

Inhalt

Vorwort.....	5
1 Allgemeines.....	29
1.1 Gesetze, Verordnungen, Vorschriften, Bestimmungen und dergleichen.....	29
1.2 Internationale Organisationen.....	30
1.3 Nationale Organisationen.....	31
1.4 Aufbau, Organisation und Tätigkeit der DKE.....	32
1.4.1 Das VDE-Vorschriftenwerk.....	38
1.4.2 Entstehung einer DIN-VDE-Norm.....	42
1.4.3 Anpassung der Normen an den Stand der Technik.....	45
1.4.4 Widerspruchsfreiheit des VDE-Vorschriftenwerks.....	45
1.4.5 VDE-Prüf- und Zertifizierungswesen – VDE 0024.....	46
1.4.6 Pilotfunktion und Gruppenfunktion von Normen.....	51
1.5 Rechtliche Stellung des VDE-Vorschriftenwerks.....	52
1.6 Anwendungsbereich und rückwirkende Gültigkeit von VDE-Bestimmungen.....	55
1.7 Normen der Reihe VDE 0100 – Anwendungsbereich und grundsätzliche Aussagen.....	56
1.8 Statistik elektrischer Unfälle.....	60
1.9 Mensch und Elektrizität.....	61
1.9.1 Stromstärke und Einwirkdauer.....	63
1.9.2 Wirkungen des elektrischen Stroms auf den menschlichen Körper.....	66
1.9.3 Stromart und Frequenz.....	70
1.9.4 DC-AC-Gleichwertigkeitsfaktor.....	71
1.9.5 Körperwiderstand und Stromweg.....	71
1.9.6 Herz-Strom-Faktor.....	76
1.9.7 Verhalten bei elektrischen Unfällen.....	77
1.10 Errichten elektrischer Anlagen.....	79
1.11 Literatur zu Kapitel 1.....	82
2 Begriffe und technische Grundlagen – DIN VDE 0100-200.....	85
2.1 Anlagen und Netze.....	85
2.2 Betriebsmittel, Verbrauchsmittel und Anschlussarten.....	89
2.3 Leiterarten, Stromverteilungssysteme, elektrische Größen.....	91
2.4 Erdung.....	103
2.5 Raumarten.....	105

2.6	Fehlerarten, Fehlerspannung, Fehlerstrom, Berührungs- und Schrittspannung, Ableitstrom	107
2.6.1	Fehlerarten	107
2.6.2	Fehlerstrom	109
2.6.3	Berührungsspannung, Berührungsstrom	109
2.6.4	Erder- und Schrittspannung	115
2.6.5	Ableitstrom	117
2.7	Schutz gegen elektrischen Schlag, Schutzmaßnahmen	120
2.7.1	Basisschutz	121
2.7.2	Fehlerschutz	122
2.8	Schutzarten	123
2.9	Schutzklassen	130
2.10	Kabel und Leitungen, Schaltanlagen, Verteiler und Schienenverteiler	131
2.11	Überstrom-Schutzeinrichtungen	135
2.12	RCD, Fehlerstrom- und Differenzstrom-Schutzeinrichtungen	142
2.13	Trennen und Schalten	143
2.14	Schirme, Schutzschirme und Trennung	144
2.15	Betriebsarten	145
2.16	Literatur zu Kapitel 2	148
3	Planung elektrischer Anlagen – DIN VDE 0100-100	149
3.1	Leistungsbedarf und Gleichzeitigkeitsfaktor	151
3.2	Stromversorgung	154
3.2.1	Einspeisung aus dem öffentlichen Netz	155
3.2.2	Bemessung von Hauptleitungen und Hauptstromversorgungssystemen	155
3.2.3	Autarke Versorgung	157
3.2.4	Eigenversorgung mit netzparallelem Betrieb	157
3.3	Netzarten und Erdungen	161
3.3.1	TN-Systeme	162
3.3.2	TT-System	165
3.3.3	IT-System	165
3.3.4	Kennzeichnung von Leitern	166
3.4	Stromkreisaufteilung in einer Anlage	167
3.5	Äußere Einflüsse	169
3.6	Verträglichkeit	170
3.7	Wartbarkeit	171
3.8	Elektrische Anlagen für Sicherheitszwecke	172
3.9	Literatur zu Kapitel 3	172

4	Schutz gegen elektrischen Schlag	173
4.1	Grundsätzliche Anforderungen	173
4.2	Schutzmaßnahmen für den Schutz gegen elektrischen Schlag	174
4.2.1	Schutzmaßnahmen und Schutzvorkehrungen	174
4.2.2	Besonderheiten bei den Basisschutzvorkehrungen	176
4.2.2.1	Basisschutz unter normalen Bedingungen durch Basisisolierung – DIN VDE 0100-410, Anhang A	178
4.2.2.2	Basisschutz unter normalen Bedingungen durch Abdeckungen oder Umhüllungen – DIN VDE 0100-410 Anhang A	178
4.2.2.3	Basisschutz unter besonderen Bedingungen durch Hindernisse – DIN VDE 0100-410 Anhang B	180
4.2.2.4	Basisschutz unter besonderen Bedingungen durch Anordnung außerhalb des Handbereichs – DIN VDE 0100-410 Anhang B	180
4.2.3	Besonderheiten bei der Fehlerschutzvorkehrung	181
4.2.3.1	Fehlerschutzvorkehrungen bei der Schutzmaßnahme „Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung“ ..	183
4.2.3.2	Fehlerschutzvorkehrungen bei den übrigen Schutzmaßnahmen ..	186
4.2.3.3	Fehlerschutzvorkehrung in besonderen Bereichen	188
4.3	Kombinationen von Schutzmaßnahmen	194
4.4	Zusätzlicher Schutz	196
4.5	Literatur zu Kapitel 4	196
5	Schutzmaßnahme: Automatische Abschaltung der Stromversorgung – DIN VDE 0100-410, Abschnitt 411	197
5.1	Allgemeine Anforderungen	197
5.1.1	Einführung	197
5.1.2	Schutzpotentialausgleich über die Haupterdungsschiene	200
5.1.2.1	Aufgabenbeschreibung	200
5.1.2.2	Funktionsweise	202
5.2	Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung im TN-System (DIN VDE 0100-410, Abschnitt 411.4)	204
5.2.1	Allgemeine Anforderungen	204
5.2.2	TN-System mit Überstrom-Schutzeinrichtungen	208
5.2.3	TN-System mit RCD	211
5.2.4	Kombination von Überstrom-Schutzeinrichtungen und RCDs	213
5.2.5	Notwendigkeit eines Erders im TN-System	214
5.2.6	Spannungsbegrenzung bei Erdschluss eines Außenleiters – DIN VDE 0100-410, Abschnitt 411.4.1	217
5.3	Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung im TT-System (DIN VDE 0100-410, Abschnitt 411.5)	223
5.3.1	Allgemeine Anforderungen	223
5.3.2	TT-System mit Überstrom-Schutzeinrichtungen	225
5.3.3	TT-System mit RCD	227

5.4	Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung im IT-System (DIN VDE 0100-410, Abschnitt 411.6)	229
5.5	FELV – Schutz durch Kleinspannung ohne sichere Trennung (DIN VDE 0100-410, Abschnitt 411.7)	235
5.5.1	Allgemeine Anforderungen	235
5.5.2	Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren)	236
5.5.3	Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren)	236
5.5.4	Stromquellen für FELV-Systeme	237
5.5.5	Steckvorrichtungen für FELV-Systeme	237
5.6	Literatur zu den Kapiteln 5 bis 8	238
6	Schutzmaßnahme: Doppelte oder verstärkte Isolierung – DIN VDE 0100-410, Abschnitt 412	239
6.1	Anforderungen an Betriebsmittel – DIN VDE 0100-410, Abschnitt 412.2.1	242
6.2	Anforderungen an Abdeckungen und Umhüllungen – DIN VDE 0100-410, Abschnitt 412.2.2	243
6.3	Anforderungen bei Errichtung – DIN VDE 0100-410, Abschnitt 412.2.3	244
6.4	Anforderungen an Kabel- und Leitungsanlagen – DIN VDE 0100-410, Abschnitt 412.2.4	244
7	Schutzmaßnahme: Schutztrennung mit nur einem Verbrauchsmittel – DIN VDE 0100-410, Abschnitt 413	245
8	Schutzmaßnahme: Schutz durch Kleinspannung mittels SELV und PELV – DIN VDE 0100-410, Abschnitt 414	249
8.1	Basisschutz (Schutz bei direktem Berühren) und Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren) – DIN VDE 0100-410, Abschnitt 414.2	252
8.1.1	Stromquellen für SELV und PELV	253
8.1.2	Anordnung von Stromkreisen	256
8.1.3	Basisschutz	257
8.1.4	Fehlerschutz	258
8.1.5	Zusammenfassung	258
8.2	Begrenzung von Beharrungsberührungsstrom und Energie – DIN EN 61140 (VDE 0140-1)	258
9	Zusätzlicher Schutz – DIN VDE 0100-410, Abschnitt 415	261
9.1	Zusätzlicher Schutz: Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) ...	263
9.1.1	Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) in TN- und TT-Systemen	263
9.1.2	Zusätzlicher Schutz durch RCDs im IT-System	265

9.1.3	Zusätzlicher Schutz durch RCDs bei Betriebsmitteln der Schutzklasse II	266
9.1.4	Zusätzlicher Schutz durch RCDs bei Schutztrennung	266
9.2	Zusätzlicher Schutz durch zusätzlichen Schutzpotentialausgleich – Teil 410, Abschnitt 415.2	267
9.3	Weitere Anforderungen für bestimmte Endstromkreise	269
9.4	Literatur zu Kapitel 9.....	270
10	Auswahl und Errichtung von Erdungsanlagen, Schutzleiter und Schutzpotentialausgleichsleiter – DIN VDE 0100-540	271
10.1	Regeln der Technik zum Thema Erdung und Potentialausgleich ..	271
10.2	Anwendungsbereich der DIN VDE 0100-540	272
10.3	Begriffe zum Thema Erdung und Potentialausgleich.....	272
10.4	Betriebserder, Anlagenerder und Schutzerder	278
10.5	Ausbreitungswiderstand und Potentialverlauf.....	280
10.6	Spezifischer Erdwiderstand	282
10.7	Berechnung des Ausbreitungswiderstands	284
10.7.1	Genaue Berechnung des Ausbreitungswiderstands.....	285
10.7.2	Überschlägige Berechnung des Ausbreitungswiderstands	286
10.7.3	Abschätzung des Ausbreitungswiderstands nach DIN EN 50522 (VDE 0101-2).....	286
10.7.4	Beispiele zur Ermittlung des Ausbreitungswiderstands eines Erders.....	289
10.8	Messung von Erderwiderständen	290
10.8.1	Messung nach dem Strom-Spannung-Messverfahren	290
10.8.2	Messung mit der Erdungsmessbrücke nach dem Kompensations-Messverfahren	291
10.8.3	Messung von Erderwiderständen nach DIN VDE 0100-600.....	294
10.8.3.1	Messung mit einem Erdwiderstandsmessgerät nach DIN VDE 0100-600 (Anhang C.1)	294
10.8.3.2	Messung des Erderwiderstands mit einem Fehlerschleifen-impedanz-Messgerät nach DIN VDE 0100-600 (Anhang C.2) bzw. nach Abschnitt 6.4.3.7.3.....	296
10.8.3.3	Messung des Erderwiderstands mit Stromzangen nach DIN VDE 0100-600 (Anhang C.3)	297
10.8.4	Messung des Gesamterdungswiderstands eines Netzes	298
10.9	Messung des spezifischen Erdwiderstands.....	299
10.9.1	Messung mit fest definiertem Messstab	299
10.9.2	Methode nach <i>Wenner</i> , Vier-Sonden-Methode	300
10.10	Herstellung von Erdern.....	301
10.10.1	Oberflächenerder.....	306
10.10.1.1	Strahlenerder	306
10.10.1.2	Ringerder.....	307

10.10.1.3	Bauformen und Werkstoffe für Strahlenerder und Ringerder	308
10.10.2	Stab-/Tiefenerder	308
10.10.3	Fundamenterder	309
10.10.3.1	Bauformen und Werkstoffe für Fundamenterder.	312
10.10.3.2	Funktionen des Fundamenterders	313
10.10.4	Blitzschutzerder.	314
10.10.5	Erdungsanlagen in Gebäuden	314
10.10.6	Natürliche Erder	315
10.11	Korrosion von Metallen im Erdreich.	316
10.11.1	Korrosion durch chemische Einflüsse	317
10.11.2	Korrosion durch galvanische Elementbildung	317
10.11.3	Korrosion durch Streuströme	322
10.11.4	Korrosionsschutzmaßnahmen gegen Elementbildung	322
10.11.5	Korrosionsschutzmaßnahmen gegen Streuströme.	323
10.11.6	Kathodischer Korrosionsschutz.	325
10.11.7	Fundamenterder und Korrosion	325
10.11.7.1	Verhalten feuerverzinkter Stähle in Beton	325
10.11.7.2	Zusammenschluss von Fundamenterdern mit Erdern im Erdreich	326
10.11.7.3	Fundamenterder aus verzinktem Stahl und Armierungen	327
10.11.7.4	Zusammenschluss von Armierungen mit Erdern im Erdreich.	327
10.12	Erdungsleiter – Teil 540, Abschnitt 542.3	328
10.13	Haupterdungsschiene – Teil 540, Abschnitt 542.4	329
10.14	Allgemeines zum Schutzleiter – Teil 540, Abschnitt 543	330
10.15	Querschnitt von Schutzleitern – Teil 540, Abschnitt 543.1	330
10.16	Arten von Schutzleitern – Teil 540, Abschnitt 543.2.	335
10.17	Erhalten der elektrischen Eigenschaften von Schutzleitern – Teil 540, Abschnitt 543.3	337
10.18	PEN-, PEL- oder PEM-Leiter – Teil 540, Abschnitt 543.4.	338
10.19	Kombinierte Schutzerdungsleiter und Funktionserdungsleiter – Teil 540, Abschnitt 543.5	341
10.20	Anordnung von Schutzleitern – Teil 540, Abschnitt 543.6	342
10.21	Verstärkte Schutzleiter für Schutzleiterströme größer 10 mA – Teil 540, Abschnitt 543.7	343
10.22	Schutzleiterströme – Teil 510, Abschnitt 516	344
10.23	Schutzpotentialausgleichsleiter – DIN VDE 0100-540, Abschnitt 544	346
10.23.1	Schutzpotentialausgleichsleiter für die Verbindung mit der Haupterdungsschiene – Teil 540, Abschnitt 544.1	346
10.23.2	Schutzpotentialausgleichsleiter für den zusätzlichen Schutzpotentialausgleich – Teil 540, Abschnitt 544.2	348
10.23.2.1	Schutzpotentialausgleichsleiter zwischen zwei Körpern elektrischer Betriebsmittel – Teil 540, Abschnitt 544.2.1	349

10.23.2.2	Schutzpotentialausgleichsleiter zwischen einem Körper und einem fremden leitfähigen Teil – Teil 540, Abschnitt 544.2.2.....	349
10.23.2.3	Mindestquerschnitte für den zusätzlichen Schutzpotentialausgleichsleiter – Teil 540, Abschnitt 544.2.3	350
10.23.3	Kombinationen von Schutzleitern und Funktionsleitern	350
10.24	Fremdspannungsarmer Potentialausgleich	351
10.25	Erdung von Antennenträgern – DIN EN 60728-11 (VDE 0855-1).	353
10.26	Prüfungen.....	354
10.27	Literatur zu Kapitel 10.....	357
11	Prüfungen – DIN VDE 0100-600.....	359
11.1	Begriffe	359
11.2	Allgemeine Anforderungen an die Erstprüfung – Teil 600, Abschnitt 6.4	360
11.3	Besichtigen – Teil 600, Abschnitt 6.4.2	361
11.4	Erproben und Messen – Teil 600, Abschnitt 6.4.3.....	363
11.4.1	Allgemeine Anforderungen	363
11.4.2	Durchgängigkeit der Leiter.	363
11.4.3	Isolationswiderstand der elektrischen Anlage	365
11.4.4	Schutz durch SELV, PELV oder durch Schutztrennung	369
11.4.5	Widerstände isolierender Fußböden und Wände.....	369
11.5	Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung – Teil 600, Abschnitt 6.4.3.7	372
11.5.1	Prüfung von TN-Systemen.....	372
11.5.2	Prüfung von TT-Systemen.....	373
11.5.3	Prüfung von IT-Systemen	378
11.5.4	Messung von Erderwiderständen nach Teil 600	378
11.5.5	Messung des Erdschleifenwiderstands mit Stromzangen und Erdungsmessung mittels Fehlerschleifenimpedanzmessung.....	378
11.5.6	Messung von Kurzschlussströmen bzw. Schleifenimpedanzen ...	378
11.5.7	Messung des Auslösestroms bei RCDs	383
11.5.8	Prüfung der Schutzmaßnahme Schutz durch automatische Abschaltung bei Stromkreisen mit USV-Anlagen oder Frequenzumrichtern.....	386
11.5.9	Prüfung von Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtungen (AFDD)	387
11.6	Zusätzlicher Schutz – Teil 600, Abschnitt 6.4.3.8.....	388
11.7	Prüfung der Spannungspolarität – Teil 600, Abschnitt 6.4.3.6....	388
11.8	Prüfung der Phasenfolge – Teil 600, Abschnitt 6.4.3.9	388
11.9	Funktionsprüfungen – Teil 600, Abschnitt 6.4.3.10	388
11.10	Spannungsfall – Teil 600, Abschnitt 6.4.3.11.....	389
11.11	Messgeräte	390
11.12	Dokumentation der Prüfung – Teil 600, Abschnitt 6.4.4 und Anhang NA.....	391

11.13	Literatur zu Kapitel 11.....	394
12	Schutz gegen Überspannungen und elektromagnetische Störungen (EMI).....	395
12.1	Schutz von Niederspannungsanlagen bei vorübergehenden Überspannungen infolge von Erdschlüssen im Hochspannungsnetz und bei Fehlern im Niederspannungsnetz – DIN VDE 0100-442 ..	395
12.2	Schutz gegen transiente Überspannungen – DIN VDE 0100-443 und DIN VDE 0100-534	400
12.2.1	Ursachen und Auswirkungen transienter Überspannungen.....	401
12.2.2	Normen für den Überspannungsschutz	404
12.2.3	Überspannungsschutzeinrichtungen in Gebäuden – DIN VDE 0100-534.....	405
12.2.3.1	Anschluss von Überspannungsschutzeinrichtungen (SPDs).....	405
12.2.3.2	Auswahl in Hinblick auf die dauernde Betriebsspannung U_c	410
12.2.3.3	Auswahl in Hinblick auf Nennableitstoßstrom I_n und Blitzstoßstrom I_{imp}	410
12.2.3.4	Auswahl in Hinblick auf das ausgewiesene Folgestromlöschvermögen	411
12.2.3.5	Schutz bei Überströmen und Folgen eines Fehlers an Überspannung-Schutzeinrichtungen (SPD).....	411
12.2.3.6	Anschlussleitungen	413
12.2.3.7	Informationen zur Klassifizierung von Überspannung-Schutzeinrichtungen (SPD).....	415
12.2.4	Überspannungsschutzeinrichtungen im Niederspannungsnetz....	416
12.2.5	Überspannungsschutzeinrichtungen im praktischen Einsatz.....	418
12.2.5.1	Einsatz in Verteilungsnetzen.....	418
12.2.5.2	Einsatz in Verbraucheranlagen.....	419
12.2.5.3	Einsatz in Informationsnetzen und Informationsanlagen.....	422
12.3	Überspannungsschutzgeräte – VDE 0675	425
12.3.1	Technische Grundlagen.....	425
12.3.2	Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Niederspannungsanlagen	427
12.3.2.1	Überspannungsschutzgeräte für den Einbau in Niederspannungsnetzen.....	429
12.3.2.2	Überspannungsschutzgeräte für den Einbau in Verbraucheranlagen	429
12.3.2.3	Überspannungsschutzgeräte für ortsveränderliche Geräte	430
12.4	Elektrische Anlagen in Bauwerken mit Blitzschutzanlagen.....	431
12.5	Dachständer und Blitzschutzanlagen	431
12.6	Schutz gegen elektromagnetische Störungen (EMI) – DIN VDE 0100-444.....	432
12.6.1	Einführung	432

12.6.2	Grundsätzliche Anforderungen	433
12.6.2.1	Netzsysteme	433
12.6.2.2	Mehrfacheinspeisung	434
12.6.2.3	Verschiedene Netzstrukturen für den Potentialausgleich	436
12.6.2.4	Funktionserdungsleiter	438
12.6.2.5	Kabelträgersysteme	438
12.7	Literatur zu Kapitel 12	440
13	Trennen und Schalten – DIN VDE 0100-460 und DIN VDE 0100-530	441
13.1	Allgemeines	441
13.2	Begriffe	443
13.3	Trennen	443
13.3.1	Maßnahmen zum Trennen	443
13.3.2	Geräte zum Trennen	444
13.4	Ausschalten für mechanische Wartung (Instandhaltung)	445
13.4.1	Maßnahmen zur mechanischen Wartung (Instandhaltung)	445
13.4.2	Geräte zum Ausschalten bei mechanischer Wartung (Instandhaltung)	446
13.5	Schalthandlungen im Notfall	447
13.5.1	Maßnahmen bei Schaltungen im Notfall	447
13.5.2	Geräte zum Schalten im Notfall	449
13.6	Betriebsmäßiges Schalten	450
13.6.1	Maßnahmen zum betriebsmäßigen Schalten	450
13.6.1.1	Maßnahmen für Steuerstromkreise	451
13.6.1.2	Maßnahmen für Motorsteuerungen	451
13.6.2	Schaltgeräte für betriebsmäßiges Schalten	452
14	Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – DIN VDE 0100-510	453
14.1	Allgemeine Anforderungen	453
14.2	Betriebsbedingungen	455
14.3	Äußere Einflüsse	456
14.4	Dynamische Beanspruchungen durch Kurzschlussströme	457
14.5	Luftstrecken und Kriechstrecken	470
14.5.1	Bemessung der Luftstrecken	472
14.5.2	Bemessung der Kriechstrecken	476
14.6	Zugänglichkeit	476
14.7	Kennzeichnungen	476
14.8	Schaltpläne und Dokumentation	478
14.9	Vermeidung gegenseitiger nachteiliger Beeinflussung	480
14.10	Literatur zu Kapitel 14	480

15	Maschinen, Transformatoren, Drosselspulen, Kondensatoren...	481
15.1	Elektrische Maschinen.....	481
15.2	Transformatoren und Drosselspulen.....	485
15.2.1	Kleintransformatoren.....	487
15.2.2	Trenntransformatoren und Sicherheitstransformatoren.....	487
15.2.3	Leistungstransformatoren.....	491
15.3	Kondensatoren – DIN VDE 0560.....	502
15.4	Literatur zu Kapitel 15.....	509
16	Schaltgeräte.....	511
16.1	Schalter.....	511
16.2	Steckvorrichtungen, allgemein.....	512
16.3	Steckvorrichtungen für industrielle Anwendung.....	515
16.4	Überstrom-Schutzeinrichtungen.....	522
16.4.1	Niederspannungssicherungen – DIN EN 60269 (VDE 0636).....	523
16.4.1.1	NH-Sicherungen.....	536
16.4.1.2	D-Sicherungen.....	547
16.4.1.3	DO-Sicherungen.....	551
16.4.1.4	Geräteschutzsicherungen (G-Sicherungen).....	554
16.4.2	Überstromschutzschalter.....	559
16.4.2.1	Leitungsschutzschalter (LS-Schalter) – VDE 0641.....	560
16.4.2.2	Geräteschutzschalter – DIN EN IEC 60934 (VDE 0642).....	570
16.4.2.3	Motorstarter – DIN EN 60947-4-1 (VDE 0660-102).....	572
16.4.2.4	Leistungsschalter – DIN EN 60947-2 (VDE 0660-101).....	576
16.4.2.5	Fehlerstromschutz nach DIN EN 60947-2 (VDE 0660-101): CBR nach Anhang B und MRCD nach Anhang M.....	578
16.4.2.6	Selektive Haupt-Leitungsschutzschalter (SH-Schalter) DIN VDE 0641-21 (VDE 0641-21).....	580
16.4.3	Hochspannungssicherungen.....	582
16.4.3.1	Teilbereichssicherungen.....	583
16.4.3.2	Vielbereichssicherungen und Ganzbereichssicherungen.....	586
16.4.3.3	Einsatz von HH-Sicherungen.....	587
16.5	Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD).....	588
16.5.1	Allgemeines.....	588
16.5.2	FI-Schutzschalter, geschichtliche Entwicklung.....	590
16.5.3	RCDs nach VDE 0664 oder VDE 0660.....	596
16.5.3.1	Technische Anforderungen.....	597
16.5.3.2	Produktinformationen für RCCBs und RCBos.....	604
16.5.3.2.1	Bemessungswerte.....	604
16.5.3.2.2	Abschaltzeiten und Nichtauslösezeiten.....	604
16.5.3.2.3	Bemessungsschaltvermögen und Bemessungskurzschlussstrom... ..	605
16.5.3.2.4	Überlastschutz bei Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen.....	607
16.5.3.2.5	Stoßstromfestigkeit und Stoßstromfestigkeit.....	608

16.5.3.2.6	Aufschriften (Normbeschriftung)	609
16.5.4	Auswahl und Errichtung von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD).....	612
16.5.4.1	RCD zum Schutz gegen elektrischen Schlag.....	613
16.5.4.2	RCD zum Brandschutz.....	615
16.5.4.3	Auswahl unter Berücksichtigung von Stromimpulsen (Stoßströmen).....	615
16.5.4.4	Auswahl bei Berücksichtigung der Selektivität	615
16.5.4.5	RCD-Typ – Auswahl unter Berücksichtigung der Fehlerstromarten	616
16.5.4.6	Zusammenfassende Betrachtung zur Auswahl von RCDs.....	616
16.5.5	PRCD – DIN VDE 0661	617
16.6	Differenzstrom-Überwachungsgeräte (RCMs).....	619
16.6.1	Allgemeines	619
16.6.2	Bemessungsgrößen.....	621
16.6.3	Aufschriften und Produktinformationen	621
16.6.4	Konstruktion und Betrieb.....	622
16.7	Isolationsüberwachungsgeräte (IMD) – VDE 0413-8	622
16.7.1	Technische Anforderungen	623
16.7.2	Aufschriften auf Isolationsüberwachungsgeräten.....	624
16.8	Einrichtung zur Isolationsfehlersuche (IFLS) – VDE 0413-9	625
16.9	Schütze – DIN EN 60947-4-1 (VDE 0660-102) und DIN EN 61095 (VDE 0637-3).....	627
16.9.1	Allgemeines	627
16.9.2	Gebrauchskategorien	628
16.9.3	Verlustleistungen	629
16.10	Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtung (AFDD) für Endstromkreise..	633
16.11	Störlichtbogen Schutzeinrichtung.....	636
16.12	Literatur zu Kapitel 16.....	638
17	Leuchten und Beleuchtungsanlagen – DIN VDE 0100-559	639
17.1	Anbringen von Leuchten auf Gebäudeteilen	641
17.2	Anbringung von Leuchten auf Einrichtungsgegenständen	641
17.3	Lampenbetriebsgeräte	643
17.3.1	Vorschaltgeräte	643
17.3.2	Kompensationskondensatoren.....	643
17.4	Sicherheitszeichen und technisch relevante Bildzeichen für Leuchten und deren Zubehör	643
17.5	Aufschriften auf Leuchten nach DIN EN IEC 60598-1 (VDE 0711-1) bezüglich der Montageoberfläche.....	647
17.6	Befestigung von Leuchten	648
17.7	Schutzarten für Leuchten	651
17.8	Lampengruppen und Lichtbänder	651

17.9	Auswahl der Leitungen bei Leuchten	652
17.9.1	Leitungsbemessung bei Leuchten.....	652
17.9.2	Durchgangsverdrahtung	653
17.10	Kompensation von Entladungslampen.....	653
17.11	Besondere Beleuchtungsanlagen	654
17.11.1	Leuchten für Vorführstände.....	654
17.11.2	Beleuchtungsanlagen im Freien	655
17.11.3	Kleinspannungsbeleuchtungsanlagen.....	656
17.11.4	Stromschienensysteme für Leuchten.....	660
17.12	Literatur zu Kapitel 17.....	662
18	Batterien und Batterieanlagen	663
18.1	Allgemeines	663
18.2	Betriebsarten	664
18.3	Schutz gegen elektrischen Schlag bei Gleichstromanlagen	666
18.3.1	Schutz gegen elektrischen Schlag (Fehlerschutz)	666
18.3.2	Schutz bei Gleichstromzwischenkreisen mit galvanischer Verbindung zum speisenden Netz	668
18.4	Vorkehrungen gegen Verpuffungs- und Explosionsgefahr.....	668
18.5	Räume für ortsfeste Batterien	670
18.6	Batterieanlagen mit Anschluss an das Niederspannungsnetz	670
19	Allgemeines über Kabel und Leitungen.....	671
19.1	Kurzzeichen für Kabel.....	671
19.2	Häufig verwendete Kabel	672
19.3	Halogenfreie Kabel und Leitungen	674
19.3.1	Kabel mit verbessertem Verhalten im Brandfall	674
19.3.2	Kabel mit verbessertem Verhalten im Brandfall mit Funktionserhalt	677
19.3.3	Einadrige Leitungen ohne Mantel für feste Verlegung mit verbessertem Verhalten im Brandfall	678
19.3.3.1	Halogenfreie Aderleitungen H07Z	679
19.3.3.2	Halogenfreie Verdrahtungsleitungen H05Z.....	679
19.3.4	Halogenfreie Mantelleitung NHXMH mit verbessertem Verhalten im Brandfall	680
19.3.5	Halogenfreie Installationsleitung NHMH mit speziellen Eigenschaften im Brandfall	681
19.3.6	Halogenfreie Sonder-Gummiaderleitung NSHXAÖ und NSHXAfÖ mit verbessertem Verhalten im Brandfall	682
19.4	Kurzzeichen für Leitungen nach nationalen Normen – DIN VDE 0250	683
19.5	Kurzzeichen für harmonisierte Leitungen – DIN VDE 0292.....	684
19.6	Häufig verwendete Leitungen.....	686

19.7	Anwendungsbereiche von Kabeln und Leitungen.....	690
19.7.1	Leichte Zwillingsleitung H03VH	691
19.7.2	PVC-Schlauchleitung H03VV	691
19.7.3	PVC-Schlauchleitung H05VV	691
19.7.4	PVC-Verdrahtungsleitung H05V	691
19.7.5	Wärmebeständige PVC-Verdrahtungsleitung H05V2.....	692
19.7.6	PVC-Lichterkettenleitung H03VH7	692
19.7.7	PVC-Aderleitung H07V.....	692
19.7.8	Wärmebeständige PVC-Aderleitung H07V2	692
19.7.9	Kältebeständige PVC-Aderleitung H07V3	692
19.7.10	Leichte und mittlere PVC-Schlauchleitungen H03V2V2/H03V2V2H2 und H05V2V2/H05V2V2H2	693
19.7.11	Ölbeständige PVC-Steuerleitungen H05VV5 und H05VVC4V5 ...	693
19.7.12	Lichterkettenleitungen H05RN/H05RNH2 und H03RN-F	693
19.7.13	Wärmebeständige Silikon-Aderleitung H05SJ	693
19.7.14	Wärmebeständige Silikon-Mantelleitung H05SS.....	694
19.7.15	Lichtbogen-Schweißleitungen H01N2.....	694
19.7.16	Wärmebeständige Gummi-Aderleitungen H05G und H07G.....	694
19.7.17	Gummischlauchleitungen H05RR und H05RN.....	694
19.7.18	Schwere Gummischlauchleitung H07RN	694
19.7.19	Wärme- und kältebeständige Leitungen H05BQ und H07BQ.....	695
19.7.20	Wärmebeständige Schlauchleitung H05BB	695
19.7.21	Schwere wärmebeständige Schlauchleitung H07BB.....	695
19.7.22	Mittlere wärmebeständige Schlauchleitung H05BN4.....	696
19.7.23	Schwere wärmebeständige Schlauchleitung H07BN4	696
19.7.24	PVC-Mantelleitung NYM	696
19.7.25	Stegleitungen NYIF und NYIFY	697
19.7.26	Bleimantelleitung NYBUY	697
19.7.27	Gummischlauchleitung NSSHÖU	697
19.7.28	Gummi-Flachleitung NGFLGÖU	697
19.7.29	Leitungstrossen NMTWÖU und NMSWÖU	697
19.7.30	ETFE-Aderleitungen N7YA und N7YAF	698
19.7.31	Silikon-Fassungsaderleitungen N2GFA und N2GFAF	698
19.7.32	Sonder-Gummiaderleitung NSGAFÖU	698
19.7.33	Gummischlauchleitung NMHVÖU	698
19.7.34	Gummischlauchleitung NSHCÖU	698
19.7.35	Gummischlauchleitung NSHTÖU	698
19.7.36	Mineralisierte Leitung (ohne festgelegtes Kurzzeichen).....	699
19.8	Kennzeichnung von Kabeln und Leitungen	699
19.9	Farbige Kennzeichnung von Kabeln, Leitungen und blanken Schienen	701
19.9.1	Farbige Kennzeichnung für Mäntel von Kabeln und Leitungen...	701
19.9.2	Allgemeine Festlegungen für die Kennzeichnung mit Farben....	702

19.9.3	Kennzeichnung von Schienen.....	703
19.9.4	Anforderungen an die farbliche Kennzeichnung von isolierten Leitern	704
19.9.5	Besonderheiten für Schutz- und Neutralleiter	708
19.9.5.1	Allgemeine Festlegungen	708
19.9.5.2	Die Kennzeichnung des Neutralleiters	708
19.9.5.3	Die Kennzeichnung des PEN-Leiters	709
19.9.5.4	Die Kennzeichnung des PEL-Leiters	710
19.9.5.5	Die Kennzeichnung des PEM-Leiters	711
19.9.5.6	Kennzeichnung von Schutzleitern (PE)	711
19.9.6	Kennzeichnung durch alphanumerische Zeichen	714
19.9.7	Zusammentreffen von Kabeln und Leitungen mit alter und neuer Farbkennzeichnung	714
19.10	Auswahl nach den neuen Euroklassen für Kabel und Leitungen ..	717
19.11	Literatur zu Kapitel 19.....	721
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.....	723
20.1	Mindestquerschnitte und Neutralleiterreduzierung nach VDE 0100-520	724
20.2	Spannungsfall – Teil 520, Abschnitt 525.....	726
20.3	Strombelastbarkeit	739
20.3.1	Strombelastbarkeit isolierter Leitungen und nicht im Erdreich verlegter Kabel.....	739
20.3.1.1	Referenzverlegearten in Luft.....	740
20.3.1.2	Strombelastbarkeit bei Referenzbedingungen	745
20.3.1.3	Strombelastbarkeit bei unterschiedlichen Umgebungstemperaturen	752
20.3.1.4	Strombelastbarkeit bei Berücksichtigung der Häufung.....	756
20.3.1.5	Strombelastung bei Berücksichtigung von Oberschwingungsströmen	762
20.3.2	Strombelastbarkeit von Kabeln im Erdreich	765
20.3.3	Strombelastbarkeit von Stromschienensystemen	769
20.3.4	Strombelastbarkeit von Freileitungen.....	773
20.3.5	Belastungssonderfälle	775
20.3.6	Erwärmung von Kabeln und Leitungen	781
20.4	Schutz gegen zu hohe Erwärmung – Teil 430	782
20.4.1	Schutz bei Überlast	783
20.4.2	Schutz bei Kurzschluss	790
20.4.3	Koordinieren des Schutzes bei Überlast und Kurzschluss – Teil 430, Abschnitt 435.....	805
20.4.3.1	Schutz durch eine gemeinsame Schutzeinrichtung	805

20.4.3.2	Schutz durch getrennte Schutzeinrichtungen.....	806
20.4.3.3	Gemeinsame Versetzung der Schutzeinrichtungen für Überlast- und Kurzschlusschutz	809
20.4.3.4	Verzicht auf Schutzeinrichtungen für Überlast- und Kurzschlusschutz.....	810
20.4.4	Schutz parallel geschalteter Leiter nach VDE 0100-430	812
20.4.4.1	Allgemeines	812
20.4.4.2	Schutz bei Überlast von parallel geschalteten Leitern.....	814
20.4.4.3	Schutz bei Kurzschluss von parallel geschalteten Leitern.....	815
20.4.4.4	Parallel geschaltete Leitungen mit unterschiedlichen Querschnitten.....	819
20.4.5	Besondere Festlegungen	823
20.4.5.1	Beleuchtungsstromkreise	823
20.4.5.2	Steckdosenstromkreise	823
20.4.5.3	Neutralleiter	823
20.4.5.4	Schutzleiter.....	823
20.4.5.5	Öffentliche und andere Verteilungsnetze.....	823
20.4.5.6	Schalt- und Verteilungsanlagen.....	823
20.4.5.7	Gefahr durch Überstrom-Schutzeinrichtung.....	823
20.4.5.8	Bewegliche Leitungen	824
20.4.5.9	Lebensdauer von Kabeln und Leitungen	824
20.5	Literatur zu Kapitel 20.....	826
21	Verlegen von Kabeln und Leitungen – DIN VDE 0100-520.....	827
21.1	Allgemeines	827
21.2	Anforderungen an die Verlegung von Kabeln und Leitungen.....	834
21.2.1	Verdrahtungsleitungen	834
21.2.2	Aderleitungen.....	834
21.2.3	Stegleitungen.....	834
21.2.4	Mantelleitungen	835
21.2.5	Flexible Leitungen	836
21.2.6	Kabel.....	836
21.3	Verlegung von Kabeln und Leitungen	837
21.3.1	Elektroinstallationsrohrsysteme für elektrische Installationen	837
21.3.2	Verlegung in Elektroinstallationskanälen	844
21.3.3	Verlegung in unterirdischen Kanälen und Schutzrohren	845
21.3.4	Verlegung in Beton.....	845
21.3.5	Verlegung in Luft frei gespannt	846
21.3.6	Verlegung von Kabeln in Erde	846
21.3.7	Verlegung von Kabeln an Decken, auf Wänden und auf Pritschen	847
21.3.8	Zugbeanspruchungen für Kabel und Leitungen.....	848
21.3.9	Kabelverlegung bei tiefen Temperaturen.....	850

21.4	Zusammenfassen der Leiter verschiedener Stromkreise	851
21.4.1	Aderleitungen in Elektroinstallationsrohren und Elektroinstallationskanälen	851
21.4.2	Mehradraderleitungen und Kabel	851
21.4.3	Haupt- und Hilfsstromkreise getrennt verlegt	852
21.4.4	Stromkreise, die mit Kleinspannung betrieben werden	852
21.4.5	Stromkreise mit unterschiedlicher Spannung	852
21.4.6	Neutralleiter bzw. PEN-Leiter	852
21.4.7	Schutzleiter	852
21.5	Spannungsfall	853
21.6	Erdschluss- und kurzschluss sichere Verlegung	853
21.7	Anschlussstellen und Verbindungen	855
21.8	Kreuzungen und Näherungen	857
21.9	Maßnahmen gegen Brände und Brandfolgen	858
21.10	Literatur zu Kapitel 21	858
22	Brandgefahren und Brandverhütung in elektrischen Anlagen ..	859
22.1	Allgemeines zur Wärmelehre	859
22.2	Brennbare Stoffe und Zündtemperatur	860
22.3	Wärmequelle und Zündenergie	862
22.4	Zündquellen elektrischen Ursprungs	863
22.4.1	Heiße Oberfläche als Zündquelle	863
22.4.2	Falsch verwendetes Elektrogerät als Zündquelle	863
22.4.3	Wärmestrahler als Zündquelle	864
22.4.4	Elektrische Fehler als Zündquelle	865
22.4.5	Kontakterwärmung als Zündquelle	865
22.5	Isolationsfehler als Brandgefahr	866
22.6	Lichtbogen	868
22.7	Brandschäden	874
22.7.1	Unmittelbare Brandschäden	874
22.7.2	Brandfolgeschäden	874
22.8	Temperaturen von Bränden	874
22.9	Brandverhalten von Baustoffen	876
22.9.1	Nicht brennbare Baustoffe	876
22.9.2	Brennbare Baustoffe	877
22.10	Brandverhalten von Bauteilen	878
22.11	Bauliche Brandschutzmaßnahmen	880
22.12	Brandschutz durch vorbeugende Installationstechnik	888
22.13	Schutz gegen Verbrennungen (Brandwunden)	898
22.14	Brandschutz bei feuergefährdeten Betriebsstätten nach DIN VDE 0100-420	899
22.15	Literatur zu Kapitel 22	904

23	Stromversorgungsanlagen für Sicherheitszwecke – DIN VDE 0100-560	905
23.1	Anforderungen an Stromquellen für Sicherheitszwecke	908
23.2	Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren)	911
23.2.1	Schutzmaßnahmen ohne Abschaltung im Fehlerfall	911
23.2.2	Schutzmaßnahmen mit Abschaltung im Fehlerfall	912
23.3	Aufstellung der Stromquellen	914
23.4	Stromkreise für Stromversorgungsanlagen für Sicherheitszwecke ..	914
23.5	Verbrauchsmittel	915
23.6	Literatur zu Kapitel 23	915
24	Prüfung elektrischer Geräte nach einer Reparatur – DIN EN 50678 (VDE 0701) oder Wiederholungsprüfung elektrischer Geräte – DIN EN 50699 (VDE 0702)	917
24.1	Anwendungsbereich – Abschnitt 1 (DIN EN 50678 (VDE 0701) und DIN EN 50699 (VDE 0702))	918
24.2	Anforderungen – Abschnitt 4 (DIN EN 50678 (VDE 0701) und DIN EN 50699 (VDE 0702))	919
24.3	Allgemeines zu den Messungen und Prüfungen – Abschnitt 5.1 (DIN EN 50678 (VDE 0701) und DIN EN 50699 (VDE 0702))	919
24.4	Sichtprüfung – Abschnitt 5.2 (DIN EN 50678 (VDE 0701) und DIN EN 50699 (VDE 0702))	922
24.5	Messung des Schutzleiterwiderstands – Abschnitt 5.3 (DIN EN 50678 (VDE 0701) und DIN EN 50699 (VDE 0702))	923
24.6	Messung des Isolationswiderstands – Abschnitt 5.4 (DIN EN 50678 (VDE 0701) und DIN EN 50699 (VDE 0702))	925
24.7	Messung des Schutzleiterstroms – Abschnitt 5.5 (DIN EN 50678 (VDE 0701) und DIN EN 50699 (VDE 0702))	932
24.8	Messung des Berührungsstroms – Abschnitt 5.6 (DIN EN 50678 (VDE 0701) und DIN EN 50699 (VDE 0702))	936
24.9	Bestätigung der Übereinstimmung der Spezifikationen für die Schutzmaßnahme SELV/PELV – Abschnitt 5.7 (DIN EN 50678 (VDE 0701) und DIN EN 50699 (VDE 0702))	941
24.10	Messung des Ableitstroms, der von einem isolierten Eingang mit einer Nenneingangsspannung über AC 50 V oder DC 120 V erzeugt wird – Abschnitt 5.8 (DIN EN 50678 (VDE 0701) und DIN EN 50699 (VDE 0702))	941
24.11	Bestätigung der Funktionsweise weiterer Schutzmaßnahmen – Abschnitt 5.9 (DIN EN 50678 (VDE 0701) und DIN EN 50699 (VDE 0702))	942
24.12	Bestätigung der Polarität der Netzstecker-Verdrahtung – Abschnitt 5.10 (nur DIN EN 50678 (VDE 0701))	942

24.13	Funktionsprüfung – Abschnitt 5.11 (nur DIN EN 50678 (VDE 0701))	942
24.14	Dokumentation und Bewertung der Prüfung – Abschnitt 6 (DIN EN 50678 (VDE 0701) und DIN EN 50699 (VDE 0702))	943
24.15	Prüfgeräte – Abschnitt 7 (DIN EN 50678 (VDE 0701) und DIN EN 50699 (VDE 0702))	946
24.16	Literatur zu Kapitel 24	946
25	Anhang	947
25.1	Anhang A: Kurzschlussstrom und Leitungslänge	947
25.1.1	Kurzschlussstromberechnung	947
25.1.1.1	Kurzschlussstromberechnung nach DIN EN 60909-0 (VDE 0102) ..	947
25.1.1.2	Beispiel zur Berechnung des kleinsten einpoligen Kurzschlussstroms nach DIN EN 60909-0 (VDE 0102)	956
25.1.1.3	Kurzschlussstromberechnung in der Praxis	958
25.1.1.4	Beispiele zur Kurzschlussstromberechnung in der Praxis	962
25.1.2	Berechnung der maximal zulässigen Leitungslängen	965
25.2	Anhang B: Maximal zulässige Leitungslängen unter Berücksichtigung des Spannungsfalls – DIN VDE 0100-520 Beiblatt 2	1000
25.3	Anhang C: Berechnung des k -Faktors zur Schutzleiter- Querschnittsbestimmung – DIN VDE 0100-540	1003
25.3.1	Grundlagen	1003
25.3.2	Tabellen zur Ermittlung des k -Faktors	1004
25.3.3	Beispiele zur Berechnung des Schutzleiterquerschnitts	1007
25.3.3.1	Berechnung des k -Werts	1007
25.3.3.2	Berechnung des Schutzleiterquerschnitts in einem TN-C-S-System	1008
25.3.3.3	Berechnung des Schutzleiterquerschnitts in einem TT-System beim Einsatz einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD)	1011
25.3.3.4	Berechnung des Schutzleiterquerschnitts, wenn unterschiedliche Leitermaterialien und unterschiedliche Verlegearten vorliegen ..	1012
25.4	Anhang D: Umrechnung von Leiterwiderständen	1013
25.5	Anhang E: Tabellen für Impedanzen	1016
25.5.1	Tabellen für Freileitungen	1018
25.5.2	Tabellen für Kabel	1019
25.6	Anhang F: MElBauV	1026
25.7	Anhang G: Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anfor- derungen an Leitungsanlagen (Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie MLAR) – Fassung 10.2.2015 (Redaktionsstand 03.09.2020)	1029
25.8	Anhang H: Äußere Einflüsse	1036
25.9	Anhang I: Gemeinsame Erklärung zu Verwendung und Einbau von Elektroinstallationsmaterial	1052

25.10	Anhang J: Gemeinsame Erklärung zum sicheren Umgang mit Elektrizität.....	1053
25.11	Anhang K: Widerstands- und Leitwertgrößen	1054
26	Weiterführende Literatur	1055
27	Abkürzungsübersicht	1057
	Stichwortverzeichnis	1067