

Vorfälle	Maßnahmen
Elektrische Unfälle	<p>Bei Niederspannung (bis 1000 V) Stecker herausziehen, Leitungsschutzschalter abschalten oder Sicherung herausnehmen. Wenn der Stromkreis nicht unterbrochen werden kann, Verunglückten mit nicht leitendem Gegenstand vom Stromkreis trennen. Der Helfer muss sich dabei isoliert aufstellen und seine Hände ebenfalls isolieren, z. B. mit trockenen Tüchern, Kleidungsstücken, Isolierhandschuhen oder Isolierfolien,</p> <p>Bei Hochspannung Stromkreis nur von einer speziell ausgebildeten Elektrofachkraft unterbrechen lassen.</p> <p>Bei Atemstillstand sofort Atemspende geben. Bei Herzstillstand Herzmassage durchführen.</p>
Verletzungen	<p>Vordringlich sind Blutungen zu versorgen. Zuerst bei verletztem Körperteil Verband anlegen, bei stärkeren Blutungen Druckverband anwenden. Bei Schlagaderverletzungen (Blut spritzt hellrot stoßweise aus der Wunde) festen, auf die Wunde drückenden Gegenstand in den Verband mit einbinden. Abbinden mit breiter Gummibinde (auch Hosengürtel) in seltenen Fällen notwendig.</p> <p>Möglichst rasch einen Arzt herbeirufen.</p> <p>Wenn Schlagaderblutungen an Stellen auftreten, an denen ein Druckverband nicht angebracht werden kann und ein Abbinden nicht möglich ist, z. B. in Achselhöhle, Leistenbeuge, am Hals oder wenn ganze Glieder abgetrennt sind, dann Wunde mit Gaze (Verbandsmull), Taschentuch oder Ähnlichem abdrücken.</p> <p>Arzt herbeirufen.</p>
Innere Verletzungen	<p>Gefahr der Verblutung nach innen. Bei Verdacht auf innere Verletzungen des Brustkorbes raschen Abtransport mit erhöhtem Oberkörper einleiten. Bei Bauchverletzungen Transport in Rückenlage mit angezogenen Knien, gerollte Decke unter die Kniekehlen legen.</p> <p>Arzt herbeirufen.</p> <p>Bei inneren Verletzungen oder bei Bewusstlosigkeit keine Getränke einflößen.</p>
Knochenbrüche	<p>Bei Verdacht auf Knochenbruch (oder bei Ausrenkungen) Glieder durch Schienen ruhig stellen. Keine Einrenkungsversuche. Bei Verdacht auf Wirbelsäulenverletzung Verunglückten vorsichtig auf harte Unterlage (Brett) legen (Vorsicht! Gefahr nachträglicher Rückenmarksverletzung.)</p>
Verbrennungen	<p>Brennende Personen in Decke oder Mantel wickeln. Verbrennungen je nach Schwere mit kaltem Wasser kühlen. Niemals verbrannte Kleidungsstücke entfernen. Auf alle Brandwunden nur keimfreie Gaze, keine Brandbinde, Öl, Mehl oder Brandsalbe bringen. Verletzten durch Decken warmhalten.</p> <p>Bei Atemstillstand sofort Atemspende geben. Bei Herzstillstand Herzmassage durchführen.</p>
Bewusstlosigkeit	<p>Einfache Ohnmacht (besonders bei langem Stehen in überfüllten Räumen): Erblassen, Puls schwach, Atmung oberflächlich. Beengende Kleidungsstücke öffnen, Bewusstlosen flach lagern (Beine erhöht).</p> <p>Scheintod: Kein Puls, keine Atmung.</p> <p>Sofort Wiederbelebung durch Kombination von Atemspende und Herzmassage.</p>
Atemspende	<p>Einblasen von Atemluft bei überstreckter Stellung des Kopfes in die Nase oder den Mund des Verunglückten (hierbei die Nase zuhalten). Atemwege zuvor reinigen. Mit beiden Händen den Kopf nach hinten drücken. Tief einatmen und den Mund fest auf die Atemöffnung des Verletzten pressen. Luft kräftig einpusten. Etwa 15 Atemstöße je Minute, dann Herz massieren. Künstliche Beatmung solange fortsetzen, bis der Arzt kommt.</p>
Herzmassage	<p>Mit beiden übereinander gelegten Handballen wird das untere Ende des Brustbeins 3 cm bis 5 cm eingedrückt. (50 bis 60 Drücke je Minute.) Nach 30 Herzdruckmassagen 2 Atemstöße.</p> <p>Herzmassagen sollten nur von Ärzten oder ausgebildetem Sanitätspersonal ausgeführt werden.</p>
Defibrillator	<p>In manchen Betrieben, in Fahrzeugen des Rettungsdienstes und auch in öffentlich zugänglichen Gebäuden werden Defibrillatoren (Schockgeber) bereitgehalten. Medizinische Laien können mit diesem Gerät durch gezielte Stromstöße Herzrhythmusstörungen, z.B. Kammerflimmern und Kammerflattern, beenden.</p>
Schock	<p>Kann bei jeder Verletzung zusätzlich auftreten. Der Schock ist eine Folge eines Kreislaufversagens: Puls schwach, Atmung oberflächlich, kalter Schweiß, Unruhe, verfallenes Aussehen. Kann leicht in Bewusstlosigkeit und Tod übergehen. Verunglückten flach lagern, warm halten, Mut zusprechen und beruhigen, schonender Abtransport.</p>



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für Mechatronik

Tabellenbuch Mechatronik

Tabellen – Formeln – Normenanwendungen

10. neu bearbeitete und aktualisierte Auflage

Bearbeitet von Lehrern und Ingenieuren an beruflichen Schulen
und Produktionsstätten (siehe Rückseite)

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsselberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 45011

Autoren des Tabellenbuches Mechatronik

Heinrich Dahlhoff	Dipl.-Physiker	Meppen
Hartmut Fritsche	Dipl.-Ing.	Massen
Gregor Häberle	Dr.-Ing., Abteilungsleiter	Tett nang
Heinz Häberle	Dipl.-Gewerbelehrer, VDE	Kressbronn
Roland Kilgus	Dipl.-Gwl., Oberstudiendirektor	Neckartenzlingen
Rudolf Krall	Dipl.-Päd. Ing., Berufsschuloberlehrer	Gartenau-St. Leonhard
Werner Röhrer	Dipl.-Ing., Dipl.-Gewerbelehrer	Balingen
Bernd Schiemann	Dipl.-Ing., Studiendirektor	Durbach
Dietmar Schmid	Dipl.-Ing., Studiendirektor	Biberach a.d. Riß
Siegfried Schmitt	staatl. gepr. Techniker, Techn. Oberlehrer	Bad Bergzabern
Matthias Schultheiß	Dipl.-Ing., Dipl.-Gewerbelehrer	Biberach a.d. Riss
	Oberstudienrat	
Thomas Urian	Meister der Elektrotechnik	Vilshofen

Bildbearbeitung:

Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, Ostfildern

Leiter des Arbeitskreises:

Dr.-Ing. Gregor Häberle, Tett nang

Maßgebend für das Anwenden der Normen sind deren Fassungen mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der VDE-VERLAG GmbH, Bismarckstr. 33, 10625 Berlin und der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin erhältlich sind.

10. Auflage 2019

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Behebung von Druckfehlern untereinander unverändert sind.

ISBN 978-3-8085-4528-7

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2019 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz: rkt, 42799 Leichlingen, www.rktypo.com
Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald
Umschlagfotos: Siemens-Pressbilder
Druck: mediaprint solutions GmbH, 33100 Paderborn

Mathematik, Technische Physik

9 ...76

M

Technische Kommunikation

77 ...130

K

Chemie, Werkstoffe, Fertigung

131 ...202

WF

Bauelemente, Messen, Steuern,
Regeln

203 ... 282

BM

Elektrische Anlagen und Antriebe,
mechatronische Systeme

283 ... 394

A

Digitaltechnik, Informationstechnik

395 ... 454

D

Verbindungstechnik, Umweltechnik

455 ... 510

V

Der Betrieb und sein Umfeld
Anhang

511 ... 584

B

Vorwort zur 10. Auflage

Das Buch ist konzipiert für die handlungsorientierte Berufsbildung des Berufes *Mechatroniker* bzw. *Mechatronikerin*. Die Mechatronik unterliegt als Schlüsseltechnologie aus Elektrotechnik, Metalltechnik und Informatik-Technologie einem stetigen Wandel und unterstützt das Erfüllen der *Anforderungen von Industrie 4.0* sowie der *Digitalisierung*.



Dies führte zu neuen oder aktualisierten Seiten in den nachfolgend genannten Hauptabschnitten. Inhalte des Buches, die nicht mehr Bestandteil der Berufsbildung sind, wurden gestrichen.

- **Teil M: Mathematik, Technische Physik**

Neu sind z.B. Formelzeichen für drehende elektrische Maschinen, Komplexe Rechnung für Grundsaltungen von L und C, Spannungsfall an Leitungen mit Blindwiderstand, Ablauf der Leitungsberechnung.

- **Teil K: Technische Kommunikation**

Neu sind z.B. Pneumatik-Grundsaltungen, Kennzeichnungen in Schaltplänen der Pneumatik und Hydraulik, Form- und Lagetoleranzen.

- **Teil WF: Chemie, Werkstoffe, Fertigung**

Aktualisiert wurden z.B. Drehwerkzeuge, Lehren, Strahlenoptik, Trennklassen der Kommunikationsverkabelung, Montage und Demontage.

- **Teil BM: Bauelemente, Messen, Steuern, Regeln**

Neu sind z.B. Vernetzung von Sensoren und Aktoren, Energieüberwachung in Smart-Grid-Anlagen, Wegmessung, Winkelmessung, Reglerauswahl, Dimmen von LEDs. Aktualisiert wurden Näherungsschalter, analoge Regler, schaltende Regler, Regelung mittels SPS, bibliotheksfähiges Programmieren von SPS.

- **Teil A: Elektrische Anlagen und Antriebe, mechatronische Systeme**

Neu sind z.B. Transformatoren der Energietechnik, Regelung der Netzfrequenz, Betriebsdaten von Käfigläufermotoren, Strombelastbarkeit für 90°C-Leitungen, Aufbau von Schaltschränken, Sicherheitsfunktionen, Softanlasser, Prüfung der elektrischen Ausrüstung von Maschinen.

- **Teil D: Digitaltechnik, Informationstechnik**

Neu sind z.B. Windows-Tastenkürzel, Anwendung von Bluetooth in Betrieben, Segmentierung von WLAN, Internet der Dinge, Fernwartung, Störungen bei der Funkübertragung in Werkstätten, Grenzaster. Aktualisiert wurden Sicherheits-Bussysteme, Programmaufbau bei CNC-Maschinen.

- **Teil V: Verbindungstechnik, Umwelttechnik**

Neu sind z.B. Dübel. Aktualisiert wurden gefährliche Stoffe, Gefahrenhinweise.

- **Teil B: Der Betrieb und sein Umfeld**

Neu sind z.B. die Abschnitte Arbeitsvorbereitung, Begriffe im Arbeitsrecht, Betriebssicherheitsverordnung, PLM, PPS, MES und VDE-Normen. Erweitert wurde die Auflistung der wichtigen Normen mit Angabe der Seiten im Buch.

Normänderungen wurden übernommen, z.B. bei der Strombelastbarkeit von Leitungen nach DIN VDE 0298-4. Allgemein ist zu beachten, dass oft die Normen verschiedene Formen zulassen, z.B. in DIN EN 61082 (Dokumente der Elektrotechnik, Regeln) Stromverzweigungen mit oder ohne „Punkt“ oder mit Richtungsangabe des abzweigenden Leiters. Alle Formen kommen in der beruflichen Praxis vor und werden im Buch deshalb auch angewendet.

Didaktische Ergänzungen wurden durch stichwortartige Formulierung prüfbarer Lerninhalte fortgesetzt.

Verlag und Autoren danken für die zahlreichen Benutzerhinweise, die zu einer weiteren Verbesserung des Buches führten, und nehmen auch künftig konstruktive Vorschläge dankbar entgegen. Diese können auch gerichtet sein an lektorat@europa-lehrmittel.de.

Inhaltsverzeichnis

Erste Hilfe bei Unfällen U2

Teil M: Mathematik, Technische Physik 10

Formelzeichen dieses Buches	10
Indizes und Zeichen für Formelzeichen dieses Buches	11
Formelzeichen für drehende elektrische Maschinen	12
Größen und Einheiten	13
Bruchrechnen, Vorzeichen, Klammern	15
Klammerrechnung, Potenzieren	16
Radizieren, Gleichungen	17
Zahlensysteme, Dualzahlen	18
Dualzahlen, Sedezimalzahlen, Binärcodes	19
Logarithmen, Zehnerpotenzen, Vorsätze, Prozentrechnung	20
Logarithmisches Maß Dezibel	21
Schlussrechnung, Mischungsrechnung	22
Rechtwinkliges Dreieck	23
Winkelfunktionen, Steigung	24
Längen	25
Flächen	26
Volumen	28
Oberfläche	28
Masse	30
Kräfte	31
Drehmoment, Hebel, Fliehkraft	32
Rollen, Keile, Winden, Schrauben	33
Bewegungslehre	34
Geschwindigkeiten an Maschinen	35
Wärmetechnik	36
Mechanische Arbeit, mechanische Leistung, Energie	38
Ladung, Spannung, Stromstärke, Widerstand	39
Elektrische Leistung, elektrische Arbeit	40
Elektrisches Feld, Kondensator	41
Strom in Magnetfeld, Induktion	43
Schaltung von Widerständen	44
Bezugspeile, Kirchhoff'sche Regeln, Spannungsteiler	45
Grundsaltungen von Induktivitäten und Kapazitäten	46
Komplexe Rechnung für Grundsaltungen von L und C	47
Schalten von Kondensatoren und Spulen	48
Wechselgrößen, Oberschwingungen	49
Messen von Oberschwingungen	50
Zeigerdiagramme von Wechselstromgrößen	51
Leistungen bei Sinuswechselstrom, Impuls	52
Reihenschaltung von R, L, C	53
Parallelschaltung von R, L, C	54
Berechnungsformeln für Transformatoren	55
Elektrischer Widerstand bei Temperaturänderung, Wärmewiderstand	56
Drehstrom, Blindleistungskompensation	57
Kompensation mit Filtern	58
Leitungsberechnung	59
Ablauf der Leitungsberechnung	60
Spannungsfall an Leitungen mit Blindwiderstand	61
Strombelastbarkeit von mehradrigen Leitungen mit Oberschwingungen	63

Zahnradberechnungen	64
Übersetzungen	65
Druck in Flüssigkeiten und Gasen	66
Reibung, Auftrieb	67
Belastungsfälle, Beanspruchungsarten	68
Abscherung, Knickung	70
Biegung, Torsion	71
Momente der Festigkeitslehre	72
Momente von Profilen	73
Pneumatikzylinder	74
Berechnungen zur Hydraulik und Pneumatik	75
Berechnungen zur Hydraulik	76

Teil K: Technische Kommunikation 77

Grafische Darstellung von Kennlinien	78
Allgemeines technisches Zeichnen	79
Arten von Diagrammen	80
Zeichnerische Darstellung von Körpern	81
Maßeintragung, Schraffur	82
Maßpeile, besondere Darstellungen	83
Maßeintragung	84
Toleranzen in Zeichnungen	85
Form- und Lagetoleranzen	86
Gewinde, Schraubenverbindungen, Zentrierbohrungen	87
Getriebedarstellung	88
Darstellung von Wälzlagern	89
Darstellung von Dichtungen und Wälzlagern	90
Symbole für Schweißen und Löten	91
Weitere mechanische Verbindungen, Federn	92
Funktionsbezogene Schaltpläne	93
Weitere funktionsbezogene Dokumente	94
Ortsbezogene und verbindungsbezogene Dokumente	95
Kennzeichnung in Schaltplänen	96
Kennbuchstaben der Objekte (Betriebsmittel) in Schaltplänen	97
Kontakt Kennzeichnung in Stromlaufplänen	98
Stromkreise und Schaltzeichen	99
Allgemeine Schaltzeichen	100
Transformatoren, Spulen, drehende elektrische Maschinen	101
Vergleich von Schaltzeichen	102
Zusatzschaltzeichen, Schalter in Energieanlagen	104
Messinstrumente und Messgeräte, Messkategorien	105
Halbleiterbauelemente	106
Analoge Informationsverarbeitung, Zähler und Tarifschaltgeräte	107
Binäre Elemente	108
Schaltzeichen für Installationschaltpläne und Installationspläne	110
Schaltzeichen für Übersichtschaltpläne	111
Einphasenwechselstrommotoren und Anlasser	112
Drehstrommotoren und Anlasser	113
Motoren mit Stromrichtersperrung	114
Ablaufsteuerungen, GRAFCET	115
Grundformen von Ablaufsteuerungen	116
Elemente für Ablaufsteuerung GRAFCET	117
Ablauf-Funktionspläne	119

Symbole zur Dokumentation in der Computertechnik	120
Schaltzeichen der Pneumatik und Hydraulik	121
Pneumatik Grundsaltungen	123
Kennzeichnung von steuerungstechnischen Systemen	124
Schaltpläne der Pneumatik und Hydraulik	125
Fließbilder	126
Beispiele von Fließbildern	127
Symbole der Verfahrenstechnik	128
Erstellen einer Dokumentation über Geräte und Anlagen	129
Aufbau und Inhalt einer Betriebsanleitung	130

Teil WF: Chemie, Werkstoffe, Fertigung 131

Chemie	132
Stoffwerte	134
Gefährliche Stoffe	136
Magnetwerkstoffe	137
Bezeichnungssystem für Stähle	138
Stahl	141
Stahlprofile	144
Bezeichnungssystem für Gusseisenwerkstoffe	145
Gusseisen	146
Rohre	147
Nichteisenmetalle	148
Al-Profile und Al-Bleche	151
Kunststoffe	152
Rohre aus Kunststoff	157
Kabel und Leitungen	158
Isolierte Starkstromleitungen	159
Starkstromleitungen	160
Leitungen zum Anschluss ortveränderlicher Betriebsmittel	161
Leitungen und Kabel für Melde- und Signalanlagen	162
Leitungen in Datennetzen	163
Kupferleiter der Informationstechnik	164
Strahlenoptik	165
Glasfaserleitungen	166
Trennklassen der Kommunikationsverkabelung	167
Korrosion und Korrosionsschutz	168
Lote und Flussmittel	169
Druckflüssigkeiten	170
Werkstoffprüfung	171
Fertigungsverfahren	173
Rapid Prototyping RP (3D-Druck)	177
Montage und Demontage	178
Montageplanung	179
Schneidstoffe	180
Drehzahlnomogramm	181
Kräfte und Leistungen beim Zerspanen	182
Bohren	184
Reiben und Gewindebohren	185
Drehen	186
Drehwerkzeuge	188
Fräsen	189
Schleifen	191
Spanende Formung der Kunststoffe	192
Lehren	193

Biegeumformen	194
Schweißen	195
Schweißnähte	196
Druckgasflaschen, Gasverbrauch	197
Gasschweißen	198
Schutzgasschweißen	199
Lichtbogenschweißen	201

Teil BM: Bauelemente, Messen, Steuern, Regeln 203

Widerstände und Kondensatoren	204
Batterien	207
Von physikalischen Größen abhängige Halbleiter-Bauelemente	208
Dioden	209
Feldeffekttransistoren, IGBTs	210
Bipolare Transistoren und HEMT	211
Thyristoren und Triggerdiode	212
Fotoelektronische Bauelemente	213
Bauelemente für Überspannungsschutz	214
Grundlagen des Operationsverstärkers	215
Elektrische Analogmesswerke	217
Schaltungen zur Widerstandsbestimmung	219
Messbereichserweiterung	220
Messen mit Multimeter	221
Wattstundenzähler	222
Sensoren	223
Kraftmessung und Druckmessung	224
Bewegungsmessung	225
Wegmessung, Winkelmessung	226
Temperaturmessung	227
Näherungsschalter (Sensoren)	228
Spezielle optoelektronische Sensoren	230
Energieüberwachung in Smart-Grid-Anlagen	232
Oszilloskop	233
Messwerterfassung mit dem PC	235
Elektromagnetische Schütze	238
Vakuumschütze, Halbleiterschütze	240
Hilfsstromkreise	242
Polumschaltbare Drehstrommotoren	244
Ausschaltung, Serienschaltung, Wechselschaltung, Kreuzschaltung	246
Stromstoßschaltungen	247
Dimmen konventioneller Lampen	248
Dimmen von LED-Lichtquellen	249
Steuerung mittels Funk	250
Elektroinstallation mit Funksteuerung	251
Ausführung von Installationsschaltungen	252
Steuerungs- und Regelungstechnik	254
Analoge Regler	256
Reglereinstellungen, Reglerauswahl	258
Digitale Regelung	259
Steuern und Regeln mit dem PC	260
Universalregler	261
Lageregelung bei Arbeitsmaschinen	262
Logikmodul LOGO!	263
Binäre Verknüpfungen der Steuerungs- und Regelungstechnik	266
Speicherprogrammierbare Steuerung SPS	267
SPS-Funktionsbausteine	272

Programmiersprachen StrukturierterText ST, Ablaufsprache AS	273
Bibliotheksfähiges Programmieren von SPS	275
SPS-Programmierung nach DIN EN 61131-3	276
Phasen der SPS-Programmentwicklung	278
Regelung mittels SPS	279

Teil A: Elektrische Anlagen und Antriebe, mechatronische Systeme 283

Grenzwerte der Anschlussleitung im öffentlichen Netz	284
Arbeiten in elektrischen Anlagen	285
Messungen in elektrischen Anlagen	286
Alphanumerische Kennzeichnung der Anschlüsse ..	289
Schutzarten elektrischer Betriebsmittel	290
Elektronische Steuerungen von Verbrauchsmitteln ..	291
Stromrichter, Gleichrichter	292
Transformatoren der Energietechnik	297
Regelung mittels Netzspannung	299
Regelung der Netzfrequenz	300
Betriebsarten	301
Isolierstoffklassen, Bemessungsleistungen	302
Betriebsdaten von Käfigläufermotoren	303
Bauformen von drehenden elektrischen Maschinen .	304
Leistungsschilder von drehenden elektrischen Maschinen	305
Einphasen-Wechselstrommotoren	306
Drehstrommotoren, Gleichstrommotoren	307
Drehstrommotoren für Stromrichterspeisung	308
Servomotoren	309
Prüfung elektrischer Maschinen	311
Schrittmotoren	312
Kleinantriebe	313
Getriebe	315
Linearantriebe	316
Antriebstechnik	319
Effizienz von elektrischen Antrieben	320
Wahl des Antriebsmotors	321
Motorschutz	322
Anlassen von Kurzschlussläufermotoren	323
Netze der Energietechnik	325
Kurzzeichen an elektrischen Betriebsmitteln	326
Überlastschutz und Kurzschlusschutz von Leitungen	327
Mindest-Leiterquerschnitte, Leitungsschutzschalter .	328
Niederspannungs-Schmelzsicherungen	329
Überstrom-Schutzeinrichtungen für Geräte	330
Schutz gegen thermische Auswirkungen	331
Verlegearten für feste Verlegung	332
Strombelastbarkeiten	333
Umrechnungsfaktoren für die Strombelastbarkeit ..	337
Stromgefährdung, Berührungsarten, Fehlerarten ..	338
Schutzmaßnahmen, Schutzklassen	340
Systeme und Fehlerschutz mit Schutzleiter	341
Basisschutz und Fehlerschutz	342
Differenzstromschutzschalter RCD	343
Differenzstromüberwachungsgerät RCM	344
Fehlerschutz	345

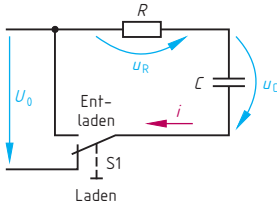
Erstprüfung der Schutzmaßnahmen	348
Wiederkehrende Prüfungen	349
Spezielle Niederspannungs-Anlagen	350
Elektroinstallation in Unterrichtsräumen	351
Stromversorgung elektronischer Geräte	352
Sicherheits-Stromversorgungsanlagen	353
Unterbrechungsfreie Stromversorgungssysteme ..	354
Akkumulatorenräume	355
Elektrische Energieversorgung von Werkstätten und Maschinenhallen	356
Schaltschrankaufbau	357
Leitungsverlegung im Schaltschrank	358
Schaltschrank-Klimatisierung	359
Instandsetzung, Änderung und Prüfung elektrischer Geräte	361
Elektrische Ausrüstung von Maschinen	362
Prüfung der elektrischen Ausrüstung von Maschinen	364
Sicherheits-NOT-AUS-Relais	365
Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen	366
Funktionale Sicherheit nach SIL	368
Sicherheitsfunktionsn	369
Sicherheits-SPS	370
Mechatronische Systeme	371
Funktionsdiagramme	373
Ablaufsteuerungen	374
Druckluftaufbereitung	384
Zylinder und Pumpen	385
Druckventile und Wegeventile	386
Automatisierte Schraubersysteme	387
Inbetriebnahme mechatronischer Systeme	388
Fehlerdiagnose in mechatronischen Systemen	390
Instandhaltung mechatronischer Systeme	393
Mittel zur vorausschauenden Instandhaltung	394

Teil D: Digitaltechnik, Informationstechnik 395

Binäre Verknüpfungen	396
KV-Diagramme	397
Codeumsetzer	398
ASCII-Code und Unicode	399
Identifikationssysteme	400
Bistabile Kippschaltungen	401
Digitale Zähler und Schieberegister	402
DA-Umsetzer und AD-Umsetzer	403
Komparatoren, S & H-Schaltungen	404
Halbleiterspeicher	405
Bewegbare Datenspeicher	406
Optische Speicher	407
Begriffe der Informationstechnik	409
Betriebssystem Windows	411
Arbeiten mit der Computermaus	412
Windows-10-Tasten-Kürzel	413
Arbeiten mit PowerPoint	414
Arbeiten mit Excel	415
Gefahren der Computersabotage	416
Maßnahmen gegen Computerviren	417
Datensicherung, Kopierschutz	418
Netze der Informationstechnik	419

Schalten von Kondensatoren und Spulen

Switching of Capacitors and Coils



$[\tau] = [t] = \Omega \cdot \frac{As}{V} = s$
 $[R] = \Omega$
 $[C] = \frac{As}{V} = \frac{C}{V} = F$
 $[i] = A$
 $[U_0] = [u_C] = [u_R] = V$

Zeitkonstante

$$\tau = R \cdot C \quad 1$$

Beim Laden (Einschalten):

$$i = \frac{U_0}{R} \cdot \exp(-t/\tau) \quad 2$$

$$u_C = U_0 [1 - \exp(-t/\tau)] \quad 3$$

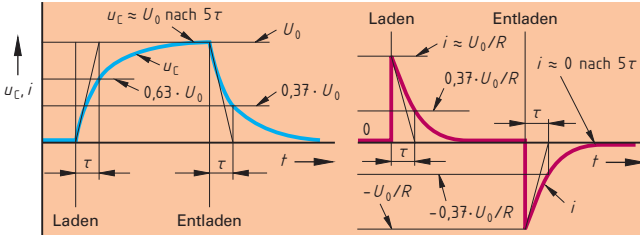
Beim Entladen (Kurzschließen):

$$i = -\frac{U_0}{R} \cdot \exp(-t/\tau) \quad 4$$

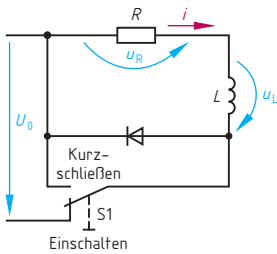
$$u_C = U_0 \cdot \exp(-t/\tau) \quad 5$$

Beim Laden und Entladen:

$$u_R = i \cdot R \quad 6$$



Kondensatorspannung und Kondensatorstrom der RC-Reihenschaltung



$[\tau] = \frac{H}{\Omega} = s$
 $[R] = \Omega$
 $[L] = \frac{Vs}{A} = H$
 $[i] = A$
 $[t] = s$
 $[U_0] = [u_R] = [u_L] = V$

Zeitkonstante

$$\tau = \frac{L}{R} \quad 7$$

Beim Einschalten:

$$i = \frac{U_0}{R} [1 - \exp(-t/\tau)] \quad 8$$

$$u_L = U_0 \cdot \exp(-t/\tau) \quad 9$$

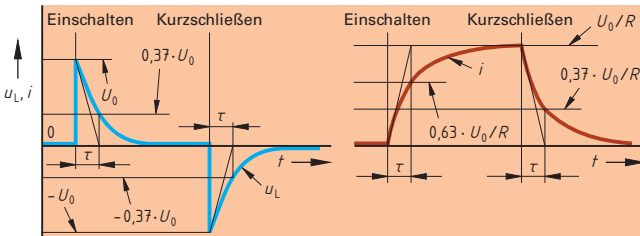
Beim Kurzschließen:

$$i = \frac{U_0}{R} \cdot \exp(-t/\tau) \quad 10$$

$$u_L = -U_0 \cdot \exp(-t/\tau) \quad 11$$

Beim Einschalten und beim Kurzschließen:

$$u_R = i \cdot R \quad 12$$



Spulenspannung und Spulenstrom der RL-Reihenschaltung

C Kapazität	t Zeit	u_C Kondensatorspannung
i Stromstärke (Augenblickswert)	u Spannung (Augenblickswert)	u_L Spulenspannung
L Induktivität	U_0 speisende Gleichspannung	u_R Spannung an R
R Wirkwiderstand	τ Zeitkonstante (Tau)	

$\exp(-t/\tau)$ ist die genormte Schreibweise von $\exp^{-t/\tau}$. Beim Taschenrechner muss man bei der Berechnung die Taste e^x verwenden und nicht die Taste \exp .

Die Zeitkonstante gibt die Zeit an, nach der ein nach e^x verlaufender Vorgang beendet wäre, wenn der Vorgang mit der Anfangsgeschwindigkeit weiterlaufen würde. Das ist aus den Tangenten der Bilder erkennbar. Endwerte von u und i sind erreicht nach $t \approx 5\tau$.

Ermittlung des Leiterquerschnitts, Strombelastbarkeit mit Umrechnungsfaktoren

Bedingung	Häufigste Bemessungsgrundlage	Beispiel
Bemessungsstrom sehr klein, Leitung nicht sehr lang	Mechanische Festigkeit (Mindestquerschnitt) siehe Seite 328	Handgerät mit $I_N = 5 \text{ A}$ $l = 2 \text{ m}$
Bemessungsstrom beliebig, Leitung mit normaler Länge	Strombelastbarkeit, siehe Seiten 333 bis 336	Beleuchtungsanlage mit $I_N = 16 \text{ A}$, $l = 30 \text{ m}$
Sehr lange Leitung, Bemessungsstrom beliebig	Spannungsfall, siehe unten	Motor mit $I_N = 16 \text{ A}$, $l = 150 \text{ m}$
Leitung zwischen normal und sehr lang	Größerer Querschnitt aus Strombelastbarkeit und Spannungsfall	Motor mit $I_N = 16 \text{ A}$, $l = 80 \text{ m}$

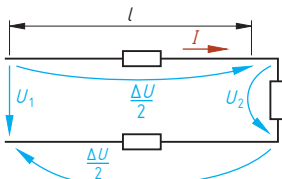
Bei Abweichung von den Betriebsbedingungen der Seiten 333 bis 336 bildet man mithilfe der Tabellen der Seiten 336, 337 (z.B. von 30 °C abweichende Umgebungstemperatur, Häufung von Leitungen) das Produkt F aus den Umrechnungsfaktoren f_1, f_2, \dots und berechnet aus der Strombelastbarkeit I_r von Seite 333 bis 335 die Strombelastbarkeit I_z .

$$F = f_1 \cdot f_2 \cdot \dots \quad 1$$

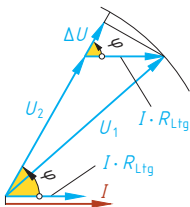
$$I_z = F \cdot I_r \quad 2$$

Hinweis zur Leitfähigkeit γ : Zur genauen Berechnung des Spannungsfalls ist γ für die anzunehmende Betriebstemperatur θ_b der Leitung einzusetzen. Für $\theta_b = 50 \text{ °C}$ ist bei Cu-Leitungen $\gamma_{50} = 50 \text{ m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$, bei $\theta_b = 20 \text{ °C}$ ist $\gamma_{20} = 56 \text{ m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$.

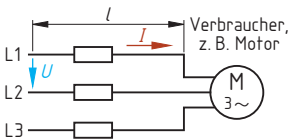
Spannungsfall und Leistungsverlust



Schaltung bei DC und AC



Zeigerbild bei AC



Schaltung bei Drehstrom (3 AC)

Alle Stromarten

$$\Delta U \approx U_1 - U_2 \quad 3$$

$$P_{V\%} = \frac{P_V \cdot 100\%}{P} \quad 4$$

$$\Delta u = \frac{\Delta U \cdot 100\%}{U} \quad 5$$

Gleichstrom DC

$$\Delta U = \frac{2 \cdot P \cdot l}{\gamma \cdot A \cdot U} \quad 6$$

$$P_V = \frac{2 \cdot I^2 \cdot l}{\gamma \cdot A} \quad 7$$

$$P_{V\%} = \Delta u \quad 8$$

γ siehe Hinweis oben und Seiten 134, 135

$$\Delta U = \frac{2 \cdot I \cdot l}{\gamma \cdot A} \quad 9$$

$$A = \frac{2 \cdot I \cdot l}{\gamma \cdot \Delta U} \quad 10$$

Einphasenwechselstrom AC

$$\Delta U = \frac{2 \cdot P \cdot l}{\gamma \cdot A \cdot U} \quad 11$$

$$P_V = \frac{2 \cdot I^2 \cdot l}{\gamma \cdot A} \quad 12$$

$$P_{V\%} = \frac{\Delta u}{\cos^2 \varphi} \quad 13$$

γ wie bei DC

$$\Delta U = \frac{2 \cdot I \cdot l \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot A} \quad 14$$

$$A = \frac{2 \cdot I \cdot l \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot \Delta U} \quad 15$$

Dreiphasenwechselstrom 3 AC

$$\Delta U = \frac{P \cdot l}{\gamma \cdot A \cdot U} \quad 16$$

$$P_V = \frac{3 \cdot I^2 \cdot l}{\gamma \cdot A} \quad 17$$

$$P_{V\%} = \frac{\Delta u}{\cos^2 \varphi} \quad 18$$

γ wie bei DC

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot l \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot A} \quad 19$$

$$A = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot l \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot \Delta U} \quad 20$$

- A Leiterquerschnitt
- $\cos \varphi$ Wirkfaktor
- f_1, f_2, \dots Umrechnungsfaktoren, z.B. wegen Leitungshäufung
- F Produkt der Umrechnungsfaktoren
- I Leiterstrom (Bemessungsstrom der Last)
- I_r Strombelastbarkeit nach Seiten 333 bis 335
- I_N Bemessungsstrom

- I_z Strombelastbarkeit der Leiter
- L Länge der Leitung
- P Leistung der Last
- P_V Leistungsverlust in der Leitung
- $P_{V\%}$ prozentualer Leistungsverlust (bezogen auf Leistung der Last)
- U Bemessungsspannung des Netzes oder der Last

- U_1 Spannung am Leitungsanfang
- U_2 Spannung am Leitungsende
- ΔU Spannungsfall (Spannungsunterschied)
- Δu prozentualer Spannungsfall (bezogen auf Bemessungsspannung)
- γ elektrische Leitfähigkeit (siehe Hinweis oben)
- φ Phasenverschiebungswinkel

M

K

WF

BM

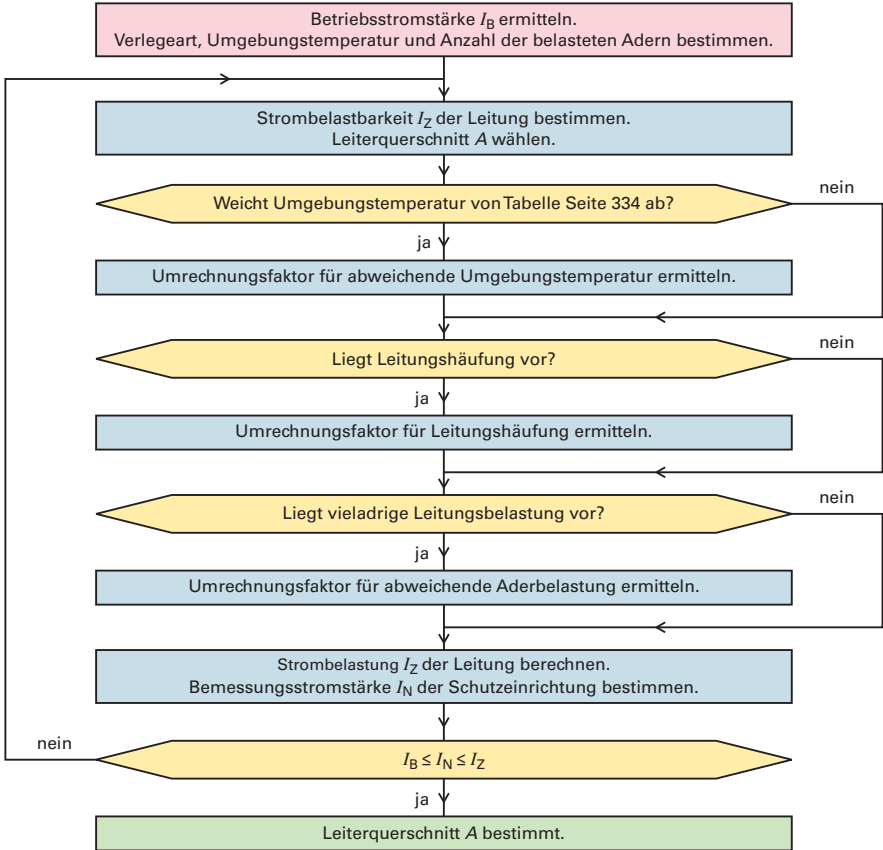
A

D

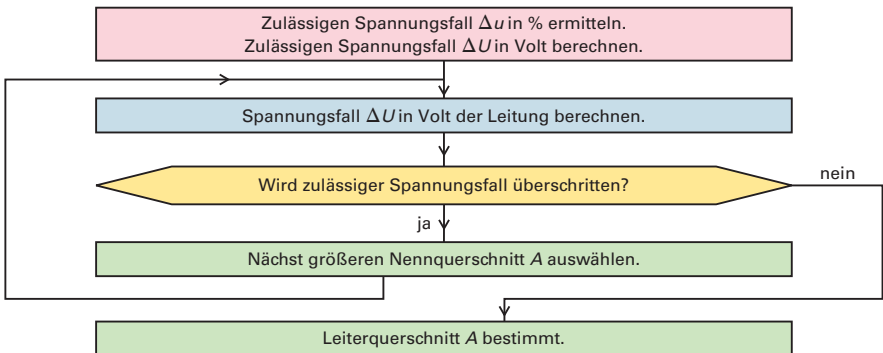
V

B

Schritt 1: Leitungsauswahl nach Strombelastbarkeit



Schritt 2: Leitungsauswahl nach höchstzulässigem Spannungsfall



B Schritt 3 ist die Berechnung der Schleifenimpedanz Z_S , um festzustellen, ob die Abschaltbedingungen einer Niederspannungsanlage erfüllt sind. Nach der Errichtung ist dann eine Messung durchzuführen.

I_B Betriebsstrom I_N Bemessungsstrom der Schutzeinrichtung I_Z zulässige Strombelastbarkeit der Leitung

Hydrauliköle

Arten

Typ	Erläuterung
HL (DIN 51524-1)	Druckflüssigkeiten mit Wirkstoffen zur Erhöhung des Korrosionsschutzes und der Alterungsbeständigkeit.
HLP (DIN 51524-2)	Enthalten zusätzliche Wirkstoffe, die den Verschleiß im Mischreibungsbereich mindern. Sie werden in Hydraulikanlagen mit Hydropumpen und Hydromotoren verwendet, die mit mehr als 200 bar betrieben werden.

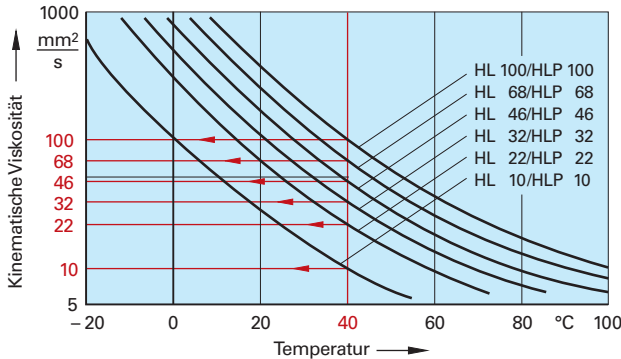
Eigenschaften

Eigenschaften		HL 10 HLP 10	HL 22 HLP 22	HL 32 HLP 32	HL 46 HLP 46	HL 68 HLP 68	HL 100 HLP 100
Kinematische Viskosität in mm ² /s	bei -20 °C	600	-	-	-	-	-
	bei 0 °C	90	300	420	780	1400	2560
	bei 40 °C	10	22	32	46	68	100
	bei 10 °C	2,4	4,1	5,0	6,1	7,8	9,9
Pourpoint ¹ gleich oder tiefer als		-30 °C	-21 °C	-18 °C	-15 °C	-12 °C	-12 °C
Flammpunkt höher als		125 °C	165 °C	175 °C	185 °C	195 °C	205 °C

¹ Der Pourpoint (Fließpunkt) ist ein international angewandtes Maß für das Kälteverhalten von Erdölprodukten. Nach DIN 51597 ist der Pourpoint die Temperatur, bei der das Hydrauliköl unter Schwerkrafteinfluss gerade noch fließt. Der Pourpoint ersetzt den früher in der deutschen Norm verwendeten um etwa 3 K niedrigeren Stockpunkt (Erstarungstemperatur).

⇒ **Hydrauliköl DIN 51524 – HLP 46:** Hydrauliköl vom Typ HLP, kinematische Viskosität = 46mm²/s bei 40 °C

Viskositäts-Temperatur-Verhalten

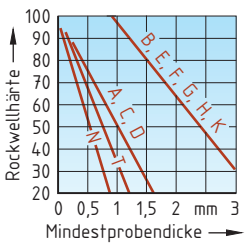
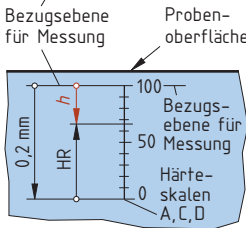
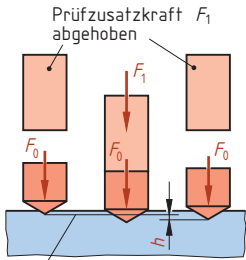


Schwer entflammare Hydraulikflüssigkeiten

Bezeichnung	ISO-Viskositätsklassen	Eignung für Temperaturen in °C	Eigenschaften	Verwendung
HFAE DIN 24320	(nicht festgelegt)	+ 5 bis + 55	Öl-in-Wasser-Emulsionen, üblicher Ölanteil 2 % ... 3 %, kleine Viskosität, geringe Schmierfähigkeit	Grubenausbau
HFAS	(nicht festgelegt)	+ 5 bis + 55	Lösungen von Flüssigkeitskonzentraten in Wasser, Eigenschaften wie HFAE	Grubenausbau
HFC	15, 22, 32, 46, 68, 100	- 20 bis + 60	Wässrige Monomer- und/oder Polymerlösungen, Verschleißschutz besser als bei HFA	Bergbau, Druckgussmaschinen, Schweißautomaten, Stahlindustrie, Schmiedepressen
HFD	15, 22, 32, 46, 68, 100	- 20 bis + 150	Wasserfreie synthetische Flüssigkeiten. Gut alterungsbeständig, schmierfähig, großer Temperaturbereich	Hydraulische Anlagen mit hohen Betriebstemperaturen

Härteprüfung nach Rockwell

vgl. DIN EN 10109

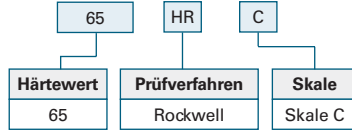


Zweck: Härteprüfung für alle Metalle.

Durchführung: Ein Eindringkörper wird in 2 Stufen in die Probe gedrückt. Aus der bleibenden Eindringtiefe h wird die Rockwellhärte abgeleitet.

F_0 Prüfvorlast
 F_1 Prüfzusatzkraft
 h bleibende Eindringtiefe in mm

Beispiel für die Angabe der Rockwellhärte:



Diagonale des Eindrucks

$$HR = 100 - \frac{h}{0,002 \text{ mm}}$$

Rockwellhärte HR für Skalen B, E, F, G, H, K

$$HR = 130 - \frac{h}{0,002 \text{ mm}}$$

Rockwellhärte HR für Skalen N und T

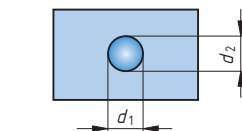
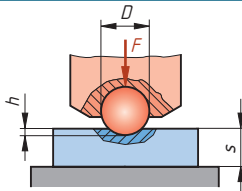
$$HR = 100 - \frac{h}{0,001 \text{ mm}}$$

Skalen und Anwendungsbereiche der Härteprüfverfahren nach Rockwell

Skale	Härte	Eindringkörper	F_0 in N	F_1 in N	Anwendungsbereich
A	HRA	Diamantkegel Kegelwinkel 120°	98	490,3	20 bis 88 HRA
C	HRC		98	1373	20 bis 70 HRC
D	HRD		98	882,6	40 bis 77 HRD
B	HRB	Stahlkugel Ø 1,5785 mm	98	882,6	20 bis 100 HRB
F	HRF		98	490,3	60 bis 100 HRF
G	HRG		98	1373	30 bis 94 HRG
E	HRE	Stahlkugel Ø 3,175 mm	98	882,6	70 bis 100 HRE
H	HRH		98	490,3	80 bis 100 HRH
K	HRK		98	1373	40 bis 100 HRK
15N	HR15N	Diamantkegel Kegelwinkel 120°	29,4	117,7	70 bis 94 HR15N
30N	HR30N		29,4	264,8	42 bis 86 HR30N
45N	HR45N		29,4	411,9	20 bis 77 HR45N
15T	HR15T	Stahlkugel Ø 1,5785 mm	29,4	117,7	67 bis 93 HR15T
30T	HR30T		29,4	264,8	29 bis 82 HR30T
45T	HR45T		29,4	411,9	1 bis 72 HR45T

Härteprüfung nach Brinell

vgl. DIN EN 10003



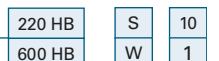
Eindruck der Kugel

Zweck: Härteprüfung für alle Metalle, deren Brinellhärte 650 nicht überschreitet, z.B. für ungehärteten Stahl, Gusseisen und NE-Metalle.

Durchführung: Eine gehärtete Stahlkugel (bis HBS 350) oder Hartmetallkugel (bis HBW 650) mit dem Durchmesser D wird mit einer genormten Prüfkraft F in die Oberfläche einer Probe eingedrückt. Der Eindruckdurchmesser d wird gemessen, der Härtewert HBS oder HBW berechnet oder Tabellen entnommen. Die Einwirkdauer beträgt meist 10 bis 15 s.

F Prüfkraft
 D Kugeldurchmesser
 d Eindruckdurchmesser
 h Eindrucktiefe
 s Mindestdicke der Probe

Beispiele für die Angabe der Brinellhärte:



Eindruckdurchmesser

$$d = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

$$0,24 \cdot D \leq d \leq 0,6 \cdot D$$

Mindestdicke

$$s \geq 8 \cdot h$$

Brinellhärte

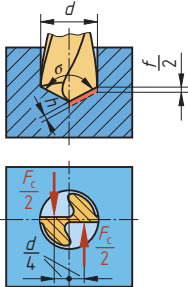
$$\left. \begin{matrix} \text{HBS} \\ \text{HBW} \end{matrix} \right\} = 0,102 \cdot \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot D \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Härtewert	Art des Prüfkörpers	Kugeldurchmesser D	Prüfkraft F	Einwirkdauer
Brinellhärte 220 Brinellhärte 600	S Stahlkugel W Hartmetallkugel	10 mm 1 mm	3000 · 9,80665 N = 29420 N 30 · 9,80665 N = 294,2 N	ohne Angabe: 10 bis 15 s Wertangabe: 25 s

Kräfte und Leistungen beim Zerspanen 2

Cutting Forces and Cutting Powers 2

Bohren



Beispiel:

Eine Platte aus S235JR wird mit arbeitsscharfem HSS-Bohrer gebohrt.

$d = 16 \text{ mm}$, $v_c = 12 \text{ m/min}$, $f = 0,18 \text{ mm}$ und $\sigma = 118^\circ$ (WAG N).

Gesucht: h , k_c , A , F_c , M_c

Lösung:

$$h = \frac{f}{2} \cdot \sin \frac{\sigma}{2} = \frac{0,18 \text{ mm}}{2} \cdot \sin 59^\circ = \mathbf{0,08 \text{ mm}}$$

$$k_c = 2735 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ (vorhergehende Seite)}$$

$$A = \frac{d \cdot f}{2} = \frac{16 \text{ mm} \cdot 0,18 \text{ mm}}{2} = \mathbf{1,44 \text{ mm}^2}$$

$$F_c = A \cdot k_c \cdot C_1 \cdot C_2 = 1,44 \text{ mm}^2 \cdot 2735 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 1,2 \cdot 1,0 = \mathbf{4726 \text{ N}}$$

$$M_c = \frac{F_c \cdot d}{4} = \frac{4726 \text{ N} \cdot 0,016 \text{ m}}{4} = \mathbf{18,9 \text{ Nm}}$$

Spannungsdicke

$$h = \frac{f}{2} \cdot \frac{\sin \sigma}{2} \quad \mathbf{1}$$

Spannungsquerschnitt

$$A = \frac{d \cdot f}{2} \quad \mathbf{2}$$

Schnittkraft

$$F_c = A \cdot k_c \cdot C_1 \cdot C_2 \quad \mathbf{3}$$

Spezifische Schnittkraft

$$k_c = \frac{k_{c1,1}}{h^{m_c}} \quad \mathbf{4}$$

Zerspanungsvolumen

$$Q = \frac{A \cdot v_c}{2} \quad \mathbf{5}$$

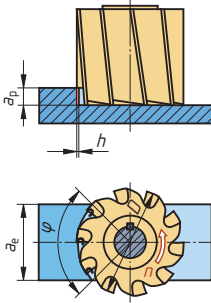
Schnittleistung

$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{2} = Q \cdot k_c \quad \mathbf{6}$$

Schnittmoment

$$M_c = \frac{F_c \cdot d}{4} \quad \mathbf{7}$$

Fräsen



Beispiel:

Ein Werkstück aus 16MnCr5 wird mit abgestumpfter HM-Wendeschneidplatte gefräst.

$D = 160 \text{ mm}$, $z = 12$, $a_e = 120 \text{ mm}$, $a_p = 6 \text{ mm}$, $f_z = 0,2 \text{ mm}$ und $v_c = 85 \text{ m/min}$

Gesucht: h , k_c , F_c , Q , P_c

Lösung:

$$h \approx f_z = 0,2 \text{ mm}$$

$$k_c = \mathbf{3191 \frac{N}{\text{mm}^2}}$$

$$F_c = A \cdot k_c \cdot C_1 \cdot C_2 = 3,88 \text{ mm}^2 \cdot 3191 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 1,0 \cdot 1,3 = \mathbf{16095 \text{ N}}$$

$$Q = a_p \cdot a_e \cdot v_f = 6 \text{ mm} \cdot 120 \text{ mm} \cdot 406 \frac{\text{mm}}{\text{min}} = \mathbf{292 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}}$$

$$P_c = F_c \cdot v_c = \frac{16095 \text{ N} \cdot 85 \text{ m}}{60 \text{ s}} = 22801 \text{ W} = \mathbf{22,8 \text{ kW}}$$

Spannungsquerschnitt

$$A = a_p \cdot h \cdot z_e \quad \mathbf{8}$$

Spannungsdicke

$$h \approx f_z \quad \mathbf{9}$$

Schnittkraft

$$F_c = A \cdot k_c \cdot C_1 \cdot C_2 \quad \mathbf{10}$$

Spezifische Schnittkraft

$$k_c = \frac{k_{c1,1}}{h^{m_c}} \quad \mathbf{11}$$

Schnittleistung

$$P_c = F_c \cdot v_c = Q \cdot k_c \quad \mathbf{12}$$

Zeitspannungsvolumen

$$Q = a_p \cdot a_e \cdot v_f \quad \mathbf{15}$$

Schneidzahl im Eingriff

$$z_e = z \cdot \varphi / 360^\circ \quad \mathbf{13}$$

Vorschubgeschwindigkeit

$$v_f = z \cdot f_z \cdot n \quad \mathbf{14}$$

- A Spannungsquerschnitt in mm^2
- a_e Arbeitseingriff (Fräsbreite) in mm
- a_p Schnitttiefe in mm
- C_1 Korrekturfaktor Schneidstoff
- C_2 Korrekturfaktor Schneidverschleiß
- D Fräserdurchmesser in mm
- d Bohrerdurchmesser in mm
- F_c Schnittkraft in N
- f Vorschub in mm je Umdrehung

- f_z Vorschub in mm je Schneide
- h Spannungsdicke in mm
- k_c Richtwert für die spez. Schnittkraft in N/mm^2
- M_c Schnittmoment in Nm
- m_c Werkstoffkonstante
- n Drehzahl in min^{-1}
- P_c Schnittleistung in kW
- Q Zeitspannungsvolumen in mm^3/min
- v_c Schnittgeschwindigkeit in m/min

- v_f Vorschubgeschwindigkeit in mm/min
- WAG Werkstoffauswahlgruppe (H, N, W)
- z Schneidzahl
- z_e Schneidzahl im Eingriff
- σ Spitzenwinkel (Sigma) in Grad
- φ Winkel (Phi) zwischen Fräseingriff und -austritt

WF

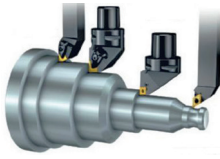
BM

A

D

V

B



Die Produktivität wird maßgeblich von der Auswahl der Bearbeitungsmethode, der Werkzeugauswahl und den Schnittdaten beeinflusst.

Als Drehwerkzeuge kommen heute fast ausschließlich Klemmhalter mit **Wendeschneidplatten** zum Einsatz. Von diesen sind etwa 80% beschichtet.

Bilder: Sandvik Coromant AB
www.sandvik.coromant.com



Wendeschneidplatten

vgl. DIN ISO 6987

Bezeichnungsbeispiel		C	N	M	W	12	04	10	T	N	P10						
Bezeichnung	Spalte 1, Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
1 Plattenform																	
2 Freiwinkel	A = 3°	B = 5°	C = 7°	D = 15°	E = 20°	F = 25°	G = 30°	N = 0°	P = 11°								
3 Toleranzen	Nicht anwenderrelevant																
4 Befestigung, Spanfläche																	
5 Plattengröße	Hauptschneidenlänge <i>l</i> in mm (bei ungleichseitigen die längste Seite), bei runden Platten Durchmesser <i>d</i> in mm, unter 10 mm wird eine Null vorangestellt.																
6 Plattendicke	Schneidenplattendicke <i>s</i> in mm, unter 10 mm wird eine Null vorangestellt.																
7 Schneide	Eckenradius <i>r_e</i> in mm (0,1 x Ziffer der 7. Stelle). 00 = scharfe Ecke, M0 runde Platte (metrisch).																
8 Schneidkante	A gerundet (ANSI)	E gerundet (EN)	F scharf	K doppelt gefast	S gerundet und gefast	T gefast											
9 Richtung	L linksschneidend			R rechtsschneidend				N links- und rechtsschneidend									
10 Werkstoff	P Stahl	M rostfreier Stahl	K Gusseisen	N NE-Metalle	H gehärtete Werkstoffe												

Vierkantschaft Klemmhalterbezeichnung

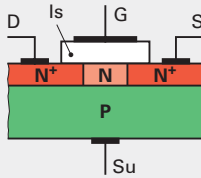
vgl. DIN 4983

Bezeichnungsbeispiel		C	T	G	A	R	20	20	K	16							
Bezeichnung (unten, z. T. oben)		1	2	3	4	5	6	7	8	9							
1 Befestigungsart	4	Freiwinkel an der Platte				7	Klemmhalter Schaftbreite										
2 Wendeschneidplattenform	5	Klemmhalterausführung				8	Klemmhalterlänge										
3 Halterform, Eintrittswinkel	6	Schneideneckenhöhe				9	Wendeschneidplattengröße										
																	ANSI American National Standards Institute

Teil BM: Bauelemente, Messen, Steuern, Regeln

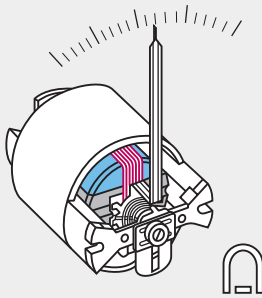
Part BM: Discrete Components, Measuring, Open-loop and Closed-loop Control

Bauelemente



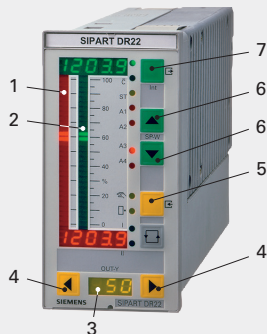
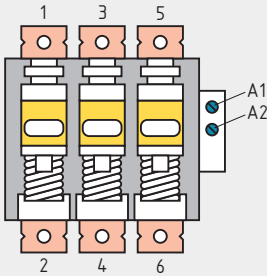
Widerstände und Kondensatoren 204
 Batterien 207
 Von physikalischen Größen abhängige
 Halbleiter-Bauelemente 208
 Dioden 209
 Feldeffekttransistoren, IGBTs 210
 Bipolare Transistoren und HEMT 211
 Thyristoren und Triggerdiode 212
 Fotoelektronische Bauelemente 213
 Bauelemente für Überspannungsschutz 214
 Grundlagen des Operationsverstärkers 215

Messen



Elektrische Analogmesswerke 217
 Schaltungen zur Widerstandsbestimmung 219
 Messbereichserweiterung 220
 Messen mit Multimeter 221
 Wattstundenzähler 222
 Sensoren 223
 Kraftmessung und Druckmessung 224
 Bewegungsmessung 225
 Wegmessung, Winkelmessung 226
 Temperaturmessung 227
 Näherungsschalter (Sensoren) 228
 Spezielle optoelektronische Sensoren 230
 Energieüberwachung in Smart-Grid-Anlagen 232
 Oszilloskop 233
 Messwerterfassung mit dem PC 235

Steuern und Regeln



Elektromagnetische Schütze 238
 Vakuumschütze, Halbleiterschütze 240
 Hilfsstromkreise 242
 Polumschaltbare Drehstrommotoren 244
 Ausschaltung, Serienschaltung, Wechselschaltung, Kreuzschaltung 246
 Stromstoßschaltungen 247
 Dimmen konventioneller Lampen 248
 Dimmen von LED-Lichtquellen 249
 Steuerung mittels Funk 250
 Elektroinstallation mit Funksteuerung 251
 Ausführung von Installationsschaltungen 252
 Steuerungs- und Regelungstechnik 254
 Analoge Regler 256
 Reglereinstellungen, Reglerauswahl 258
 Digitale Regelung 259
 Steuern und Regeln mit dem PC 260
 Universalregler 261
 Lageregelung bei Arbeitsmaschinen 262
 Logikmodul LOGO! 263
 Binäre Verknüpfungen der Steuerungs- und
 Regelungstechnik 266
 Speicherprogrammierbare Steuerung SPS 267
 SPS-Funktionsbausteine 272
 Programmiersprachen, Strukturierter Text ST, Ablaufsprache AS 273
 SPS-Programmierung nach DIN EN 61131-3 276
 Phasen der SPS-Programmentwicklung 278

BM

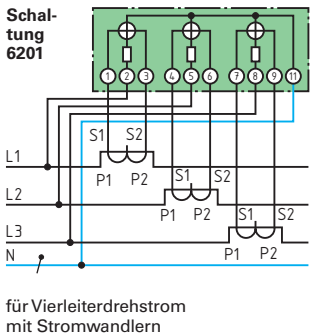
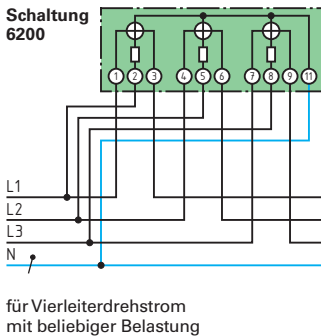
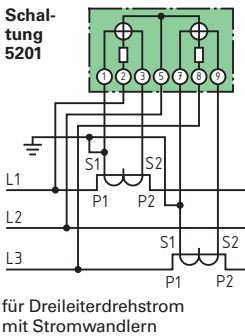
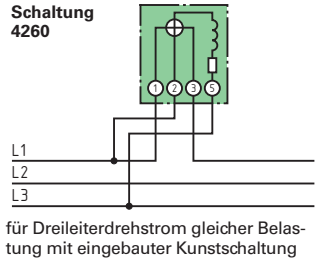
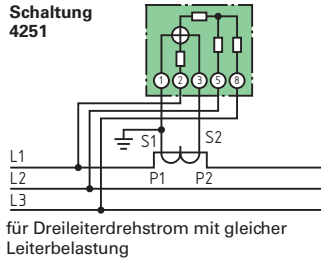
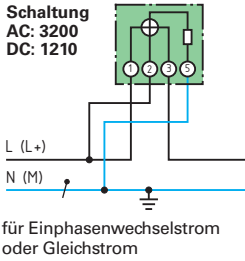
A

D

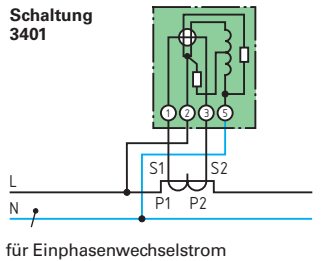
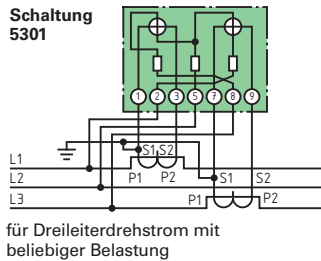
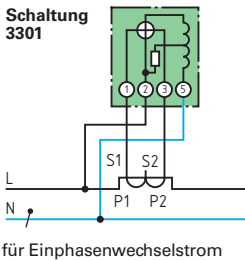
V

B

Schaltungen von Wirkleistungsmessgeräten

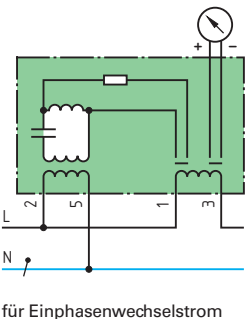


Schaltungen von Blindleistungsmessgeräten

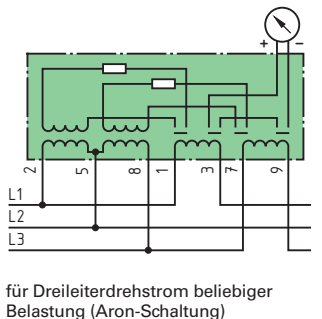
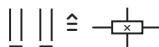


Leistungsfaktormessgerät

Schaltungen von Wirkleistungsmessgeräten mit Messzusatz (mit Hall-Generatoren)



Beim Messzusatz mit Hall-Generatoren wird das einzelne analoge Messwerk zur Multiplikation von U und I durch je einen Hall-Generator (Seite 208) ersetzt. Dabei erzeugt der Strompfad des Messzusatzes das Magnetfeld des Hall-Generators und sein Strom wird aus der Messspannung gebildet. Die Spannung des Hall-Generators ist das Produkt von U und I .



Anschlusskennzeichnung bei Stromwandlern:
Je nach Norm stehen für die Anschlüsse P1, P2 (primär) auch K, L und für S1, S2 (sekundär) auch k, l.

Bei analogen Reglern kann die Reglerausgangsgröße m im Regelbereich jeden Wert annehmen.

Reglerart	Beispiel, Beschreibung	Übergangsfunktion	Symbol, Blockdarstellung
<p>P-Regler (Proportional wirkender Regler)</p> <p>Die Ausgangsgröße ist proportional der Eingangsgröße. Bei P-Regelstrecken verbleibt eine Regeldifferenz.</p>		<p>— Sprungfunktion — Sprungantwort</p>	<p>x Regelgröße m R-Ausgangsgröße e Regeldifferenz</p>
<p>I-Regler Integral wirkender Regler</p> <p>I-Regler sind langsamer als P-Regler, beseitigen aber bei Regelstrecken mit P-Verhalten die Regeldifferenz vollständig.</p>			
<p>PI-Regler Proportional-integral wirkender Regler</p> <p>Beim PI-Regler werden ein P-Regler und ein I-Regler parallel geschaltet.</p>			
<p>D-Regler Differenzierend wirkender Regler</p> <p>D-Regleinrichtungen kommen nur zusammen mit P- oder PI-Regleinrichtungen vor, da reines D-Verhalten bei konstanter Regeldifferenz keine Stellgröße und damit keine Regelung liefert.</p>			
<p>PD-Regler Proportional-differenzierend wirkender Regler</p> <p>PD-Regler entstehen durch die Parallelschaltung eines P-Reglers mit einem D-Glied. Der D-Anteil ändert die Ausgangsgröße proportional zur Änderungsgeschwindigkeit der Eingangsgröße. Der P-Anteil ändert die Ausgangsgröße proportional zur Eingangsgröße. PD-Regler wirken schnell.</p>			
<p>PID-Regler Proportional-integral-differenzierend wirkender Regler</p> <p>PID-Regler entstehen durch die Parallelschaltung eines P-, eines I- und eines D-Reglers. Am Anfang reagiert der D-Anteil mit einer großen Steuersignaländerung, danach wird diese Veränderung etwa bis zum Anteil des P-Gliedes verringert, um anschließend durch den Einfluss des I-Gliedes linear anzusteigen.</p>			

BM

A

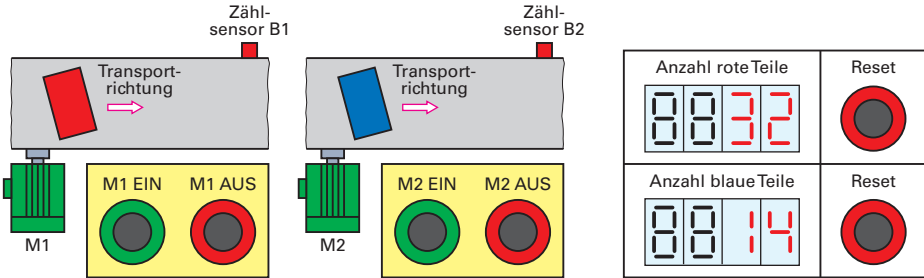
D

V

B

Anlagenschema (Zwei Förderbänder)

Zwei Förderbänder werden durch mehrfache Verwendung eines Funktionsbausteins FB 1 gesteuert.



- Bibliotheksfähige Bausteine sind wiederverwendbar und können in einem SPS-Programm mehrfach aufgerufen werden.
- In einem bibliotheksfähigen Baustein dürfen keine globalen Variablen für Eingänge, Ausgänge, Merker, Timer und Zähler verwendet werden.
- Globale Variablen sind in allen Proaramnteilen bekannt.
- Im Beispiel unten wird zuerst der Funktionsbaustein FB 1 erstellt und dieser dann zweimal in den Organisationsbaustein OB1 eingefügt.

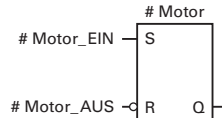
Variablentabelle des FB 1

Deklaration	Name	TYP
in	Motor_EIN	BOOL
in	Motor_AUS	BOOL
in	Zaehler	COUNTER
in	Zaehlsensor	BOOL
in	Ruecksetzen	BOOL
out	Motor	BOOL
out	Anzahl	WORD

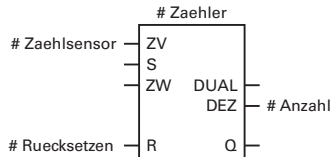
Den Eingangsvariablen (in) werden Werte aus dem aufrufenden Baustein übergeben. Die Ausgangsvariablen (out) übergeben Werte an den aufrufenden Baustein.

Funktionsbaustein FB 1

Netzwerk 1



Netzwerk 2



Lokale Variablen werden mittels Raute (#) gekennzeichnet.

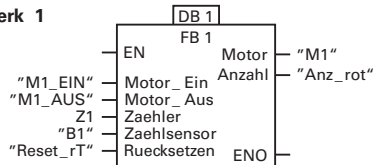
Symboltabelle (Zuordnungsliste)

Symbol	Operand	Kommentar
M1_EIN	E 1.0	Taster M1 EIN (Schließer)
M1_AUS	E 1.1	Taster M1 AUS (Öffner)
B1	E 1.2	Zählsensor B1 (Schließer)
Reset_rT	E 1.3	Reset rote Teile (Schließer)
M1	A 0.1	Motor 1
Anz_rot	AW 2	Anzahl rote Teile
M2_EIN	E 2.0	Taster M2 EIN (Schließer)
M2_AUS	E 2.1	Taster M2 AUS (Öffner)
B2	E 2.2	Zählsensor B2 (Schließer)
Reset_bT	E 2.3	Reset bl. Teile (Schließer)
M2	A 0.2	Motor 2
Anz_blaue	AW 4	Anz. blaue Teile

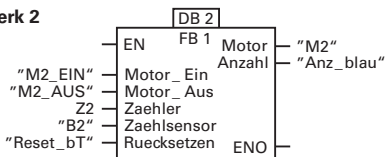
Bei den Symbolen bzw. Operanden handelt es sich um globale Variablen.

Organisationsbaustein OB 1

Netzwerk 1



Netzwerk 2



Beim Aufruf eines Funktionsbausteins muss ein Datenbaustein (DB 1, DB 2) angegeben werden. Globale Symbole werden zwischen Anführungszeichen geschrieben.

BM

A

D

V

B

Aufbau der Kennzeichnung für die Schutzart IP

Kennzeichen	Bedeutung	Beispiele
Kennbuchstaben IP	Schutz gegen Berühren und gegen Eindringen von Fremdkörpern und Wasser.	IP von engl. International Protection = internationale Schutzart.
1. Kennziffer 0 bis 6	Schutzgrade gegen Berühren und Eindringen von Fremdkörpern, z.B. Schmutz.	Bei einem großen Teil der Betriebsmittel kommen nicht alle Kennziffern für die Schutzart IP vor.
2. Kennziffer 0 bis 8	Schutzgrade gegen Eindringen von Wasser.	

Wenn nur die Angabe einer einzigen Kennziffer für die Schutzart nötig ist, wird die andere Kennziffer durch X ersetzt.

Bedeutung der Kennziffern nach IP

Schutzart	Bedeutung	Bemerkungen
Berührungsschutz und Fremdkörperschutz		
IP 0X	Kein Berührungs- und Fremdkörperschutz	(Bildzeichen siehe unten)
IP 1X	Schutz gegen Fremdkörper mit $\varnothing \geq 50$ mm	„Handrückschutz“
IP 2X	Schutz gegen Fremdkörper mit $\varnothing \geq 12,5$ mm	„Fingerschutz“
IP 3X	Schutz gegen Fremdkörper mit $\varnothing \geq 2,5$ mm	„Werkzeugschutz“
IP 4X	Schutz gegen Fremdkörper mit $\varnothing \geq 1,0$ mm	„Drahtschutz“
IP 5X	Schutz gegen schädliche Staubablagerung im Inneren	„staubgeschützt“
IP 6X	Schutz gegen Eindringen von Staub	„staubdicht“

Wasserschutz

IP X0	Kein Wasserschutz	
IP X1	Schutz gegen senkrecht fallendes Tropfwasser	„tropfwassergeschützt“
IP X2	Schutz gegen schräg fallendes Tropfwasser	„fast regengeschützt“
IP X3	Schutz gegen Sprühwasser	„regengeschützt“
IP X4	Schutz gegen Spritzwasser aus allen Richtungen	„spritzwassergeschützt“
IP X5	Schutz gegen Strahlwasser	„strahlwassergeschützt“
IP X6	Schutz gegen starkes Strahlwasser	„fast wasserdicht“
IP X7	Schutz gegen zeitweiliges Untertauchen	„wasserdicht“
IP X8	Schutz gegen dauerndes Untertauchen	„druckwasserdicht“
IP X9K	Schutz gegen Hochdruckreinigung	„hochdruckdicht“

Beim selben Betriebsmittel können einzelne Teile von der übrigen Schutzart abweichen. Die Angabe ist dann z.B. Gehäuse IP 32 – Anschlüsse IP 11. Bei Bedarf geben *zusätzliche* Buchstaben (A, B, C, D) Schutz gegen Berühren (mit Handrücken, Finger, Werkzeug, Draht) an und *ergänzende* Buchstaben (H, M, S, W) weitere Informationen, z.B. Hochspannungsgerät.



Bildzeichen für die Schutzarten

Tropfwassergeschützt	Regengeschützt	Spritzwassergeschützt	Strahlwassergeschützt	Wasserdicht	Druckwasserdicht	Staubgeschützt	Staubdicht

Kennzeichnung nach EN 60079: Siehe auch Seite 578.
Ex Schutzart, Gruppe, Temperaturklasse. Explosionsgruppe I für Schlagwetter-schutz, Gruppe II für Explosionsschutz mit IIA, IIB, IIC je nach Gas → Ex d IIBT4.



Allgemeine Kennzeichnung für Explosionsschutz oder Schlagwitterschutz

Als Zündschutzart bedeuten:
 d druckfeste Kapselung
 q Sandkapselung
 o Ölkapselung

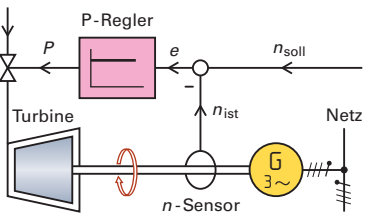
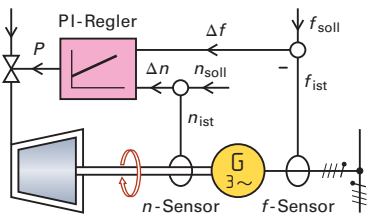
e erhöhte Sicherheit
 ia, ib Eigensicherheit
 p Überdruckkapselung

A

D

V

B

Begriffe	Erklärung	Bemerkungen, Daten, Bilder
<p>Frequenzhaltung 50 Hz</p> <p>europäisches Verbundnetz Toleranz, ± 0,2 Hz</p> <p>Synchrogenerator</p>	<p>Unter Frequenzhaltung des Netzes versteht man Regelvorgänge, die zu einer an den Hausanschlüssen annähernd konstanten Frequenz von 50 Hz führen.</p> <p>Im europäischen Verbundnetz ist die <i>Toleranz</i> ± 0,2 Hz.</p> <p>Die Frequenz soll also mindestens 49,8 Hz und höchstens 50,2 Hz betragen.</p>	<p>Die Netzfrequenz geben die Synchrongeneratoren der Großkraftwerke vor. Deren Frequenz f ist proportional der Drehzahl n ihrer Läufer.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <p style="text-align: center;">Netzfrequenz</p> $f = n \cdot p$ </div> <p>f Frequenz n Drehzahl p Zahl der Polpaare</p>
<p>Netzlast</p> <p>Großkraftwerke</p> <p>Primärregelung Turbinenleistung</p> <p>Sekundärregelung</p> <p>Dämpfung von Laststößen</p>	<p>Netzlast bremst die Synchrongeneratoren und ihre Drehzahl und Frequenz sinken. Bei abnehmender Netzlast nehmen die Generator-drehzahl und Frequenz zu. Es muss also die Drehzahl der Turbinen von <i>Großkraftwerken</i> auf konstante Drehzahl nach Formel 1 geregelt werden.</p> <p>Bei der <i>Primärregelung</i> wird die Leistung der Turbinen geregelt, bei der <i>Sekundärregelung</i> die Netzfrequenz.</p> <p>Zu einer Dämpfung von Laststößen führt die mechanische Energie der rotierenden Läufer von Generatoren und Motoren im Netz.</p>	 <p style="text-align: center;">Primärregelung eines Synchrongenerators</p>
<p>P-Regelung</p> <p>Sekundärregelung</p> <p>PI-Regelung</p> <p>positive Regelenergie</p> <p>Spannungsregelung</p>	<p>Für die Primärregelung liegt eine <i>P-Regelung</i> vor, die einen Fehler schnell, aber nicht vollständig, ausregelt. Bei der <i>Sekundärregelung</i> ist die zusätzliche Regelgröße die Netzfrequenz. Hier liegt eine <i>PI-Regelung</i> vor, die den Fehler der P-Regelung langsam ausgleicht.</p> <p>Bei zu niedriger Netzfrequenz wird zusätzliche Einspeisung oder kleinere Netzlast gebraucht (<i>positive Regelenergie</i>).</p> <p>Bei zu kleiner Netzfrequenz ist auch die Generatorspannung zu klein, sodass die Spannungsregelung des Netzes wirksam wird.</p>	 <p style="text-align: center;">Wirkungsweise der Sekundärregelung</p>
<p>negative Regelenergie</p> <p>Zuständigkeit ÜNB</p> <p>Sekundenreserve</p>	<p>Bei zu hoher Netzfrequenz wird kleinere Einspeisung oder größere Netzlast gebraucht (<i>negative Regelenergie</i>). Zuständig für die Netzregelung sind die ÜNB.</p> <p>Die Primärregelung erfolgt dezentral in für die Regelung vorgesehenen Großkraftwerken, die ihre Netzfrequenz messen und danach die Leistung steuern.</p>	<p>Die Primärregelung muss innerhalb von 30 Sekunden wirksam werden, wenn $\Delta f \geq 20 \text{ mHz} = 0,02 \text{ Hz}$. Diese Sekundenreserve muss mindestens für 15 Minuten verfügbar sein zum Aufwärtsregeln von großen Wärmekraftwerken mit über 1000 MW Leistung oder zum Abwärtsregeln auch von Wasserkraftwerken der ÜNB.</p>
<p>Pumpspeicher-Kraftwerke</p> <p>Gaskraftwerke</p> <p>Minutenreserve</p> <p>Übertragungsdistanzen</p>	<p>Die <i>Sekundärregelung</i> erfolgt im Übertragungsnetz in Pumpspeicherkraftwerken, Windkraftwerken, PV-Anlagen und Gaskraftwerken innerhalb von maximal 15 Minuten (<i>Minutenreserve</i>).</p> <p>Ein <i>zentraler Regler</i> erfasst die Netzfrequenz und die Leistungen der verschiedenen Regionen und regelt in diesen die Frequenz so, dass Leistungen möglichst über kurze Übertragungsdistanzen bewegt werden.</p>	<p>Für die Sekundärregelung wird ein PI-Regler eingesetzt. Der Betrag des I-Regelwertes (Integralreglers) steigt zeitweise ständig an, auch wenn 50 Hz erreicht sind. Dadurch schwankt die Frequenz um etwa $10 \text{ mHz} = 0,01 \text{ Hz}$ um 50 Hz.</p> <p>Die Regelung soll den Mittelwert der Netzfrequenz längere Zeit hindurch bei 50 Hz halten, damit die mit Netzfrequenz gesteuerten Uhren genau gehen.</p>
<p>e Regeldifferenz</p> <p>f Frequenz</p> <p>Δf Frequenzabweichung</p>	<p>n Drehzahl, Umdrehungsfrequenz</p> <p>p Polpaarzahl, halbe Polzahl</p> <p>P Leistung</p>	<p>PI-Regler Proportional-Integral-Regler</p> <p>P-Regler Proportionalregler</p> <p>ÜNB Übertragungsnetzbetreiber</p>

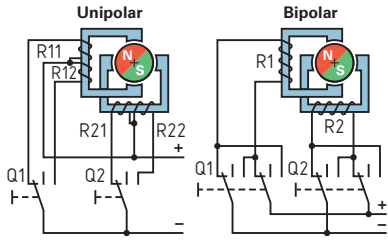
A

D

V

B

Art, Benennung	Wirkungsweise, Erklärung
----------------	--------------------------

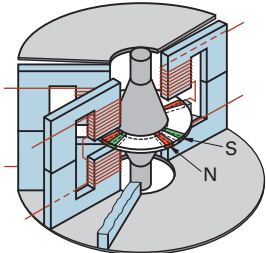


Zweistrang-Schrittmotoren

Prinzip:
Der Dauermagnetläufer dreht sich bei jedem Rechteckimpuls einer Gleichspannung um den Schrittwinkel weiter.

Betrieb:
Eine elektronische Ansteuerschaltung liefert die Impulse in der richtigen Reihenfolge.

Arten:
Es gibt Einstrang-Schrittmotoren, Zweistrang-Schrittmotoren, Vierstrang-Schrittmotoren und Fünfstrang-Schrittmotoren. Anstelle von Strang spricht man bei den Schrittmotoren oft von Phase, z. B. Zweiphasenmotoren.

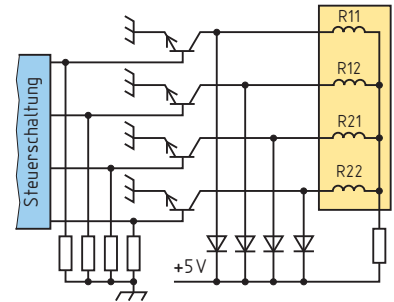


Scheibenmagnet-Schrittmotor

Wicklung:
Die Wicklung jedes Stranges kann unipolar oder bipolar ausgeführt sein. Bei der unipolaren Form fließt der Strom im Wicklungsstrang in derselben Richtung, bei der bipolaren Form auch in wechselnden Richtungen.

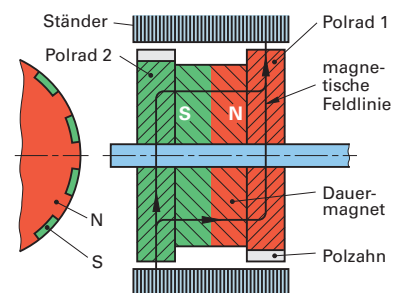
Anwendung der Schrittmotoren:
Genaueres Positionieren (Erreichen einer vorgegebenen Lage) z. B. bei Druckern, Plottern, Büromaschinen, Vorschub von Werkzeugmaschinen, Zuführen von Schweißdraht.

Taktfolge für einen Zweistrang-Schrittmotor		Vollschrittbetrieb	
Schritt-Nr., Reihenfolge		Halbschrittbetrieb zusätzl. rot	
Linkslauf	Rechtslauf	Schalter Q1	Schalter Q2
0 \triangleq 4	0 \triangleq 4	←	←
3 1/2	1/2	←	Mitte
3	1	←	→
2 1/2	1 1/2	Mitte	→
2	2	→	→
1 1/2	2 1/2	→	Mitte
1	3	→	←
1/2	3 1/2	Mitte	←



Prinzip einer unipolaren Schrittmotor-Steuerschaltung

Die Schalter Q1 und Q2 sind durch die Transistoren der Steuerschaltungen verwirklicht.



Läufer mit Gleichpolprinzip für Schrittmotor mit kleinem Schrittwinkel

Bei Halbschrittbetrieb:	Bei Vollschrittbetrieb:
$\alpha = \frac{180^\circ}{2p \cdot m}$	$\alpha = \frac{360^\circ}{2p \cdot m}$
$z_u = 2 \cdot 2p \cdot m$	$z_u = 2p \cdot m$
$n = \frac{f_{sch}}{2 \cdot 2p \cdot m}$	$n = \frac{f_{sch}}{2p \cdot m}$

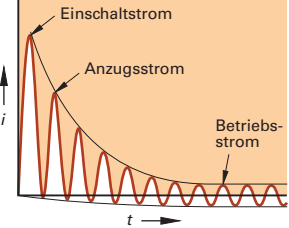
Durch eine elektronische Schaltung kann beim Halbschrittbetrieb die Phasenverschiebung in vier Teile geteilt werden, sodass der Vollschritt in acht Mikroschritte unterteilt wird (Mikroschrittbetrieb).

$2p$ Polzahl, f_{sch} Schrittfrequenz, m Strangzahl, n Drehzahl (Umdrehungsfrequenz), z_u Schrittzahl/Umdrehung, α Schrittwinkel

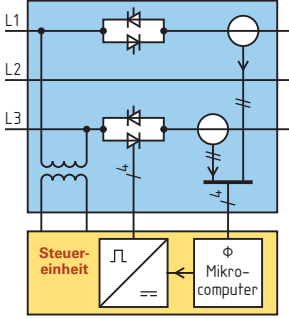
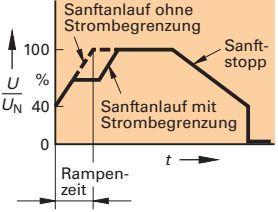
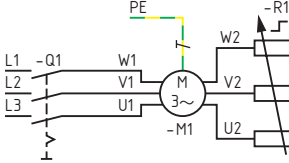
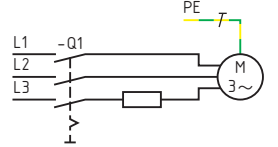
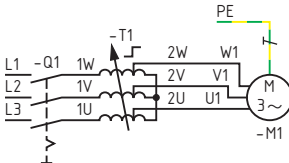
A
D
V
B

Anlassen von Kurzschlussläufermotoren Start-up of Squirrel-cage Motors

Prinzip

Ursache	Bedingung	Folgerung						
 <p>Stromverlauf</p>	Anschluss an das öffentliche Niederspannungsnetz nach TAB							
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Motorenart</th> <th>Bedingung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Einphasen-Wechselstrommotoren</td> <td>Bemessungsleistung nicht über 1,7 kVA.</td> </tr> <tr> <td>Drehstrommotoren</td> <td>Anzugsstrom nicht über 60 A oder Bemessungsleistung bis 5,2 kVA bei gelegentlichem Schalten (bei 400 V Bemessungsstrom 75 A).</td> </tr> </tbody> </table>	Motorenart	Bedingung	Einphasen-Wechselstrommotoren	Bemessungsleistung nicht über 1,7 kVA.	Drehstrommotoren	Anzugsstrom nicht über 60 A oder Bemessungsleistung bis 5,2 kVA bei gelegentlichem Schalten (bei 400 V Bemessungsstrom 75 A).	Bei Drehstrom-Kurzschlussläufermotoren mit einer Bemessungsleistung von mehr als 4 kW muss beim Einschalten die Spannung heruntergesetzt sein, damit der Einschaltstrom, der bis zum 10-Fachen des Bemessungsstromes betragen kann, begrenzt bleibt. Der Einschaltstrom sinkt im selben Verhältnis, wie die Spannung herabgesetzt wird. Dagegen sinkt das Drehmoment etwa quadratisch, bei halber Spannung also auf ein Viertel.
	Motorenart	Bedingung						
Einphasen-Wechselstrommotoren	Bemessungsleistung nicht über 1,7 kVA.							
Drehstrommotoren	Anzugsstrom nicht über 60 A oder Bemessungsleistung bis 5,2 kVA bei gelegentlichem Schalten (bei 400 V Bemessungsstrom 75 A).							

Anlaufschaltungen

Schaltung	Erklärung	Bemerkungen
<p>Direktes Einschalten</p>	Einschalten z. B. mit Motorschalter oder Schützschaltung.	Am öffentlichen Netz bei Drehstrommotoren bis 4 kW möglich.
<p>Einschalten mit Stern-Dreieck-Schalter</p>	In der Sternschaltung beträgt der Einschaltstrom nur ein Drittel des Einschaltstroms wie in der Dreieckschaltung.	Am öffentlichen Netz für Bemessungsleistung bis 11 kW. (Anzugsstrom < 60 A)
 <p>Elektronischer Motorstarter</p>	Der <i>Steuerteil</i> enthält einen Mikrocomputer und eine Steuereinheit zur Erzeugung der Zündimpulse für die IGBTs oder Thyristoren. Elektronische Motorstarter erhöhen während der Anlaufzeit die Spannung an den Motorklemmen von etwa 40 % auf 100 % der Bemessungsspannung U_N des Motors; meist mit Abschnittsteuerung. Elektronische Motorstarter sind zweiphasig (Bild links) ausgeführt (zwei Antiparallelschaltungen von IGBTs oder Thyristoren) oder einphasig oder dreiphasig. Immer muss ein Schalter mit Trennvermögen vorgeschaltet sein.	 <p>Spannungsverlauf beim elektronischen Motorstarter</p>
 <p>Schaltung mit Sternpunktanlasser</p>	Herabsetzung der Spannung durch drei Drosselspulen, drei Wirkwiderstände oder einen Flüssigkeitsanlasser mit Elektrolyt. Bei Drehstrommotoren mit der Angabe Y 400 V kann am 400-V-Netz ein Sternpunktanlasser verwendet werden. Für Motoren bis 2 kW kann die Kusa-Schaltung (Kusa von Kurzschlussläufer-Sanftanlauf) mit nur einem Widerstand verwendet werden.	 <p>Kusa-Schaltung</p>
 <p>Schaltung mit Anlauftransformator</p>	Herabsetzung der Spannung durch einen stellbaren Drehstromtransformator, meist in Sternschaltung. Der Einschaltstrom aus dem Netz wird dabei herabgesetzt durch die kleinere Spannung und durch die Stromübersetzung des Transformators. Nimmt der Motor bei halber Netzspannung z. B. 60 A auf, so nimmt der Transformator aus dem Netz nur etwa 30 A auf.	Mit Anlauftransformatoren können Drehstrom-Kurzschlussläufermotoren bis zu einer Bemessungsleistung von 15 kW angelassen werden. Nachteilig beim Anlassen mit Transformator sind die hohen Anschaffungskosten. Deshalb werden Anlauftransformatoren vor allem bei Hochspannungsmotoren großer Leistung verwendet und sind sonst ziemlich selten.

A

D

V

B

Überlastschutz und Kurzschlusschutz von Leitungen

Overload Protection and Short Circuit Protection of Conductors

Art	Erklärung	Bemerkungen, Formeln
Überlastschutz		
Bedingungen	<i>Bemessungsstromregel, Nennstromregel:</i> Bei Überlastung muss die Überstrom-Schutzeinrichtung ansprechen, bevor die Leitung unzulässig heiß wird. Auslösestrom I_t (t von tripping) oft auch I_2 .	$I_B \leq I_N \leq I_Z$ $I_t \leq 1,45 \cdot I_Z$ $I_Z \geq 0,69 \cdot I_t$
Anwendung	Die Bedingungen sind erfüllt, wenn I_N der Überstrom-Schutzeinrichtungen höchstens so groß ist wie I_Z .	Dabei müssen Überstrom-Schutzeinrichtungen nach den VDE-Bestimmungen verwendet werden.
Anordnung der Überstrom-Schutzeinrichtung	Grundsätzlich am Anfang des Stromkreises und dort, wo die Strombelastbarkeit verringert wird.	Versetzen der Überstrom-Schutzeinrichtungen zum Verbrauchsmittel hin ist zulässig, wenn der Schutz bestehen bleibt.
Wegfall der Überstrom-Schutzeinrichtung	Soll erfolgen, wenn eine Abschaltung gefährlicher ist als Überlastung, z. B. bei Hubmagneten.	Darf erfolgen, wenn eine Überlastung ausscheidet, z. B. bei Hilfsstromkreisen.

Kurzschlusschutz		
Normalfall	Schutz bei Kurzschluss (Ksch.) erfolgt zugleich durch den Überlastschutz am Stromkreis Anfang. Die Leitungen dürfen nicht zu lang sein (Tabelle unten).	Einpoliger Ksch.: $I_k = \frac{U_0}{Z_S}$ Dreipoliger Ksch.: $I_k = \frac{2 \cdot U_0}{Z_S}$
Ausschaltzeit (höchstzulässige Erwärmungszeit bei Kurzschluss)	Bei sehr kurzen Ausschaltzeiten ist zu prüfen, ob der I^2t -Wert (Herstellerangabe) genügt. $I^2t < (k \cdot A)^2$	$t \leq (k \cdot A / I_k)^2$ Bei PVC: $k = 115 \cdot \sqrt{s} \text{ A/mm}^2$ bei Gummi: $k = 141 \cdot \sqrt{s} \text{ A/mm}^2$
Anwendung	Die Ausschaltzeit ist nicht zu prüfen, wenn Leitungsschutzschalter (LS-Schalter) eingesetzt werden. LS-Schalter Typen B und C.	Bei Leiterquerschnitten $\geq 1,5 \text{ mm}^2$ Cu sind die Bedingungen erfüllt, wenn $I_N \leq 63 \text{ A}$ ist.
Anordnung der Überstrom-Schutzeinrichtung	Am Anfang des Stromkreises und dort, wo Belastbarkeit verringert ist und der Kurzschlusschutz nicht ausreicht.	Versetzung bis 3 m ist zulässig, wenn die Leitung vor der Schutzeinrichtung kurzschlussicher ist.
Wegfall der Überstrom-Schutzeinrichtung	Wie beim Überlastschutz, z. B. bei Sicherheitsbeleuchtungen, Erregerstromkreisen, Stromwandler-Sekundärkreisen.	Verzicht darf erfolgen, wenn Leitung kurzschlussicher und nicht in Nähe von brennbaren Stoffen ist.

Größte Leitungslängen von Kupferleitungen vgl. DIN VDE 0100 Bbl. 5

A in mm ²	I_N in A	bei LS-Sch. B I_{kmin} A	$Z_S = 300 \text{ m}\Omega, t \leq 5 \text{ s}$			$Z_S = 600 \text{ m}\Omega, t \leq 5 \text{ s}$		
			LS-Sch. B m	LS-Sch. C m	Sicherung gG	LS-Sch. B m	LS-Sch. C m	Sicherung gG
1,5	16	80	84	36	88	75	27	80
	20	100	65	27	54	56	17	47
2,5	20	100	107	45	112	92	29	98
	25	125	83	33	79	67	16	66
4	25	125	133	53	144	108	26	120
	32	160	98	36	84	72	8	62
6	32	160	148	54	138	109	12	101
	40	200	110	35	107	71	0	71
10	40	200	186	59	192	119	0	128
	50	250	135	33	116	67	0	52
16	50	250	215	53	192	106	0	85

A	Leiterquerschnitt	I_{kmin}	Mindest- I_k	k	Material-Koeffizient
I_t	Auslösestrom der Überstrom-Schutzeinrichtung	I_N	Bemessungsstrom der Überstrom-Schutzeinrichtung	t	Ausschaltzeit
I_B	Betriebsstrom	I_Z	Strombelastbarkeit der Leitung	U_0	Netz-Sternspannung
I_k	Kurzschlussstrom			Z_S	Schleifenimpedanz vor der Schutzeinrichtung

A

D

V

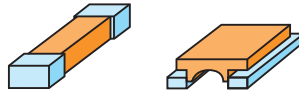
B

Schmelzsicherungen, Feinsicherungen

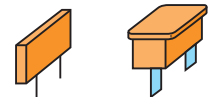
Ansicht, Kennlinie	Erklärung	Bemerkungen, Daten												
<p>Metallkappe mit Daten Schmelzdraht Glas oder Keramik</p>	<p>Bei Überstrom schmilzt der Schmelzdraht bzw. Schmelzleiter und unterbricht den Stromkreis. Bei Nennströmen über etwa 500 mA ist der Körper (Glas oder Keramik) mit Sand gefüllt, damit der Lichtbogen gelöscht wird. Auf den Metallkappen stehen die Daten der Sicherung.</p>	<p>Größte Ausschaltströme</p> <table border="1"> <tr> <th>Typ</th> <th>Erklärung</th> </tr> <tr> <td>H (High)</td> <td>AC 1550A</td> </tr> <tr> <td>L (Low)</td> <td>AC $10 \cdot I_N$, mindestens AC 35 A</td> </tr> <tr> <td>E (Extended)</td> <td>gegenüber L erhöht AC 150 A</td> </tr> </table>	Typ	Erklärung	H (High)	AC 1550A	L (Low)	AC $10 \cdot I_N$, mindestens AC 35 A	E (Extended)	gegenüber L erhöht AC 150 A				
Typ	Erklärung													
H (High)	AC 1550A													
L (Low)	AC $10 \cdot I_N$, mindestens AC 35 A													
E (Extended)	gegenüber L erhöht AC 150 A													
<p>Auslösekennlinie</p>	<p>Nennströme in mA: 25 / 32 / 40 / 50 / 56 / 71 / 80 / 91 / 100 / 112 / 140 / 160 / 200 / 224 / 250 / 280 / 315 / 365 / 450 / 500 / 560 / 630 / 710 / 800</p> <p>Nennströme in A: 1 / 1,12 / 1,25 / 1,4 / 1,6 / 1,8 / 2,5 / 3,15 / 4 / 5 / 6,3 / 8</p> <p>Diese Nennströme sind nicht für jeden Sicherungstyp lieferbar. Die Einheit ist meist nicht angegeben, sondern aus der Zahl erkennbar.</p>	<p>Sicherungstypen</p> <table border="1"> <tr> <th>Kennzeichnung</th> <th>Auslöseverhalten, I_a</th> </tr> <tr> <td>FF</td> <td>superflink, $I_a = 3 \cdot I_N$</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td>flink, $I_a = 10 \cdot I_N$</td> </tr> <tr> <td>M</td> <td>mittelträge, $I_a = 20 \cdot I_N$</td> </tr> <tr> <td>T</td> <td>träge, $I_a = 30 \cdot I_N$</td> </tr> <tr> <td>TT</td> <td>superträge, $I_a \approx 100 \cdot I_N$</td> </tr> </table> <p>$I_a$ Auslösestrom für Abschaltung innerhalb etwa 10 ms</p>	Kennzeichnung	Auslöseverhalten, I_a	FF	superflink, $I_a = 3 \cdot I_N$	F	flink, $I_a = 10 \cdot I_N$	M	mittelträge, $I_a = 20 \cdot I_N$	T	träge, $I_a = 30 \cdot I_N$	TT	superträge, $I_a \approx 100 \cdot I_N$
Kennzeichnung	Auslöseverhalten, I_a													
FF	superflink, $I_a = 3 \cdot I_N$													
F	flink, $I_a = 10 \cdot I_N$													
M	mittelträge, $I_a = 20 \cdot I_N$													
T	träge, $I_a = 30 \cdot I_N$													
TT	superträge, $I_a \approx 100 \cdot I_N$													



Kleinstsicherungen



Kleinsicherungen

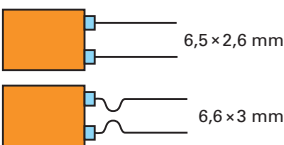


Flachsicherungseinsätze

Geräteschutzschalter (GS-Schalter)

Ansicht, Name	Erklärung	Schaltung																						
<p>GS-Schalter Typ STM</p>	<p>GS-Schalter mit elektromagnetischer Auslösung schalten bei Überschreitung des Nennstromes sofort ab, solche mit thermischer Auslösung schalten je nach Überschreitung mehr oder weniger verzögert ab. Solche mit elektromagnetischer und thermischer Auslösung schalten entsprechend wie Leitungsschutzschalter.</p> <p>GS-Schalter mit Unterspannungsauslöser schalten bei Unterschreitung des unteren Grenzwertes der Nennspannung ab.</p>	<p>GS-Schalter mit thermischem Auslöser und Unterspannungsauslöser</p>																						
<table border="1"> <tr> <th>Typ</th> <th>Bedeutung nach IEC 934</th> <th>Typ</th> <th>Bedeutung nach IEC 934</th> <th>Typ</th> <th>Bedeutung nach IEC 934</th> </tr> <tr> <td>R</td> <td>manuell nur Rückstellung</td> <td>TO</td> <td>nur thermische Auslösung</td> <td rowspan="2">HM</td> <td rowspan="2">elektromagnetische Auslösung, hydraulische Dämpfung</td> </tr> <tr> <td>M</td> <td>gelegentliche manuelle Schaltung</td> <td>TM</td> <td>Auslösung thermisch und elektromagnetisch</td> </tr> <tr> <td>S</td> <td>häufige manuelle Schaltung</td> <td>MO</td> <td>nur elektromagnetische Auslösung</td> <td>EH</td> <td>elektronische Überstromerkennung und elektromagnetische Abschaltung</td> </tr> </table>	Typ	Bedeutung nach IEC 934	Typ	Bedeutung nach IEC 934	Typ	Bedeutung nach IEC 934	R	manuell nur Rückstellung	TO	nur thermische Auslösung	HM	elektromagnetische Auslösung, hydraulische Dämpfung	M	gelegentliche manuelle Schaltung	TM	Auslösung thermisch und elektromagnetisch	S	häufige manuelle Schaltung	MO	nur elektromagnetische Auslösung	EH	elektronische Überstromerkennung und elektromagnetische Abschaltung		
Typ	Bedeutung nach IEC 934	Typ	Bedeutung nach IEC 934	Typ	Bedeutung nach IEC 934																			
R	manuell nur Rückstellung	TO	nur thermische Auslösung	HM	elektromagnetische Auslösung, hydraulische Dämpfung																			
M	gelegentliche manuelle Schaltung	TM	Auslösung thermisch und elektromagnetisch																					
S	häufige manuelle Schaltung	MO	nur elektromagnetische Auslösung	EH	elektronische Überstromerkennung und elektromagnetische Abschaltung																			

Sonderformen von GS-Schaltern ohne galvanische Trennung



Limitor: Bei Temperaturanstieg öffnet ein Kontakt. Oft für Abschalten der Stromversorgung verwendet.

Elektronische Sicherung: PTC-Widerstand, schnelle Umschaltung in den hochohmigen Zustand.

Nennstrom typisch 5 A
Größe 6,5 x 2,8 mm
Abschaltvermögen 240 V
maximale Spannung AC 60 V
Haltestrom je nach Typ 0,05 A – 9 A
max. Abschaltstrom typisch 40 A

A

D

V

B

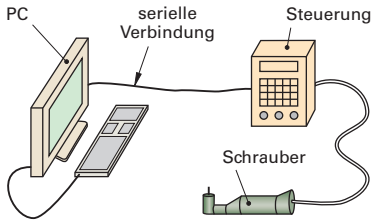
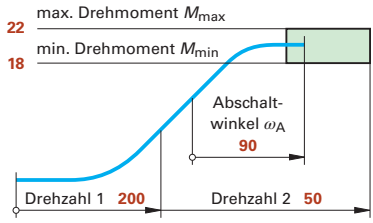
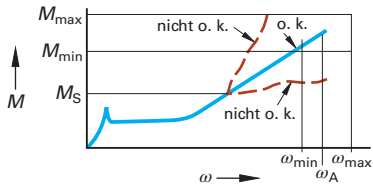
Merkmals	Erklärung	Bemerkungen																														
<p>SIS</p> <p>Safety Instrumented System</p>	<p>Sicherheitstechnisches, sicherheitsbezogenes, sicherheitsgerichtetes System zum Verwirklichen von Sicherheitsfunktionen. Technische Anlagen, Maschinen werden damit überwacht und beim Erkennen definierter Gefahrensituationen abgeschaltet oder in einen sicheren Zustand überführt. Das SIS besteht aus</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sensoren, • fehlersicheren Verarbeitungseinheiten und • Aktoren. <p>Ein Restrisiko des Ausfalls der Sicherheitsfunktionen bleibt dennoch bestehen.</p>	<p>Möglichkeiten zur Risikoreduzierung</p>																														
<p>SIL</p> <p>Safety Integrity Level</p>	<p>Mit zunehmendem Gefahren-Risiko von Anlagen, Maschinen oder Anlagenteilen bei Ausfall von Sicherheitsfunktionen steigen die Anforderungen an die Fehlersicherheit des SIS. Man unterscheidet vier Sicherheitsstufen zum Beschreiben der Maßnahmen zur Risikobeherrschung, Safety Integrity Levels (SIL). Je höher der SIL-Zahlenwert ist, desto kleiner muss die Fehlerrate (Wahrscheinlichkeit) für einen Ausfall einer Sicherheitsfunktion sein. www.pilz.com; www.dke.de</p>	<p>Die SIL-Werte 1 bis 4 (EN ISO 62061) finden Anwendung bei komplexen Anlagen, Maschinen mit SPS und Bussystemen für das Umsetzen von Sicherheitsfunktionen. Nicht elektrische Technologien (Hydraulik, Pneumatik, Mechanik) sind nicht abgedeckt. Anwendung der Performance-Level PL (EN ISO 13849-1) auch für diese Technologien. Beide Normen entsprechen einander mit weitgehend gleichem Ziel:</p> <table border="1"> <tr> <td>SIL</td> <td>-</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>PL</td> <td>a</td> <td>b</td> <td>c</td> <td>d</td> <td>e</td> <td>-</td> </tr> </table>	SIL	-	1	1	2	3	4	PL	a	b	c	d	e	-																
SIL	-	1	1	2	3	4																										
PL	a	b	c	d	e	-																										
<p>SIL-Werte</p> <p>Ausfallgrenzwerte</p>	<p>Unterschieden werden Ausfallgrenzwerte niedriger und höherer Anforderungen für Sicherheitsfunktionen (SIS), je nach deren Inanspruchnahme. Für SIS mit maximal einer Aktivierung im Jahr wird die zulässige Fehlerrate der Sicherheitsfunktion zum Zeitpunkt der Inanspruchnahme angegeben. Beispiel: Prozessindustrie.</p> <p>Für Sicherheitsfunktionen, die sehr häufig (mehrmals im Jahr) oder dauernd aktiv sind, wird die zulässige gefährliche Fehlerrate der Sicherheitsfunktion PFH_d bezogen auf eine Zeiteinheit, z.B. Stunde oder Jahr, angegeben.</p>	<p>Ausfallgrenzwerte bzgl. niedriger Anforderung</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>SIL</th> <th>PFD</th> <th>max. akzept. Ausfall des SIS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>$\geq 10^{-2}$ bis $< 10^{-1}$</td> <td>1 gefährl. Ausfall in 10 J</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>$\geq 10^{-3}$ bis $< 10^{-2}$</td> <td>1 gefährl. Ausfall in 10^2 J</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>$\geq 10^{-4}$ bis $< 10^{-3}$</td> <td>1 gefährl. Ausfall in 10^3 J</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>$\geq 10^{-5}$ bis $< 10^{-4}$</td> <td>1 gefährl. Ausfall in 10^4 J</td> </tr> </tbody> </table> <p>Ausfallgrenzwerte bzgl. hoher Anforderung</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>SIL</th> <th>PFD_d</th> <th>max. akzept. Ausfall des SIS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>$\geq 10^{-6}$ bis $< 10^{-5}$</td> <td>1 gefährl. Ausfall in 10^5 h</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>$\geq 10^{-7}$ bis $< 10^{-6}$</td> <td>1 gefährl. Ausfall in 10^6 h</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>$\geq 10^{-8}$ bis $< 10^{-7}$</td> <td>1 gefährl. Ausfall in 10^7 h</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>$\geq 10^{-9}$ bis $< 10^{-8}$</td> <td>1 gefährl. Ausfall in 10^8 h</td> </tr> </tbody> </table>	SIL	PFD	max. akzept. Ausfall des SIS	1	$\geq 10^{-2}$ bis $< 10^{-1}$	1 gefährl. Ausfall in 10 J	2	$\geq 10^{-3}$ bis $< 10^{-2}$	1 gefährl. Ausfall in 10^2 J	3	$\geq 10^{-4}$ bis $< 10^{-3}$	1 gefährl. Ausfall in 10^3 J	4	$\geq 10^{-5}$ bis $< 10^{-4}$	1 gefährl. Ausfall in 10^4 J	SIL	PFD _d	max. akzept. Ausfall des SIS	1	$\geq 10^{-6}$ bis $< 10^{-5}$	1 gefährl. Ausfall in 10^5 h	2	$\geq 10^{-7}$ bis $< 10^{-6}$	1 gefährl. Ausfall in 10^6 h	3	$\geq 10^{-8}$ bis $< 10^{-7}$	1 gefährl. Ausfall in 10^7 h	4	$\geq 10^{-9}$ bis $< 10^{-8}$	1 gefährl. Ausfall in 10^8 h
SIL	PFD	max. akzept. Ausfall des SIS																														
1	$\geq 10^{-2}$ bis $< 10^{-1}$	1 gefährl. Ausfall in 10 J																														
2	$\geq 10^{-3}$ bis $< 10^{-2}$	1 gefährl. Ausfall in 10^2 J																														
3	$\geq 10^{-4}$ bis $< 10^{-3}$	1 gefährl. Ausfall in 10^3 J																														
4	$\geq 10^{-5}$ bis $< 10^{-4}$	1 gefährl. Ausfall in 10^4 J																														
SIL	PFD _d	max. akzept. Ausfall des SIS																														
1	$\geq 10^{-6}$ bis $< 10^{-5}$	1 gefährl. Ausfall in 10^5 h																														
2	$\geq 10^{-7}$ bis $< 10^{-6}$	1 gefährl. Ausfall in 10^6 h																														
3	$\geq 10^{-8}$ bis $< 10^{-7}$	1 gefährl. Ausfall in 10^7 h																														
4	$\geq 10^{-9}$ bis $< 10^{-8}$	1 gefährl. Ausfall in 10^8 h																														
<p>PFD</p> <p>PFH_d</p> <p>MTTF_d</p>	<p>Probability of a Failure on Demand, Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls einer Sicherheitsfunktion bei Anforderung (Aktivierung).</p> <p>PFH_d Probability of a dangerous failure per Hour, Wahrscheinlichkeit eines gefährlichen Ausfalls einer Sicherheitsfunktion je Stunde. Ggf. Addition der Einzelwerte der Teilsysteme.</p> <p>Mean Time To a dangerous Failure. Mittlere Betriebszeit bis zum gefährlichen Ausfall einer Sicherheitsfunktion. Anwendung insbesondere bei PL.</p>	<p>J Jahre, h Stunden</p> <p>Die Ausfallwahrscheinlichkeit je Stunde kann in eine Betriebszeit bis zum Ausfall umgerechnet werden → MTTF_d.</p> <p>Betriebszeiten bis zum gefährlichen Ausfall</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>MTTF_d</th> <th>Zeit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>niedrig</td> <td>3 Jahre bis 10 Jahre</td> </tr> <tr> <td>mittel</td> <td>10 Jahre bis 30 Jahre</td> </tr> <tr> <td>hoch</td> <td>30 Jahre bis 100 Jahre</td> </tr> </tbody> </table>	MTTF _d	Zeit	niedrig	3 Jahre bis 10 Jahre	mittel	10 Jahre bis 30 Jahre	hoch	30 Jahre bis 100 Jahre																						
MTTF _d	Zeit																															
niedrig	3 Jahre bis 10 Jahre																															
mittel	10 Jahre bis 30 Jahre																															
hoch	30 Jahre bis 100 Jahre																															
<p>Diversität</p>	<p>Zum Erfüllen der Sicherheitsaufgabe mit hoher Zuverlässigkeit sind die Betriebsmittel derart redundant auszulegen, dass die Umsetzung mit ungleichartigen Mitteln erfolgt.</p>	<p>Eine Drehzahlüberwachung wird z.B. durch einen analogen Tachogenerator und einen digitalen Impulszähler verwirklicht.</p>																														
<p>Fehlerarten</p>	<p>Zu unterscheiden sind in einem SIS systematische und zufällige Fehler. Beide Fehlerarten sind zum Erfüllen eines SIL jeweils für sich zu betrachten.</p>	<p><i>Systematische</i> Fehler sind schon bei der Auslieferung eines Gerätes vorhanden, z.B. Entwicklungsfehler bzgl. Software, Geräte-Auslegung. Zufällige Fehler treten <i>zufällig</i> während des Betriebes auf, z.B. ein Kurzschluss.</p>																														
<p>FMEA</p>	<p>Failure Mode Effect Analysis = Fehlermöglichkeiten- und Einflussanalyse. Methode zum systematischen Erfassen potenzieller Fehler und Ausfallzuständen von Anlagen-Komponenten.</p>	<p>Eine FMEA ist während der Konzeptionsphase einer Anlage durchzuführen.</p>																														

A

D

V

B

Begriff	Erklärung	Bemerkungen
Schrauberantrieb	<p>Der Antrieb eines Elektroschraubers erfolgt durch einen bürstenlosen Servomotor, der von einer Schraubersteuerung überwacht wird. Bei Erreichen z.B. des vorgegebenen Drehmomentes wird der Motor abgeschaltet.</p> <p>Wegen Linkslauf, Rechtslauf können Schrauben angezogen bzw. gelöst werden.</p> <p>www.bosch-professional.com www.synatec.de www.atlascopco.de</p>	<p>Momenthaltezeit, Drehmoment, Wiederanlaufzeit, Drehzahl und Drehrichtung werden von der Schraubersteuerung vorgegeben. Elektronische Schrauber kommen insbesondere dann zum Einsatz, wenn hohe Drehmomentgenauigkeit und Dokumentation der Verschraubung gefordert sind.</p> <p>Das Umsetzen der Motordrehzahlen in kleinere Schrauberdrehzahlen mit notwendigem Moment erfolgt über Planetengetriebe.</p>
Schraubersteuerung Auswertungen Protokollierung	<p>Die Steuerungen sind speziell für das Ansteuern der Antriebe der Schrauberspindeln ausgelegt. Über Schnittstellen sind IT-Geräte anschließbar. Daten für statistische Auswertungen werden gespeichert und z. B. an einen angeschlossenen PC wegen erforderlicher Nachweispflicht übertragen: Auftragsnummer, Anzugsdaten (Drehmoment, Drehwinkel), Datum.</p> <p>Das Protokollieren der Schraubzyklen umfasst auch Meldungen zu überschrittenen Grenzwerten. Ein Schraubzyklus wird ggf. dann abgebrochen.</p>	 <p>Schraubersystem</p>
Schrauberprogrammierung Sollwerte, Grenzwerte	<p>Die Programmierung des Schraubers erfolgt an der Steuerung oder über einen daran angeschlossenen PC. Parameter für die Schrauberspindel sind einzugeben.</p> <p>Das Anziehen der Schrauben ist z. B. als drehmomentgesteuert, kraftgesteuert mit Drehwinkelkontrolle oder drehwinkelgesteuert mit Drehmomentkontrolle programmierbar.</p> <p>Hierbei werden Kraftmomente, Drehwinkel, Drehzahlen und zugehörige Grenzwerte programmiert (konfiguriert). Ferner ist die Anzahl der Verschraubungen programmierbar (Satzzählung).</p>	 <p>Programmierung Schraubprozess</p>
Schnittstellen Schraubersteuerung Anschluss, Schrauber	<p>Mittels Bus-Steckkarten sind Anbindungen über Ethernet, PROFIBUS, CAN-Bus möglich. Ferner sind die Schnittstellen V.24, USB, WLAN, Bluetooth verfügbar. Auch über digitale EA (Eingänge, Ausgänge, 0 V, 24 V) können z. B. bei angeschlossener SPS Ansteuersignale erzeugt und Rückmeldesignale geliefert werden.</p> <p>Der Schrauber ist mit Schraubsteuerung über Bluetooth, WLAN oder Anschlusskabel (inkl. Spannungsversorgung) verbunden.</p>	<p>Die Anbindung der Schraubersteuerung an einen PC erfolgt z. B. über Ethernet, WLAN.</p> <p>Mit den anderen Schnittstellen können z. B. Drucker oder Barcodescanner angeschlossen werden. Mittels Barcode kann das einem Auftrag zugeordnete Schrauberprogramm aktiviert werden.</p>
Messsensorik Drehmoment Drehwinkel	<p>Das Messen des Drehmomentes erfolgt während des Schraubvorganges kontinuierlich direkt über eine Messbrücke aus Dehnungsmessstreifen, die an der rotierenden Welle angebracht sind, oder indirekt über den Motorstrom, der dem Drehmoment proportional ist (geringere Wiederholgenauigkeit).</p> <p>Das Messen des Drehwinkels erfolgt über Resolver oder Inkremental-Geber.</p> <p>www.ibes-electronic.de</p>	 <p>Drehwinkelgesteuertes Anziehverfahren mit Drehmomentüberwachung</p>
Schrauber im Prozess Poka Yoke	<p>Schrauber werden in Montageprozessen eingesetzt. Abhängig von eingestellten Grenzwerten oder Anzahl durchzuführender Verschraubungen werden von der Schraubersteuerung Meldungen erzeugt, die von einem angeschlossenen Computer (PC, SPS) derart ausgewertet werden können, dass z. B. ein Montageband angehalten wird.</p>	<p>Das gezielte Reagieren auf Meldungen der Schraubersteuerung im Montageprozess wirkt sich auf die Produktqualität infolge Fehlervermeidung aus (Poka-Yoke-Prinzip).</p>

A

D

V

B