

Prof. Dipl.-Ing. Gerhard Kiefer
Dipl.-Ing. Herbert Schmolke

VDE 0100

und die Praxis

Wegweiser für Anfänger und Profis

16., neu bearbeitete und erweiterte Auflage

VDE VERLAG GMBH

Inhalt

Vorwort	5
1 Allgemeines	25
1.1 Gesetze, Verordnungen, Vorschriften, Bestimmungen und dergleichen	25
1.2 Internationale Organisationen	26
1.3 Nationale Organisationen	27
1.4 Aufbau, Organisation und Tätigkeit der DKE	28
1.4.1 Das VDE-Vorschriftenwerk	32
1.4.2 Entstehung einer DIN-VDE-Norm	37
1.4.3 Anpassung der Normen an den Stand der Technik	40
1.4.4 Widerspruchsfreiheit des VDE-Vorschriftenwerks	40
1.4.5 VDE-Prüf- und Zertifizierungswesen – VDE 0024	41
1.4.6 Pilotfunktion und Gruppenfunktion von Normen	45
1.5 Rechtliche Stellung des VDE-Vorschriftenwerks	46
1.6 Anwendungsbereich und rückwirkende Gültigkeit von VDE-Bestimmungen	49
1.7 Die Normen der Reihe VDE 0100 – Anwendungsbereich und grundsätzliche Aussagen	50
1.8 Statistik elektrischer Unfälle	54
1.9 Mensch und Elektrizität	55
1.9.1 Stromstärke und Einwirkdauer	57
1.9.2 Wirkungen des elektrischen Stroms auf den menschlichen Körper	60
1.9.3 Stromart und Frequenz	64
1.9.4 DC-AC-Gleichwertigkeitsfaktor	65
1.9.5 Körperwiderstand und Stromweg	66
1.9.6 Herz-Strom-Faktor	71
1.9.7 Verhalten bei elektrischen Unfällen	72
1.10 Errichten elektrischer Anlagen	73
1.11 Literatur zu Kapitel 1	77
2 Begriffe und technische Grundlagen – DIN VDE 0100-200	79
2.1 Anlagen und Netze	79
2.2 Betriebsmittel, Verbrauchsmittel und Anschlussarten	83
2.3 Leiterarten, Stromverteilungssysteme, elektrische Größen	85
2.4 Erdung	97
2.5 Raumarten	99

2.6	Fehlerarten, Fehlerspannung, Fehlerstrom, Berührungs- und Schrittspannung, Ableitstrom	100
2.6.1	Fehlerarten	100
2.6.2	Fehlerstrom	102
2.6.3	Berührungsspannung, Berührungsstrom	103
2.6.4	Erder- und Schrittspannung	109
2.6.5	Ableitstrom	110
2.7	Schutz gegen gefährliche Körperströme, Schutz gegen elektrischen Schlag, Schutzmaßnahmen	113
2.7.1	Schutz gegen direktes Berühren	114
2.7.2	Schutz bei indirektem Berühren	115
2.7.3	Umhüllungen, Schutzschirme und Trennung	116
2.7.4	Kleinspannung	117
2.8	Schutzarten	118
2.9	Schutzklassen	124
2.10	Kabel und Leitungen, Schaltanlagen, Verteiler und Schienenverteiler	125
2.11	Überstrom-Schutzeinrichtungen	129
2.12	RCD, Fehlerstrom- und Differenzstrom-Schutzeinrichtungen	134
2.13	Trennen und Schalten	135
2.14	Schirme, Schutzschirme und Trennung	135
2.15	Betriebsarten	136
2.16	Literatur zu Kapitel 2	140
3	Planung elektrischer Anlagen – DIN VDE 0100-100	141
3.1	Leistungsbedarf und Gleichzeitigkeitsfaktor	143
3.2	Stromversorgung	146
3.2.1	Einspeisung aus dem öffentlichen Netz	146
3.2.2	Bemessung von Hauptleitungen und Hauptstromversorgungssystemen	147
3.2.3	Autarke Versorgung	149
3.2.4	Eigenversorgung mit netzparallelem Betrieb	149
3.3	Netzarten und Erdungen	153
3.3.1	TN-Systeme	154
3.3.2	TT-System	157
3.3.3	IT-System	157
3.4	Stromkreisaufteilung in einer Anlage	159
3.5	Äußere Einflüsse	161
3.6	Verträglichkeit	162
3.7	Wartbarkeit	163
3.8	Elektrische Anlagen für Sicherheitszwecke	164
3.9	Literatur zu Kapitel 3	164

4	Der Schutz gegen elektrischen Schlag	165
4.1	Grundsätzliche Anforderungen	165
4.2	Die Schutzmaßnahmen für den Schutz gegen elektrischen Schlag	165
4.2.1	Schutzmaßnahmen und Schutzvorkehrungen	165
4.2.2	Besonderheiten bei den Basisschutzvorkehrungen	168
4.2.2.1	Basisschutz durch Isolierung – DIN VDE 0100-410 Anhang A....	169
4.2.2.2	Basisschutz durch Abdeckungen oder Umhüllungen – DIN VDE 0100-410 Anhang A.	170
4.2.2.3	Basisschutz durch Hindernisse – DIN VDE 0100-410 Anhang B... ..	171
4.2.2.4	Basisschutz durch Anordnung außerhalb des Handbereichs – DIN VDE 0100-410 Anhang B.	172
4.2.3	Besonderheiten bei der Fehlerschutzvorkehrung.....	173
4.2.3.1	Fehlerschutzvorkehrungen bei der Schutzmaßnahme „Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung“ ..	173
4.2.3.2	Fehlerschutzvorkehrungen bei den übrigen Schutzmaßnahmen ..	178
4.2.3.3	Fehlerschutzvorkehrung in besonderen Bereichen	180
4.3	Kombinationen von Schutzmaßnahmen	186
4.4	Zusätzlicher Schutz	188
4.5	Literatur zu Kapitel 4.....	188
5	Schutzmaßnahme: Automatische Abschaltung der Stromversorgung – DIN VDE 0100-410 Abschnitt 411	189
5.1	Allgemeine Anforderungen	189
5.1.1	Einführung	189
5.1.2	Der Schutzpotentialausgleich über die Haupterdungsschiene	192
5.1.2.1	Aufgabenbeschreibung	192
5.1.2.2	Funktionsweise	194
5.2	Der Schutz durch automatische Abschaltung im Fehlerfall im TN-System (DIN VDE 0100-410 Abschnitt 411.4)	196
5.2.1	Allgemeine Anforderungen	196
5.2.2	TN-System mit Überstrom-Schutzeinrichtungen.....	200
5.2.3	TN-System mit RCD.....	203
5.2.4	Kombination von Überstrom-Schutzeinrichtungen und RCDs	205
5.2.5	Die Notwendigkeit eines Erders im TN-System	206
5.2.6	Spannungsbegrenzung bei Erdschluss eines Außenleiters – DIN VDE 0100-410 Abschnitt 411.4.1	209
5.3	Schutz durch automatische Abschaltung im Fehlerfall im TT-System (DIN VDE 0100-410 Abschnitt 411.5)	215
5.3.1	Allgemeine Anforderungen	215
5.3.2	TT-System mit Überstrom-Schutzeinrichtungen.....	217
5.3.3	TT-System mit RCD	218
5.4	Schutz durch automatische Abschaltung im Fehlerfall im IT-System (DIN VDE 0100-410 Abschnitt 411.6)	221

5.5	FELV – Schutz durch Kleinspannung ohne sichere Trennung (DIN VDE 0100-410 Abschnitt 411.7)	227
5.5.1	Allgemeine Anforderungen	227
5.5.2	Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren)	228
5.5.3	Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren)	228
5.5.4	Stromquellen für FELV-Systeme	229
5.5.5	Steckvorrichtungen für FELV-Systeme	229
5.6	Literatur zu den Kapiteln 5 bis 8	230
6	Schutzmaßnahme: Doppelte oder verstärkte Isolierung – DIN VDE 0100-410 Abschnitt 412.	231
6.1	Anforderungen an Betriebsmittel – DIN VDE 0100-410 Abschnitt 412.2.1	234
6.2	Anforderungen an Abdeckungen und Umhüllungen – DIN VDE 0100-410 Abschnitt 412.2.2	235
6.3	Anforderungen bei Errichtung – DIN VDE 0100-410 Abschnitt 412.2.3	236
6.4	Anforderungen an Kabel- und Leitungsanlagen – DIN VDE 0100-410 Abschnitt 412.2.4	236
7	Schutzmaßnahme: Schutztrennung mit nur einem Verbrauchsmittel – DIN VDE 0100-410 Abschnitt 413	237
8	Schutzmaßnahme: Schutz durch Kleinspannung mittels SELV und PELV – DIN VDE 0100-410 Abschnitt 414	241
8.1	Basisschutz (Schutz bei direktem Berühren) und Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren) – DIN VDE 0100-410 Abschnitt 414.2	244
8.1.1	Stromquellen für SELV und PELV	245
8.1.2	Anordnung von Stromkreisen	248
8.1.3	Schutz gegen direktes Berühren	249
8.1.4	Schutz bei indirektem Berühren	250
8.1.5	Zusammenfassung	250
8.2	Schutz von Beharrungsberührungsstrom und Ladung – DIN EN 61140 (VDE 0140-1)	250
9	Zusätzlicher Schutz – DIN VDE 0100-410 Abschnitt 415	253
9.1	Zusätzlicher Schutz: Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) ...	255
9.1.1	Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) in TN- und TT- Systemen	255
9.1.2	Zusätzlicher Schutz durch RCDs im IT-System	257
9.1.3	Zusätzlicher Schutz durch RCDs bei Schutzisolierung	258
9.1.4	Zusätzlicher Schutz durch RCDs bei Schutztrennung	258

9.2	Zusätzlicher Schutz durch zusätzlichen Schutzpotentialausgleich – Teil 410 Abschnitt 415.2	259
9.3	Zusätzlicher Schutz für Endstromkreise für den Außenbereich und Steckdosen – Teil 410 Abschnitt 411.3.3	261
9.4	Literatur zu Kapitel 9	262
10	Auswahl und Errichtung von Erdungsanlagen, Schutzleiter und Schutzpotentialausgleichsleiter – DIN VDE 0100-540	263
10.1	Regeln der Technik zum Thema Erdung und Potentialausgleich ..	263
10.2	Anwendungsbereich der DIN VDE 0100-540	264
10.3	Begriffe zum Thema Erdung und Potentialausgleich	264
10.4	Betriebserder, Anlagenerder und Schutzerder	270
10.5	Ausbreitungswiderstand und Potentialverlauf	272
10.6	Spezifischer Erdwiderstand	274
10.7	Berechnung des Ausbreitungswiderstands	276
10.7.1	Genaue Berechnung des Ausbreitungswiderstands	277
10.7.2	Überschlägige Berechnung des Ausbreitungswiderstands	278
10.7.3	Abschätzung des Ausbreitungswiderstands nach DIN VDE 0101-2	278
10.7.4	Beispiele zur Ermittlung des Ausbreitungswiderstands eines Erds.	281
10.8	Messung von Erdungswiderständen	282
10.8.1	Messung nach dem Strom-Spannungs-Messverfahren	282
10.8.2	Messung mit der Erdungsmessbrücke nach dem Kompensations-Messverfahren	283
10.8.3	Messung von Erdungswiderständen nach VDE 0100-600	285
10.8.4	Messung des Erdschleifenwiderstands mit Stromzange	287
10.8.5	Messung der Fehlerschleifenimpedanz	289
10.8.6	Messung des Gesamterdungswiderstands eines Netzes	289
10.9	Messung des spezifischen Erdwiderstands	290
10.9.1	Messung mit fest definiertem Messstab	290
10.9.2	Methode nach Wenner, Vier-Sonden-Methode	291
10.10	Herstellung von Erdern	292
10.10.1	Oberflächenerder	297
10.10.2	Tiefenerder	297
10.10.3	Fundamenterder	298
10.10.3.1	Allgemeine Festlegungen	298
10.10.3.2	Werkstoffe für Fundamenterder und Anschlussfahnen	301
10.10.3.3	Ausführung des Fundamenterders bei erhöhtem Erdübergangswiderstand	301
10.10.3.4	Fundamenterder als Blitzschutzerder	303
10.10.4	Natürliche Erder	303
10.11	Korrosion von Metallen im Erdreich	305

10.11.1	Korrosion durch chemische Einflüsse.....	305
10.11.2	Korrosion durch galvanische Elementbildung	306
10.11.3	Korrosion durch Streuströme	310
10.11.4	Korrosionsschutzmaßnahmen gegen Elementbildung	310
10.11.5	Korrosionsschutzmaßnahmen gegen Streuströme.....	311
10.11.6	Katodischer Korrosionsschutz.....	313
10.11.7	Fundamenterder und Korrosion	314
10.11.7.1	Verhalten feuerverzinkter Stähle in Beton	314
10.11.7.2	Zusammenschluss von Fundamenterdern mit Erdern im Erdreich. 314	
10.11.7.3	Fundamenterder aus verzinktem Stahl und Armierungen	315
10.11.7.4	Zusammenschluss von Armierungen mit Erdern im Erdreich.....	316
10.12	Erdungsleiter – Teil 540 Abschnitt 542.3.....	316
10.13	Haupterdungsschiene – Teil 540 Abschnitt 542.4.....	318
10.14	Allgemeines zum Schutzleiter – Teil 540 Abschnitt 543	318
10.15	Querschnitt von Schutzleitern – Teil 540 Abschnitt 543.1.....	319
10.16	Arten von Schutzleitern – Teil 540 Abschnitt 543.2	324
10.17	Erhalten der elektrischen Eigenschaften von Schutzleitern – Teil 540 Abschnitt 543.3.....	326
10.18	PEN-, PEL- oder PEM-Leiter – Teil 540 Abschnitt 543.4	326
10.19	Kombinierte Schutzerdungsleiter und Funktionserdungsleiter – Teil 540 Abschnitt 543.5.....	330
10.20	Anordnung von Schutzleitern – Teil 540 Abschnitt 543.6.....	331
10.21	Verstärkte Schutzleiter für Schutzleiterströme größer 10 mA – Teil 540 Abschnitt 543.7.....	331
10.22	Schutzleiterströme – Teil 510 Abschnitt 516.....	332
10.23	Schutzpotentialausgleichsleiter – DIN VDE 0100-540 Abschnitt 544.....	334
10.23.1	Schutzpotentialausgleichsleiter für die Verbindung mit der Haupterdungsschiene – Teil 540 Abschnitt 544.1	334
10.23.2	Schutzpotentialausgleichsleiter für den zusätzlichen Schutzpotentialausgleich – Teil 540 Abschnitt 544.2	336
10.23.2.1	Schutzpotentialausgleichsleiter zwischen zwei Körpern elektrischer Betriebsmittel – Teil 540 Abschnitt 544.2.1.....	337
10.23.2.2	Schutzpotentialausgleichsleiter zwischen einem Körper und einem fremden leitfähigen Teil – Teil 540 Abschnitt 544.2.2	337
10.23.2.3	Mindestquerschnitte für den zusätzlichen Schutzpotentialausgleichsleiter – Teil 540 Abschnitt 544.2.3.....	338
10.23.3	Kombinationen von Schutzleitern und Funktionsleitern	338
10.24	Fremdspannungsarmer Potentialausgleich	339
10.25	Erdung von Antennenträgern – DIN EN 60728-11 (VDE 0855-1) .	341
10.26	Prüfungen.....	342
10.27	Literatur zu Kapitel 10.....	344

11	Prüfungen – DIN VDE 0100-600	345
11.1	Begriffe	345
11.2	Allgemeine Anforderungen an die Erstprüfung – Teil 600 Abschnitt 61.....	346
11.3	Besichtigen – Teil 600 Abschnitt 61.2	347
11.4	Erproben und Messen – Teil 600 Abschnitt 61.3.....	348
11.4.1	Allgemeine Anforderungen	348
11.4.2	Durchgängigkeit der Leiter.....	348
11.4.3	Isolationswiderstand der elektrischen Anlage	350
11.4.4	Schutz durch SELV, PELV oder durch Schutztrennung	354
11.4.5	Widerstände isolierender Fußböden und Wände.....	354
11.5	Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung – Teil 600 Abschnitt 61.3.6	356
11.5.1	Prüfung von TN-Systemen.....	356
11.5.2	Prüfung von TT-Systemen.....	357
11.5.3	Prüfung von IT-Systemen	362
11.5.4	Messung von Erdungswiderständen nach Teil 600.....	362
11.5.5	Messung des Erdschleifenwiderstands mit Stromzangen und Erdungsmessung mittels Fehlerschleifenimpedanzmessung.....	362
11.5.6	Messung von Kurzschlussströmen bzw. Schleifenimpedanzen	363
11.5.7	Messung des Auslösestroms bei RCDs	366
11.6	Zusätzlicher Schutz – Teil 600 Abschnitt 61.3.7	368
11.7	Prüfung der Spannungspolarität – Teil 600 Abschnitt 61.3.8	368
11.8	Prüfung der Phasenfolge – Teil 600 Abschnitt 61.3.9	368
11.9	Funktionsprüfungen – Teil 600 Abschnitt 61.3.10	369
11.10	Spannungsfall – Teil 600 Abschnitt 61.3.11	369
11.11	Messgeräte	370
11.12	Dokumentation der Prüfung – Teil 600 Abschnitt 61.4.....	371
11.13	Literatur zu Kapitel 11.....	374
12	Schutz gegen Überspannungen und elektromagnetische Störungen (EMI)	375
12.1	Schutz von Niederspannungsanlagen bei Erdschlüssen in Netzen mit höherer Spannung – DIN VDE 0100-442.....	375
12.2	Schutz gegen transiente Überspannungen – DIN VDE 0100-443 und DIN VDE 0100-534	385
12.2.1	Ursachen und Auswirkungen transienter Überspannungen.....	386
12.2.2	Normen für den Überspannungsschutz	389
12.2.3	Überspannung-Schutzeinrichtungen in Gebäuden – DIN VDE 0100-534.....	390
12.2.3.1	Anschluss von Überspannung-Schutzeinrichtungen (SPDs)	390
12.2.3.2	Auswahl in Hinblick auf die dauernde Betriebsspannung U_c	395

12.2.3.3	Auswahl im Hinblick auf Nennableitstoßstrom I_n und Blitzstoßstrom I_{imp}	395
12.2.3.4	Auswahl im Hinblick auf das ausgewiesene Folgestromlöschvermögen	396
12.2.3.5	Schutz bei Überströmen und Folgen eines Fehlers an Überspannung-Schutzeinrichtungen (SPD).....	397
12.2.3.6	Anschlussleitungen	399
12.2.3.7	Informationen zur Klassifizierung von Überspannung-Schutzeinrichtungen (SPD).....	401
12.2.4	Überspannung-Schutzeinrichtungen im Niederspannungsnetz ...	402
12.2.5	Überspannungsschutzgeräte im praktischen Einsatz	404
12.2.5.1	Einsatz in Verteilungsnetzen	404
12.2.5.2	Einsatz in Verbraucheranlagen.....	405
12.2.5.3	Einsatz in Informationsnetzen und Informationsanlagen.....	408
12.3	Überspannungsschutzgeräte – DIN VDE 0675.....	410
12.3.1	Technische Grundlagen.....	411
12.3.2	Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Niederspannungsanlagen	413
12.3.2.1	Überspannungsschutzgeräte für den Einbau in Niederspannungsnetzen.....	414
12.3.2.2	Überspannungsschutzgeräte für den Einbau in Verbraucheranlagen	415
12.3.2.3	Überspannungsschutzgeräte für ortsveränderliche Geräte	416
12.4	Elektrische Anlagen in Bauwerken mit Blitzschutzanlagen.....	417
12.5	Dachständer und Blitzschutzanlagen	417
12.6	Schutz gegen elektromagnetische Störungen (EMI) – DIN VDE 0100-444.....	418
12.6.1	Einführung	418
12.6.2	Grundsätzliche Anforderungen.....	419
12.6.2.1	Netzsysteme	419
12.6.2.2	Mehrfacheinspeisung	420
12.6.2.3	Verschiedene Netzstrukturen für den Potentialausgleich	422
12.6.2.4	Funktionserdungsleiter	424
12.6.2.5	Kabelträgersysteme.....	424
12.7	Literatur zu Kapitel 12.....	426
13	Trennen und Schalten – DIN VDE 0100-460 und DIN VDE 0100-537.....	427
13.1	Allgemeines	427
13.2	Begriffe	429
13.3	Trennen	429
13.3.1	Maßnahmen zum Trennen.....	429
13.3.2	Geräte zum Trennen.....	430

13.4	Ausschalten für mechanische Wartung (Instandhaltung)	432
13.4.1	Maßnahmen zur mechanischen Wartung (Instandhaltung)	432
13.4.2	Geräte zum Ausschalten bei mechanischer Wartung (Instandhaltung)	432
13.5	Schalthandlungen im Notfall	433
13.5.1	Maßnahmen bei Schaltungen im Notfall	433
13.5.2	Geräte zum Schalten im Notfall	435
13.6	Betriebsmäßiges Schalten	436
13.6.1	Maßnahmen zum betriebsmäßigen Schalten	436
13.6.1.1	Maßnahmen für Steuerstromkreise	437
13.6.1.2	Maßnahmen für Motorsteuerungen	437
13.6.2	Schaltgeräte für betriebsmäßiges Schalten	437
14	Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – DIN VDE 0100-510	439
14.1	Allgemeine Anforderungen	439
14.2	Betriebsbedingungen	441
14.3	Äußere Einflüsse	442
14.4	Dynamische Beanspruchungen durch Kurzschlussströme	443
14.5	Luftstrecken und Kriechstrecken	456
14.5.1	Bemessung der Luftstrecken	458
14.5.2	Bemessung der Kriechstrecken	462
14.6	Zugänglichkeit	462
14.7	Kennzeichnungen	462
14.8	Schaltpläne und Dokumentation	464
14.9	Vermeidung gegenseitiger nachteiliger Beeinflussung	466
14.10	Literatur zu Kapitel 14	466
15	Maschinen, Transformatoren, Drosselspulen, Kondensatoren ...	467
15.1	Elektrische Maschinen	467
15.2	Transformatoren und Drosselspulen	471
15.2.1	Kleintransformatoren	473
15.2.2	Trenntransformatoren und Sicherheitstransformatoren	473
15.2.3	Leistungstransformatoren	477
15.3	Kondensatoren – DIN VDE 0560	488
15.4	Literatur zu Kapitel 15	496
16	Schaltgeräte	497
16.1	Schalter	497
16.2	Steckvorrichtungen, allgemein	497
16.3	Steckvorrichtungen für industrielle Anwendung	500
16.4	Überstrom-Schutzeinrichtungen	508
16.4.1	Niederspannungssicherungen – DIN EN 60269 (VDE 0636)	509

16.4.1.1	NH-Sicherungen	522
16.4.1.2	D-Sicherungen	533
16.4.1.3	D0-Sicherungen	537
16.4.1.4	Geräteschutzsicherungen (G-Sicherungen)	540
16.4.2	Überstromschutzschalter	545
16.4.2.1	Leitungsschutzschalter (LS-Schalter) – VDE 0641	546
16.4.2.2	Geräteschutzschalter – DIN EN 60934 (VDE 0642)	556
16.4.2.3	Motorstarter – DIN EN 60947-4-1 (VDE 0660-102)	558
16.4.2.4	Leistungsschalter – DIN EN 60947-2 (VDE 0660-101)	561
16.4.2.5	Leistungsschalter mit Fehlerstromschutz – DIN EN 60947 (VDE 0660-101) Anhang B	564
16.4.2.6	Selektive Haupt-Leitungsschutzschalter (SH-Schalter) DIN VDE 0641-21 (VDE 0641-21)	565
16.4.3	Hochspannungssicherungen	567
16.4.3.1	Teilbereichssicherungen	568
16.4.3.2	Vollbereichssicherungen	572
16.4.3.3	Einsatz von HH-Sicherungen	572
16.5	Fehlerstrom-Schutteinrichtung (RCD)	573
16.5.1	Allgemeines	573
16.5.2	FI-Schutzschalter, geschichtliche Entwicklung	575
16.5.3	RCCB und RCBO – VDE 0664	579
16.5.3.1	Technische Anforderungen	580
16.5.3.2	Produktinformationen	587
16.5.3.2.1	Bemessungswerte	587
16.5.3.2.2	Abschaltzeiten und Nichtauslösezeiten	587
16.5.3.2.3	Bemessungsschaltvermögen und Bemessungskurzschlussstrom	588
16.5.3.2.4	Überlastschutz bei Fehlerstrom-Schutteinrichtungen	590
16.5.3.2.5	Stoßstromfestigkeit und Stoßstromfestigkeit	591
16.5.3.2.6	Aufschriften (Normbeschriftung)	592
16.5.4	Auswahl und Errichtung von Fehlerstrom-Schutteinrichtungen (RCD)	595
16.5.4.1	RCD zum Schutz gegen elektrischen Schlag	595
16.5.4.2	RCD zum Brandschutz	597
16.5.4.3	Auswahl unter Berücksichtigung von Stromimpulsen (Stoßströmen)	597
16.5.4.4	Auswahl bei Berücksichtigung der Selektivität	598
16.5.4.5	RCD-Typ – Auswahl unter Berücksichtigung der Fehlerstromarten	598
16.5.4.6	Zusammenfassende Betrachtung zur Auswahl von RCDs	599
16.5.5	RCCB für höhere Spannungen bzw. höhere Ströme – VDE 0664-101	600
16.5.6	PRCD – DIN VDE 0661	600
16.6	Differenzstrom-Überwachungsgeräte (RCMs)	602

16.6.1	Allgemeines	602
16.6.2	Bemessungsgrößen	604
16.6.3	Aufschriften und Produktinformationen	604
16.6.4	Konstruktion und Betrieb	605
16.7	Isolationsüberwachungsgeräte (IMD) – VDE 0413-8	605
16.7.1	Technische Anforderungen	606
16.7.2	Aufschriften auf Isolationsüberwachungsgeräten	607
16.8	Einrichtung zur Isolationsfehlersuche (IFLS) – VDE 0413-9	608
16.9	Schütze, Motorstarter und Relais – DIN EN 60947-4-1 (VDE 0660-102)	610
16.9.1	Allgemeines	610
16.9.2	Gebrauchskategorien	611
16.9.3	Verlustleistungen	612
16.10	Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtung (AFDD) für Endstromkreise ..	616
16.11	Störlichtbogen Schutzeinrichtung	619
16.12	Literatur zu Kapitel 16	621
17	Leuchten und Beleuchtungsanlagen – DIN VDE 0100-559	623
17.1	Anbringen von Leuchten auf Gebäudeteilen	624
17.2	Anbringung von Leuchten auf Einrichtungsgegenständen	626
17.3	Lampenbetriebsgeräte	626
17.3.1	Vorschaltgeräte	627
17.3.2	Kompensationskondensatoren	627
17.4	Sicherheitszeichen und technisch relevante Bildzeichen für Leuchten und deren Zubehör	627
17.5	Aufschriften auf Leuchten nach DIN EN 60598-1 (VDE 0711-1) bezüglich der Montageoberfläche	631
17.6	Befestigung von Leuchten	633
17.7	Schutzarten für Leuchten	633
17.8	Lampengruppen und Lichtbänder	635
17.9	Auswahl der Leitungen bei Leuchten	635
17.9.1	Leitungsbemessung bei Leuchten	635
17.9.2	Durchgangsverdrahtung	636
17.10	Kompensation von Entladungslampen	637
17.11	Besondere Beleuchtungsanlagen	638
17.11.1	Leuchten für Vorführstände	638
17.11.2	Beleuchtungsanlagen im Freien	638
17.11.3	Kleinspannungsbeleuchtungsanlagen	640
17.11.4	Stromschienensysteme für Leuchten	644
17.12	Literatur zu Kapitel 17	646
18	Batterien und Batterieranlagen	647
18.1	Allgemeines	647

18.2	Betriebsarten	648
18.3	Schutz gegen elektrischen Schlag	650
18.3.1	Schutz sowohl gegen direktes als auch bei indirektem Berühren..	650
18.3.2	Schutz gegen elektrischen Schlag unter normalen Bedingungen..	650
18.3.3	Schutz gegen elektrischen Schlag im Fehlerfall	650
18.3.4	Schutz bei Gleichstromzwischenkreisen mit galvanischer Verbindung zum speisenden Netz	653
18.4	Vorkehrungen gegen Verpuffungs- und Explosionsgefahr.....	653
18.5	Räume für ortsfeste Batterien	655
19	Allgemeines über Kabel und Leitungen.....	657
19.1	Kurzzeichen für Kabel	657
19.2	Häufig verwendete Kabel	658
19.3	Halogenfreie Kabel und Leitungen mit verbessertem Verhalten im Brandfall	660
19.3.1	Halogenfreie Kabel	661
19.3.1.1	Halogenfreie Kabel mit verbessertem Verhalten im Brandfall.....	661
19.3.1.2	Halogenfreie Kabel mit verbessertem Verhalten im Brandfall und Funktionserhalt.	664
19.3.2	Einadrige Leitungen ohne Mantel für feste Verlegung mit geringer Entwicklung von Rauch und korrosiven Gasen im Brandfall	665
19.3.2.1	Halogenfreie Aderleitungen H07Z	665
19.3.2.2	Halogenfreie Verdrahtungsleitungen H05Z.....	666
19.3.3	Halogenfreie Mantelleitung NHXMH	666
19.3.4	Halogenfreie Installationsleitung NHMH.....	667
19.3.5	Halogenfreie Sonder-Gummiaderleitung NSHXAÖ und NSHXAFO	668
19.4	Kurzzeichen für Leitungen nach nationalen Normen - DIN VDE 0250	669
19.5	Kurzzeichen für harmonisierte Leitungen - DIN VDE 0281 und DIN VDE 0282	670
19.6	Häufig verwendete Leitungen	673
19.7	Anwendungsbereiche von Kabeln und Leitungen.....	673
19.7.1	Leichte Zwillingsleitung H03VH	680
19.7.2	PVC-Schlauchleitung H03VV	680
19.7.3	PVC-Schlauchleitung H05VV	681
19.7.4	PVC-Verdrahtungsleitung H05V	681
19.7.5	Wärmebeständige PVC-Verdrahtungsleitung H05V2	681
19.7.6	PVC-Lichterkettenleitung H03VH7	681
19.7.7	PVC-Aderleitung H07V	681
19.7.8	Wärmebeständige PVC-Aderleitung H07V2	681
19.7.9	Kältebeständige PVC-Aderleitung H07V3	682

19.7.10	Leichte und mittlere PVC-Schlauchleitungen H03V2V2/H03V2V2H2 und H05V2V2/H05V2V2H2	682
19.7.11	Ölbeständige PVC-Steuerleitungen H05VV5 und H05VVC4V5 ...	682
19.7.12	Lichterkettenleitungen H05RN/H05RNH2 und H03RN-F	682
19.7.13	Wärmebeständige Silikon-Aderleitung H05SJ	683
19.7.14	Wärmebeständige Silikon-Mantelleitung H05SS	683
19.7.15	Lichtbogen-Schweißleitungen H01N2	683
19.7.16	Wärmebeständige Gummi-Aderleitungen H05G und H07G	683
19.7.17	Gummi-Schlauchleitungen H05RR und H05RN	683
19.7.18	Schwere Gummi-Schlauchleitung H07RN	684
19.7.19	Wärme- und kältebeständige Leitungen H05BQ und H07BQ	684
19.7.20	Wärmebeständige Schlauchleitung H05BB	684
19.7.21	Schwere wärmebeständige Schlauchleitung H07BB	685
19.7.22	Mittlere wärmebeständige Schlauchleitung H05BN4	685
19.7.23	Schwere wärmebeständige Schlauchleitung H07BN4	685
19.7.24	PVC-Mantelleitung NYM	686
19.7.25	Stegleitungen NYIF und NYIFY	686
19.7.26	Bleimantelleitung NYBUY	686
19.7.27	Gummi-Schlauchleitung NSSHÖU	686
19.7.28	Gummi-Flachleitung NGFLGÖU	687
19.7.29	Leitungstrossen NMTWÖU und NMSWÖU	687
19.7.30	ETFE-Aderleitungen N7YA und N7YAF	687
19.7.31	Silikon-Fassungsaderleitungen N2GFA und N2GFAF	687
19.7.32	Sonder-Gummiaderleitung NSGAFÖU	687
19.7.33	Gummi-Schlauchleitung NMHVÖU	688
19.7.34	Gummi-Schlauchleitung NSHCÖU	688
19.7.35	Gummi-Schlauchleitung NSHTÖU	688
19.7.36	Mineralisierte Leitung (ohne festgelegtes Kurzzeichen)	688
19.8	Kennzeichnung von Kabeln und Leitungen	688
19.9	Farbige Kennzeichnung von Kabeln, Leitungen und blanken Schienen	691
19.9.1	Farbige Kennzeichnung für Mäntel von Kabeln und Leitungen ...	691
19.9.2	Allgemeine Festlegungen für die Kennzeichnung mit Farben ...	692
19.9.3	Kennzeichnung von Schienen	694
19.9.4	Anforderungen an die farbliche Kennzeichnung von isolierten Leitern	695
19.9.5	Besonderheiten für Schutz- und Neutralleiter	699
19.9.5.1	Allgemeine Festlegungen	699
19.9.5.2	Die Kennzeichnung des Neutralleiters	699
19.9.5.3	Die Kennzeichnung des PEN-Leiters	700
19.9.5.4	Die Kennzeichnung des PEL-Leiters	701
19.9.5.5	Die Kennzeichnung des PEM-Leiters	702
19.9.5.6	Kennzeichnung von Schutzleitern (PE)	702

19.9.6	Kennzeichnung durch alphanumerische Zeichen	703
19.9.7	Zusammentreffen von Kabeln und Leitungen mit alter und neuer Farbkennzeichnung	705
19.10	Farbcode zur Beschreibung von Leitungen.....	707
19.11	Literatur zu Kapitel 19.....	708
20	Bemessung von Leitungen und Kabeln und deren Schutz gegen zu hohe Erwärmung – DIN VDE 0100-430 und DIN VDE 0100-520.....	709
20.1	Mindestquerschnitte und Neutralleiterreduzierung nach VDE 0100-520	710
20.2	Spannungsfall – Teil 520 Abschnitt 525	712
20.3	Strombelastbarkeit	723
20.3.1	Strombelastbarkeit isolierter Leitungen und nicht im Erdreich verlegter Kabel.....	723
20.3.1.1	Referenzverlegearten in Luft.....	724
20.3.1.2	Strombelastbarkeit bei Referenzbedingungen	727
20.3.1.3	Strombelastbarkeit bei unterschiedlichen Umgebungstemperaturen	733
20.3.1.4	Strombelastbarkeit bei Berücksichtigung der Häufung.....	742
20.3.1.5	Strombelastung bei Berücksichtigung von Oberschwingungs- strömen	744
20.3.2	Strombelastbarkeit von Kabeln im Erdreich	747
20.3.3	Strombelastbarkeit von Stromschienensystemen	750
20.3.4	Strombelastbarkeit von Freileitungen.....	755
20.3.5	Belastungssonderfälle	756
20.3.6	Erwärmung von Kabeln und Leitungen	762
20.4	Schutz gegen zu hohe Erwärmung – Teil 430	764
20.4.1	Schutz bei Überlast.....	765
20.4.2	Schutz bei Kurzschluss	772
20.4.3	Koordinieren des Schutzes bei Überlast und Kurzschluss – Teil 430 Abschnitt 435	785
20.4.3.1	Schutz durch eine gemeinsame Schutzeinrichtung	785
20.4.3.2	Schutz durch getrennte Schutzeinrichtungen.....	786
20.4.3.3	Gemeinsame Versetzung der Schutzeinrichtungen für Überlast- und Kurzschlusschutz	789
20.4.3.4	Verzicht auf Schutzeinrichtungen für Überlast- und Kurzschlusschutz.....	790
20.4.4	Der Schutz parallel geschalteter Leiter nach VDE 0100-430	792
20.4.4.1	Allgemeines	792
20.4.4.2	Schutz bei Überlast von parallel geschalteten Leitern.....	794
20.4.4.3	Schutz bei Kurzschluss von parallel geschalteten Leitern.....	795

20.4.4.4	Parallel geschaltete Leitungen mit unterschiedlichen Querschnitten	799
20.4.5	Besondere Festlegungen	803
20.4.5.1	Beleuchtungsstromkreise	803
20.4.5.2	Steckdosenstromkreise	803
20.4.5.3	Neutralleiter	803
20.4.5.4	Schutzleiter	803
20.4.5.5	Öffentliche und andere Verteilungsnetze	803
20.4.5.6	Schalt- und Verteilungsanlagen	803
20.4.5.7	Gefahr durch Überstrom-Schutzeinrichtung	803
20.4.5.8	Bewegliche Leitungen	803
20.4.5.9	Lebensdauer von Kabeln und Leitungen	804
20.5	Literatur zu Kapitel 20.	805
21	Verlegen von Kabeln und Leitungen – DIN VDE 0100-520	807
21.1	Allgemeines	807
21.2	Anforderungen an die Verlegung von Kabeln und Leitungen	814
21.2.1	Verdrahtungsleitungen	814
21.2.2	Aderleitungen	814
21.2.3	Stegleitungen	814
21.2.4	Mantelleitungen	815
21.2.5	Flexible Leitungen	815
21.2.6	Kabel	815
21.3	Verlegung von Kabeln und Leitungen	815
21.3.1	Elektroinstallationsrohrsysteme für elektrische Installationen	815
21.3.2	Verlegung in Elektro-Installationskanälen	822
21.3.3	Verlegung in unterirdischen Kanälen und Schutzrohren	823
21.3.4	Verlegung in Beton	823
21.3.5	Verlegung in Luft frei gespannt	824
21.3.6	Verlegung von Kabeln in Erde	824
21.3.7	Verlegung von Kabeln an Decken, auf Wänden und auf Pritschen	825
21.3.8	Zugbeanspruchungen für Kabel und Leitungen	826
21.3.9	Kabelverlegung bei tiefen Temperaturen	827
21.4	Zusammenfassen der Leiter verschiedener Stromkreise	828
21.4.1	Aderleitungen in Elektro-Installationsrohren und Elektro-Installationskanälen	828
21.4.2	Mehradernleitungen und Kabel	828
21.4.3	Haupt- und Hilfsstromkreise getrennt verlegt	828
21.4.4	Stromkreise, die mit Kleinspannung betrieben werden	828
21.4.5	Stromkreise mit unterschiedlicher Spannung	828
21.4.6	Neutralleiter bzw. PEN-Leiter	828
21.4.7	Schutzleiter	830

21.5	Spannungsfall	830
21.6	Erdschluss- und kurzschluss sichere Verlegung	830
21.7	Anschlussstellen und Verbindungen	832
21.8	Kreuzungen und Näherungen	832
21.9	Maßnahmen gegen Brände und Brandfolgen	834
21.10	Literatur zu Kapitel 21	834
22	Brandgefahren und Brandverhütung in elektrischen Anlagen ..	835
22.1	Allgemeines zur Wärmelehre	835
22.2	Brennbare Stoffe und Zündtemperatur	836
22.3	Wärmequelle und Zündenergie	838
22.4	Zündquellen elektrischen Ursprungs	839
22.4.1	Heiße Oberfläche als Zündquelle	839
22.4.2	Falsch verwendetes Elektrogerät als Zündquelle	839
22.4.3	Wärmestrahler als Zündquelle	840
22.4.4	Elektrische Fehler als Zündquelle	841
22.4.5	Kontakterwärmung als Zündquelle	841
22.5	Isolationsfehler als Brandgefahr	842
22.6	Lichtbogen	844
22.7	Brandschäden	850
22.7.1	Unmittelbare Brandschäden	850
22.7.2	Brandfolgeschäden	850
22.8	Temperaturen von Bränden	850
22.9	Brandverhalten von Baustoffen	852
22.9.1	Nicht brennbare Baustoffe	852
22.9.2	Brennbare Baustoffe	853
22.10	Brandverhalten von Bauteilen	854
22.11	Bauliche Brandschutzmaßnahmen	856
22.12	Brandschutz durch vorbeugende Installationstechnik	864
22.13	Schutz gegen Verbrennungen (Brandwunden)	874
22.14	Brandschutz bei feuergefährdeten Betriebsstätten nach DIN VDE 0100-420	875
22.15	Literatur zu Kapitel 22	879
23	Stromversorgungsanlagen für Sicherheitszwecke – DIN VDE 0100-560	881
23.1	Anforderungen an Stromquellen für Sicherheitszwecke	884
23.2	Schutz bei indirektem Berühren (Fehlerschutz)	887
23.2.1	Schutzmaßnahmen ohne Abschaltung im Fehlerfall	887
23.2.2	Schutzmaßnahmen mit Abschaltung im Fehlerfall	888
23.3	Aufstellung der Stromquellen	890
23.4	Stromkreise für Stromversorgungsanlagen für Sicherheitszwecke	891

23.5	Verbrauchsmittel.....	891
23.6	Literatur zu Kapitel 23.....	892
24	Prüfung nach Instandsetzung, Änderung elektrischer Geräte – Wiederholungsprüfung elektrischer Geräte – Allgemeine Anforderungen für die elektrische Sicherheit – DIN VDE 0701-0702 (VDE 0701-0702)	893
24.1	Anwendungsbereich – DIN VDE 0701-0702 Abschnitt 1	893
24.2	Anforderungen – DIN VDE 0701-0702 Abschnitt 4	894
24.3	Allgemeines zu den Messungen und Prüfungen – DIN VDE 0701-0702 Abschnitt 5.1.....	895
24.4	Sichtprüfung – DIN VDE 0701-0702 Abschnitt 5.2.....	895
24.5	Prüfung des Schutzleiters – DIN VDE 0701-0702 Abschnitt 5.3... ..	896
24.6	Messung des Isolationswiderstands – DIN VDE 0701-0702 Abschnitt 5.4.....	899
24.7	Messung des Schutzleiterstroms – DIN VDE 0701-0702 Abschnitt 5.5.....	905
24.8	Messung des Berührungsstroms – DIN VDE 0701-0702 Abschnitt 5.6.....	909
24.9	Nachweis der sicheren Trennung vom Versorgungsstromkreis (SELV und PELV) – DIN VDE 0701-0702 Abschnitt 5.7	914
24.10	Nachweis der Wirksamkeit weiterer Schutzeinrichtungen – DIN VDE 0701-0702 Abschnitt 5.8.....	914
24.11	Prüfung der Aufschriften – DIN VDE 0701-0702 Abschnitt 5.9 ...	914
24.12	Funktionsprüfung – DIN VDE 0701-0702 Abschnitt 5.10.....	915
24.13	Dokumentation, Beurteilung – DIN VDE 0701-0702 Abschnitt 6..	915
24.14	Messeinrichtungen – DIN VDE 0701-0702 Abschnitt 7	918
24.15	Literatur zu Kapitel 24.....	918
25	Anhang	919
25.1	Anhang A: Kurzschlussstrom und Leitungslänge	919
25.1.1	Kurzschlussstromberechnung	919
25.1.1.1	Kurzschlussstromberechnung nach DIN EN 60909-0 (VDE 0102) .	919
25.1.1.2	Beispiel zur Berechnung des kleinsten einpoligen Kurzschlussstroms nach DIN EN 60909-0 (VDE 0102).....	928
25.1.1.3	Kurzschlussstromberechnung in der Praxis	930
25.1.1.4	Beispiele zur Kurzschlussstromberechnung in der Praxis.....	934
25.1.2	Berechnung der maximal zulässigen Leitungslängen	937
25.2	Anhang B: Maximal zulässige Leitungslängen unter Berücksichtigung des Spannungsfalls – DIN VDE 0100 Beiblatt 5	972
25.3	Anhang C: Berechnung des k -Faktors zur Schutzleiter-Querschnittsbestimmung – DIN VDE 0100-540.....	976

25.3.1	Grundlagen.....	976
25.3.2	Tabellen zur Ermittlung des k -Faktors	977
25.3.3	Beispiele zur Berechnung des Schutzleiterquerschnitts.....	980
25.3.3.1	Berechnung des k -Werts.....	980
25.3.3.2	Berechnung des Schutzleiterquerschnitts in einem TN-C-S-System	981
25.3.3.3	Berechnung des Schutzleiterquerschnitts in einem TT-System beim Einsatz einer Fehlerstrom-Schutteinrichtung (RCD)	984
25.3.3.4	Berechnung des Schutzleiterquerschnitts, wenn unterschiedliche Leitermaterialien und unterschiedliche Verlegearten vorliegen ...	985
25.4	Anhang D: Umrechnung von Leiterwiderständen.....	986
25.5	Anhang E: Tabellen für Impedanzen.....	989
25.5.1	Tabellen für Freileitungen	991
25.5.2	Tabellen für Kabel.....	992
25.6	Anhang F: EltBauVO	999
25.7	Anhang G: Muster-Richtlinie über brandschutz- technische Anforderungen an Leitungsanlagen (Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie MLAR) – Stand 17.11.2005 –	1001
25.8	Anhang H: Äußere Einflüsse.....	1007
25.9	Anhang I: Gemeinsame Erklärung zu Verwendung und Einbau von Elektroinstallationsmaterial.....	1023
25.10	Anhang J: Gemeinsame Erklärung zum sicheren Umgang mit Elektrizität.....	1024
25.11	Anhang K: Widerstands- und Leitwertgrößen	1025
25.12	Anhang L: Nationale Normungsorganisationen in Europa (Stand Dezember 2016)	1026
26	Weiterführende Literatur	1029
27	Abkürzungsübersicht	1031
	Stichwortverzeichnis	1040