



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für elektrotechnische, elektronische,
mechatronische und informations-
technische Berufe

Tabellenbuch Elektrotechnik

Tabellen

Formeln

Normenanwendung

26. neu bearbeitete Auflage

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

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

Europa-Nr.: 30103

Europa-Nr.: 30160 XXL, mit CD

Autoren des Tabellenbuchs Elektrotechnik:

Häberle, Gregor	Dr.-Ing., Abteilungsleiter	Tett nang
Häberle, Heinz	Dipl.-Gewerbelehrer, VDE	Kressbronn
Jöckel, Hans-Walter	Dipl.-Ing. (FH), Oberstudienrat	Friedrichshafen
Krall, Rudolf	Dipl.-Päd. Ing., Berufsschuloberlehrer	St. Leonhard
Schiemann, Bernd	Dipl.-Ing.	Durbach
Schmitt, Siegfried	staatl. gepr. Techniker, Techn. Oberlehrer	Bad Bergzabern
Tkocz, Klaus	Dipl.-Ing. (FH)	Kronach

Leitung des Arbeitskreises:

Dr.-Ing. Häberle, Tett nang

Bildbearbeitung:

Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, Ostfilder-

Auszüge aus DIN-Normen und VDE-Klassifikation sind für die angemeldete limitierte Auflage wiedergegeben mit Genehmigung 112.014 des DIN Deutsches Institut für Normung e.V. und des VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. Für weitere Wiedergaben oder Auflagen ist eine gesonderte Genehmigung erforderlich.

Maßgebend für das Anwenden der Normen sind deren Fassungen mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der VDE-VERLAG GmbH, Bismarckstr. 33, 10625 Berlin, www.vde-verlag.de, erhältlich sind.

26. Auflage 2015

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 978-3-8085-3228-7

ISBN 978-3-8085-3229-4 XXL, mit CD

Umschlaggestaltung: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald
unter Verwendung eines Fotos der Bilddatenbank
www.fotolia.de : © erdquadrat-fotolia.com

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

© 2015 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz: Tutte Druckerei & Verlagsservice GmbH, 94121 Salzweg
Druck: B.o.s.s Medien GmbH, 47574 Goch

MATHEMATIK, PHYSIK, SCHALTUNGS-
THEORIE, BAUELEMENTE

11 ... 66

G

TECHNISCHE DOKUMENTATION,
MESSEN

67 ... 120

TM

ELEKTRISCHE INSTALLATION

121 ... 198

EI

SICHERHEIT, ENERGIEVERSORGUNG

199 ... 286

SE

INFORMATIONSD- UND KOMMUNIKA-
TIONSTECHNISCHE SYSTEME

287 ... 334

IK

AUTOMATISIERUNGS- UND ANTRIEBS-
SYSTEME, STEUERN UND REGELN

335 ... 424

AS

WERKSTOFFE, VERBINDUNGSTECHNIK

425 ... 458

W

BETRIEB UND SEIN UMFELD,
UMWELTTECHNIK, ANHANG

459 ... 536

BU

Die Weiterentwicklungen der Technik und der Lernorganisationen führte schon in der 25. Auflage zu einer Überarbeitung und Erweiterung des Buches. Neue und aktualisierte Inhalte der 25. und 26. Auflage sind nachstehend *kursiv* (schräg) gedruckt.

- **Teil M
Mathematik,
Physik,
Schaltungstheorie,
Bauelemente**

Formelzeichen, Größen und Einheiten, mathematische Zeichen, Potenzen, Vorsätze, *logarithmisches Maß Dezibel*, Kraft, Kraftmoment, Arbeit, Leistung, Wärme, Ladung, Spannung, Stromstärke, Widerstand, Felder, Wechselgrößen, *Schalten von Kondensatoren und Spulen*, Drehstrom, Dioden, Transistoren, *IGBTs*, Thyristoren, magnetfeldabhängige und fotoelektronische Bauelemente.
- **Teil TM
Technische
Dokumentation,
Messen**

Technisches Zeichnen, Maßeintragung, Schaltpläne, Schaltzeichen, Vergleich von Schaltzeichen, *Zweirichtungszähler*, *Funksteuerempfänger*, Erstellen einer Betriebsanleitung, Messgeräte und Messwerke, Messkategorien, *Messen in elektrischen Anlagen*, *Elektrizitätszähler*, *Oszilloskope*, Messen mit Sensoren.
- **Teil EI
Elektrische
Installation**

Arbeiten in elektrischen Anlagen, Leitungsverlegung, Leitungsführung, *Installationsschaltungen*, Sprechanlagen, Dimmertypen, Elektroinstallation mit Niedervolt-Halogenlampen, feldarme Elektroinstallation, Gebäudeleittechnik und Gebäudesystemtechnik, *Projektierung beim KNX*, Hausanschluss, *Fundamenterde*, Hausinstallationen, Leitungsberechnung, *Strombelastbarkeit von Kabeln*, Lichttechnik, *Beleuchtungstechnik*, *LED-Leuchtmittel*.
- **Teil SE
Sicherheit,
Energieversorgung**

Erste Hilfe, Arbeitsschutz, Arbeitssicherheit, *Zeichen zur Unfallverhütung*, Differenzstromgeräte, *Basisschutz*, *Fehlerschutz*, *zusätzlicher Schutz*, Leiter für die Schutzmaßnahmen, Kraftwerksarten, Isolierstoffklassen, *Transformatoren*, Freileitungsnetze, Erdkabel, *Eigenzeugungsanlagen*, *intelligente Stromnetze*, Brennstoffzellen, Primärelemente, *Akkumulatoren*, SSV-Anlagen, elektromagnetische Verträglichkeit EMV, Blitzschutz, Qualität der Stromversorgung, *Oberschwingungen*, Kompensation, *Rauchwarnmelder*, *Brandschutzschalter*, *Sicherheitstechnik*, *Energieeinsparverordnung*, *Energie-Effizienz*, Hausgeräte-technik, *Stromtarife*.
- **Teil IK
Informations- und
kommunikations-
technische Systeme**

Zahlensysteme, Codes, Schaltalgebra, Flipflops, DAU, ADU, Modulation und Demodulation, *Mikrocomputer*, Netze der Informationstechnik, Komponenten für Datennetze, Ethernet, *Funk-LAN*, AS-i-Bussysteme, PROFIBUS, Identifizierungssysteme, Anschluss an das Telefonnetz, Internet, *Antennenanlagen*, SAT-Anlagen, *Querkommunikation mit Sicherheitstechnologie*.
- **Teil AS
Automatisierungs-
und Antriebs-
systeme, Steuern
und Regeln**

Stromrichter, *Schaltnetzteile*, Kippschaltungen, Steuerrelais, Speicherprogrammierbare Steuerungen SPS, *Wortverarbeitung bei SPS*, Steuerungstechnik, Hilfsstromkreise, Ablaufsteuerung GRAFCET, *Schütze*, Motorschutz, elektrische Ausrüstung von Maschinen, *Regelungstechnik*, Drehstrommotoren, Wechselstrommotoren, Gleichstrommotoren, *Effizienz von Antrieben*, Servomotoren, Kleinstmotoren, Linearantriebe, *Planung von Automatisierungsanlagen*, *EU-Maschinenrichtlinie*.
- **Teil W
Werkstoffe,
Verbindungstechnik**

Periodensystem, Stoffwerte, Stahlnormung, Magnetwerkstoffe, Isolierstoffe, Leitungen, Erdkabel, *Steckverbinder*, lötfreie Anschluss-technik, *Gewinde*, *Schrauben und Muttern*, *Dübel*.
- **Teil BU
Betrieb, Umfeld,
Umwelttechnik,
Anhang**

Organisationsformen, Arbeiten im Team, Arbeitsplanung, Kosten und Kennzahlen, Qualifikationen der Elektrofachkraft, Durchführung von Projekten, Umgang mit Konflikten, Kommunikation mit Kunden, Umwelttechnische Begriffe, *gefährliche Stoffe*, Elektroschrott, *Normen*, Kurzformen, fachliches Englisch, Sachwortverzeichnis, Firmen und Dienststellen.

Normänderungen wurden übernommen, z. B. bei den Begriffen nach DIN VDE 0100-200. Allgemein ist zu beachten, dass vielfach die Normen verschiedene Formen zulassen, z. B. in DIN EN 61082 (Dokumente der Elektrotechnik, Regeln) Stromverzweigung mit oder ohne „Punkt“. Davon wurde, wie in der beruflichen Praxis, auch im Buch Gebrauch gemacht.

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

Lernfelder, Prüfungsteile 9
 Literaturverzeichnis 10

Teil G:

Mathematik, Physik, Schaltungstheorie, Bauelemente 11

Formelzeichen dieses Buches 12
 Indizes und Zeichen für Formelzeichen dieses Buches 13
 Internationale Formelzeichen 14
 Größen und Einheiten 15
 Mathematische Zeichen 17
 Potenzen, Vorsätze, Logarithmen, Dreisatzrechnung 18
 Logarithmisches Maß Dezibel 19
 Winkel, Winkelfunktionen, Prozentrechnen 20
 Beziehungen zwischen den Winkelfunktionen 21
 Längen und Flächen 22
 Körper und Masse 23
 Masse, Kraft, Druck, Kraftmoment 24
 Bewegungslehre 25
 Mechanische Arbeit, mechanische Leistung, Energie 26
 Übersetzungen 27
 Rollen, Keile, Winden 28
 Wärme 29
 Ladung, Spannung, Stromstärke, Widerstand 30
 Elektrische Leistung, elektrische Arbeit 31
 Elektrisches Feld, Kondensator 32
 Wechselgrößen, Wellenlänge 33
 Leistung bei Sinuswechselstrom, Impuls 34
 Magnetisches Feld, Spule 35
 Elektrische Feldstärken und magnetische Feldstärken 36
 Strom im Magnetfeld, Induktion 37
 Schaltung von Widerständen 38
 Bezugspeile, Kirchhoff'sche Regeln, Spannungsteiler 39
 Potenziometer 40
 Ersatzspannungsquelle, Ersatzstromquelle, Anpassung 41
 Grundschaltungen von Induktivitäten und Kapazitäten 42
 Schalten von Kondensatoren und Spulen 43
 Reihenschaltung von R, L, C 44
 Parallelschaltung von R, L, C 45
 Ersatz-Reihenschaltung und Ersatz-Parallelschaltung 46
 Einfache Filter 47
 Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom) 48
 Unsymmetrische Last, Netzwerkumwandlung, Brückenschaltung 49
 Widerstände und Kondensatoren 50
 Farbkennzeichnung von Widerständen und Kondensatoren 51
 Bauarten von Widerständen und Kondensatoren .. Anwendungsrgruppen und Aufbau von Kondensatoren 53
 Halbleiterwiderstände 54
 Dioden 55
 IGBTs, Feldeffekttransistoren 56
 Bipolare Transistoren 57
 Thyristor 58
 Thyristorarten und Triggerdiode 59
 Gleichrichterbegriffe 60
 Gehäuseformen von Dioden, Transistoren und ICs 61
 Magnetfeldabhängige Bauelemente 62
 Fotoelektronische Bauelemente 63
 Schutzbeschaltung von Dioden und Transistoren .. 64

Bauelemente für den Überspannungsschutz 65
 Kühlung von Halbleiter-Bauelementen 66

Teil TM:

Technische Dokumentation, Messen 67

Grafische Darstellung von Kennlinien 68
 Allgemeines technisches Zeichnen 69
 Zeichnerische Darstellung von Körpern 70
 Maßpfeile, besondere Darstellungen 71
 Maßeintragung 72
 Maßeintragung, Schraffur 73
 Schaltpläne als funktionsbezogene Dokumente ... 74
 Weitere funktionsbezogene Dokumente 75
 Ortsbezogene und verbindungsbezogene Dokumente 76
 Kennzeichnung in Schaltplänen 77
 Kennbuchstaben der Objekte (Betriebsmittel) 78
 Unterklassen für Aufgaben von Objekten 79
 Kontaktkennzeichnung in Stromlaufplänen 80
 Schaltzeichen 81
 Allgemeine Schaltzeichen 82
 Zusatzschaltzeichen, Schalter in Energieanlagen .. 83
 Messinstrumente und Messgeräte 84
 Halbleiterbauelemente 85
 Binäre Elemente 86
 Analoge Informationsverarbeitung, Zähler und Tarifschalgeräte 88
 Audioumsetzer, Videoumsetzer und Antennenanlagen 89
 Schaltzeichen für Installationsschaltpläne und Installationspläne 90
 Installationsschaltpläne 92
 Schaltzeichen für Übersichtsschaltpläne 93
 Spulen, Transformatoren, Transduktor, drehende Generatoren 94
 Einphasenwechselstrommotoren und Anlasser 95
 Drehstrommotoren und Anlasser 96
 Motoren mit Stromrichterspeisung 97
 Vergleich von Schaltzeichen 98
 Kurzzeichen an elektrischen Betriebsmitteln 100
 Hydraulische und pneumatische Elemente 101
 Symbole der Verfahrenstechnik 102
 Erstellen einer Dokumentation über Geräte und Anlagen 103
 Aufbau und Inhalt einer Betriebsanleitung 104
 Elektrische Messgeräte und Messwerke 105
 Piktogramme für die Messtechnik 106
 Mess-Schaltungen zur Widerstandsbestimmung .. 107
 Messbereichserweiterung 108
 Messung in elektrischen Anlagen 109
 Niederspannungs-Schaltungen für Leistungsmessgeräte 112
 Elektrizitätszähler 113
 Elektronische kWh-Zähler 114
 Oszilloskop 115
 Messen mit dem Oszilloskop 116
 Wegmessung und Winkelmessung mit Sensoren .. 117
 Kraftmessung und Druckmessung mit Sensoren .. 118
 Bewegungsmessung mit Sensoren 119
 Temperaturmessung mit Sensoren 120

Teil EI:

Elektrische Installation. 121

Qualifikationen für elektrotechnische Arbeiten 122
 Arbeiten in elektrischen Anlagen 123
 Werkstattausrüstung 124
 Leitungsverlegung, Leitungsbearbeitung 125
 Ausschaltung, Serienschaltung 126

Wechselschaltung, Kreuzschaltung	127	Planung der Arbeitsstättenbeleuchtung von Innenräumen	185
Reale Ausführung von Installationsschaltungen ..	128	Wartungsfaktoren von Arbeitsstättenbeleuchtung ..	186
Treppenlichtzeitschalter, Hausklingelanlage mit Türöffner	129	Berechnung von Beleuchtungsanlagen	187
Schaltungen mit Stromstoßschaltern	130	Beleuchtung und Blendung	188
Jalousieschaltungen	131	Leuchtstofflampen für 230 V	189
Sprechanlagen	133	Glühlampen, Metalldampflampen	190
Zweidraht-Türsprechanlagen	134	Energiesparlampen, Farb wiedergabe	191
Lampenschaltungen mit Dimmern	135	Induktionslampen und Lichtleiter	192
Tastdimmer, Dimmertypen	136	Elektronische Vorschaltgeräte EVG für Leuchtstofflampen	193
Automatikschalter mit Wärmesensor	137	Schaltungen von Entladungslampen	194
Automatikschalter mit Ultraschall-Bewegungssensor ..	138	LED-Beleuchtung	195
Elektroinstallation mit Niedervolt-Halogenlampen ..	139	LED-Leuchtmittel	196
Feldarme Elektroinstallation	140	Lichttechnische Daten von Leuchten	197
Gebäudeleittechnik und Gebäudesystemtechnik ..	141	Leuchtröhrenanlagen	198
Linien und Bereiche des KNX-TP	142		
Schaltzeichen des KNX-TP	143	Teil SE:	
Systemkomponenten zum KNX-TP	144	Sicherheit, Energieversorgung	199
Spezielle Aktoren und Systemgeräte zum KNX-TP ..	145	Erste Hilfe am Arbeitsplatz	200
Sensoren für den KNX-TP	146	Persönliche Schutzausrüstung PSA	201
Aktoren für den KNX-TP	147	Zeichen zur Unfallverhütung	202
Installationsbus mit FSK-Steuerung	148	Arbeitsschutz, Arbeitssicherheit	206
Projektiertung und Inbetriebnahme beim KNX	149	Berührungsarten, Stromgefährdung, Fehlerarten ..	207
LON	151	Schutzmaßnahmen, Schutzklassen	208
LON-Komponenten	152	Verteilungssysteme (Netzformen)	209
Elektroinstallation mit Funksteuerung	153	Schutz gegen elektrischen Schlag	210
LCN	155	Differenzstromgeräte	211
Hausanschluss mit Schutzpotenzialausgleich	156	Fehlerschutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung	212
Fundamente der im Beton oder in Erde	157	Weitere Schutzmaßnahmen	214
Hauptleitungen in Wohnanlagen	158	Weiterer Fehlerschutz in fachlich überwachten Anlagen	215
Zählerplatzinstallation	159	Leiter für die Schutzmaßnahmen	216
Elektrische Mindestausstattung in Wohngebäuden, Zählerplätze	160	Prüfung der Schutzmaßnahmen	217
Leitungsführung in Wohngebäuden	161	Wiederkehrende Prüfungen	218
Leitungsberechnung ohne Verzweigung	162	Instandsetzung, Änderung und Prüfung elektrischer Geräte	219
Leitungsberechnung mit Verzweigungen	164	Transformatoren und Drosselspulen, Prüfung der Isolation	221
Überlastschutz und Kurzschlusschutz von Leitungen	165	Berechnung von Transformatoren	222
Verlegearten für feste Verlegung	166	Weitere Betriebsgrößen von Transformatoren	223
Strombelastbarkeit für Kabel und Leitungen bei $\theta_U = 25\text{ °C}$	167	Kleintransformatoren	224
Strombelastbarkeit für Kabel und Leitungen bei $\theta_U = 30\text{ °C}$	168	Kraftwerksarten	225
Strombelastbarkeit von flexiblen oder wärmefesten Leitungen	169	Drehende Generatoren	226
Umrechnungsfaktoren für die Strombelastbarkeit ..	170	Isolierstoffklassen, Leistungsschilder von Transformatoren	227
Mindest-Leiterquerschnitte, Strombelastbarkeit von Starkstromkabeln	171	Transformatoren für Drehstrom	228
Überstrom-Schutzeinrichtungen (Niederspannungssicherungen)	172	Transformatoren in Parallelbetrieb	229
Überstrom-Schutzeinrichtungen	173	Netze der Energietechnik	230
Räume mit Badewanne oder Dusche	174	Freileitungen	231
Räume und Anlagen besonderer Art, Arbeiten unter Spannung	175	Freileitungsnetze	232
Saunaaanlagen, Schwimmbecken, begehbare Becken	176	Durchgang von Freileitungen	233
Elektroinstallation in feuergefährdeten Betriebsstätten	177	Verlegung von Erdkabeln	234
Elektroinstallation in landwirtschaftlichen Betrieben	178	Eigenerzeugungsanlagen	235
Elektroinstallation in medizinisch genutzten Bereichen	179	Vergütung erneuerbarer Energien nach EEG	237
Elektroinstallation in Unterrichtsräumen mit Experimentiereinrichtungen	181	Windkraftanlagen	238
Elektroinstallation in explosionsgefährdeten Bereichen	182	Fotovoltaik	239
Energieversorgung von Werkstätten und Maschinenhallen	183	Fotovoltaikanlagen, PV-Anlagen	240
Lichttechnik	184	Intelligente Stromnetze	241
		Brennstoffzellen	242
		Schutzarten elektrischer Betriebsmittel	243
		Elektrochemie	244
		Primärelemente	245
		Akkumulatoren	246
		Ladetechniken für Akkumulatoren	247
		Notstromversorgung und Notbeleuchtung	248
		Sicherheits-Stromversorgungsanlagen (SSV-Anlagen)	249

USV-Systeme (Unterbrechungslose Stromversorgungssysteme) 250
 Elektromagnetische Verträglichkeit EMV 251
 Elektromagnetische Störungen EMI 252
 Maßnahmen gegen EMI 253
 Innerer Blitzschutz 254
 Äußerer Blitzschutz 255
 Fangeinrichtungen und Ableitungen 257
 Qualität der Stromversorgung 258
 Oberschwingungen 259
 Kompensation 260
 Kompensation der Blindleistung 261
 Überwachung der Endstromkreise 263
 Melde- und Überwachungsanlagen 264
 Sicherheitstechnik in Gebäuden 265
 Rauchwarnmelder 266
 Brandschutzschalter 267
 Gefahrenmeldeanlagen 268
 Einbruchmeldeanlagen EMA 269
 Videoüberwachung 270
 Temperaturen für Wärmebedarf 271
 Energieeinsparverordnung 272
 Heizwärmeverbrauch und Energiekennzahl eines Einfamilienhauses 274
 Raumheizung 275
 Fußboden- und Deckenheizung 276
 Klimatisierung 277
 Kochstellen für Elektroherde 278
 Warmwasssergeräte 279
 Hausgeräte 280
 CE-Kennzeichnung 281
 Energieeffizienzklassen 282
 Energie-Einsparpotenziale 284
 Wärmepumpen 285
 Stromtarife 286

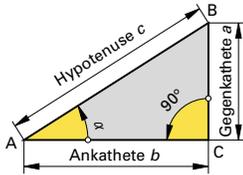
Teil IK:
Informations- und kommunikationstechnische Systeme 287
 Dualzahlen und Binärcodes 288
 Sedezimalzahlen und Oktalzahlen 289
 ASCII-Code im Unicode 290
 Binäre Verknüpfungen 291
 Schaltalgebra 292
 Entwicklung von Schaltnetzen 293
 Code-Umsetzer 294
 Komparatoren und Flipflops 295
 Digitale Zähler und Schieberegister 296
 DA-Umsetzer und AD-Umsetzer 293
 Modulation und Demodulation 298
 Mikrocomputer 299
 Bildschirmgeräte 300
 Schnittstellen und Steckverbinder des PC 301
 Schnittstellenkopplungen 302
 Betriebssysteme Windows 303
 Elemente von Windows-Benutzeroberflächen 304
 Netze der Informationstechnik 305
 Komponenten für Datennetze 306
 Kommunikation bei Ethernet 308
 Errichten eines Ethernet-Netzwerkes 309
 Industrial Ethernet 310
 Signalübertragung 311
 Datenübertragung mittels Funk 312
 Funk-LAN 313
 Identifizierungssysteme 314
 AS-i-Bussystem 315
 Querkommunikation bei Feldbussen 316
 PROFIBUS 317

Fernwirkssysteme 318
 Messumformer und Signalumsetzer für Fernwirk-systeme 319
 Programmierbarer Messumformer für Fernwirk-systeme 320
 Anschluss an das Telefonnetz 321
 Telekommunikation mit ISDN 322
 ISDN und Internet-Telefonie (VoIP) 323
 Internet-Zugänge 324
 Anwendungen des Internet 325
 Sichern und Schützen von Daten 326
 Antennen, Betriebsmittel für Antennenanlagen 327
 Satellitenempfang 328
 SAT-Anlagen 329
 Satellitenantennenanlagen 330
 Digitales Fernsehen über terrestrische Antenne, DVB-T 331
 Gemeinschaftsantennenanlagen 332
 Errichtung von Antennenanlagen 333
 Breitbandkommunikationsanlagen (BK-Anlagen) .. 334

Teil AS:
Automatisierungs- und Antriebssysteme, Steuern und Regeln 335
 Verstärker-Grundsaltungen 336
 Grundlagen des Operationsverstärkers 337
 Schaltungen mit Operationsverstärkern 338
 Aufgaben von Stromrichtern 340
 Benennung von Stromrichterschaltungen 341
 Schaltungen für Gleichrichter und Stromrichter .. 342
 Wechselwegschaltung, Steuerkennlinie 343
 Betriebsquadranten bei Antrieben, Linearmotoren 344
 Halbgesteuerte Stromrichter 345
 Vollgesteuerte Stromrichter 346
 Wechselrichter 347
 Gleichstromsteller, U-Umrichter-Prinzip 348
 U-Umrichter 349
 Ansteuerschaltungen für Halbleiter 350
 Glättung und Spannungsstabilisierung 351
 Grundlagen der Schaltnetzteile 352
 Schaltnetzteile 353
 Schalttransistor und Kippschaltungen 354
 Halbleiterrelais 355
 Steuerungstechnik 356
 Kleinsteuerung easy 357
 Kleinsteuerung Logo! 358
 Struktogramme und Programmablaufpläne 359
 Speicherprogrammierbare Steuerungen SPS 360
 Signalkopplungen für SPS und Mikrocomputer 361
 Steueranweisungen für SPS 362
 Programmbeispiele für SPS 364
 Zähler und Zeitglieder in SPS 365
 Programmiersprachen Strukturierter Text ST, Ablaufsprache AS 366
 Programmstruktur für SPS S7 367
 Wortverarbeitung bei SPS 368
 Ablaufsteuerung mit GRAFCET 369
 Alphanumerische Kennzeichnung der Anschlüsse .. 366
 Steuerungstechnik 371
 Elektronische Steuerung von Verbrauchsmitteln .. 372
 Grenzwerte der Anschlussleistung im öffentlichen Netz 373
 Hilfsstromkreise 374
 Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen 375
 Architekturen von Steuerungen 376
 EU-Maschinenrichtlinie 377

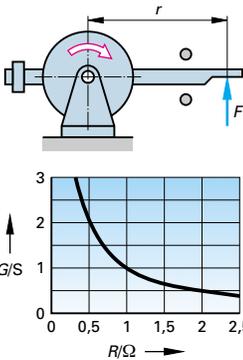
Elektrische Niederspannungsausrüstung von Maschinen	378	Weitere Isolierstoffe	437
Schütze	379	Hilfsstoffe	438
Spezielle Schützarten	380	Leitungen und Kabel	439
Kennzeichnung und Antriebe der Schütze	381	Isolierte Starkstromleitungen	440
Gebrauchskategorien und Prüfbedingungen von Schützen	382	Starkstromleitungen	441
Schützschaltungen	383	Weitere Leitungen für feste Verlegung	442
Schützschaltung mit Steuereinrichtung	385	Leitungen zum Anschluss ortsveränderlicher Betriebsmittel	443
Motorschutz	386	Leitungen und Kabel für Melde- und Signalanlagen	444
Elektronischer Motorschutz	387	Leitungen in Datennetzen	445
Steuerung durch Motorschalter	388	Leitungen für Kleinspannungsbeleuchtung	446
Optoelektronische Näherungsschalter (Lichtschranken)	389	Multimediaverkabelung im Heimbereich	447
Näherungsschalter (Sensoren)	390	Code zur Farbkennzeichnung, Starkstromkabel	448
Ultraschall-Sensoren	391	Kabel für die Energieverteilung	449
Regelungstechnik	392	Steckvorrichtungen der Energietechnik	450
Unstetige Regelglieder	393	Steckverbinder	451
Digitale stetige Regelglieder	394	Steckverbinder RJ45 und RJ11	452
Analoge stetige Regelglieder	395	Lötfreie Anschlusstechnik	453
Digitale Regelung	396	Installationsrohre	454
Einstellung von Regelkreisen	397	Dübel	455
Betriebsarten und Grenzbertemperaturen bei Maschinen	399	Bezeichnungsbeispiele für Schrauben und Muttern	456
Effizienz von elektrischen Antrieben	400	Metrische ISO-Gewine	457
Drehstrommotoren für Stromrichter speisung	401	Toleranzen und Passungen	458
Oberflächengekühlte Käfigläufermotoren (Normmotoren)	402		
Betriebsarten von Käfigläufermotoren	403	Teil BU:	
Bauformen von drehenden elektrischen Maschinen	404	Betrieb und sein Umfeld, Umwelttechnik, Anhang	459
Berechnungsformeln für drehende elektrische Motoren	405	Organisationsformen der Unternehmen	460
Konventionelle DC-Antriebe	406	Organisation der Arbeit	461
Leistungsschilder von drehenden elektrischen Maschinen	407	Arbeitsplanung, Netzplantechnik	462
Drehstrommotoren	408	Arbeiten im Team	463
Polumschaltbare Motoren	409	Umgang mit Konflikten	464
Fehlerbeseitigung bei Drehstrom-Asynchronmotoren	410	Prozesse analysieren und gestalten	465
Einphasen-Wechselstrommotoren	411	Vorbereitung einer Präsentation	466
Gleichstrommotoren	412	Präsentation eines Projektes	467
Servomotoren	413	Diagramme für Präsentationen	468
Ansteuerung von Servomotoren	414	Durchführung von Projekten	469
Schrittmotoren	415	Systematisches Marketing	470
Kleinstmotoren	416	Kommunikation mit Kunden	471
Daten von Kleinstantrieben, Getriebe für Kleinstmotoren	417	Durchführung von Kundenschulungen	472
Linearantriebe	418	Bestandteile eines Tarifvertrages	473
Piezo-Aktoren und Piezo-Antriebe	419	Rechtsgeschäfte des Betriebes	474
Prüfung elektrischer Maschinen	420	Kosten und Kennzahlen	475
Antriebstechnik	421	Kalkulation der Kosten	476
Wahl des Antriebsmotors	422	Erstellen eines Angebotes	477
Anlassen von Kurzschlussläufermotoren	423	Lastenheft-Pflichtenheft	478
Planung von Automatisierungsanlagen	424	Computerunterstützte Planung einer Elektroinstallation	479
		Zertifizierung, Audittierung	480
Teil W:		Gefährliche Stoffe	481
Werkstoffe, Verbindungstechnik	425	Risiko-Sätze (H-Sätze) für Gefahrstoffe	482
Periodensystem, chemische Bindung	426	Sicherheitsratschläge (P-Sätze) für Gefahrstoffe	483
Stoffwerte	427	Umgang mit Elektroschrott	484
Stahlnormung	428	Normen	485
Leitende Werkstoffe der Elektrotechnik (Nichteisenmetalle)	429	Wichtige Normen	486
Magnetisierungskennlinien	430	Wichtige Teile des VDE Vorschriftenwerkes	489
Magnetwerkstoffe	431	Teile von DIN VDE 0100	490
Lote, Thermobimetalle, Kohlebürsten	432	Glossar	492
Kontaktwerkstoffe, Freileitungen	433	Überstrom-Schutzeinrichtungen für Geräte	497
Isolierstoffe	434	Kurzformen von Fachbegriffen	498
Kunststoffe als Isolierstoffe	436	Fachliches Englisch (Englisch-Deutsch)	504
		Sachwortverzeichnis (mit fachlichem Englisch)	513
		Unterstützende Firmen und Dienststellen	533
		Bildquellenverzeichnis	536

Mathematik



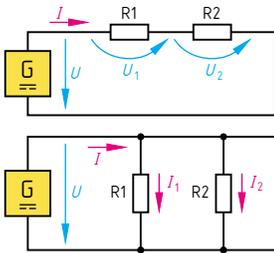
Formelzeichen dieses Buches	12
Indizes und Zeichen für Formelzeichen dieses Buches ..	13
Internationale Formelzeichen	14
Größen und Einheiten	15
Mathematische Zeichen	17
Potenzen, Vorsätze, Logarithmen, Dreisatzrechnung ..	18
Logarithmisches Maß Dezibel	19
Winkel, Winkelfunktionen, Prozentrechnen	20
Beziehungen zwischen den Winkelfunktionen	21

Physik



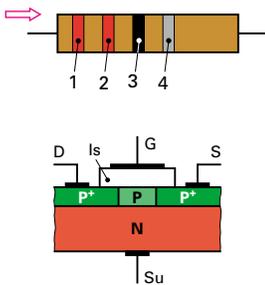
Längen und Flächen	22
Körper und Masse	23
Masse, Kraft, Druck, Kraftmoment	24
Bewegungslehre	25
Mechanische Arbeit, mechanische Leistung, Energie ..	26
Übersetzungen	27
Wärme	29
Ladung, Spannung, Stromstärke, Widerstand	30
Elektrische Leistung, elektrische Arbeit	31
Elektrisches Feld, Kondensator	32
Wechselgrößen, Wellenlänge	33
Magnetisches Feld, Spule	35
Elektrische Feldstärken und magnetische Feldstärken ..	36
Strom im Magnetfeld, Induktion	37

Schaltungstheorie



Schaltungen von Widerständen	38
Bezugspfeile, Kirchhoff'sche Regeln, Spannungsteiler ..	39
Ersatzspannungsquelle, Ersatzstromquelle, Anpassung ..	41
Grundschaltungen von Induktivitäten und Kapazitäten ..	42
Schalten von Kondensatoren und Spulen	43
Ersatz-Reihenschaltung und Ersatz-Parallelschaltung ..	46
Einfache Filter	47
Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom)	48
Unsymmetrische Last, Netzwerkwandlungen, Brückenschaltung	49

Bauelemente

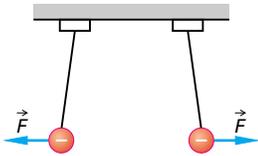


Widerstände und Kondensatoren	50
Halbleiterwiderstände	54
Dioden	55
IGBTs, Feldeffekttransistoren	56
Bipolare Transistoren	57
Thyristorarten	58
Gleichrichterbegriffe	60
Gehäuseformen von Dioden, Transistoren und ICs	61
Magnetfeldabhängige Bauelemente	62
Fotoelektrische Bauelemente	63
Schutzbeschaltung von Dioden und Transistoren	64
Kühlung von Halbleiter-Bauelementen	66

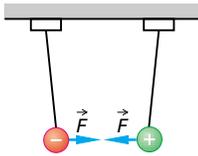
Ladung, Spannung, Stromstärke, Widerstand

Charge, Voltage, Electric Current, Resistance

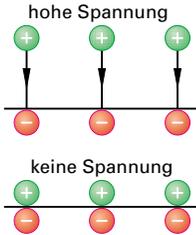
G



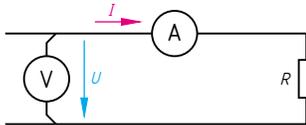
Abstoßung gleichnamiger Ladungen



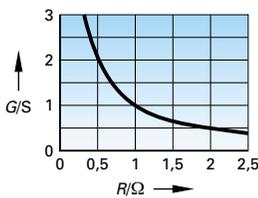
Anziehung ungleichnamiger Ladungen



Spannungserzeugung



Strom, Spannung, Widerstand



Leitwert und Widerstand

$$[Q] = [I] \cdot [t] = A \cdot s = As = C$$

$$[I] = A$$

$$[t] = s$$

$[F] = N$
Berechnung der Kraft bei Abstoßung und Anziehung siehe Seite 32.

$$[I] = \frac{C}{s} = \frac{As}{s} = A$$

$$[J] = \frac{A}{m^2}$$

$$[J] = \frac{A}{mm^2} \text{ (z.B. in Drähten)}$$

$$[U] = [W] / [Q] = J/C$$

$$= Ws/As = W/A$$

$$= V$$

elektrische Ladung

bei ungeladenem Körper:

$$Q = I \cdot t$$

1

bei geladenem Körper:

$$\Delta Q = I \cdot \Delta t$$

2

Stromstärke

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

3

$$I = \frac{Q}{t}$$

4

Stromdichte

$$J = \frac{I}{A}$$

5

Spannung

$$U = \frac{W}{Q}$$

6

$$U = \frac{\Delta W}{\Delta Q}$$

Ohm'sches Gesetz

Merkformel:

$$U = R \cdot I$$

7

$$I = \frac{U}{R}$$

8

$$G = \frac{1}{R}$$

9

Leiterwiderstand

$$R = \frac{l}{\gamma \cdot A}$$

10

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A}$$

12

$$[R] = \Omega$$

$$[G] = 1/\Omega = S$$

Bei Metallen:

$$[\rho] = \frac{\Omega \cdot mm^2}{m} = \mu\Omega m$$

$$[\gamma] = \frac{m}{\Omega \cdot mm^2} = \frac{MS}{m}$$

Bei Nichtmetallen:

$$[\rho] = \Omega \cdot m$$

$$\rho = \frac{1}{\gamma}$$

11

- A Leiterquerschnitt
- d Abstand
- E elektrische Feldstärke
- F Kraft
- G Leitwert
- I Stromstärke

- J Stromdichte
- l Leiterlänge
- Q elektrische Ladung
- R Widerstand
- t Zeit
- U Spannung

- W Arbeit, Energie
- Δ Zeichen für Differenz
- γ Leitfähigkeit (auch κ oder σ)
- ρ spezifischer Widerstand

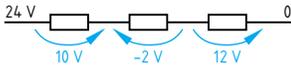
Bezugspfeile, Kirchhoff'sche Regeln, Spannungsteiler

Reference Arrows, Kirchhoff's Rules, Voltage Divider

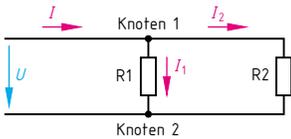
G



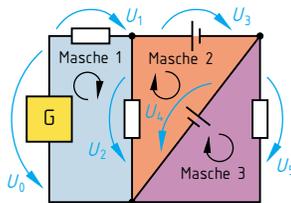
Strombezugspfeile



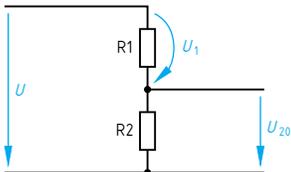
Spannungsbezugspfeile



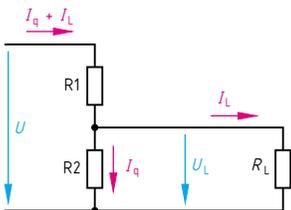
Knoten



Maschen



Unbelasteter Spannungsteiler



Belasteter Spannungsteiler

Haben Stromrichtung und Bezugspfeil dieselbe Richtung, so spricht man von positiver Stromstärke.

Eine positive Spannungsangabe bedeutet, dass die Richtung der Spannung (+ nach -) gleich der Bezugspfeilrichtung ist.

Knotenregel (1. Kirchhoff'sche Regel):

Bei einem elektrischen Netzwerk die Summe der auf einen Knoten zufließenden Ströme ist gleich der Summe der von ihm abfließenden Ströme.

Maschenregel (2. Kirchhoff'sche Regel):

Bei einem elektrischen Netzwerk ist die Summe der Spannungen in einer Masche gleich null, wenn man von einem Knoten aus auf beliebigem Weg die Masche durchläuft.

In Schaltung Bild „Maschen“:
 Masche 1: $U_1 + U_2 - U_0 = 0$
 Masche 2: $U_3 + U_4 - U_2 = 0$
 Masche 3: $U_5 - U_4 = 0$

$$I_1 + I_2 + \dots = 0 \quad 1$$

$$\sum I_i = 0 \quad 2$$

$i = 1, 2, 3, \dots$

Knotenregel

$$\sum I_{Zu} = \sum I_{ab} \quad 3$$

Maschenregel

$$U_1 + U_2 + \dots = 0 \quad 4$$

$$\sum U_i = 0 \quad 5$$

$i = 1, 2, 3, \dots$

Unbelasteter Spannungsteiler

$$U = U_1 + U_{20} \quad 6$$

$$U_{20} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U \quad 7$$

$$\frac{U_{20}}{U_1} = \frac{R_2}{R_1} \quad 8$$

$$R_1 = R_2 \cdot \left(\frac{U}{U_{20}} - 1 \right) \quad 9$$

Belasteter Spannungsteiler

$$q = \frac{I_q}{I_L} = \frac{R_L}{R_2} \quad 10$$

$$U_L = \frac{U}{\frac{R_1 \cdot (R_L + R_2)}{R_L \cdot R_2} + 1} \quad 11$$

$$q = \frac{I_q}{I_L} = \frac{U_L (U - U_{20})}{U (U_{20} - U_L)}$$

$$R_2 = R_L \cdot \frac{U}{U_L} \cdot \left(\frac{U_{20} - U_L}{U - U_{20}} \right) \quad 12$$

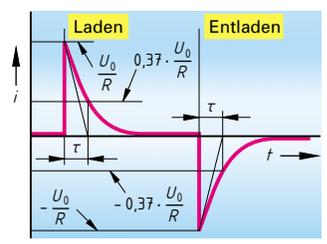
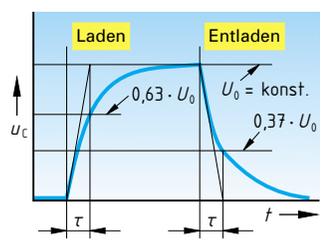
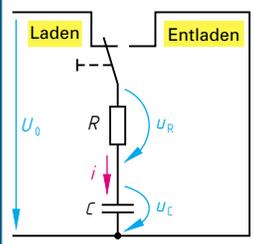
U_L ändert sich bei Lastschwankungen wenig, wenn q groß ist, z.B. $q \geq 5$, meist $q \approx 5$.

I	Stromstärke	I_{Zu}	zufließender Strom	U	Gesamtspannung
I_1, I_2	Einzelströme	i	Zählindex	U_1, U_2	Einzelspannungen, Teilspannungen
I_{ab}	abfließender Strom	q	Querstromverhältnis	U_L	Lastspannung
I_L	Laststrom	R_1, R_2	Teilwiderstände	U_{20}	Teilspannung im Leerlauf
I_q	Querstrom	R_L	Lastwiderstand	Σ	Zeichen für Summe

Schalten von Kondensatoren und Spulen Switching Capacitors and Coils

Schaltung, Zeitkonstante	Spannungsverlauf	Stromverlauf
--------------------------	------------------	--------------

Ladevorgang und Entladevorgang beim Kondensator an DC



Zeitkonstante

$$\tau = R \cdot C$$

$$[\tau] = \Omega \cdot F = \Omega \cdot \frac{As}{V} = s$$

Laden: $u_C = U_0 [1 - \exp(-t/\tau)]$

Entladen: $u_C = U_0 \cdot \exp(-t/\tau)$

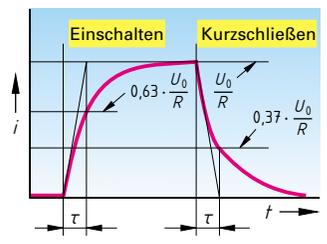
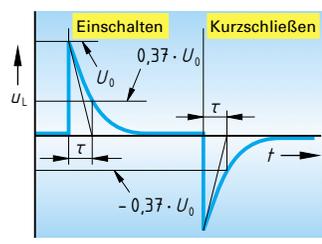
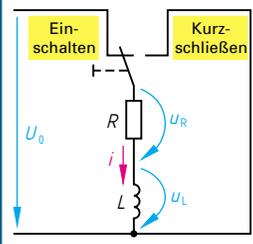
Laden und Entladen: $u_R = i \cdot R$

Laden: $i_C = \frac{U_0}{R} \cdot \exp(-t/\tau)$

Entladen: $i_C = -\frac{U_0}{R} \cdot \exp(-t/\tau)$

$\exp(x) = e^x$ mit $e = 2,71828 \dots$

Einschaltvorgang und Ausschaltvorgang (Kurzschließen) bei der Spule an DC



Zeitkonstante

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

$$[\tau] = \frac{H}{\Omega} = \frac{Vs}{As} = s$$

Einschalten: $u_L = U_0 \cdot \exp(-t/\tau)$

Kurzschließen: $u_L = -U_0 \cdot \exp(-t/\tau)$

Einschalten: $u_R = U_0 [1 - \exp(-t/\tau)]$

Einschalten: $i_L = \frac{U_0}{R} \cdot [1 - \exp(-t/\tau)]$

Kurzschließen: $i_L = \frac{U_0}{R} \cdot \exp(-t/\tau)$

$\exp(x) = e^x$ mit $e = 2,71828 \dots$

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

$\exp(-t/\tau)$ ist die genormte Schreibweise von $e^{-t/\tau}$. 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 weiter verlaufen würde. Das ist aus den Tangenten der Bilder erkennbar. Endwerte von u und i sind erreicht nach $t \approx 5\tau$.

Messinstrumente und Messgeräte vgl. EN 60617-8

Measuring Instruments and Devices

Schaltzeichen	Benennung	Schaltzeichen	Benennung	Schaltzeichen	Benennung
	Messinstrument oder Messwerk anzeigend		Größtwert-anzeige		Zweifachlinienschreiber für Wirkleistung und Blindleistung
			Kleinstwert-anzeige		
	Messgerät, allgemein, insbesondere aufzeichnend		Drehfeldrichtung		Dreileiter-Drehstromzähler
			Richtung der Messwertübertragung		
	integrierendes Messgerät, insbesondere Zähler		Kontaktgabe		Widerstandsmessbrücke
			Uhrzeit		
	Signalumformer, allgemein	Beispiele			
	desgl., mit galvanischer Trennung		Messinstrument ohne Kennzeichnung der Messgröße		Messgerät zur Kurvenbildanzeige, Oszilloskop
	Messwerk mit Pfad	Messkategorien			
	Messwerk mit Summen- oder Differenzbildung		Messinstrument mit beidseitigem Ausschlag	<p>Nach EN 61010-1 sind Messgeräte der Kategorie CAT I bis CAT IV der Stromversorgung in den Bereichen einsetzbar, die angegeben sind. Die Kategorie ist ein Maß für die Gefährdung beim Messen, z. B. wegen der Folgen eines Kurzschlusses oder wegen der Umwelteinflüsse.</p> <p>CAT I Stromkreise, die vom Netz getrennt sind, z. B. Batterien, geschützte Elektronikbaugruppen.</p> <p>CAT II Steckdosen, die mehr als 10 m von CAT-III-Quellen entfernt sind, Geräte mit Anschluss an Steckdosen, Geräte mit Motoren im Büro oder Haushalt.</p> <p>Cat III Fest installierte Verbraucher, Motorantriebe mit direktem Netzanschluss, Motorantriebe mit Anschluss an netzgespeiste Umrichter, Verteiler, Steckdosen für 3AC.</p> <p>CAT IV Leitungen und Kabel im Freien, Hausanschluss, kWh-Zähler.</p> <p>Beispiel Angabe auf dem Messgerät 600 V CAT III bedeutet, dass das Gerät maximal bis zu einer Bemessungsspannung von 600 V in den Bereichen CAT I bis CAT III einsetzbar ist, nicht jedoch für Messungen im Freien.</p>	
	Messwerk zur Produktbildung		Strommesser, allgemein		
	Messwerk zur Quotientenbildung		Spannungsmesser, allgemein		
Kennzeichen			Spannungsmesser mit Darstellung der Innenschaltung		
	Anzeige, allgemein		Spannungsmesser mit Angabe der Einheit Millivolt		
	Anzeige mit beidseitigem Ausschlag		Impulszähler, elektrisch betätigt		
	Anzeige durch Vibration		Mehrfachinstrument mit Angabe der Einheiten		
	Anzeige digital (numerisch)		Nullindikator für Wechselstrom		
	Registrierung schreibend		Synchronoskop (Synchronanzeige)		
	Trägheit klein		Strommesser mit großer Trägheit u. Schleppzeiger für Größtwert		
	Trägheit groß				
	Impulszähler				

Spulen, Transformatoren, drehende Generatoren

Coils, Transformers, Rotating Generators

Schaltzeichen	Benennung	Schaltzeichen	Benennung	Schaltzeichen	Benennung
Drosselspulen		Dreiphasentransformatoren		Drehende Generatoren	
	Einphasen-Drosselspule		Drehstromtransformator in Schaltung Dyn5, Unterspannungswicklung in drei Stufen einstellbar	Darstellung nach DIN EN 60617-6	Wicklungen allgemein, fremderregt, im Nebenschluss im Reihenschluss
	wahlweise Darstellung				
	wahlweise, insbesondere für Übersichts-schaltplan				Wendepolwick-lung, Kompensa-tionswicklung
	Dreiphasen-Drosselspule in Sternschaltung für Übersichts-schaltplan		wahlweise Darstellung, insbesondere für Übersichts-schaltplan		
Einphasentransformatoren				Hinweis: In DIN EN 60034-8 (VDE 0530-8) sind alle Wicklungen von drehenden Maschinen einheitlich mit drei Locken (Halbkreisen) dargestellt, also anders als oben angegeben.	
	Transformator mit getrennter Wicklung, auch Spannungswandler		3AC-Trafo, Yz5, 3 Stufen, Stern-Zickzackschal-tung, siehe auch Seite 228	1.	Kohlebürste, z. B. am Stromwender, wahlweise Dar-stellungen
	wahlweise Darstellung, insbesondere für Übersichts-schaltplan				
	wahlweise, mit Schirm und Kennzeichnung der Phasenlage		Drehstromspar-transformator, stufenlos einstellbare Spannung		Kurbelinduktor (Gleichspan-nungsgenerator mit Handantrieb)
	Einphasen-transformator, Spannung in Stufen einstellbar		wahlweise Darstellung		
	wahlweise Darstellung	Messwandler			Drehstrom-Synchrongene-rator mit Dauer-magneterregung, Wicklungsenden herausgeführt
	Einphasen-transformator mit veränder-barer Kopplung, Phasenlage gekennzeichnet		Stromwandler wahlweise Darstellung, insbesondere für Übersichts-schaltplan		
	Spartransformator		Spannungswandler in V-Schaltung		desgleichen, aber in Schal-tung Δ und mit Erreger-wicklung
	wahlweise Darstellung		desgleichen, Darstellung mit erkennbarer V-Form		
	desgleichen, Spannung einstellbar		desgleichen, für Übersichts-schaltplan		fremderregter Gleichstrom-generators mit Dauermagnet-erregung und Wendepol-wicklung
					Doppelschluss-generator

TM

Vergleich von Schaltzeichen 2 Comparison of Circuit Symbols 2

USA, z.B. ANSI, NEMA	Europa, praxis- üblich, z.B. EN	Benennung	USA, z.B. ANSI, NEMA	Europa, praxis- üblich, z.B. EN	Benennung
Relais, Schütze, Schalter, Beispiel			Analoge und binäre Elemente		
		anzugsver- zögertes Relais 1 Öffner, 1 Schließer		a) b)	Verstärker, allgemein
		Schütz mit 3 Schließern			Operations- verstärker
		dreipoliges Schütz mit Mo- torschutzrelais	a) b)		UND-Element
		dreipoliges Schütz mit 2 Hilfskontakten und Motor- schutzrelais	a) b)	a) b)	ODER-Element
		Motorschut- tschalter mit Kurzschluss- und Überlast- Auslöser	a) b)		XOR-Element, Antivalenz
		dreipoliger Trennschalter	a) b)		NAND-Element
		dreipoliger Lei- stungsschalter		a) b)	NICHT-Element, Inverter
		dreipoliger Lei- stungsschalter			XNOR-Element, Äquivalenz
<p style="text-align: center;">Schaltplanbeispiel: Motorstarter (nach Moeller)</p>					Inverter mit Tris- tate-Ausgang (H, L und hoch- ohmig)
					Digital-Analog- Umsetzer, DAC
					Analog-Digital- Umsetzer, ADC
					Demultiplexer
					Multiplexer

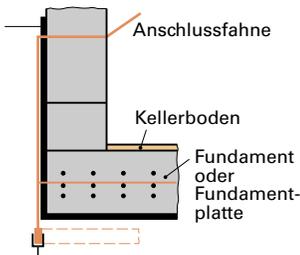
ANSI American National Standard Institute, NEMA National Electrical Manufacturer Association, EN Europa-Norm, CB Circuit Breaker, DISC Disconnector, MTR von Motor.

Verlegung und Schaltungen



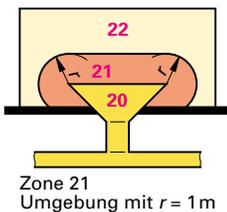
Qualifikationen der Elektrofachkraft	122
Arbeiten in elektrischen Anlagen	123
Leitungsverlegung, Leitungsbearbeitung	125
Ausschaltung, Serienschaltung	126
Wechselschaltung, Kreuzschaltung	127
Jalousieschaltungen	131
Sprechanlagen	133
Tastdimmer, Dimmertypen	136
Automatikschrter	137
Elektroinstallation mit Niedervolt-Halogenlampen	139
Feldarme Elektroinstallation	140
Gebäudeleittechnik und Gebäudesystemtechnik	141
KNX-TP	142
Systemkomponenten zum KNX-TP	144
Sensoren für den KNX-TP	146
Aktoren für den KNX-TP	147
Projektierung und Inbetriebnahme beim KNX-TP	150
LON	151
LCN	155

Leitungsberechnung



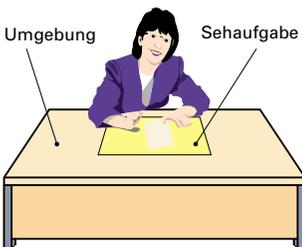
Hausanschluss mit Schutzpotenzialausgleich	156
Fundamterde im Beton oder in Erde	157
Hauptleitungen in Wohnanlagen	158
Zählerplatzinstallation	159
Mindestausstattung in Wohngebäuden	160
Leitungsführung in Wohngebäuden	161
Leitungsberechnung	162
Überlastschutz und Kurzschlusschutz von Leitungen	165
Strombelastbarkeiten für Kabel und Leitungen	167
Belastbarkeit von Starkstromkabeln	171
Überstrom-Schutzeinrichtungen	172

Besondere Räume, Arbeiten unter Spannung



Räume mit Badewanne oder Dusche	174
Anlagen besonderer Art, Arbeiten unter Spannung	175
Elektroinstallation in feuergefährdeten Betriebsstätten	177
Elektroinstallation in landwirtschaftlichen Betrieben	178
Elektroinstallation in medizinisch genutzten Räumen	179
Elektroinstallation in Unterrichtsräumen	181
Elektroinstallation in explosionsgefährdeten Bereichen	182
Energieversorgung von Werkstätten und Maschinenhallen	183

Beleuchtung



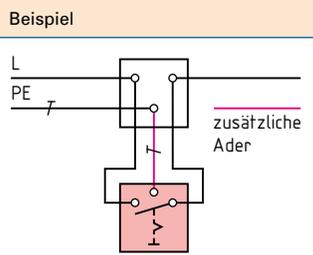
Lichttechnik	184
Planung der Arbeitsstättenbeleuchtung in Innenräumen	185
Wartungsfaktoren von Arbeitsstättenbeleuchtung	186
Berechnung von Beleuchtungsanlagen	187
Leuchtstofflampen für 230 V	189
Glühlampen, Metaldampflampen	190
Energiesparlampen, Farbwiedergabe	191
Induktionslampen und Lichtleiter	192
LED-Beleuchtung	195
Lichttechnische Daten von Leuchten	197
Leuchtröhrenanlagen	198

Reale Ausführung von Installationsschaltungen

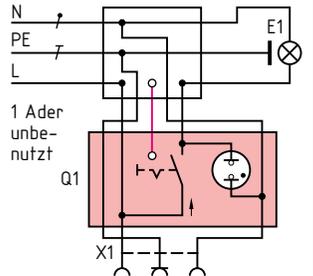
Real Execution of Installation Circuits

Änderungen gegenüber den Grundsaltungen

Grund	Erklärung
Lagerhaltung des Materials	Die Anzahl der vorzuhaltenden Leitungen sollte wegen der Kosten möglichst niedrig bleiben. So wird in vielen Betrieben der Elektroinstallation die Aderzahl von vorrätigen kabelähnlichen Leitungen auf 3 und 5 beschränkt. Dabei ist immer eine Ader grüngelb, also nur als PE, PB oder Erde verwendbar.
dreiadrige Leitung anstelle einer zweiadrigen	Für die Leitung zu einem Ausschalter oder Taster kann eine dreiadrige Leitung verwendet werden, wobei die grüngelbe Ader am Ausschalter bzw. Taster nicht zur Stromleitung angeschlossen wird.
grüngelbe Ader, blaue Ader	Die blaue Ader kann als N verwendet werden oder anderweitig, nicht aber als PE oder PEN.
PE erleichtert die Überwachung	Ein PE in der Schalterleitung dient der Überwachung der Leitungsanlage. Der PE ermöglicht z.B. im betreffenden Leitungszweig die Messung des Isolationswiderstandes.
RCD verhindert Missbrauch	Die missbräuchliche Verwendung des PE als PEN-Leiter wird verhindert, wenn der Fehlerschutz durch Abschaltung mittels RCD erfolgt.
fünfadriges Leitung anstelle von dreiadriger	Ermöglicht bei der Ausschaltung eine Steckdose und Verwendung des Ausschalters als Kontrollschalter.
übrig bleibende Ader	Wenn bei Verwendung von nur 3- und 5-adrigen Mehraderleitungen eine Ader übrig bleibt, so ist diese an die entsprechende Klemme anzuschließen, sofern die vorliegt. Andernfalls legt man die Ader an eine zusätzliche lose Klemme oder isoliert sie.

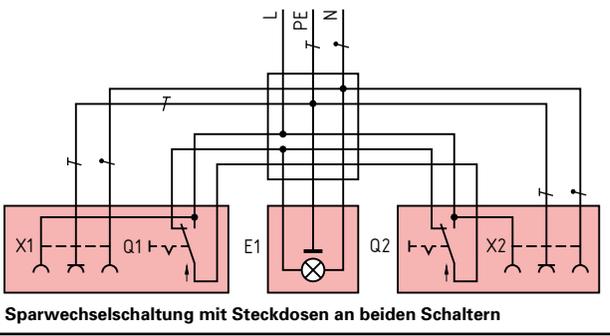
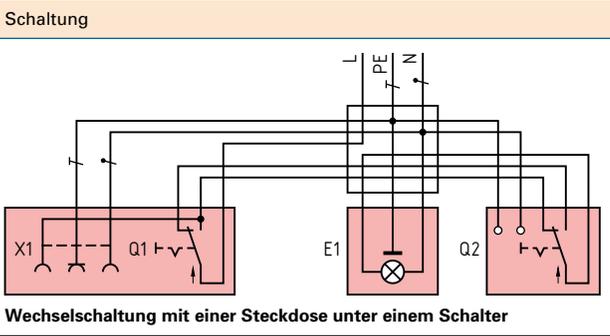


Dreieraderschalteranschluss



Ausschaltung mit fünfadriger Schalterleitung und Steckdose

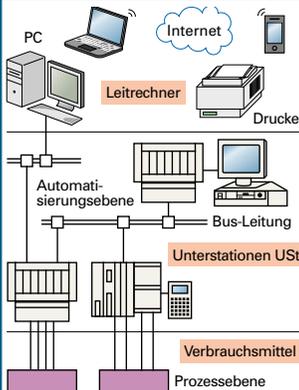
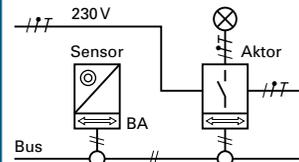
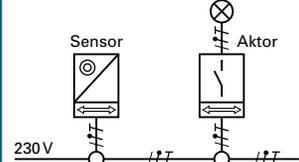
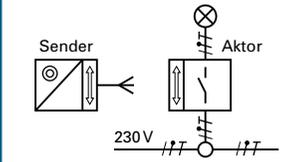
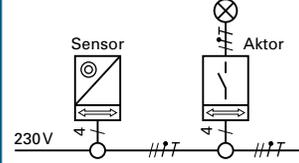
Weitere Beispiele mit kabelähnlichen Mehraderleitungen



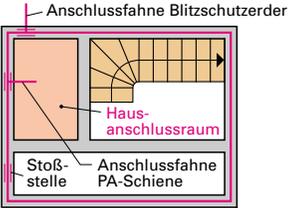
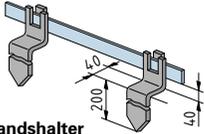
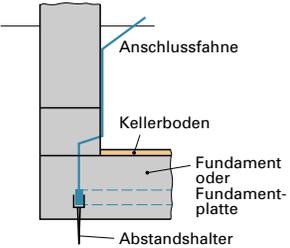
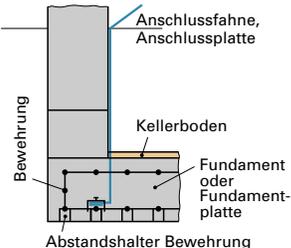
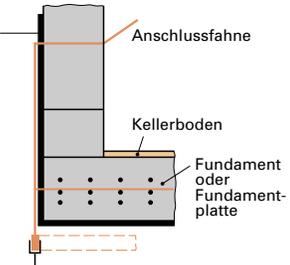
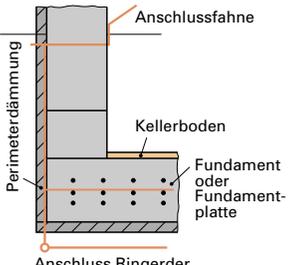
EI

Gebäudeleittechnik und Gebäudesystemtechnik

Building Management and System Engineering for Buildings

Prinzipbild, Benennung	Erklärung	Bemerkungen, Daten
Gebäudeleittechnik		
 <p>Anlage mit Gebäudeleittechnik</p>	<p>Bei der Gebäudeleittechnik befindet sich ein Leitreehner (PC, SPS) in einer Zentrale, an die über einen Bus Unterstationen mit weiteren Computern angeschlossen sind.</p> <p>Der Leitreehner überwacht und steuert die Automatisierungsebene. Die Computer der Automatisierungsebene überwachen und steuern die Verbrauchsmittel.</p> <p>Der Leitreehner kann mit den anderen Computern mittels Switch z. B. über eine Glasfaserleitung, eine Twisted-Pair-Leitung oder wireless verbunden sein.</p> <p>Die Computer der Automatisierungsebene und der Prozessebene können Aufgaben dieser Ebenen oft selbstständig lösen.</p>	<p>Ein Leitreehner dient insbesondere auch zur statistischen Auswertung der Sensor-, Aktordaten, z. B. für die Energieverbrauchsabrechnungen. Die Verbrauchsmittel der Prozessebene (Sensoren, Aktoren) sind vielfach an einen Feldbus der Gebäudesystemtechnik angeschlossen.</p> <p>Die Trennung Gebäudeleittechnik, Gebäudesystemtechnik ist oft unscharf.</p> <p>Über Internetkommunikation ist das Überwachen von Gebäudeanlagen inkl. Fernwartung aus weiter Entfernung möglich. Interessant sind derartige zentrale Systemstrukturen für Brandmeldeanlagen, Videofernüberwachungen.</p> <p>www.spicher-gmbh.de; www.eckelmann.de</p>
Gebäudesystemtechnik		
 <p>KNX-TP</p>	<p>Bei der Gebäudesystemtechnik sind die Sensoren, z. B. Taster, und die Aktoren, z. B. Schütze, mittels Mikrocontrollern so intelligent, dass kein Leitreehner erforderlich ist. Beim KNX-TP gelangen die Steuersignale vom Sensor über eine Busleitung zum Aktor mit SELV von DC 20 V bis 30 V. KNX von Konnex Association, TP von Twisted Pair.</p>	<p>Der Busankoppler BA enthält den Mikrocontroller und eine Eingangsschaltung. Der Bus ist an eine Stromversorgungseinheit, meist ein REG (Reiheneinbaugerät), angeschlossen. Die Stromversorgung der BA erfolgt über eine vieradrige Leitung, von der aber für die KNX-Anlage nur zwei Adern verwendet werden (siehe folgende Seiten).</p>
 <p>KNX-PL</p>	<p>Beim KNX-PL (PL von Power Line) erfolgt die Signalübertragung von den Sensoren zu den Aktoren über das 230-V-Netz, ebenfalls die Stromversorgung der Mikrocontroller über eigene Netzteile. Vom Steuergerät der Sensoren und Aktoren wird die Wechselspannung des 230-V-Netzes durch Bandsperrern fern gehalten.</p>	<p>Die Signalübertragung vom Sensor zum Aktor erfolgt durch ein spezielles FSK-Verfahren (Frequenzumtastung). Nicht möglich ist KNX-PL bei Sicherheitsanwendungen, z. B. in Krankenhäusern, und in Netzen mit geringer Frequenzkonstanz oder Spannungskonstanz sowie zur Signalübertragung zwischen verschiedenen Abnehmeranlagen.</p>
 <p>KNX-RF</p>	<p>Beim KNX-RF-Bus (Radio Frequency) ist jeder Aktor nur an das 230-V-Netz angeschlossen, welches auch die Stromversorgung für den Mikrocontroller sicherstellt. Die Steuersignale erhalten die Aktoren über Funk z. B. von einem Handsender (Seite 153). Funkfrequenz z. B. 868 MHz. Sensoren oft auch batteriebetrieben, Meldung über Funk.</p>	<p>Eine spezielle Codierung der Steuersignale soll eine Beeinflussung durch andere Signale des 230-V-Netzes, z. B. Rundsteueranlagen, verhindern. Trotzdem sollte diese Art der Gebäudesystemtechnik nicht bei Sicherheitsanlagen verwendet werden.</p>
 <p>LCN (Local Control Network)</p>	<p>Bei LCN wird der N-Leiter der 230-V-Leitung, die aber eine zusätzliche Ader haben muss, gleichzeitig als Busleitung verwendet. Dabei erfolgt der Datentransport über die zusätzliche Datenader und den Neutralleiter. Alle Module (Sensoren und Aktoren) besitzen für den Mikrocontroller eine eigene Stromversorgungseinheit.</p>	<p>An ein Universal-Schaltmodul können ein Verbrauchsmittel, z. B. eine Lampengruppe, und mehrere Befehlsgeräte, z. B. Taster, angeschlossen werden. Bis zu 250 Module können über die drei Anschlüsse Außenleiter, Neutralleiter und Datenleiter zu einem Segment verbunden werden.</p>

El

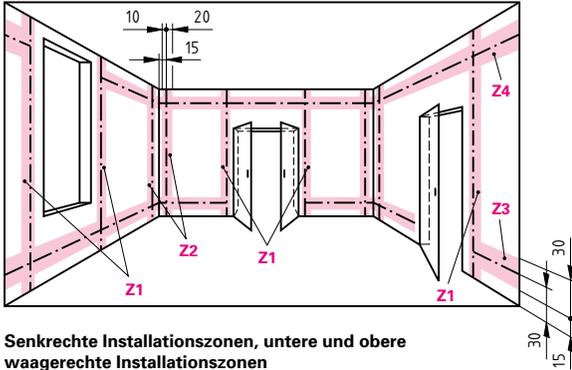
vereinfachte Ansicht, Name	Erklärung	Bemerkungen, Ergänzungen
 <p>Fundamente in Fundamentbeton des Gebäudes</p>	<p>Bei der Errichtung von Gebäuden wird der PEN-Leiter des Netzes geerdet, damit im Fehlerfall die Spannung abgeschaltet wird (Spannungswaage, Seite 212). Der Fundamente in Beton wird in den Schalungsort für das Außenfundament oder für die Grundplatte mittels Abstandhalter eingebracht. Durch den danach eingebrachten Beton wird die Korrosion verhindert bzw. gebremst. (www.dehn.com).</p>	<p>Die Anschlussfahnen mit den Querschnitten des Erders müssen gegen Korrosion geschützt sein. Eine <i>Anschlussfahne</i> aus Bandstahl oder Rundstahl wird zur <i>Haupterdungsschiene</i> geführt.</p>  <p>Abstandshalter</p>
 <p>Fundamente in unbewehrtem Beton</p>	<p>Der im Erdreich liegende „erdfühlig“e Beton stellt durch seine Feuchtigkeit die Verbindung mit der umgebenden Erde her. Durch Keile, Federn, Schrauben oder Schweißen sind die Teile des Erders verbunden. Die Maschenweite soll nicht größer sein als $10\text{ m} \times 10\text{ m}$. Der Fundamente besteht aus verzinktem oder unverzinktem</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bandstahl von $A \geq 30 \times 3,5\text{ mm}^2$ • oder Rundstahl von $\geq 10\text{ mm } \varnothing$. <p>Er muss allseitig mit mindestens 50 mm Beton bedeckt sein.</p>	 <p>Fundamente in bewehrtem Beton</p>
 <p>Ringerder bei schwarzer Wanne</p>	<p>Das Fundament kann durch Bitumen oder Kunststoff gegen Wasser zu einer <i>schwarzen Wanne</i> abgedichtet sein. Dadurch korrodieren die Metallteile des Fundamentes nicht mehr. Allerdings ist jetzt der Beton nicht mehr erdfühlig. Deshalb muss an der Stelle des Fundamentes ein Ringerder außerhalb der geschlossenen Wanne in das Erdreich eingebracht werden.</p> <p>Bei bewehrten Fundamenten ist zusätzlich ein <i>Erdungsleiter</i> mit Verbindung an Bewehrung und Haupterdungsklemme zum Potenzialausgleich zu errichten, insbesondere wegen Blitzschutz</p>	<p>Die Abmessungen des Ringerders sind wie beim Fundamente in Erde</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bandmaterial von $30 \times 3,5\text{ mm}^2$ oder • oder Rundmaterial von $\geq 10\text{ mm } \varnothing$. <p>Das Material muss <i>korrosionsfest</i> sein, z. B. nichtrostender Stahl oder Kupfer.</p> <p>Eine geschlossene Wanne wird auch durch wasserdichten Beton hergestellt. Bei dieser <i>weißen Wanne</i> kommt wie bei einer schwarzen ein Ringerder ins Erdreich.</p>
 <p>Ringerder bei allseitiger Perimeterdämmung</p>	<p>Die Perimeterdämmung (Perimeter = Umfang) ist die Wärmedämmung. Sie kann am Fundament einseitig, zweiseitig oder allseitig sein. Bei der einseitigen und der zweiseitigen Perimeterdämmung bleibt der Beton erdfühlig. Deshalb wird hier ein normaler Fundamente in Erde eingebracht. Bei der allseitigen Dämmung muss dagegen ins Erdreich ein Ringerder wie bei einer geschlossenen Wanne eingebracht werden.</p> <p>Bei bewehrten Fundamenten zusätzlich <i>Erdungsleiter</i> zum Potenzialausgleich wie bei schwarzer Wanne.</p>	<p>Das Herstellen der Erdung ist eine elektrotechnische Arbeit. Sie muss von einer elektrotechnischen Fachkraft oder unter deren Aufsicht ausgeführt werden.</p> <p>Anschlussstellen an den Erdern müssen mechanisch fest und niederohmig sein (Richtwert $1\ \Omega$). Bewegungsfugen („Dehnfugen“), die zu überqueren sind, erfordern <i>Dehnungsbänder</i> und <i>Anschlussplatten</i> (www.dehn.com).</p>

Ansicht und Art

Erklärung

Installationszonen von unsichtbar verlegten Leitungen

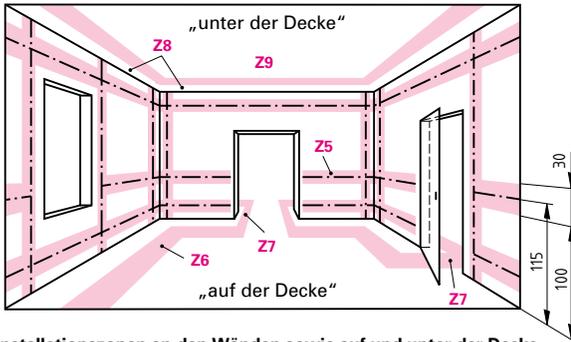
Z1 von 10 cm bis 30 cm neben Rohbaukante,
 Z2 von 10 cm bis 30 cm an Wandecken,
 Z3 von 15 cm bis 45 cm über dem Fußboden,
 Z4 von 15 cm bis 45 cm unter der Deckenbekleidung.



Senkrechte Installationszonen, untere und obere waagerechte Installationszonen

- Leitungen zu Betriebsmitteln außerhalb der Installationszonen Z sind senkrecht aus einer waagerechten Installationszone zu führen.
- Schalter sind vorzugsweise neben den Türen in senkrechten Installationszonen anzuordnen. Die oberste Schaltermitte soll $\leq 1,05$ m über dem Fußboden liegen.
- An einflügeligen Türen ist nur eine Installationszone auf der Schlossseite der Tür vorhanden, bei Fenstern und zweiflügeligen Türen sind es beiderseits je eine.
- Bei Räumen mit schrägen Wänden verlaufen die senkrechten Installationszonen parallel zu den Bezugskanten, z. B. zum Fenster.

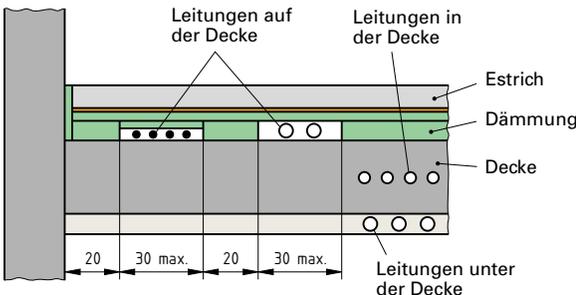
EI



Installationszonen an den Wänden sowie auf und unter der Decke

- Z5 von 1,0 m bis 1,30 m über Fußboden,
 Z6 im Raum Breite ≤ 30 cm, Wandabstand ≥ 20 cm, Verlegung parallel zu den Wänden,
 Z7 im Türdurchgang Breite ≤ 30 cm, Wandabstand ≥ 15 cm,
 Z8 Wandabstand ≥ 20 cm,
 Z9 Verlegung parallel zu den Wänden.
- Die mittlere waagerechte Installationszone wird nur für Räume mit Arbeitsflächen vor Wänden, z. B. Küchen, festgelegt.
 - Bei sichtbar verlegten Leitungen darf von den genannten Maßen abgewichen werden.

Leitungsführung auf, in und unter der Decke



- Leitungsführung auf der Decke** bedeutet Installation direkt auf der Rohdecke des Stockwerkes, z. B. auf betoniertem Fußboden.
- Leitungsführung unter der Decke** erfolgt oben im Raum unter Putz, im Putz, in Hohlräumen und abgehängten Decken.
- Leitungsführung in der Decke** bedeutet Installation direkt oder in Rohren innerhalb der Rohdecke, z. B. bei der Betoninstallation. Hierfür sind keine Installationszonen festgelegt.

LED-Leuchtmittel LED-Lamps

Form, Ansicht	Bezeichnung, Sockel, Abmessung	Nennspannung, Nennleistung, Lebensdauer ¹	Lichtfarbe, Nennlichtstrom, Abstrahlwinkel	Bemerkungen
Spot- und Allgemeinbeleuchtung, geeignet für direkten 1:1-Ersatz von Standardglüh- und Reflektorlampen				
	OSRAM CLASSIC A15 E 27 Ø 55 mm, l = 109 mm	100–240 V 2 W 25 000 h	ww, 132 lm tw, 117 lm –	Überall einsetzbar im 1:1-Austausch gegen herkömmliche Glühlampen bis 40 W. Sehr geringer Energieverbrauch, geringe Wärmeentwicklung, kein UV-/IR-Anteil, stoß- und vibrationsfest, nicht dimmbar, sofortige volle Lichtleistung ohne Verzögerung. Die Lampen in den Zeilen 1 bis 3 sind auch in den Farben rot, gelb, grün und blau erhältlich.
	OSRAM CLASSIC A40 E 27 Ø 55 mm, l = 113 mm	100–240 V 8 W 25 000 h	ww, 345 lm tw, 450 lm –	
	OSRAM PAR 16 20 E 27 Ø 50 mm, l = 64 mm	100–240 V 4 W 15 000 h	ww, 130 lm tw, 140 lm 20°	
LED, Highpower-LED				
	Highpower-LED CREE XR-G R5 3,45 mm x 3,45 mm	3,3 V 3,3 W 50 000 h	tw 340 lm 125°	Ausreichende Kühlung erforderlich, Betrieb mit Konstantstromquelle, Abstrahlcharakteristik durch Linsen und Optiken veränderbar, SMD-bestückbar und auch manuell verarbeitbar.
	Highpower-LED-Strahler E 27 Ø 50 mm, l = 50 mm	230 V 3,5 W 30 000 h	tw 180 lm 120°	Einsetzbar in Verkaufsräumen, Schaufenstern, Museen, Showrooms. Optimaler Ersatz für Halogenstrahler. Lampe mit Schutzglas.
	Superflux Lampe E 27 Ø 51 mm, l = 118 mm	230 V 8 W 10 000 h	ww, 580 lm tw, 760 lm – 54 Superflux LEDs	Einsetzbar im gesamten Wohnbereich, auch für Tisch-, Steh- und Pendelleuchten.
	LED-Reflektorlampe E 27 Ø 50 mm, l = 72 mm	230 V 1,4 W 50 000 h	ww, tw 45 lm 45° 60 LEDs, Ø 3 mm	Einsetzbar in Hotels, Empfangsbereichen, Objektorstrahlungen, Verkaufsräumen, auch in rot, gelb, grün und blau lieferbar. Keine UV- und IR-Strahlung, stoßunempfindlich, keine Brandgefahr.
SMD-LED-Leuchtmittel (SMD = surface mounted devices)				
	Nichia Highpower-SMD-LED NS6L183 6,5 mm x 5,0 mm	4 V 3,2 W 50 000 h	ww, 258 lm tw, 294 lm 115°	SMD-LEDs sind extrem klein, daher nur maschinelles Löten möglich. Für industrielle Anwendungen, für Leisten, oft mit Kabeln vorgefertigt. Konstantstromquelle erforderlich.
	SMD-LED-Power Spot E 27 Ø 50 mm, l = 70 mm	230 V 3,9 W 50 000 h	ww 250 lm 120° 60 SMD-LEDs	Ersatz für herkömmliche Glüh- und Energiesparlampen.
SMD-LED-Leisten und -Röhren				
	Highpower-SMD-LED-Leisten 600 mm x 9 mm	12 V 16,8 W 30 000 h	tw 1 100 lm – 60 SMD-LEDs	Für Werkstatt und Büro sowie als Weg- und Konturenbeleuchtung geeignet. Die Metallplatte leitet die Wärme gut ab und kann alle 30 mm gekürzt werden. Netzgerät erforderlich.
	SMD-LED-Röhren l = 60 cm, 120 LEDs, l = 120 cm, 240 LEDs, l = 150 cm, 300 LEDs, G13, Ø 26 mm	230 V 8 W 14 W 17 W 50 000 h	ww, nw, tw 950 lm 1800 lm 2 100 lm 120°	LED-Röhren und SMD-LED-Röhren ersetzen Leuchtstoffröhren, sie werden ohne Starter und Vorschaltgeräte betrieben. Keine Störungen von WLAN, DECT und Kabelmodems.
Lichtfarben: ww warmweiß < 3 300 K, nw neutralweiß 3 300 K–5 300 K, tw tageslichtweiß > 5 300 K.				
¹ Das Ende der Lebensdauer heißt hier Degradation . Sie ist erreicht, wenn der ursprüngliche Lichtstrom auf 50% gesunken ist.				

Zeichen zur Unfallverhütung 1 Signs for Accident Prevention 1

Verbotszeichen

vgl. DIN EN ISO 7010 und DIN 4844-2

Symbol	Bedeutung	Symbol	Bedeutung	Symbol	Bedeutung
	Allgemeines Verbotssymbol P001 ¹		Rauchen verboten P002		Für Fußgänger verboten P004
	Kein Trinkwasser P005		Für Flurförderzeuge verboten P006		Berühren verboten P010
	Mit Wasser löschen verboten P011		Keine schwere Last ² P012		Eingeschaltete Mobiltelefone verboten P013
	Hineinfassen verboten P015		Aufzug im Brandfall nicht benutzen P020		Essen und trinken verboten P022
	Abstellen oder lagern verboten P023		Betreten der Fläche verboten P024		Personenbeförderung verboten P027
	Benutzen von Handschuhen verboten P028		Schalten verboten P031		Zutritt für Unbefugte verboten D-P006 ³
	Mit Wasser spritzen verboten P016 ³		Besteigen für Unbefugte verboten D-P022 ³		Laufen verboten WSP001 ³
	Keine offene Flamme; Feuer, offene Zündquelle und Rauchen verboten P003		Kein Zutritt für Personen mit Herzschrittmachern oder Defibrillatoren ⁴ P007		Kein Zutritt für Personen mit Implantaten aus Metall P014

¹ Nur in Verbindung mit einem Zusatzzeichen zu verwenden, welches das Verbot konkretisiert.

² Erforderlichenfalls in Verbindung mit einem Zusatzzeichen verwenden (z. B. max 100 kg).

³ Aus DIN 4844-2.

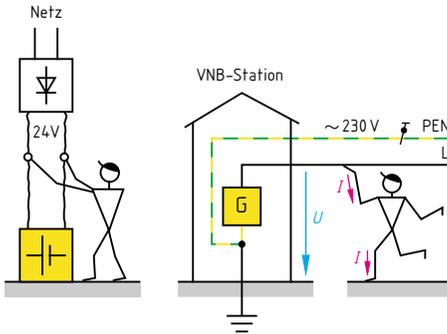
⁴ Gilt auch für sonstige **aktive** Implantate.

Berührungsarten, Stromgefährdung, Fehlerarten

Types of Contact, Current Hazards, Types of Faults

Berührungsarten

vgl. DIN VDE 0100-410



Direktes Berühren

Direktes Berühren: Berühren eines aktiven Teiles, z.B. eines blanken Außenleiters (**Bild links**).

Indirektes Berühren: Berühren eines leitenden Betriebsmittelkörpers, der infolge eines Fehlers („Schlusses“) eine Berührungsspannung führt (**Bild unten**).

Basisschutz nennt man den Schutz gegen direktes Berühren. Er wird meist durch Isolieren oder durch Umhüllen aktiver (unter Spannung stehender) Teile bewirkt.

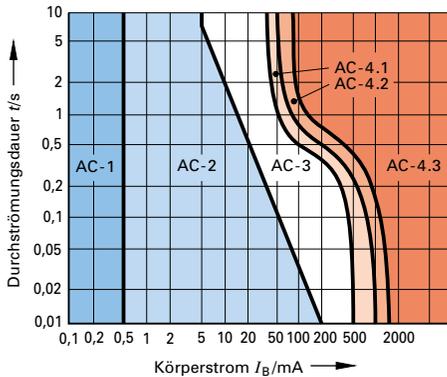
Fehlerschutz nennt man den Schutz gegen indirektes Berühren (Schutz gegen Berühren von erst durch einen Fehler unter Spannung gesetzten Teilen).

Zusätzlicher Schutz schützt beim Versagen der Schutzeinrichtung.

Bei allen Anlagen und Betriebsmitteln müssen Basisschutz, Fehlerschutz und meist zusätzlicher Schutz erfüllt sein.

Stromgefährdung

vgl. VDE V 0140-479-1

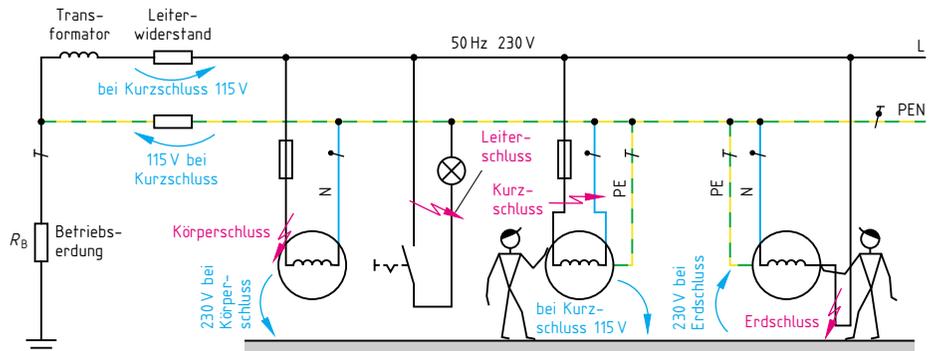


Sicherheitskurven nach VDE V 0140-479-1 für AC 50 Hz von Hand zu Hand oder linker Hand zu einem Fuß

Zone	Physiologische Wirkung
AC-1	Normalerweise keine Wirkung.
AC-2	Meist keine schädliche Wirkung.
AC-3	Meist kein organischer Schaden, Krampfartige Muskelreaktionen möglich und Schwierigkeiten beim Atmen.
AC-4-1	Wahrscheinlichkeit von Herzkammerflimmern, ansteigend bis etwa 5%.
AC-4-2	Wahrscheinlichkeit von Herzkammerflimmern, ansteigend bis etwa 50%.
AC-4-3	Wahrscheinlichkeit von Herzkammerflimmern, über 50%.
AC-4	AC-4 besteht aus den Bereichen AC-4.1, AC-4.2, AC-4.3.

In kleinen Strombereichen hat erst die dreifache Gleichstromstärke dieselbe Wirkung wie ein Wechselstrom.

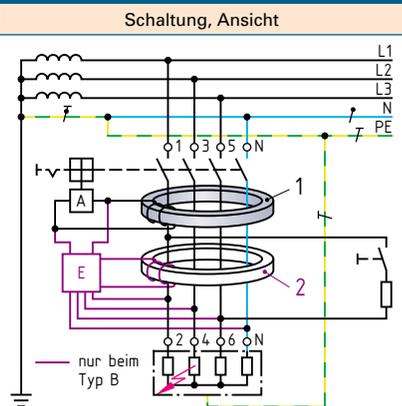
Fehlerarten



Indirektes Berühren der Spannung bei Körperschluss, Kurzschluss und Erdschluss ohne ordnungsgemäße Schutzmaßnahmen gegen indirektes Berühren

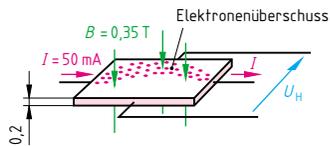
Differenzstromgeräte Differential Current Devices

Begriffe	Erklärung
Bedeutung Abschaltung	Differenzstromgeräte sind die wichtigsten Geräte zur Erzielung einer sicheren und gefahrarmen Stromversorgung. Sie bewirken im Fehlerfall die Abschaltung und im Betrieb die laufende Überwachung der Anlage.
Überwachung	
Funktion Summenstromwandler	Den Strom erhält die Anlage durch Leiter, die durch den Kern eines Summenstromwandlers geführt sind. Solange kein Isolationsfehler gegen PE bzw. Erde vorhanden ist, heben sich die Stromwirkungen im Eisenkern auf. Fließt aber ein Teil des Stromes über Erde als Differenzstrom I_{Δ} zurück, so wird der Eisenkern magnetisiert. Bei I_{Δ} als AC oder pulsierendem DC wird in der Wicklung des Eisenkerns 1 eine Wechsellspannung induziert. Diese Spannung führt beim RCD (Residual Current protective Device = Fehlerstromschutzschalter) zur Abschaltung und beim RCM (Residual Current Monitor = Reststrom-Überwacher) zur Anzeige des Fehlers.
Eisenkern	
Induktion	
RCD	
RCM	
Gleichfeld	Ist I_{Δ} ein „glatter“ DC aus einem AC-Stromkreis (Bild unten rechts), entsteht im Eisenkern ein magnetisches Gleichfeld. Dieses wird bei Geräten vom Typ B in einem Eisenkern 2 in eine Spannung umgesetzt, z. B. mittels Hall-Generator. Die Spannung bewirkt wie beim Typ A Abschalten der Stromversorgung oder Anzeige des Fehlers.
Hall-Generator	
Fehleranzeige	
Bemessungsströme	Bemessungsströme I_N 25 A, 40 A, 63 A Bemessungsdifferenzströme $I_{\Delta N}$ (10 mA), 30 mA, 0,1 A, 0,3 A, 0,5 A (Klammerangabe nur beim Typ A)



Aufbau einer RCD www.doepke.de

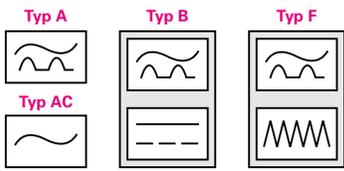
Sonderformen: RCBO = RCD mit Overload Breaker = RCD mit LS-Schalter, CBR für I_N über 63 A (Schalter mit RCU = Fehlerstrom-Auslöser)



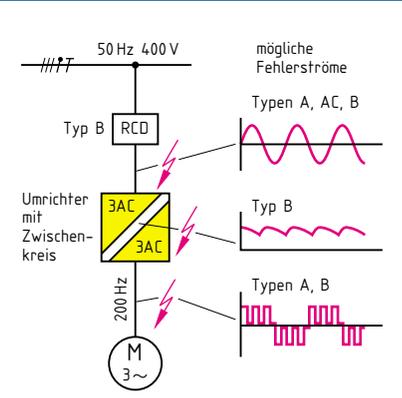
Prinzip des Hall-Generators mit N-Leiter

Fehlerströme	Gewöhnlich treten bei einem Isolationsfehler in AC-Anlagen oder 3 AC-Anlagen Fehlerströme I_{Δ} auf. In derartigen Stromkreisen mit Elektronik, z. B. bei einem Umrichter mit Gleichstrom-Zwischenkreis, entstehen je nach Fehlerort Fehlerströme I_{Δ} als AC, als pulsierende DC oder als „glatte“ DC (nicht auf null gehende DC, Bild). Je nach I_{Δ} nimmt man Geräte vom Typ A oder Typ B, außerhalb Deutschlands auch vom Typ AC. Der Typ ist auf der RCD bzw. RCM als stilisierte Form des I_{Δ} angegeben.
Typen	
Angabe der Typen am Gerät	Selektive Geräte mit Kennzeichnung S schalten bei einem Fehler verzögert ab, solche mit K kurze Zeit verzögert. Geräte vom Typ F sind für Lasten bestimmt, deren Fehlerströme Mischfrequenzen enthalten können, z. B. bei einphasigen Umrichtern.
Selektivität Verzögerungen	

S selektiv K kurzzeitverzögert



Kennzeichnungen an Differenzstromgeräten



Stellen möglicher Fehlerströme bei einem Umrichter

Hinweise

- Differenzstromgeräte, z.B. RCDs, sind in DC-Netzen nicht verwendbar,
- Typ-A-Geräte darf man nicht netzseitig vor Typ-B-Geräte schalten.

AC Alternating Current	RCD Residual Current protective Device	I_N Bemessungsstrom
DC Direct Current	RCM Residual Current Monitor	I_{Δ} Differenzstrom, Fehlerstrom
CBR Circuit Breaker	RCU Residual Current Unit	$I_{\Delta N}$ Bemessungs-Differenzstrom

SE

Weitere Betriebsgrößen von Transformatoren More Operating Quantities of Transformers

Bestimmung der Betriebsgrößen Eisenverluste, Kupferverluste, Verhalten mit Last

Fall, Anwendung	Ersatzschaltung	Zeigerbild	Bemerkungen
Leerlauf jeweils an U_N Messung von $I_0 \approx I_m$ mit Strommesser und von P_{VFe} mit Leistungsmesser. P_{VFe} ist unabhängig von der Belastung.			I_0 ist annähernd I_m . Im Ersatzwiderstand R_{Fe} tritt P_{VFe} auf. Die magnetische Streuung σ ist sehr klein.
Ausgang kurzschließen und Eingang Anschluss an U_k . Messung von P_{VCu} mit Leistungsmesser. P_{VCu} ist quadratisch abhängig vom Laststrom.			Durch Anschluss an $U_k = U_k \cdot U_N / 100$ fließt der volle Bemessungsstrom, sodass P_{VCu} gemessen wird. Die magnetische Streuung σ ist groß und bewirkt einen Blindwiderstand X_σ .
Betrieb mit Last an U_N Die Ausgangsspannung mit Last hängt gegenüber dem Leerlauf hier von P_{VCu} und X_σ sowie Z ab.			Bei Wirklast und induktiver Last liegt an der Last eine kleinere Spannung als U_{2N} . Bei kapazitiver Last kann U_2 größer sein als U_{2N} .

SE

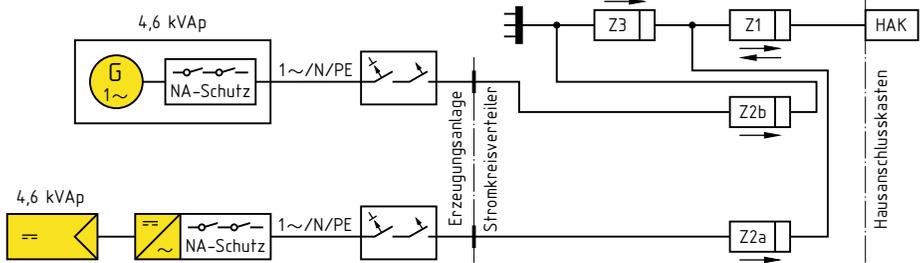
Verluste, Wirkungsgrad, Jahresnutzungsgrad

Begriffe	Erklärung	Formeln	
Bemessungsleistung (beim Trafo Scheinleistung) Bemessungsspannung Bemessungsstrom	Aus Scheinleistung S_N folgt über die Bemessungsspannung U_N der Bemessungsstrom I_N . Phasenfaktor $\sqrt{3}$.	bei einphasigem AC $S_N = U_N \cdot I_N \quad 1$	bei dreiphasigem 3AC $S_N = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot I_N \quad 2$
Verlustleistung P_V Eisenverlust P_{VFe} Kupferverlust P_{VCu}	Wirkleistungsverlust durch Ummagnetisierung und Erwärmung der Wicklung	$P_V = P_{in} - P_{out} \quad 3$	$P_V = P_{VFe} + P_{VCu} \quad 4$
Wirkungsgrad η (eta)	Verhältnis von nutzbarer Leistung zur aufgewendeten Leistung	$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \quad 5$	$\eta = \frac{P_{out}}{P_{out} + P_{VFe} + P_{VCu}} \quad 6$
Jahresarbeitsgrad, Jahresnutzungsgrad ζ (zeta)	Verhältnis von nutzbarer jährlicher Arbeit zur aufgewendeten jährlichen Arbeit	$\zeta = \frac{W_{out}}{W_{in}} \quad 7$	$\zeta = \frac{W_{out}}{W_{out} + W_{VFe} + W_{VCu}} \quad 8$
I_0 Leerlaufstrom I_m Magnetisierungsstrom I_N Bemessungsstrom P_{in} Eingangsleistung P_{out} Ausgangsleistung P_V Leistungsverlust S_N Bemessungsleistung (beim Trafo)	W_{in} jährlich aufgenommene Arbeit W_{out} jährlich abgegebene Arbeit W_{VFe} Verlust im Eisenkern W_{VCu} Verlustarbeit in der Wicklung u_k bezogene Kurzschlussspannung (in %) U_k Kurzschlussspannung (in V) U_N Bemessungsspannung	X_σ Blindwiderstand wegen magn. Streuung (σ sigma) Z Impedanz der Last η Wirkungsgrad (η eta) ζ Arbeitsgrad, Nutzungsgrad (ζ zeta)	Indizes 1, in eingangsseitig 2, out ausgangsseitig

Abrechnungsmessung

vgl. VDE-AR-N 4105

Benennung	Erklärung	Beispiele, Bemerkungen
Volleinspeisung Die gesamte erzeugte Energie wird in das VNB-Netz eingespeist und nach EEG vergütet. Erfordert zwei Zähler, der Zweirichtungszähler Z2 für Lieferung und Bezug Generatoreigenverbrauch.	Die selbst verbrauchte Energie aus dem VNB-Netz und der Eigenerzeugungsanlage wird vom Bezugszähler erfasst und nach dem VNB-Tarif berechnet. Dieser ist niedriger als die EEG-Vergütung.	Eigentlich genügen für die Volleinspeisung zwei normale Zähler mit Rücklaufsperrre. Die VDE-AR-N schlägt Z2 als Zweirichtungszähler vor, damit der Eigenverbrauch des Generators erfasst wird.
Überschusseinspeisung Nur der ins VNB-Netz eingespeiste Energieüberschuss wird mit dem hohen Tarif nach EEG vergütet. Erfordert 3 oder 2 Zähler mit zusammen 3 Messwerken.	Der selbst verbrauchte Anteil der Eigenerzeugung wird vom VNB auch vergütet, aber mit einem kleineren Tarif. Der Bezug aus dem VNB-Netz wird vom VNB berechnet und ist zu bezahlen.	Übliche Anlage für Anlagenbemessungsleistung ≤ 100 kVA, z. B. mittlere für PV-Anlagen oder Anlagen für Blockheizkraftwerk BHKW.
Generator, Einheit Jede Art von Spannungserzeuger, also z. B. PV-Anlage oder kleine Windkraftanlage.	Die erzeugte Energie jeder Generatorart ist getrennt zu messen. Bei zwei Generatorarten sind erforderlich 4 Zähler.	Kombinationen der Arten von Generatoren sind z. B. PV-Generator und BHKW oder Kleinwind- und Wasserkraftanlage.



Anschluss einer Erzeugungsanlage von zwei verschiedenen Generatoren ≤ 30 kVA mit Überschusseinspeisung nach VDE-AR-N 4105

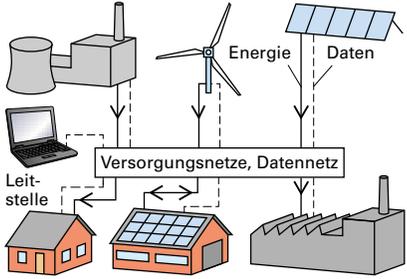
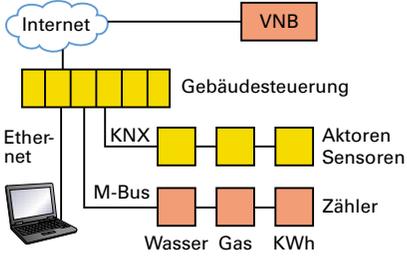
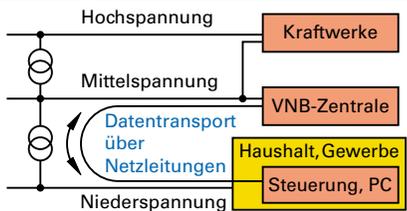
Zählerschaltungen (Beispiele)

<p>einphasige Erzeugungseinheit</p>	<p>Nennleistung: $\leq 4,6$ kVA, Zähler: Z1 Bezug der Kundenanlage, Z2 Lieferung und Bezug der Einheit, Volleinspeisung</p>	<p>dreiphasige Erzeugungseinheit</p>	<p>Nennleistung: $\leq 13,8$ kVA, Zähler: Z1 Bezug der Kundenanlage, Z2 Lieferung und Bezug der Einheit, Volleinspeisung</p>
<p>dreiphasige Einheit</p>	<p>Nennleistung: < 30 kVA, Zähler: Z1 Bezug der Kundenanlage, Z2 Lieferung und Bezug der Einheit, Überschusseinspeisung</p>	<p>zwei dreiphasige Einheiten</p>	<p>Nennleistung: $\leq 4,6$ kVAp, Zähler: Z1 Bezug der Kundenanlage, Z2 Lieferung und Bezug der Einheiten, Überschusseinspeisung</p>

EEG erneuerbare Energiengesetz, kVA = Kilo-Voltampere, Bemessungswert, PV Photovoltaik, VDE-AR-N VDE-Anwendungsrichtlinie Netz, VNBW Verteilungs-Netzbetreiber

SE

Intelligente Stromnetze Smart Grids

Merkmal	Erklärung	Bemerkungen
Aufgabe Smart Metering	Ein intelligentes Stromnetz stellt die Stromversorgung unter kostengünstigen Gesichtspunkten sicher. Dazu sind Datenkommunikation und Steuerung zwischen Stromerzeugern, elektrischen Speichern, elektrischen Verbrauchern und Netzbetriebsmitteln in den Energieübertragungsnetzen erforderlich. Basis ist ein Zählerfernauslesen (Smart Metering) durch die Verteilungsnetzbetreiber (VNB).	Ziel ist, Energienetze ausgeglichen auszulasten, insbesondere in Zeiten kleiner bzw. höchster Auslastung. Dadurch kann die gesamte Netzinfrastruktur kleiner ausgelegt werden, sodass kleinere Kosten für den VNB und somit für den Verbraucher anfallen. Hierzu müssen elektrische Verbraucher möglichst zeitgesteuert vom elektrischen Netz mit Energie versorgt werden.
Ursache dezentrale Energieerzeugung	Infolge dezentraler Energieerzeugungsanlagen mit Schwankungen in der Energieerzeugung, z. B. Photovoltaikanlagen, Windkraftanlagen, Biogasanlagen, Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen oder Blockheizkraftwerke, sind Lastregelung, Spannungshaltung im Verteilungsnetz und Aufrechterhaltung der Netzstabilität anspruchsvoller als bei zentraler Energieerzeugung durch große Kraftwerke. Zu berücksichtigen ist, dass kleine dezentrale Energieerzeugungsanlagen im Gegensatz zu mittleren bis großen Kraftwerken direkt in das Niederspannungsnetz oder Mittelspannungsnetz einspeisen, was gesteuert werden muss. europa.eu.int/comm/research/energy	 <p style="text-align: center;">Dezentrale Energieerzeugung</p>
Smart Meter MUC	Digitale Zähler, die den aktuellen Energieverbrauch anzeigen und automatisch an einen Computer melden. Dieser kann Leitrechner einer Gebäudeautomation sein oder über Internet-Router mit dem VNB kommunizieren. Dadurch kann der VNB tarifvariabel abrechnen. Andererseits kann der VNB diesem Computer mitteilen, wann der Strom „teuer“ ist. www.proteus-solutions.de	Als Smart Meter gibt es Strom-/Spannungszähler, Gaszähler, Wasserzähler. Die unterschiedlichen Zählerdaten können z. B. für eine gesamthafte Energieabrechnung über einen zentralen Datenkonzentrator MUC (Multi Utility Communication Device, Computer) gesammelt werden. Die Anzeige der aktuellen Verbrauchsdaten, Tarife ist auch auf Smartphones möglich, ferner bei entsprechender Gerätevernetzung das manuelle Aktivieren von elektrischen Verbrauchern.
Vernetzung M-Bus	Vernetzen der Smart Meter mit übergeordnetem Computer erfolgt z. B. wireless über M-Bus (Meter-Bus). Bei einer Gebäudeautomation ist eine M-Bus-Kopplung an KNX möglich. Somit können Verbraucher gezielt geschaltet werden. www.qvedis.com	 <p style="text-align: center;">Vernetzung von Smart Metern</p>
Datenübertragung BPL	Die Datenübertragung zwischen VNB und Haushaltungen/Gewerbe kann entweder mittels z. B. UMTS, DSL oder Breitband Powerline BPL erfolgen. Ist Netzfrequenz 50,2 Hz erreicht, werden z. B. PV-Anlagen automatisch abgeschaltet. Auf Datenschutz ist wegen des Erfassens der handelsbezogenen Verbrauchsdaten zu achten → Erkennen von Verhaltensweisen. www.ppc-ag.de	 <p style="text-align: center;">Breitband Powerline BPL bei Smart Grids</p>

SE

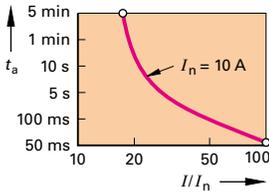
Rauchwarnmelder RWM Smoke Warning Indicator

Ansicht, Schaltungen

Erklärung

Bemerkungen, Ergänzungen

Thermischer Schutz in elektrischen Anlagen



Kennlinie einer Überstrom-Schutzeinrichtung

Der thermische Schutz durch *Überstrom-Schutzrichtungen* ist begrenzt. Diese müssen wegen der Einschaltströme, z. B. von Motoren, so gebaut sein, dass sie z. B. beim Typ B erst beim Dreifachen ihres Nennstromes innerhalb von 3 min abschalten. In dieser Zeit kann aber durch den Strom ein Brand entstehen, z. B. von Holz.

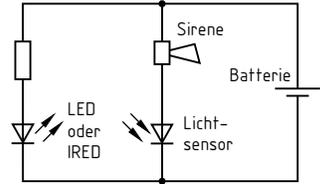
Die zusätzliche Verwendung von RCDs verbessert wegen des kleinen Auslösestroms von z. B. $I_{\Delta N} = 30 \text{ mA}$ den thermischen Schutz nur bei Kurzschlüssen von L zu PE, also nicht von L zu N (folgende Seite).
Der Schutz durch *Brandschutzschalter* (folgende Seite) ist hoch, jedoch aufwendig. Er ist für neue brandgefährdete Anlagen vorgeschrieben (VDE 0100-410).

Rauchwarnmelder RWM (auch Rauchmelder genannt)



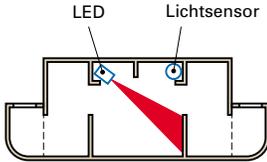
Rauchwarnmelder Gira
www.gira.de

RWM sind in den meisten Bundesländern gesetzlich Pflicht bei Brandgefahr, auch in Wohnräumen. Die Stromversorgung erfolgt meist durch 9-V-Batterien. RWM geben bei entstehenden Bränden akustisch Alarm. Überwachungsbereich meist 40 m².
Montage meist an der Raumdecke in der Mitte des Bereiches.



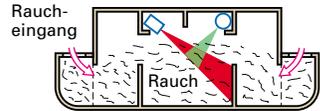
Komponenten des Rauchwarnmelders

Sensorik der RWM



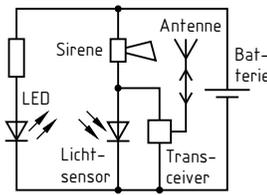
Rauchsensor ohne Rauch

RWM enthalten als Rauchsensor eine LED oder IRED, deren Strahlung erst durch Rauch zu einer Fotodiode als Empfänger gelangt. Bei manchen RWM ist zusätzlich ein thermischer Sensor enthalten, der *Temperaturzunahme* meldet.



Rauchsensor mit Rauch

Funk-Rauchwarnmelder, Vernetzung, Errichtung, Wartung



Komponenten des Funk-RWM

Funk-RWM enthalten zusätzlich einen Transceiver (Sende-Empfänger) und eine Antenne. Dadurch können Funk-RWM Alarme an andere Funk-RWM geben oder von diesen erhalten. Stromversorgung durch Batterie oder Netz. Signalübertragung durch Funk oder Leitung.

RWM sind an der Decke der Wohnräume zu befestigen, vor allem in Schlafräumen und Fluren. Da sie ständig arbeiten, sind ihre Batterien nach 1 bis 3 Jahren verbraucht. Schon deswegen sollten RWM jedes Jahr überprüft und gewartet werden.

Zur *Prüfung der Funktion* genügt meist die Betätigung einer Taste. Beim Kauf prüfen, ob die Batterie austauschbar ist. www.hager.de



Vernetzung von Rauchwarnmeldern

Vernetzung mehrerer RWM kann mittels *Funk* oder *Leitung* oder *Funk und Leitung* der dafür geeigneten RWM erfolgen, am einfachsten mit lauter gleichen Funk-RWM. Für die Vernetzung von verschiedenen RWM müssen diese *kompatibel* (miteinander verträglich) sein.

RWM sollten alle 10 Jahre ausgetauscht werden.

SE