 1.14 Lichtbogenlöschkammer

Beispiel für die konsequente Umsetzung der Lichtbogenbeeinflussung sind Schaltgeräte mit Strombegrenzung; diese bauen bereits nach sehr kurzer Zeit hohe Lichtbogenspannungen auf. Durch diesen hohen Spannungsbedarf (Erhöhung des Widerstandes im Stromkreis) wird der Strom seinen maximalen Wert nicht erreichen. Der Strom wird in solchen Schaltgeräten schon vor dem nächsten «normalen» Nulldurchgang zu null. Den höchsten Stromwert in dieser Zeit nennt man Durchlassstrom. Die Gesamtausschaltzeit ist bei einem 50-Hz-Netz dann kleiner als 10 ms.

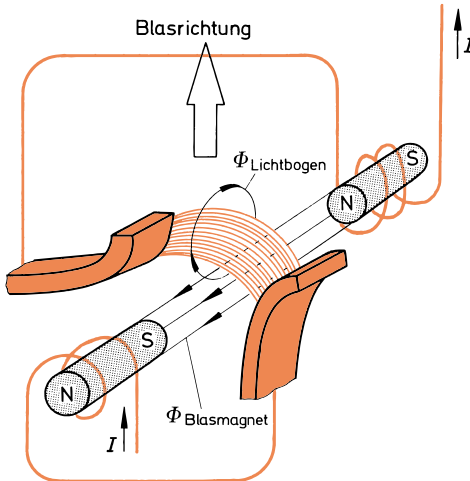


Bild 1.15 Prinzipdarstellung eines Blasmagneten

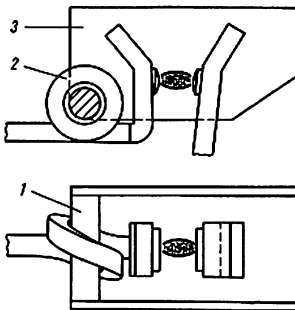


Bild 1.16 Magnetische Blasung 1 Blaskern, 2 Blaspule, 3 Blasblech [2]

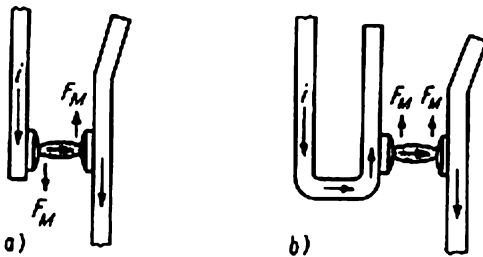


Bild 1.17 Ungünstige (a) und günstige (b) konstruktive Gestaltung der Zu- bzw. Ableitung des Lichtbogenstromes [2]

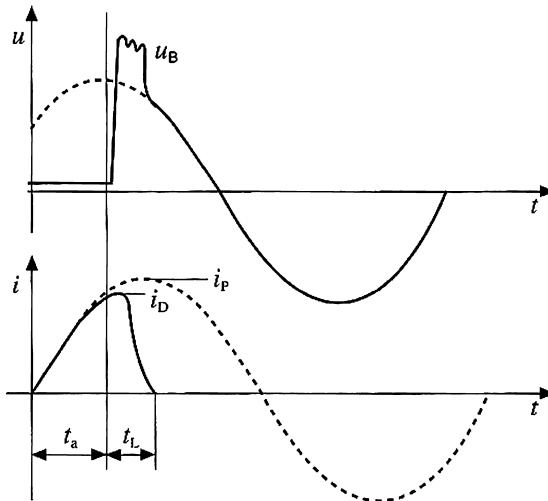


Bild 1.18 Spannungs- und Stromverlauf bei einem Schaltgerät mit Strombegrenzung [10]

Hierbei sieht man in Bild 1.18, dass die Lichtbogenbrennspannung (Brennspannung) u_B auch größere Werte als die Netzspannung erreichen kann. Dies kann unter Umständen zu Problemen führen. Die Zeit t_a stellt die Ausschaltverzögerung dar – also die Zeit, bis das Schaltgerät den Stromkreis zu öffnen beginnt. Die Lichtbogenbrenndauer wird hier mit t_L dargestellt. Der Durchlassstrom i_D bleibt, wie zu sehen ist, unter dem Wert des unbeeinflussten Stoßkurzschlussstromes i_p .

1.2.2 Bemessungsdaten von Schaltgeräten

Die Schaltgeräte werden den der Praxis entsprechenden Erfordernissen angepasst. Falsch angewendete, zu schwach ausgelegte oder zu stark überdimensionierte Schaltgeräte sind unzweckmäßig und haben damit höhere Kosten zur Folge. Für die verschiedenartigsten Anwendungsfälle stehen entsprechende Schaltgeräte zur Auswahl bereit. Die spezielle Auswahl von Schaltgeräten erfolgt nach folgenden wichtigen Gesichtspunkten und Größen:

- **Bemessungsstrom** (alt: Nennstrom): Der Bemessungsstrom ist der Strom, der unter Betriebsbedingungen ständig fließen darf.
- **Bemessungsspannung** (alt: Nennspannung): Die Bemessungsspannung ist die Spannung, an der das Schaltgerät betrieben werden darf und für die die Isolation bemessen ist.
- **Bemessungsfrequenz**: Die Bemessungsfrequenz ist die Frequenz der Spannungsversorgung, für die ein Schaltgerät bestimmt ist und auf das sich die anderen Bemessungsdaten beziehen. Dabei sollte man immer beachten, dass die Schaltkontakte andere Bemessungsfrequenzen aufweisen können als die Antriebe, wie z.B. die Spulenspannung.
- **Schaltvermögen**: Kennzeichnende Größen eines Schaltgerätes sind das *Bemessungs-Einschaltvermögen* und das *Bemessungs-Ausschaltvermögen*.

Das Bemessungs-Einschalt- oder -Ausschaltvermögen gibt an, welchen größten Strom das Schaltgerät bei einer bestimmten Spannung und einem bestimmten Leistungsfaktor $\cos \varphi$ ohne Schaden zu nehmen beherrscht. Ist der Schalter strombegrenzend, so übersteigt das

angegebene Schaltvermögen den tatsächlich geschalteten Strom um ein Vielfaches. Das Schaltvermögen wird entweder direkt in Ampere (A) oder in Kiloampere (kA) angegeben. Eventuell wird die Größe der Vorsicherung genannt, die einen unzulässig hohen Kurzschlussstrom auf den zulässigen Wert begrenzt. Auch bei geschlossenen Schaltkontakten kann eine Überbeanspruchung des Schaltgerätes auftreten, wie z.B. im Kurzschlussfall, wenn eine zu groß ausgewählte Vorsicherung einen Abschaltstrom zulässt, der für das Schaltgerät zu groß ist.

Überschreitet ein auftretender Kurzschluss bzw. Abschaltstrom das Schaltvermögen des Schaltgerätes, so können die Schaltkontakte verbrennen bzw. verschweißen. Der Lichtbogen und die auftretenden Stromkräfte können das Schaltgerät im Extremfall zerstören.

Werden Schaltgeräte ausgewechselt oder nachträglich eingebaut, so ist im Zweifelsfall festzustellen, wie hoch der zu erwartende Kurzschlussstrom an der Einbaustelle werden kann. Liegen mehrere Schaltgeräte an einer gemeinsamen Sicherung (Gruppensicherung), so darf der zulässige Höchstwert der Vorsicherung das Schaltvermögen des kleinsten Schalters nicht überschreiten. Je nach Sicherungsart lässt sich aus einer zugehörigen Kennlinie der Abschaltstrom ermitteln (Abschnitt 1.2.9). Bei Gleichstrom ist das Schaltvermögen bezogen auf Wechselstrom wesentlich geringer.

- Lebensdauer: Die Lebensdauer wird bei Schaltgeräten in *Schaltspielen* angegeben. Ein Schaltspiel ist das einmalige Ein- und Ausschalten. Einige Beispiele zeigt Tabelle 1.3.

Tabelle 1.3 Beispiel für die Lebensdauer und Schalzhäufigkeit

Gerätebeispiel	Lebensdauer in Schaltspielen ca. S	Schalzhäufigkeit in Schaltspielen ca. S/h
Leistungsschalter	$1 \cdot 10^3$ bis $1 \cdot 10^4$	60
Motorschutzschalter	$1 \cdot 10^5$	40
Leistungsschütze	$1 \cdot 10^6$ bis $1 \cdot 10^7$	250...3000
Steuerschütze	$1 \cdot 10^6$ bis $3 \cdot 10^7$	600...10 000
Zeitrelais	$3 \cdot 10^7$	je nach Einstellbereich

- Schalzhäufigkeit: Hierunter versteht man die zugelassenen Schaltspiele je Stunde. Sie werden angegeben in S/h (Tabelle 1.3). Dabei teilt die **DIN EN 60947-1 (VDE 0660-102)** September 2015 [28] die Schaltgeräte wie folgt ein:

1 Schaltspiel/h	Klasse 1
3 Schaltspele/h	Klasse 3
12 Schaltspele/h	Klasse 12
30 Schaltspele/h	Klasse 30
120 Schaltspele/h	Klasse 120
300 Schaltspele/h	Klasse 300
1200 Schaltspele/h	Klasse 1200
3000 Schaltspele/h	Klasse 3000
12 000 Schaltspele/h	Klasse 12000
30 000 Schaltspele/h	Klasse 30000
120 000 Schaltspele/h	Klasse 120000
300 000 Schaltspele/h	Klasse 300000

- Schutzarten nach **DIN VDE 0470**: Gemeint ist hier der Schutz gegen das Eindringen von Fremdkörpern und Feuchtigkeit. Dieses Thema wird im Buch «Elektro-Installationstechnik» ausführlich behandelt.

- Einschaltdauer: Sie wird in % angegeben, z.B. ED 40 %, und gibt an, wie viel % des gesamten Zyklus das Betriebsmittel eingeschaltet sein darf. Wenn nicht anders angegeben, beträgt die Zyklusdauer 10 min. ED 40 % bedeutet also: Das Betriebsmittel darf 4 min eingeschaltet und muss dann zum Abkühlen 6 min ausgeschaltet sein. Genormte Werte der relativen Einschaltdauer sind 15 %, 25 %, 40 % und 60 %.
- Gebrauchskategorie bzw. Schaltbedingungen: Die Gebrauchskategorie bzw. Schaltbedingungen eines Schaltgerätes legt den Anwendungsfall fest, unter denen diese die angegebene Lebensdauer aufweist. Die Gerätenormen legen dabei nachstehende Betriebsbedingungen fest:
 - Strom (Ströme), ausgedrückt durch das Vielfache des Bemessungsstromes,
 - Spannung(en), ausgedrückt durch das Vielfache der Bemessungsspannung,
 - Leistungsfaktor bzw. Zeitkonstante,
 - Verhalten bei Kurzschluss
 usw.

Man unterscheidet z.B. nach **DIN EN 60947-4-1 (VDE 0660-102)** Februar 2014 für Schütze und Motorstarter nach Tabelle 1.4.

In der Norm **DIN EN 60947-4-1 (VDE 0660-102)** Februar 2014 [30] Seite 35 steht weiter:
 «... Jede andere Anwendung muss zwischen Hersteller und Anwender vereinbart werden, wobei Angaben im Herstellerkatalog oder -angebot als Vereinbarung gelten.

... Alle Stern dreieckstarter und Zwei-Stufen-Anlasstransformatoren gehören zur Gebrauchskategorie AC-3. ...».

Tabelle 1.4 Gebrauchskategorie für Schütze bzw. Motorstarter

Stromart	Gebrauchskategorien	Typischer Anwendungsfall
Wechselspannung	AC-1	Nichtinduktive bzw. schwach induktive Last, Widerstandsöfen
	AC-2	Schleifringläufermotoren: Anlassen und Ausschalten
	AC-3	Käfigläufermotoren: Anlassen und Ausschalten, dabei dürfen gelegentliches Tippen oder Gegenstrombremsen während einer begrenzten Dauer vorkommen
	AC-3e	Käfigläufermotoren mit höherem Anzugsstrom : Anlassen und Ausschalten, dabei dürfen gelegentliches Tippen oder Gegenstrombremsen während einer begrenzten Dauer vorkommen
	AC-4	Käfigläufermotoren: Anlassen und Ausschalten und Tippen, Gegenstrombremsen bzw. Reversieren
	AC-5a	Schalten von Gasentladungslampen
	AC-5b	Schalten von Glühlampen
	AC-6a	Schalten von Transformatoren
	AC-6b	Schalten von Kondensatorbatterien
	AC-7a	Schwach induktive Last in Haushaltsgeräten
	AC-7b	Motorlast für Haushaltsgeräte
	AC-8a	Schalten von hermetisch gekapselten Kühlkompressormotoren mit manueller Rückstellung der Überlastauslöser
AC-8b	Schalten von hermetisch gekapselten Kühlkompressormotoren mit automatischer Rückstellung der Überlastauslöser	
Gleichspannung	DC-1	Nichtinduktive bzw. schwach induktive Last, Widerstandsöfen
	DC-3	Nebenschlussmotoren: Anlassen und Ausschalten und Tippen, Widerstandsbremsen, Gegenstrombremsen bzw. Reversieren
	DC-5	Reihenschlussmotoren: Anlassen und Ausschalten und Tippen, Widerstandsbremsen, Gegenstrombremsen bzw. Reversieren
	DC-6	Schalten von Glühlampen

Dabei sind die in Tabelle 1.5 genannten Ein- und Ausschaltbedingungen entsprechend den Gebrauchskategorien in der Norm **DIN EN 60947-4-1 (VDE 0660-102)** Februar 2014, Seite 55 [30], für Schütze und Motorstarter vereinbart.

Tabelle 1.5 Ein- und Ausschaltbedingungen

Gebrauchskategorie	Ein- und Ausschaltbedingungen		
	I_c/I_e	U_r/U_e	$\cos(\varphi)$ bzw. L/R
AC-1	1,5	1,05	0,8
AC-2	4	1,05	0,65
AC-3	8	1,05	0,45 für $I_e < 100$ A 0,35 für $I_e > 100$ A
AC-3e Ausschalten	8,5	1,05	0,45 für $I_e < 100$ A
AC-3e Einschalten	12 bzw. 13	1,05	0,35 für $I_e > 100$ A
AC-4 Ausschalten	10	1,05	0,45 für $I_e < 100$ A 0,35 für $I_e > 100$ A
AC-4 Einschalten	12 bzw. 13	1,05	0,45 für $I_e < 100$ A 0,35 für $I_e > 100$ A
AC-5a	3	1,05	0,45
AC-5b	1,5	1,05	mit Glühlampen
AC-8a	6	1,05	0,45 für $I_e < 100$ A 0,35 für $I_e > 100$ A
AC-8b	6	1,05	0,45 für $I_e < 100$ A 0,35 für $I_e > 100$ A
DC-1	1,5	1,05	1
DC-3	4	1,05	2,5
DC-5	4	1,05	15
DC-6	1,5	1,05	mit Glühlampen

I_c Ein- bzw. Ausschaltstrom

I_e Bemessungsstrom

U_r Spannung vor dem Einschalten bzw. wiederkehrende Spannung

U_e Bemessungsspannung

Man unterscheidet z.B. nach **DIN EN 60947-3 (VDE 0660-107)** Februar 2017 noch gesondert in Lastschalter, Trennschalter, Lasttrennschalter und Schalter-Sicherungseinheiten.

Die für Netztrenneinrichtung nach **DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1)** wichtigen Bestimmungen enthält Tabelle 1.6.

Weitere Bemessungsdaten wie die Baugröße, die Verlustleistung usw. sollten dabei nicht außer Acht gelassen werden, da diese Kenndaten auch wichtig sein können.

Um die hohen Anforderungen an ein Schaltgerät besser verstehen zu können, soll nun an einem einfachen Beispiel gezeigt werden, wie der Einfluss des Leistungsfaktors und des Einschaltzeitpunktes beim Einschalten auf den Strom wirkt.

Tabelle 1.6 Gebrauchskategorie für Trennschalter bzw. Lasttrennschalter

Stromart	Gebrauchskategorie		Typische Anwendungen
	Kategorie A für häufige Betätigung	Kategorie B für gelegentliche Betätigung	
Wechselspannung	AC-20A	AC-20B	Schließen und Öffnen ohne Last
	AC-21A	AC-21B	Schalten von ohmscher Last einschließlich geringer Überlast
	AC-22A	AC-22B	Schalten von gemischter ohmscher und induktiver Last einschließlich geringer Überlast
	AC-23A	AC-23B	Schalten von Motoren oder anderer hochinduktiver Last
Gleichspannung	DC-20A	DC-20B	Schließen und Öffnen ohne Last
	DC-21A	DC-21B	Schalten von ohmscher Last einschließlich geringer Überlast
	DC-22A	DC-22B	Schalten von gemischter ohmscher und induktiver Last einschließlich geringer Überlast (z.B. Nebenschlussmotoren)
	DC-23A	DC-23B	Schalten von hochinduktiver Last (z.B. Reihenschlussmotoren)

Den Einschaltstrom an einem Schaltgerät kann man sich aus der Überlagerung (also Summe) aus stationärem Strom und Ausgleichstrom vorstellen. Der Ausgleichstrom ist nur während der Zeit des Übergangs von einem stationärem Strom (offener Stromkreis) zum anderen (lange geschlossener Stromkreis) vorhanden.

In Bild 1.19 ist die Überlagerung für den Einschaltzeitpunkt beim Nulldurchgang der Spannung dargestellt. Wenn der Einschaltzeitpunkt näher am Stromnulldurchgang des stationären Stromes liegt, ist der Ausgleichstrom deutlich geringer (Bild 1.20). Deutlich höhere Strommomentanwerte treten beim Einschalten magnetischer Kreise mit Sättigungserscheinungen auf. So können leerlaufende Transformatoren bis ca. das Fünzigfache ihres Bemessungsstroms aus dem Netz aufnehmen. Auch Käfigläufermotoren weisen solche Einschaltstromspitzen auf, die erst bei Erreichen der Nenndrehzahl auf den Bemessungsstrom zurückgehen.

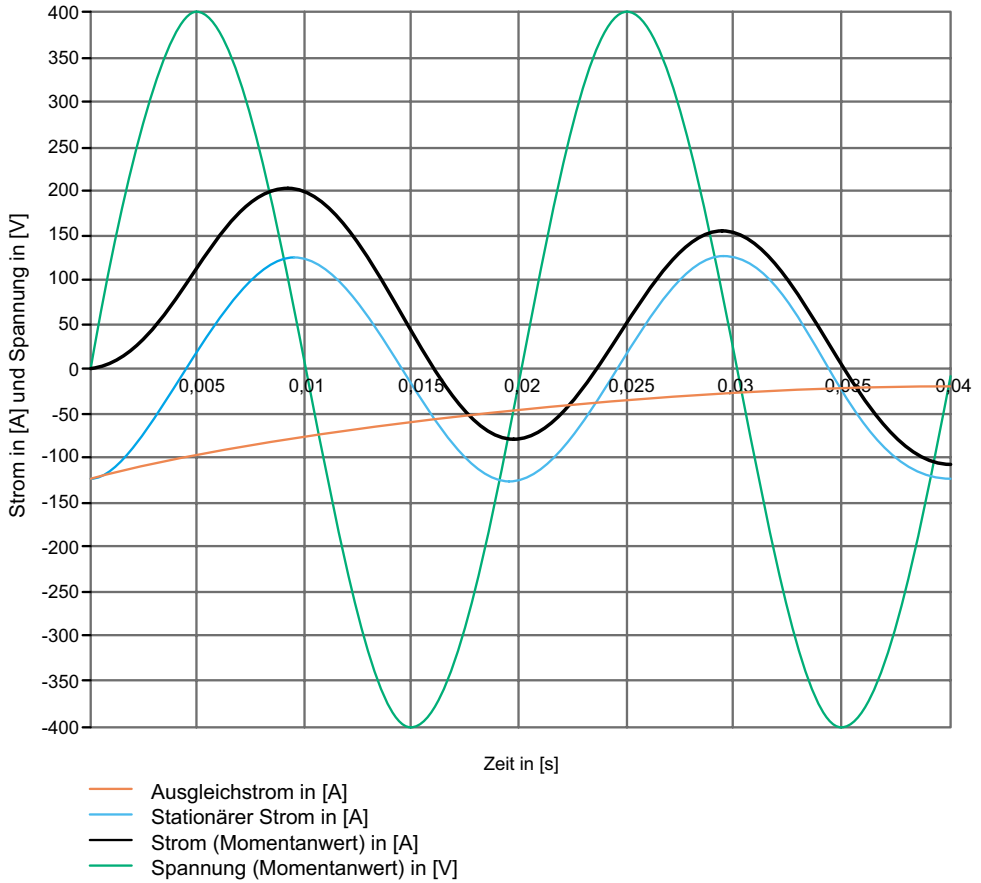


Bild 1.19 Einschalten im Spannungsnulldurchgang