

Inhalt

Vorwort.....	5
1	Allgemeines..... 27
1.1	Gesetze, Verordnungen, Vorschriften, Bestimmungen und dergleichen..... 27
1.2	Internationale Organisationen..... 28
1.3	Nationale Organisationen..... 29
1.4	Aufbau, Organisation und Tätigkeit der DKE..... 30
1.4.1	Das VDE-Vorschriftenwerk..... 34
1.4.2	Entstehung einer DIN-VDE-Norm..... 38
1.4.3	Anpassung der Normen an den Stand der Technik..... 41
1.4.4	Widerspruchsfreiheit des VDE-Vorschriftenwerks..... 41
1.4.5	VDE-Prüf- und Zertifizierungswesen – VDE 0024..... 42
1.4.6	Pilotfunktion und Gruppenfunktion von Normen..... 47
1.5	Rechtliche Stellung des VDE-Vorschriftenwerks..... 48
1.6	Anwendungsbereich und rückwirkende Gültigkeit von VDE-Bestimmungen..... 51
1.7	Normen der Reihe VDE 0100 – Anwendungsbereich und grundsätzliche Aussagen..... 52
1.8	Statistik elektrischer Unfälle..... 56
1.9	Mensch und Elektrizität..... 57
1.9.1	Stromstärke und Einwirkdauer..... 59
1.9.2	Wirkungen des elektrischen Stroms auf den menschlichen Körper..... 62
1.9.3	Stromart und Frequenz..... 66
1.9.4	DC-AC-Gleichwertigkeitsfaktor..... 67
1.9.5	Körperwiderstand und Stromweg..... 67
1.9.6	Herz-Strom-Faktor..... 72
1.9.7	Verhalten bei elektrischen Unfällen..... 73
1.10	Errichten elektrischer Anlagen..... 75
1.11	Literatur zu Kapitel 1..... 78
2	Begriffe und technische Grundlagen – DIN VDE 0100-200..... 81
2.1	Anlagen und Netze..... 81
2.2	Betriebsmittel, Verbrauchsmittel und Anschlussarten..... 85
2.3	Leiterarten, Stromverteilungssysteme, elektrische Größen..... 87
2.4	Erdung..... 99
2.5	Raumarten..... 101

2.6	Fehlerarten, Fehlerspannung, Fehlerstrom, Berührungs- und Schrittspannung, Ableitstrom	102
2.6.1	Fehlerarten	102
2.6.2	Fehlerstrom	104
2.6.3	Berührungsspannung, Berührungsstrom	105
2.6.4	Erder- und Schrittspannung	111
2.6.5	Ableitstrom	112
2.7	Schutz gegen elektrischen Schlag, Schutzmaßnahmen	115
2.7.1	Basisschutz	116
2.7.2	Fehlerschutz	117
2.8	Schutzarten	118
2.9	Schutzklassen	125
2.10	Kabel und Leitungen, Schaltanlagen, Verteiler und Schienenverteiler	126
2.11	Überstrom-Schutzeinrichtungen	130
2.12	RCD, Fehlerstrom- und Differenzstrom-Schutzeinrichtungen	137
2.13	Trennen und Schalten	138
2.14	Schirme, Schutzschirme und Trennung	139
2.15	Betriebsarten	140
2.16	Literatur zu Kapitel 2	143
3	Planung elektrischer Anlagen – DIN VDE 0100-100	145
3.1	Leistungsbedarf und Gleichzeitigkeitsfaktor	147
3.2	Stromversorgung	150
3.2.1	Einspeisung aus dem öffentlichen Netz	151
3.2.2	Bemessung von Hauptleitungen und Hauptstromversorgungssystemen	151
3.2.3	Autarke Versorgung	153
3.2.4	Eigenversorgung mit netzparallelem Betrieb	153
3.3	Netzarten und Erdungen	157
3.3.1	TN-Systeme	158
3.3.2	TT-System	161
3.3.3	IT-System	161
3.4	Stromkreisaufteilung in einer Anlage	163
3.5	Äußere Einflüsse	165
3.6	Verträglichkeit	166
3.7	Wartbarkeit	167
3.8	Elektrische Anlagen für Sicherheitszwecke	168
3.9	Literatur zu Kapitel 3	168
4	Schutz gegen elektrischen Schlag	169
4.1	Grundsätzliche Anforderungen	169
4.2	Schutzmaßnahmen für den Schutz gegen elektrischen Schlag	170

4.2.1	Schutzmaßnahmen und Schutzvorkehrungen	170
4.2.2	Besonderheiten bei den Basisschutzvorkehrungen	172
4.2.2.1	Basisschutz unter normalen Bedingungen durch Basisisolierung – DIN VDE 0100-410 Anhang A	174
4.2.2.2	Basisschutz unter normalen Bedingungen durch Abdeckungen oder Umhüllungen – DIN VDE 0100-410 Anhang A	174
4.2.2.3	Basisschutz unter besonderen Bedingungen durch Hindernisse – DIN VDE 0100-410 Anhang B	176
4.2.2.4	Basisschutz unter besonderen Bedingungen durch Anordnung außerhalb des Handbereichs – DIN VDE 0100-410 Anhang B	176
4.2.3	Besonderheiten bei der Fehlerschutzvorkehrung	177
4.2.3.1	Fehlerschutzvorkehrungen bei der Schutzmaßnahme „Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung“	179
4.2.3.2	Fehlerschutzvorkehrungen bei den übrigen Schutzmaßnahmen ..	182
4.2.3.3	Fehlerschutzvorkehrung in besonderen Bereichen	184
4.3	Kombinationen von Schutzmaßnahmen	191
4.4	Zusätzlicher Schutz	193
4.5	Literatur zu Kapitel 4	193
5	Schutzmaßnahme: Automatische Abschaltung der Stromversorgung – DIN VDE 0100-410 Abschnitt 411	195
5.1	Allgemeine Anforderungen	195
5.1.1	Einführung	195
5.1.2	Schutzpotentialausgleich über die Haupterdungsschiene	198
5.1.2.1	Aufgabenbeschreibung	198
5.1.2.2	Funktionsweise	200
5.2	Schutz durch automatische Abschaltung im Fehlerfall im TN-System (DIN VDE 0100-410 Abschnitt 411.4)	202
5.2.1	Allgemeine Anforderungen	202
5.2.2	TN-System mit Überstrom-Schutzeinrichtungen	206
5.2.3	TN-System mit RCD	209
5.2.4	Kombination von Überstrom-Schutzeinrichtungen und RCDs	211
5.2.5	Notwendigkeit eines Erders im TN-System	212
5.2.6	Spannungsbegrenzung bei Erdschluss eines Außenleiters – DIN VDE 0100-410 Abschnitt 411.4.1	215
5.3	Schutz durch automatische Abschaltung im Fehlerfall im TT-System (DIN VDE 0100-410 Abschnitt 411.5)	221
5.3.1	Allgemeine Anforderungen	221
5.3.2	TT-System mit Überstrom-Schutzeinrichtungen	223
5.3.3	TT-System mit RCD	225
5.4	Schutz durch automatische Abschaltung im Fehlerfall im IT-System (DIN VDE 0100-410 Abschnitt 411.6)	227

5.5	FELV – Schutz durch Kleinspannung ohne sichere Trennung (DIN VDE 0100-410 Abschnitt 411.7)	233
5.5.1	Allgemeine Anforderungen	233
5.5.2	Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren)	234
5.5.3	Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren)	234
5.5.4	Stromquellen für FELV-Systeme	235
5.5.5	Steckvorrichtungen für FELV-Systeme	235
5.6	Literatur zu den Kapiteln 5 bis 8	236
6	Schutzmaßnahme: Doppelte oder verstärkte Isolierung – DIN VDE 0100-410 Abschnitt 412	237
6.1	Anforderungen an Betriebsmittel – DIN VDE 0100-410 Abschnitt 412.2.1	240
6.2	Anforderungen an Abdeckungen und Umhüllungen – DIN VDE 0100-410 Abschnitt 412.2.2	241
6.3	Anforderungen bei Errichtung – DIN VDE 0100-410 Abschnitt 412.2.3	242
6.4	Anforderungen an Kabel- und Leitungsanlagen – DIN VDE 0100-410 Abschnitt 412.2.4	242
7	Schutzmaßnahme: Schutztrennung mit nur einem Verbrauchsmittel – DIN VDE 0100-410 Abschnitt 413	243
8	Schutzmaßnahme: Schutz durch Kleinspannung mittels SELV und PELV – DIN VDE 0100-410 Abschnitt 414	247
8.1	Basisschutz (Schutz bei direktem Berühren) und Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren) – DIN VDE 0100-410 Abschnitt 414.2	250
8.1.1	Stromquellen für SELV und PELV	251
8.1.2	Anordnung von Stromkreisen	254
8.1.3	Basisschutz	255
8.1.4	Fehlerschutz	256
8.1.5	Zusammenfassung	256
8.2	Schutz von Beharrungsberührungsstrom und Energie – DIN EN 61140 (VDE 0140-1)	256
9	Zusätzlicher Schutz – DIN VDE 0100-410 Abschnitt 415	259
9.1	Zusätzlicher Schutz: Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) ...	261
9.1.1	Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) in TN- und TT-Systemen ..	261
9.1.2	Zusätzlicher Schutz durch RCDs im IT-System	263
9.1.3	Zusätzlicher Schutz durch RCDs bei Betriebsmittel der Schutzklasse II	264
9.1.4	Zusätzlicher Schutz durch RCDs bei Schutztrennung	264

9.2	Zusätzlicher Schutz durch zusätzlichen Schutzpotentialausgleich – Teil 410 Abschnitt 415.2.....	265
9.3	Weitere Anforderungen für bestimmte Endstromkreise	267
9.4	Literatur zu Kapitel 9.....	268
10	Auswahl und Errichtung von Erdungsanlagen, Schutzleiter und Schutzpotentialausgleichsleiter – DIN VDE 0100-540	269
10.1	Regeln der Technik zum Thema Erdung und Potentialausgleich ..	269
10.2	Anwendungsbereich der DIN VDE 0100-540	270
10.3	Begriffe zum Thema Erdung und Potentialausgleich.....	270
10.4	Betriebserder, Anlagenerder und Schutzerder	276
10.5	Ausbreitungswiderstand und Potentialverlauf.....	278
10.6	Spezifischer Erdwiderstand	280
10.7	Berechnung des Ausbreitungswiderstands	282
10.7.1	Genauere Berechnung des Ausbreitungswiderstands.....	283
10.7.2	Überschlägige Berechnung des Ausbreitungswiderstands	284
10.7.3	Abschätzung des Ausbreitungswiderstands nach DIN VDE 0101-2	284
10.7.4	Beispiele zur Ermittlung des Ausbreitungswiderstands eines Erders.....	287
10.8	Messung von Erderwiderständen.....	288
10.8.1	Messung nach dem Strom-Spannung-Messverfahren	288
10.8.2	Messung mit der Erdungsmessbrücke nach dem Kompensations- Messverfahren	289
10.8.3	Messung von Erderwiderständen nach VDE 0100-600	292
10.8.3.1	Messung mit einem Erdwiderstandsmessgerät nach VDE 0100-600 (Anhang C.1).....	292
10.8.3.2	Messung des Erderwiderstands mit einem Fehlerschleifen- impedanz-Messgerät nach VDE 0100-600 (Anhang C.2) bzw. nach Abschnitt 6.4.3.7.3.....	294
10.8.3.3	Messung des Erderwiderstands mit Stromzangen nach VDE 0100-600 (Anhang C.3).....	295
10.8.4	Messung des Gesamterdungswiderstands eines Netzes	296
10.9	Messung des spezifischen Erdwiderstands.....	297
10.9.1	Messung mit fest definiertem Messstab	297
10.9.2	Methode nach Wenner, Vier-Sonden-Methode	298
10.10	Herstellung von Erdern.....	299
10.10.1	Oberflächenerder.....	304
10.10.2	Tiefenerder	304
10.10.3	Fundamenterder	305
10.10.3.1	Allgemeine Festlegungen.....	305
10.10.3.2	Werkstoffe für Fundamenterder und Anschlussfahnen	308
10.10.3.3	Ausführung des Fundamenterders bei erhöhtem Erdübergangs- widerstand.....	308

10.10.3.4	Fundamenterder als Blitzschutzterder	310
10.10.4	Natürliche Erder	310
10.11	Korrosion von Metallen im Erdreich	312
10.11.1	Korrosion durch chemische Einflüsse	312
10.11.2	Korrosion durch galvanische Elementbildung	313
10.11.3	Korrosion durch Streuströme	317
10.11.4	Korrosionsschutzmaßnahmen gegen Elementbildung	317
10.11.5	Korrosionsschutzmaßnahmen gegen Streuströme	318
10.11.6	Katodischer Korrosionsschutz	320
10.11.7	Fundamenterder und Korrosion	321
10.11.7.1	Verhalten feuerverzinkter Stähle in Beton	321
10.11.7.2	Zusammenschluss von Fundamenterdern mit Erdern im Erdreich	321
10.11.7.3	Fundamenterder aus verzinktem Stahl und Armierungen	322
10.11.7.4	Zusammenschluss von Armierungen mit Erdern im Erdreich	323
10.12	Erdungsleiter – Teil 540 Abschnitt 542.3	323
10.13	Haupterdungsschiene – Teil 540 Abschnitt 542.4	325
10.14	Allgemeines zum Schutzleiter – Teil 540 Abschnitt 543	325
10.15	Querschnitt von Schutzleitern – Teil 540 Abschnitt 543.1	326
10.16	Arten von Schutzleitern – Teil 540 Abschnitt 543.2	331
10.17	Erhalten der elektrischen Eigenschaften von Schutzleitern – Teil 540 Abschnitt 543.3	333
10.18	PEN-, PEL- oder PEM-Leiter – Teil 540 Abschnitt 543.4	333
10.19	Kombinierte Schutzerdungsleiter und Funktionserdungsleiter – Teil 540 Abschnitt 543.5	337
10.20	Anordnung von Schutzleitern – Teil 540 Abschnitt 543.6	338
10.21	Verstärkte Schutzleiter für Schutzleiterströme größer 10 mA – Teil 540 Abschnitt 543.7	338
10.22	Schutzleiterströme – Teil 510 Abschnitt 516	339
10.23	Schutzpotentialausgleichsleiter – DIN VDE 0100-540 Abschnitt 544	341
10.23.1	Schutzpotentialausgleichsleiter für die Verbindung mit der Haupterdungsschiene – Teil 540 Abschnitt 544.1	341
10.23.2	Schutzpotentialausgleichsleiter für den zusätzlichen Schutzpotentialausgleich – Teil 540 Abschnitt 544.2	343
10.23.2.1	Schutzpotentialausgleichsleiter zwischen zwei Körpern elektrischer Betriebsmittel – Teil 540 Abschnitt 544.2.1	344
10.23.2.2	Schutzpotentialausgleichsleiter zwischen einem Körper und einem fremden leitfähigen Teil – Teil 540 Abschnitt 544.2.2	344
10.23.2.3	Mindestquerschnitte für den zusätzlichen Schutzpotentialausgleichsleiter – Teil 540 Abschnitt 544.2.3	345
10.23.3	Kombinationen von Schutzleitern und Funktionsleitern	345
10.24	Fremdspannungsarmer Potentialausgleich	346
10.25	Erdung von Antennenträgern – DIN EN 60728-11 (VDE 0855-1)	348

10.26	Prüfungen	349
10.27	Literatur zu Kapitel 10.....	351
11	Prüfungen – DIN VDE 0100-600	353
11.1	Begriffe	353
11.2	Allgemeine Anforderungen an die Erstprüfung – Teil 600 Abschnitt 6.4.....	354
11.3	Besichtigen – Teil 600 Abschnitt 6.4.2.....	355
11.4	Erproben und Messen – Teil 600 Abschnitt 6.4.3	357
11.4.1	Allgemeine Anforderungen	357
11.4.2	Durchgängigkeit der Leiter.....	357
11.4.3	Isolationswiderstand der elektrischen Anlage	359
11.4.4	Schutz durch SELV, PELV oder durch Schutztrennung	363
11.4.5	Widerstände isolierender Fußböden und Wände.....	363
11.5	Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung – Teil 600 Abschnitt 6.4.3.7	366
11.5.1	Prüfung von TN-Systemen.....	366
11.5.2	Prüfung von TT-Systemen.....	367
11.5.3	Prüfung von IT-Systemen	372
11.5.4	Messung von Erderwiderständen nach Teil 600	372
11.5.5	Messung des Erdschleifenwiderstands mit Stromzangen und Erdungsmessung mittels Fehlerschleifenimpedanzmessung.....	372
11.5.6	Messung von Kurzschlussströmen bzw. Schleifenimpedanzen ...	372
11.5.7	Messung des Auslösestroms bei RCDs	377
11.5.8	Prüfung der Schutzmaßnahme Schutz durch automatische Abschaltung bei Stromkreisen mit USV-Anlagen oder Frequenzumrichtern.....	380
11.5.9	Prüfung von Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtungen (AFDD)	381
11.6	Zusätzlicher Schutz – Teil 600 Abschnitt 6.4.3.8	381
11.7	Prüfung der Spannungspolarität – Teil 600 Abschnitt 6.4.3.6	382
11.8	Prüfung der Phasenfolge – Teil 600 Abschnitt 6.4.3.9	382
11.9	Funktionsprüfungen – Teil 600 Abschnitt 6.4.3.10.....	382
11.10	Spannungsfall – Teil 600 Abschnitt 6.4.3.11	383
11.11	Messgeräte	383
11.12	Dokumentation der Prüfung – Teil 600 Abschnitt 6.4.4 und Anhang NA.....	384
11.13	Literatur zu Kapitel 11.....	388
12	Schutz gegen Überspannungen und elektromagnetische Störungen (EMI).....	389
12.1	Schutz von Niederspannungsanlagen bei vorübergehenden Über- spannungen infolge von Erdschlüssen im Hochspannungsnetz und bei Fehlern im Niederspannungsnetz – DIN VDE 0100-442 ..	389

12.2	Schutz gegen transiente Überspannungen – DIN VDE 0100-443 und DIN VDE 0100-534	394
12.2.1	Ursachen und Auswirkungen transienter Überspannungen.....	395
12.2.2	Normen für den Überspannungsschutz	398
12.2.3	Überspannung-Schutzeinrichtungen in Gebäuden – DIN VDE 0100-534.....	399
12.2.3.1	Anschluss von Überspannung-Schutzeinrichtungen (SPDs)	399
12.2.3.2	Auswahl in Hinblick auf die dauernde Betriebsspannung U_c	404
12.2.3.3	Auswahl in Hinblick auf Nennableitstoßstrom I_n und Blitzstoßstrom I_{imp}	404
12.2.3.4	Auswahl in Hinblick auf das ausgewiesene Folgestromlöschvermögen	405
12.2.3.5	Schutz bei Überströmen und Folgen eines Fehlers an Überspannung-Schutzeinrichtungen (SPD).....	405
12.2.3.6	Anschlussleitungen	407
12.2.3.7	Informationen zur Klassifizierung von Überspannung-Schutzeinrichtungen (SPD).....	409
12.2.4	Überspannung-Schutzeinrichtungen im Niederspannungsnetz ...	410
12.2.5	Überspannung-Schutzeinrichtungen im praktischen Einsatz	412
12.2.5.1	Einsatz in Verteilungsnetzen	412
12.2.5.2	Einsatz in Verbraucheranlagen.....	413
12.2.5.3	Einsatz in Informationsnetzen und Informationsanlagen.....	416
12.3	Überspannungsschutzgeräte – DIN VDE 0675	419
12.3.1	Technische Grundlagen.....	419
12.3.2	Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Niederspannungsanlagen	421
12.3.2.1	Überspannungsschutzgeräte für den Einbau in Niederspannungsnetzen.....	423
12.3.2.2	Überspannungsschutzgeräte für den Einbau in Verbraucheranlagen	423
12.3.2.3	Überspannungsschutzgeräte für ortsveränderliche Geräte	424
12.4	Elektrische Anlagen in Bauwerken mit Blitzschutzanlagen.....	425
12.5	Dachständer und Blitzschutzanlagen	425
12.6	Schutz gegen elektromagnetische Störungen (EMI) – DIN VDE 0100-444.....	426
12.6.1	Einführung	426
12.6.2	Grundsätzliche Anforderungen.....	427
12.6.2.1	Netzsysteme	427
12.6.2.2	Mehrfacheinspeisung	428
12.6.2.3	Verschiedene Netzstrukturen für den Potentialausgleich	430
12.6.2.4	Funktionserdungisleiter	432
12.6.2.5	Kabelträgersysteme.....	432
12.7	Literatur zu Kapitel 12.....	434

13	Trennen und Schalten – DIN VDE 0100-460 und DIN VDE 0100-530	435
13.1	Allgemeines	435
13.2	Begriffe	437
13.3	Trennen	437
13.3.1	Maßnahmen zum Trennen.....	437
13.3.2	Geräte zum Trennen.....	438
13.4	Ausschalten für mechanische Wartung (Instandhaltung)	439
13.4.1	Maßnahmen zur mechanischen Wartung (Instandhaltung)	439
13.4.2	Geräte zum Ausschalten bei mechanischer Wartung (Instandhaltung)	440
13.5	Schalthandlungen im Notfall	441
13.5.1	Maßnahmen bei Schaltungen im Notfall.....	441
13.5.2	Geräte zum Schalten im Notfall.....	443
13.6	Betriebsmäßiges Schalten.....	444
13.6.1	Maßnahmen zum betriebsmäßigen Schalten	444
13.6.1.1	Maßnahmen für Steuerstromkreise	445
13.6.1.2	Maßnahmen für Motorsteuerungen.....	445
13.6.2	Schaltgeräte für betriebsmäßiges Schalten	446
14	Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – DIN VDE 0100-510	447
14.1	Allgemeine Anforderungen	447
14.2	Betriebsbedingungen	449
14.3	Äußere Einflüsse	450
14.4	Dynamische Beanspruchungen durch Kurzschlussströme	451
14.5	Luftstrecken und Kriechstrecken	464
14.5.1	Bemessung der Luftstrecken	466
14.5.2	Bemessung der Kriechstrecken	470
14.6	Zugänglichkeit.....	470
14.7	Kennzeichnungen.....	470
14.8	Schaltpläne und Dokumentation	472
14.9	Vermeidung gegenseitiger nachteiliger Beeinflussung	474
14.10	Literatur zu Kapitel 14.....	474
15	Maschinen, Transformatoren, Drosselspulen, Kondensatoren	475
15.1	Elektrische Maschinen.....	475
15.2	Transformatoren und Drosselspulen	479
15.2.1	Kleintransformatoren.....	481
15.2.2	Trenntransformatoren und Sicherheitstransformatoren	481
15.2.3	Leistungstransformatoren.....	485
15.3	Kondensatoren – DIN VDE 0560	496
15.4	Literatur zu Kapitel 15.....	503

16	Schaltgeräte	505
16.1	Schalter	505
16.2	Steckvorrichtungen, allgemein	506
16.3	Steckvorrichtungen für industrielle Anwendung	508
16.4	Überstrom-Schutzeinrichtungen	515
16.4.1	Niederspannungssicherungen – DIN EN 60269 (VDE 0636)	516
16.4.1.1	NH-Sicherungen	529
16.4.1.2	D-Sicherungen	540
16.4.1.3	D0-Sicherungen	544
16.4.1.4	Geräteschutzsicherungen (G-Sicherungen)	547
16.4.2	Überstromschutzschalter	552
16.4.2.1	Leitungsschutzschalter (LS-Schalter) – VDE 0641	553
16.4.2.2	Geräteschutzschalter – DIN EN 60934 (VDE 0642)	563
16.4.2.3	Motorstarter – DIN EN 60947-4-1 (VDE 0660-102)	565
16.4.2.4	Leistungsschalter – DIN EN 60947-2 (VDE 0660-101)	569
16.4.2.5	Leistungsschalter mit Fehlerstromschutz – DIN EN 60947-2 (VDE 0660-101) Anhang B	571
16.4.2.6	Selektive Haupt-Leitungsschutzschalter (SH-Schalter) DIN VDE 0641-21 (VDE 0641-21)	572
16.4.3	Hochspannungssicherungen	575
16.4.3.1	Teilbereichssicherungen	576
16.4.3.2	Vollbereichssicherungen	579
16.4.3.3	Einsatz von HH-Sicherungen	579
16.5	Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD)	580
16.5.1	Allgemeines	580
16.5.2	FI-Schutzschalter, geschichtliche Entwicklung	582
16.5.3	RCDs nach VDE 0664 oder VDE 0660	588
16.5.3.1	Technische Anforderungen	589
16.5.3.2	Produktinformationen für RCCBs und RCBOs	596
16.5.3.2.1	Bemessungswerte	596
16.5.3.2.2	Abschaltzeiten und Nichtauslösezeiten	596
16.5.3.2.3	Bemessungsschaltvermögen und Bemessungskurzschlussstrom	597
16.5.3.2.4	Überlastschutz bei Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen	599
16.5.3.2.5	Stoßstromfestigkeit und Stoßstromfestigkeit	600
16.5.3.2.6	Aufschriften (Normbeschriftung)	601
16.5.4	Auswahl und Errichtung von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD)	604
16.5.4.1	RCD zum Schutz gegen elektrischen Schlag	605
16.5.4.2	RCD zum Brandschutz	607
16.5.4.3	Auswahl unter Berücksichtigung von Stromimpulsen (Stoßströmen)	607
16.5.4.4	Auswahl bei Berücksichtigung der Selektivität	607
16.5.4.5	RCD-Typ – Auswahl unter Berücksichtigung der Fehlerstromarten	608

16.5.4.6	Zusammenfassende Betrachtung zur Auswahl von RCDs.....	608
16.5.5	PRCD – DIN VDE 0661	609
16.6	Differenzstrom-Überwachungsgeräte (RCMs).....	611
16.6.1	Allgemeines	611
16.6.2	Bemessungsgrößen.....	613
16.6.3	Aufschriften und Produktinformationen.....	613
16.6.4	Konstruktion und Betrieb.....	614
16.7	Isolationsüberwachungsgeräte (IMD) – VDE 0413-8	614
16.7.1	Technische Anforderungen	615
16.7.2	Aufschriften auf Isolationsüberwachungsgeräten.....	616
16.8	Einrichtung zur Isolationsfehlersuche (IFLS) – VDE 0413-9	617
16.9	Schütze – DIN EN 60947-4-1 (VDE 0660-102) und DIN EN 61095 (VDE 0637-3).....	619
16.9.1	Allgemeines	619
16.9.2	Gebrauchskategorien.....	621
16.9.3	Verlustleistungen	621
16.10	Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtung (AFDD) für Endstromkreise..	625
16.11	Störlichtbogen Schutzeinrichtung	628
16.12	Literatur zu Kapitel 16.....	630
17	Leuchten und Beleuchtungsanlagen – DIN VDE 0100-559	631
17.1	Anbringen von Leuchten auf Gebäudeteilen	633
17.2	Anbringung von Leuchten auf Einrichtungsgegenständen	633
17.3	Lampenbetriebsgeräte	635
17.3.1	Vorschaltgeräte	635
17.3.2	Kompensationskondensatoren.....	635
17.4	Sicherheitszeichen und technisch relevante Bildzeichen für Leuchten und deren Zubehör	635
17.5	Aufschriften auf Leuchten nach DIN EN 60598-1 (VDE 0711-1) bezüglich der Montageoberfläche	639
17.6	Befestigung von Leuchten	640
17.7	Schutzarten für Leuchten.....	643
17.8	Lampengruppen und Lichtbänder	643
17.9	Auswahl der Leitungen bei Leuchten	644
17.9.1	Leitungsbemessung bei Leuchten.....	644
17.9.2	Durchgangsverdrahtung.....	645
17.10	Kompensation von Entladungslampen.....	645
17.11	Besondere Beleuchtungsanlagen	646
17.11.1	Leuchten für Vorführstände.....	646
17.11.2	Beleuchtungsanlagen im Freien	647
17.11.3	Kleinspannungsbeleuchtungsanlagen.....	648
17.11.4	Stromschienensysteme für Leuchten.....	652
17.12	Literatur zu Kapitel 17.....	654

18	Batterien und Batterieanlagen	655
18.1	Allgemeines	655
18.2	Betriebsarten	656
18.3	Schutz gegen elektrischen Schlag bei Gleichstromanlagen	658
18.3.1	Schutz gegen elektrischen Schlag (Fehlerschutz)	658
18.3.2	Schutz bei Gleichstromzwischenkreisen mit galvanischer Verbindung zum speisenden Netz	660
18.4	Vorkehrungen gegen Verpuffungs- und Explosionsgefahr.....	660
18.5	Räume für ortsfeste Batterien	662
18.6	Batterieanlagen mit Anschluss an das Niederspannungsnetz	662
19	Allgemeines über Kabel und Leitungen	663
19.1	Kurzzeichen für Kabel	663
19.2	Häufig verwendete Kabel	664
19.3	Halogenfreie Kabel und Leitungen	666
19.3.1	Kabel mit verbessertem Verhalten im Brandfall	666
19.3.2	Kabel mit verbessertem Verhalten im Brandfall mit Funktionserhalt	669
19.3.3	Einadrige Leitungen ohne Mantel für feste Verlegung mit verbessertem Verhalten im Brandfall	670
19.3.3.1	Halogenfreie Aderleitungen H07Z	671
19.3.3.2	Halogenfreie Verdrahtungsleitungen H05Z.....	671
19.3.4	Halogenfreie Mantelleitung NHXMH mit verbessertem Verhalten im Brandfall	672
19.3.5	Halogenfreie Installationsleitung NHMH mit speziellen Eigenschaften im Brandfall	673
19.3.6	Halogenfreie Sonder-Gummiaderleitung NSHXAÖ und NSHXAÖ mit verbessertem Verhalten im Brandfall	674
19.4	Kurzzeichen für Leitungen nach nationalen Normen – DIN VDE 0250	675
19.5	Kurzzeichen für harmonisierte Leitungen – DIN VDE 0281 und DIN VDE 0282	676
19.6	Häufig verwendete Leitungen.....	678
19.7	Anwendungsbereiche von Kabeln und Leitungen.....	682
19.7.1	Leichte Zwillingsleitung H03VH	683
19.7.2	PVC-Schlauchleitung H03VV	683
19.7.3	PVC-Schlauchleitung H05VV	683
19.7.4	PVC-Verdrahtungsleitung H05V	683
19.7.5	Wärmebeständige PVC-Verdrahtungsleitung H05V2.....	684
19.7.6	PVC-Lichterkettenleitung H03VH7	684
19.7.7	PVC-Aderleitung H07V.....	684
19.7.8	Wärmebeständige PVC-Aderleitung H07V2	684
19.7.9	Kältebeständige PVC-Aderleitung H07V3	684

19.7.10	Leichte und mittlere PVC-Schlauchleitungen H03V2V2/H03V2V2H2 und H05V2V2/H05V2V2H2	685
19.7.11	Ölbeständige PVC-Steuerleitungen H05VV5 und H05VVC4V5 ...	685
19.7.12	Lichterkettenleitungen H05RN/H05RNH2 und H03RN-F	685
19.7.13	Wärmebeständige Silikon-Aderleitung H05SJ	685
19.7.14	Wärmebeständige Silikon-Mantelleitung H05SS	686
19.7.15	Lichtbogen-Schweißleitungen H01N2	686
19.7.16	Wärmebeständige Gummi-Aderleitungen H05G und H07G	686
19.7.17	Gummischlauchleitungen H05RR und H05RN	686
19.7.18	Schwere Gummischlauchleitung H07RN	686
19.7.19	Wärme- und kältebeständige Leitungen H05BQ und H07BQ	687
19.7.20	Wärmebeständige Schlauchleitung H05BB	687
19.7.21	Schwere wärmebeständige Schlauchleitung H07BB	687
19.7.22	Mittlere wärmebeständige Schlauchleitung H05BN4	688
19.7.23	Schwere wärmebeständige Schlauchleitung H07BN4	688
19.7.24	PVC-Mantelleitung NYM	688
19.7.25	Stegleitungen NYIF und NYIFY	689
19.7.26	Bleimantelleitung NYBUY	689
19.7.27	Gummischlauchleitung NSSHÖU	689
19.7.28	Gummi-Flachleitung NGFLGÖU	689
19.7.29	Leitungstrossen NMTWÖU und NMSWÖU	689
19.7.30	ETFE-Aderleitungen N7YA und N7YAF	690
19.7.31	Silikon-Fassungsaderleitungen N2GFA und N2GFAF	690
19.7.32	Sonder-Gummiaderleitung NSGAFÖU	690
19.7.33	Gummischlauchleitung NMHVÖU	690
19.7.34	Gummischlauchleitung NSHCÖU	690
19.7.35	Gummischlauchleitung NSHTÖU	690
19.7.36	Mineralisierte Leitung (ohne festgelegtes Kurzzeichen)	691
19.8	Kennzeichnung von Kabeln und Leitungen	691
19.9	Farbige Kennzeichnung von Kabeln, Leitungen und blanken Schienen	693
19.9.1	Farbige Kennzeichnung für Mäntel von Kabeln und Leitungen ...	693
19.9.2	Allgemeine Festlegungen für die Kennzeichnung mit Farben ...	694
19.9.3	Kennzeichnung von Schienen	695
19.9.4	Anforderungen an die farbliche Kennzeichnung von isolierten Leitern	696
19.9.5	Besonderheiten für Schutz- und Neutralleiter	700
19.9.5.1	Allgemeine Festlegungen	700
19.9.5.2	Die Kennzeichnung des Neutralleiters	700
19.9.5.3	Die Kennzeichnung des PEN-Leiters	701
19.9.5.4	Die Kennzeichnung des PEL-Leiters	702
19.9.5.5	Die Kennzeichnung des PEM-Leiters	703
19.9.5.6	Kennzeichnung von Schutzleitern (PE)	703

19.9.6	Kennzeichnung durch alphanumerische Zeichen	706
19.9.7	Zusammentreffen von Kabeln und Leitungen mit alter und neuer Farbkennzeichnung	706
19.10	Auswahl nach den neuen Euroklassen für Kabel und Leitungen	709
19.11	Literatur zu Kapitel 19.	712
20	Bemessung von Leitungen und Kabeln und deren Schutz gegen zu hohe Erwärmung – DIN VDE 0100-430, DIN VDE 0100-520 und DIN VDE 0298-4.	713
20.1	Mindestquerschnitte und Neutralleiterreduzierung nach VDE 0100-520	714
20.2	Spannungsfall – Teil 520 Abschnitt 525	716
20.3	Strombelastbarkeit	727
20.3.1	Strombelastbarkeit isolierter Leitungen und nicht im Erdreich verlegter Kabel.	727
20.3.1.1	Referenzverlegearten in Luft	728
20.3.1.2	Strombelastbarkeit bei Referenzbedingungen	733
20.3.1.3	Strombelastbarkeit bei unterschiedlichen Umgebungstemperaturen	740
20.3.1.4	Strombelastbarkeit bei Berücksichtigung der Häufung.	744
20.3.1.5	Strombelastung bei Berücksichtigung von Oberschwingungsströmen	750
20.3.2	Strombelastbarkeit von Kabeln im Erdreich	753
20.3.3	Strombelastbarkeit von Stromschiensystemen	756
20.3.4	Strombelastbarkeit von Freileitungen.	761
20.3.5	Belastungssonderfälle	762
20.3.6	Erwärmung von Kabeln und Leitungen	768
20.4	Schutz gegen zu hohe Erwärmung – Teil 430	770
20.4.1	Schutz bei Überlast.	771
20.4.2	Schutz bei Kurzschluss	778
20.4.3	Koordinieren des Schutzes bei Überlast und Kurzschluss – Teil 430 Abschnitt 435	791
20.4.3.1	Schutz durch eine gemeinsame Schutzeinrichtung	791
20.4.3.2	Schutz durch getrennte Schutzeinrichtungen.	792
20.4.3.3	Gemeinsame Versetzung der Schutzeinrichtungen für Überlast- und Kurzschlusschutz	795
20.4.3.4	Verzicht auf Schutzeinrichtungen für Überlast- und Kurzschlusschutz.	796
20.4.4	Schutz parallel geschalteter Leiter nach VDE 0100-430	798
20.4.4.1	Allgemeines	798
20.4.4.2	Schutz bei Überlast von parallel geschalteten Leitern	800
20.4.4.3	Schutz bei Kurzschluss von parallel geschalteten Leitern.	801

20.4.4.4	Parallel geschaltete Leitungen mit unterschiedlichen Querschnitten.....	805
20.4.5	Besondere Festlegungen.....	809
20.4.5.1	Beleuchtungsstromkreise.....	809
20.4.5.2	Steckdosenstromkreise.....	809
20.4.5.3	Neutralleiter.....	809
20.4.5.4	Schutzleiter.....	809
20.4.5.5	Öffentliche und andere Verteilungsnetze.....	809
20.4.5.6	Schalt- und Verteilungsanlagen.....	809
20.4.5.7	Gefahr durch Überstrom-Schutzeinrichtung.....	809
20.4.5.8	Bewegliche Leitungen.....	810
20.4.5.9	Lebensdauer von Kabeln und Leitungen.....	810
20.5	Literatur zu Kapitel 20.....	812
21	Verlegen von Kabeln und Leitungen – DIN VDE 0100-520.....	813
21.1	Allgemeines.....	813
21.2	Anforderungen an die Verlegung von Kabeln und Leitungen.....	820
21.2.1	Verdrahtungsleitungen.....	820
21.2.2	Aderleitungen.....	820
21.2.3	Stegleitungen.....	821
21.2.4	Mantelleitungen.....	821
21.2.5	Flexible Leitungen.....	821
21.2.6	Kabel.....	821
21.3	Verlegung von Kabeln und Leitungen.....	822
21.3.1	Elektroinstallationsrohrsysteme für elektrische Installationen....	822
21.3.2	Verlegung in Elektroinstallationskanälen.....	828
21.3.3	Verlegung in unterirdischen Kanälen und Schutzrohren.....	829
21.3.4	Verlegung in Beton.....	829
21.3.5	Verlegung in Luft frei gespannt.....	830
21.3.6	Verlegung von Kabeln in Erde.....	830
21.3.7	Verlegung von Kabeln an Decken, auf Wänden und auf Pritschen	831
21.3.8	Zugbeanspruchungen für Kabel und Leitungen.....	832
21.3.9	Kabelverlegung bei tiefen Temperaturen.....	833
21.4	Zusammenfassen der Leiter verschiedener Stromkreise.....	834
21.4.1	Aderleitungen in Elektro-Installationsrohren und Elektro- Installationskanälen.....	834
21.4.2	Mehrerleitungen und Kabel.....	834
21.4.3	Haupt- und Hilfsstromkreise getrennt verlegt.....	835
21.4.4	Stromkreise, die mit Kleinspannung betrieben werden.....	835
21.4.5	Stromkreise mit unterschiedlicher Spannung.....	835
21.4.6	Neutralleiter bzw. PEN-Leiter.....	835
21.4.7	Schutzleiter.....	835
21.5	Spannungsfall.....	836

21.6	Erdschluss- und kurzschluss sichere Verlegung	836
21.7	Anschlussstellen und Verbindungen	838
21.8	Kreuzungen und Näherungen	840
21.9	Maßnahmen gegen Brände und Brandfolgen	840
21.10	Literatur zu Kapitel 21	840
22	Brandgefahren und Brandverhütung in elektrischen Anlagen ..	841
22.1	Allgemeines zur Wärmelehre	841
22.2	Brennbare Stoffe und Zündtemperatur	842
22.3	Wärmequelle und Zündenergie	844
22.4	Zündquellen elektrischen Ursprungs	845
22.4.1	Heiße Oberfläche als Zündquelle	845
22.4.2	Falsch verwendetes Elektrogerät als Zündquelle	845
22.4.3	Wärmestrahler als Zündquelle	846
22.4.4	Elektrische Fehler als Zündquelle	847
22.4.5	Kontakterwärmung als Zündquelle	847
22.5	Isolationsfehler als Brandgefahr	848
22.6	Lichtbogen	850
22.7	Brandschäden	856
22.7.1	Unmittelbare Brandschäden	856
22.7.2	Brandfolgeschäden	856
22.8	Temperaturen von Bränden	856
22.9	Brandverhalten von Baustoffen	858
22.9.1	Nicht brennbare Baustoffe	858
22.9.2	Brennbare Baustoffe	859
22.10	Brandverhalten von Bauteilen	860
22.11	Bauliche Brandschutzmaßnahmen	862
22.12	Brandschutz durch vorbeugende Installationstechnik	870
22.13	Schutz gegen Verbrennungen (Brandwunden)	880
22.14	Brandschutz bei feuergefährdeten Betriebsstätten nach DIN VDE 0100-420	881
22.15	Literatur zu Kapitel 22	885
23	Stromversorgungsanlagen für Sicherheitszwecke – DIN VDE 0100-560	887
23.1	Anforderungen an Stromquellen für Sicherheitszwecke	890
23.2	Schutz bei indirektem Berühren (Fehlerschutz)	893
23.2.1	Schutzmaßnahmen ohne Abschaltung im Fehlerfall	893
23.2.2	Schutzmaßnahmen mit Abschaltung im Fehlerfall	894
23.3	Aufstellung der Stromquellen	896
23.4	Stromkreise für Stromversorgungsanlagen für Sicherheitszwecke	897
23.5	Verbrauchsmittel	897
23.6	Literatur zu Kapitel 23	898

24	Prüfung nach Instandsetzung, Änderung elektrischer Geräte – Wiederholungsprüfung elektrischer Geräte – Allgemeine Anforderungen für die elektrische Sicherheit – DIN VDE 0701-0702 (VDE 0701-0702)	899
24.1	Anwendungsbereich – DIN VDE 0701-0702 Abschnitt 1	899
24.2	Anforderungen – DIN VDE 0701-0702 Abschnitt 4	900
24.3	Allgemeines zu den Messungen und Prüfungen – DIN VDE 0701-0702 Abschnitt 5.1.....	901
24.4	Sichtprüfung – DIN VDE 0701-0702 Abschnitt 5.2.....	901
24.5	Prüfung des Schutzleiters – DIN VDE 0701-0702 Abschnitt 5.3...	902
24.6	Messung des Isolationswiderstands – DIN VDE 0701-0702 Abschnitt 5.4.....	905
24.7	Messung des Schutzleiterstroms – DIN VDE 0701-0702 Abschnitt 5.5.....	911
24.8	Messung des Berührungsstroms – DIN VDE 0701-0702 Abschnitt 5.6.....	915
24.9	Nachweis der sicheren Trennung vom Versorgungsstromkreis (SELV und PELV) – DIN VDE 0701-0702 Abschnitt 5.7	920
24.10	Nachweis der Wirksamkeit weiterer Schutzeinrichtungen – DIN VDE 0701-0702 Abschnitt 5.8.....	920
24.11	Prüfung der Aufschriften – DIN VDE 0701-0702 Abschnitt 5.9 ...	920
24.12	Funktionsprüfung – DIN VDE 0701-0702 Abschnitt 5.10	921
24.13	Dokumentation, Beurteilung – DIN VDE 0701-0702 Abschnitt 6..	921
24.14	Messeinrichtungen – DIN VDE 0701-0702 Abschnitt 7	924
24.15	Literatur zu Kapitel 24.....	924
25	Anhang	925
25.1	Anhang A: Kurzschlussstrom und Leitungslänge	925
25.1.1	Kurzschlussstromberechnung	925
25.1.1.1	Kurzschlussstromberechnung nach DIN EN 60909-0 (VDE 0102).	925
25.1.1.2	Beispiel zur Berechnung des kleinsten einpoligen Kurzschlussstroms nach DIN EN 60909-0 (VDE 0102)	934
25.1.1.3	Kurzschlussstromberechnung in der Praxis	936
25.1.1.4	Beispiele zur Kurzschlussstromberechnung in der Praxis.....	940
25.1.2	Berechnung der maximal zulässigen Leitungslängen	943
25.2	Anhang B: Maximal zulässige Leitungslängen unter Berücksichtigung des Spannungsfalls – DIN VDE 0100-520 Beiblatt 2	978
25.3	Anhang C: Berechnung des k-Faktors zur Schutzleiter-Querschnittsbestimmung – DIN VDE 0100-540.....	981
25.3.1	Grundlagen.....	981
25.3.2	Tabellen zur Ermittlung des k -Faktors.....	982
25.3.3	Beispiele zur Berechnung des Schutzleiterquerschnitts.....	985

25.3.3.1	Berechnung des k -Werts.....	985
25.3.3.2	Berechnung des Schutzleiterquerschnitts in einem TN-C-S-System	986
25.3.3.3	Berechnung des Schutzleiterquerschnitts in einem TT-System beim Einsatz einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD)	989
25.3.3.4	Berechnung des Schutzleiterquerschnitts, wenn unterschiedliche Leitermaterialien und unterschiedliche Verlegearten vorliegen ...	990
25.4	Anhang D: Umrechnung von Leiterwiderständen.....	991
25.5	Anhang E: Tabellen für Impedanzen.....	994
25.5.1	Tabellen für Freileitungen	996
25.5.2	Tabellen für Kabel.....	997
25.6	Anhang F: EltBauVO	1004
25.7	Anhang G: Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Leitungsanlagen (Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie MLAR) – Fassung 10.2.2015 (Redaktionsstand 05.04.2016) –	1006
25.8	Anhang H: Äußere Einflüsse.....	1012
25.9	Anhang I: Gemeinsame Erklärung zu Verwendung und Einbau von Elektroinstallationsmaterial.....	1028
25.10	Anhang J: Gemeinsame Erklärung zum sicheren Umgang mit Elektrizität.....	1029
25.11	Anhang K: Widerstands- und Leitwertgrößen	1030
26	Weiterführende Literatur	1031
27	Abkürzungsübersicht	1033
	Stichwortverzeichnis	1043