

# 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.....	39
1.4.3 Anpassung der Normen an den Stand der Technik.....	42
1.4.4 Widerspruchsfreiheit des VDE-Vorschriftenwerks.....	43
1.4.5 VDE-Prüf- und Zertifizierungswesen – VDE 0024.....	43
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 Die Normen der Reihe VDE 0100 – Anwendungsbereich und grundsätzliche Aussagen.....	52
1.8 Statistik elektrischer Unfälle.....	55
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.....	68
1.9.6 Herz-Strom-Faktor.....	73
1.9.7 Verhalten bei elektrischen Unfällen.....	74
1.10 Errichten elektrischer Anlagen.....	75
1.11 Literatur zu Kapitel 1.....	79
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 gefährliche Körperströme, Schutz gegen elektrischen Schlag, Schutzmaßnahmen .....	115
2.7.1	Schutz gegen direktes Berühren .....	116
2.7.2	Schutz bei indirektem Berühren .....	117
2.7.3	Umhüllungen, Schutzschirme und Trennung .....	118
2.7.4	Kleinspannung .....	119
2.8	Schutzarten .....	120
2.9	Schutzklassen .....	126
2.10	Kabel und Leitungen, Schaltanlagen, Verteiler und Schienenverteiler .....	127
2.11	Überstrom-Schutzeinrichtungen .....	131
2.12	RCD, Fehlerstrom- und Differenzstrom-Schutzeinrichtungen .....	136
2.13	Trennen und Schalten .....	137
2.14	Schirme, Schutzschirme und Trennung .....	137
2.15	Betriebsarten .....	138
2.16	Literatur zu Kapitel 2 .....	142
3	<b>Planung elektrischer Anlagen – DIN VDE 0100-100 .....</b>	<b>143</b>
3.1	Leistungsbedarf und Gleichzeitigkeitsfaktor .....	145
3.2	Stromversorgung .....	148
3.2.1	Einspeisung aus dem öffentlichen Netz .....	148
3.2.2	Bemessung von Hauptleitungen und Hauptstromversorgungssystemen .....	149
3.2.3	Autarke Versorgung .....	151
3.2.4	Eigenversorgung mit netzparallelem Betrieb .....	151
3.3	Netzarten und Erdungen .....	155
3.3.1	TN-Systeme .....	156
3.3.2	TT-System .....	159
3.3.3	IT-System .....	159
3.4	Stromkreisaufteilung in einer Anlage .....	161
3.5	Äußere Einflüsse .....	163
3.6	Verträglichkeit .....	164
3.7	Wartbarkeit .....	165
3.8	Elektrische Anlagen für Sicherheitszwecke .....	166
3.9	Literatur zu Kapitel 3 .....	166

<b>4</b>	<b>Der Schutz gegen elektrischen Schlag .....</b>	<b>167</b>
4.1	Grundsätzliche Anforderungen.....	167
4.2	Die Schutzmaßnahmen für den Schutz gegen elektrischen Schlag	167
4.2.1	Schutzmaßnahmen und Schutzvorkehrungen .....	167
4.2.2	Besonderheiten bei den Basisschutzvorkehrungen .....	170
4.2.2.1	Basisschutz durch Isolierung – DIN VDE 0100-410 Anhang A....	171
4.2.2.2	Basisschutz durch Abdeckungen oder Umhüllungen – DIN VDE 0100-410 Anhang A.....	172
4.2.2.3	Basisschutz durch Hindernisse – DIN VDE 0100-410 Anhang B...	173
4.2.2.4	Basisschutz durch Anordnung außerhalb des Handbereichs – DIN VDE 0100-410 Anhang B.....	174
4.2.3	Besonderheiten bei der Fehlerschutzvorkehrung.....	175
4.2.3.1	Fehlerschutzvorkehrungen bei der Schutzmaßnahme „Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung“ ..	175
4.2.3.2	Fehlerschutzvorkehrungen bei den übrigen Schutzmaßnahmen ..	180
4.2.3.3	Fehlerschutzvorkehrung in besonderen Bereichen .....	182
4.3	Kombinationen von Schutzmaßnahmen .....	188
4.4	Zusätzlicher Schutz .....	190
4.5	Literatur zu Kapitel 4.....	190
<b>5</b>	<b>Schutzmaßnahme: Automatische Abschaltung der Stromversorgung – DIN VDE 0100-410 Abschnitt 411 .....</b>	<b>191</b>
5.1	Allgemeine Anforderungen .....	191
5.1.1	Einführung .....	191
5.1.2	Der Schutzpotentialausgleich über die Haupterdungsschiene ....	194
5.1.2.1	Aufgabenbeschreibung .....	194
5.1.2.2	Funktionsweise .....	196
5.2	Der Schutz durch automatische Abschaltung im Fehlerfall im TN-System (DIN VDE 0100-410 Abschnitt 411.4) .....	198
5.2.1	Allgemeine Anforderungen .....	198
5.2.2	TN-System mit Überstrom-Schutzeinrichtungen.....	202
5.2.3	TN-System mit RCD.....	205
5.2.4	Kombination von Überstrom-Schutzeinrichtungen und RCDs ....	207
5.2.5	Die Notwendigkeit eines Erders im TN-System .....	208
5.2.6	Spannungsbegrenzung bei Erdschluss eines Außenleiters – DIN VDE 0100-410 Abschnitt 411.4.1 .....	211
5.3	Schutz durch automatische Abschaltung im Fehlerfall im TT-System (DIN VDE 0100-410 Abschnitt 411.5) .....	217
5.3.1	Allgemeine Anforderungen .....	217
5.3.2	TT-System mit Überstrom-Schutzeinrichtungen.....	219
5.3.3	TT-System mit RCD .....	220
5.4	Schutz durch automatische Abschaltung im Fehlerfall im IT-System (DIN VDE 0100-410 Abschnitt 411.6) .....	223

5.5	<b>FELV – Schutz durch Kleinspannung ohne sichere Trennung (DIN VDE 0100-410 Abschnitt 411.7) .....</b>	<b>229</b>
5.5.1	Allgemeine Anforderungen .....	229
5.5.2	Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren) .....	230
5.5.3	Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren) .....	230
5.5.4	Stromquellen für FELV-Systeme .....	231
5.5.5	Steckvorrichtungen für FELV-Systeme .....	231
5.6	Literatur zu den Kapiteln 5 bis 8 .....	232
6	<b>Schutzmaßnahme: Doppelte oder verstärkte Isolierung – DIN VDE 0100-410 Abschnitt 412 .....</b>	<b>233</b>
6.1	Anforderungen an Betriebsmittel – DIN VDE 0100-410 Abschnitt 412.2.1 .....	236
6.2	Anforderungen an Abdeckungen und Umhüllungen – DIN VDE 0100-410 Abschnitt 412.2.2 .....	237
6.3	Anforderungen bei Errichtung – DIN VDE 0100-410 Abschnitt 412.2.3 .....	238
6.4	Anforderungen an Kabel- und Leitungsanlagen – DIN VDE 0100-410 Abschnitt 412.2.4 .....	238
7	<b>Schutzmaßnahme: Schutztrennung mit nur einem Verbrauchsmittel – DIN VDE 0100-410 Abschnitt 413 .....</b>	<b>239</b>
8	<b>Schutzmaßnahme: Schutz durch Kleinspannung mittels SELV und PELV – DIN VDE 0100-410 Abschnitt 414 .....</b>	<b>243</b>
8.1	Basisschutz (Schutz bei direktem Berühren) und Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren) – DIN VDE 0100-410 Abschnitt 414.2 .....	246
8.1.1	Stromquellen für SELV und PELV .....	248
8.1.2	Anordnung von Stromkreisen .....	250
8.1.3	Schutz gegen direktes Berühren .....	252
8.1.4	Schutz bei indirektem Berühren .....	252
8.1.5	Zusammenfassung .....	252
8.2	Schutz von Beharrungsberührungsstrom und Ladung – DIN EN 61140 (VDE 0140-1) .....	253
9	<b>Zusätzlicher Schutz – DIN VDE 0100-410 Abschnitt 415 .....</b>	<b>255</b>
9.1	<b>Zusätzlicher Schutz: Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) ...</b>	<b>257</b>
9.1.1	Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) in TN- und TT-Systemen .....	257
9.1.2	Zusätzlicher Schutz durch RCDs im IT-System .....	259
9.1.3	Zusätzlicher Schutz durch RCDs bei Schutzisolierung .....	260
9.1.4	Zusätzlicher Schutz durch RCDs bei Schutztrennung .....	260

9.2	Zusätzlicher Schutz durch zusätzlichen Schutzpotentialausgleich – Teil 410 Abschnitt 415.2 .....	261
9.3	Zusätzlicher Schutz für Endstromkreise für den Außenbereich und Steckdosen – Teil 410 Abschnitt 411.3.3 .....	263
9.4	Literatur zu Kapitel 9. ....	264
10	<b>Auswahl und Errichtung von Erdungsanlagen, Schutzleiter und Schutzpotentialausgleichsleiter – DIN VDE 0100-540 .....</b>	<b>265</b>
10.1	Regeln der Technik zum Thema Erdung und Potentialausgleich ..	265
10.2	Anwendungsbereich der DIN VDE 0100-540 .....	266
10.3	Begriffe zum Thema Erdung und Potentialausgleich .....	266
10.4	Betriebserder, Anlagenerder und Schutzerder .....	272
10.5	Ausbreitungswiderstand und Potentialverlauf .....	274
10.6	Spezifischer Erdwiderstand .....	276
10.7	Berechnung des Ausbreitungswiderstands .....	278
10.7.1	Genauere Berechnung des Ausbreitungswiderstands .....	279
10.7.2	Überschlägige Berechnung des Ausbreitungswiderstands .....	280
10.7.3	Abschätzung des Ausbreitungswiderstands nach DIN VDE 0101-2 .....	281
10.7.4	Beispiele zur Ermittlung des Ausbreitungswiderstands eines Erders. ....	283
10.8	Messung von Erdungswiderständen .....	284
10.8.1	Messung nach dem Strom-Spannungs-Messverfahren .....	284
10.8.2	Messung mit der Erdungsmessbrücke nach dem Kompensations-Messverfahren .....	285
10.8.3	Messung von Erdungswiderständen nach VDE 0100-600 .....	288
10.8.4	Messung des Erdschleifenwiderstands mit Stromzange .....	289
10.8.5	Messung der Fehlerschleifenimpedanz .....	291
10.8.6	Messung des Gesamterdungswiderstands eines Netzes .....	291
10.9	Messung des spezifischen Erdwiderstands .....	292
10.9.1	Messung mit fest definiertem Messstab .....	292
10.9.2	Methode nach Wenner, Vier-Sonden-Methode .....	293
10.10	Herstellung von Erdern .....	294
10.10.1	Oberflächenerder .....	299
10.10.2	Tiefenerder .....	299
10.10.3	Fundamenterder .....	300
10.10.3.1	Allgemeine Festlegungen .....	300
10.10.3.2	Werkstoffe für Fundamenterder und Anschlussfahnen .....	303
10.10.3.3	Ausführung des Fundamenterders bei erhöhtem Erdübergangswiderstand. ....	303
10.10.3.4	Fundamenterder als Blitzschutzerder .....	305
10.10.4	Natürliche Erder .....	305
10.11	Korrosion von Metallen im Erdreich .....	306

10.11.1	Korrosion durch chemische Einflüsse .....	307
10.11.2	Korrosion durch galvanische Elementbildung .....	308
10.11.3	Korrosion durch Streuströme .....	312
10.11.4	Korrosionsschutzmaßnahmen gegen Elementbildung .....	312
10.11.5	Korrosionsschutzmaßnahmen gegen Streuströme .....	313
10.11.6	Katodischer Korrosionsschutz .....	315
10.11.7	Fundamenterder und Korrosion .....	316
10.11.7.1	Verhalten feuerverzinkter Stähle in Beton .....	316
10.11.7.2	Zusammenschluss von Fundamenterdern mit Erdern im Erdreich .....	316
10.11.7.3	Fundamenterder aus verzinktem Stahl und Armierungen .....	317
10.11.7.4	Zusammenschluss von Armierungen mit Erdern im Erdreich .....	318
10.12	Erdungsleiter – Teil 540 Abschnitt 542.3 .....	318
10.13	Haupterdungsschiene – Teil 540 Abschnitt 542.4 .....	320
10.14	Allgemeines zum Schutzleiter – Teil 540 Abschnitt 543 .....	320
10.15	Querschnitt von Schutzleitern – Teil 540 Abschnitt 543.1 .....	321
10.16	Arten von Schutzleitern – Teil 540 Abschnitt 543.2 .....	326
10.17	Erhalten der elektrischen Eigenschaften von Schutzleitern – Teil 540 Abschnitt 543.3 .....	328
10.18	PEN-, PEL- oder PEM-Leiter – Teil 540 Abschnitt 543.4 .....	328
10.19	Kombinierte Schutzerdungsleiter und Funktionserdungsleiter – Teil 540 Abschnitt 543.5 .....	332
10.20	Anordnung von Schutzleitern – Teil 540 Abschnitt 543.6 .....	333
10.21	Verstärkte Schutzleiter für Schutzleiterströme größer 10 mA – Teil 540 Abschnitt 543.7 .....	333
10.22	Schutzleiterströme – Teil 510 Abschnitt 516 .....	334
10.23	Schutzpotentialausgleichsleiter – DIN VDE 0100-540 Abschnitt 544 .....	336
10.23.1	Schutzpotentialausgleichsleiter für die Verbindung mit der Haupterdungsschiene – Teil 540 Abschnitt 544.1 .....	336
10.23.2	Schutzpotentialausgleichsleiter für den zusätzlichen Schutzpotentialausgleich – Teil 540 Abschnitt 544.2 .....	338
10.23.2.1	Schutzpotentialausgleichsleiter zwischen zwei Körpern elektrischer Betriebsmittel – Teil 540 Abschnitt 544.2.1 .....	338
10.23.2.2	Schutzpotentialausgleichsleiter zwischen einem Körper und einem fremden leitfähigen Teil – Teil 540 Abschnitt 544.2.2 .....	339
10.23.2.3	Mindestquerschnitte für den zusätzlichen Schutzpotentialausgleichsleiter – Teil 540 Abschnitt 544.2.3 .....	340
10.23.3	Kombinationen von Schutzleitern und Funktionsleitern .....	340
10.24	Fremdspannungsarmer Potentialausgleich .....	341
10.25	Erdung von Antennenträgern – DIN EN 60728-11 (VDE 0855-1) .....	342
10.26	Prüfungen .....	344
10.27	Literatur zu Kapitel 10 .....	346

11	<b>Prüfungen – DIN VDE 0100-600</b> .....	347
11.1	Begriffe .....	347
11.2	Allgemeine Anforderungen an die Erstprüfung – Teil 600 Abschnitt 61.....	348
11.3	Besichtigen – Teil 600 Abschnitt 61.2 .....	349
11.4	Erproben und Messen – Teil 600 Abschnitt 61.3.....	350
11.4.1	Allgemeine Anforderungen .....	350
11.4.2	Durchgängigkeit der Leiter.....	350
11.4.3	Isolationswiderstand der elektrischen Anlage .....	352
11.4.4	Schutz durch SELV, PELV oder durch Schutztrennung .....	356
11.4.5	Widerstände isolierender Fußböden und Wände.....	356
11.5	Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung – Teil 600 Abschnitt 61.3.6 .....	358
11.5.1	Prüfung von TN-Systemen.....	358
11.5.2	Prüfung von TT-Systemen.....	359
11.5.3	Prüfung von IT-Systemen .....	364
11.5.4	Messung von Erdungswiderständen nach Teil 600.....	364
11.5.5	Messung des Erdschleifenwiderstands mit Stromzangen .....	364
11.5.6	Messung von Kurzschlussströmen bzw. Schleifenimpedanzen ....	365
11.5.7	Messung des Auslösestroms bei RCDs .....	368
11.6	Zusätzlicher Schutz – Teil 600 Abschnitt 61.3.7 .....	370
11.7	Prüfung der Spannungspolarität – Teil 600 Abschnitt 61.3.8 .....	370
11.8	Prüfung der Phasenfolge – Teil 600 Abschnitt 61.3.9 .....	370
11.9	Funktionsprüfungen – Teil 600 Abschnitt 61.3.10 .....	371
11.10	Spannungsfall – Teil 600 Abschnitt 61.3.11 .....	371
11.11	Messgeräte .....	372
11.12	Dokumentation der Prüfung – Teil 600 Abschnitt 61.4.....	373
11.13	Literatur zu Kapitel 11.....	376
12	<b>Schutz gegen Überspannungen und elektromagnetische Störungen (EMI)</b> .....	377
12.1	Schutz von Niederspannungsanlagen bei Erdschlüssen in Netzen mit höherer Spannung – DIN VDE 0100-442.....	377
12.2	Schutz gegen transiente Überspannungen – DIN VDE 0100-443 und DIN VDE 0100-534 .....	387
12.2.1	Ursachen und Auswirkungen transienter Überspannungen.....	387
12.2.2	Normen für den Überspannungsschutz .....	390
12.2.3	Überspannung-Schutzeinrichtungen in Gebäuden – DIN VDE 0100-534.....	391
12.2.3.1	Anschluss von Überspannung-Schutzeinrichtungen (ÜSE) .....	392
12.2.3.2	Auswahl im Hinblick auf die dauernde Betriebsspannung $U_c$ ....	393
12.2.3.3	Auswahl im Hinblick auf Nennableitstoßstrom $I_n$ und Blitzstoßstrom $I_{imp}$ .....	397

12.2.3.4	Auswahl im Hinblick auf das ausgewiesene Folgestromlöschvermögen .....	398
12.2.3.5	Schutz bei Überströmen und Folgen eines Fehlers an Überspannung-Schutzeinrichtungen (ÜSE).....	398
12.2.3.6	Anschlussleitungen .....	400
12.2.3.7	Informationen zur Klassifizierung von Überspannung-Schutzeinrichtungen (ÜSE).....	402
12.2.4	Überspannung-Schutzeinrichtungen im Niederspannungsnetz ...	403
12.2.5	Überspannungsschutzgeräte im praktischen Einsatz .....	405
12.2.5.1	Einsatz in Verteilungsnetzen .....	405
12.2.5.2	Einsatz in Verbraucheranlagen .....	406
12.2.5.3	Einsatz in Informationsnetzen und Informationsanlagen.....	409
12.3	Überspannungsschutzgeräte – DIN VDE 0675 .....	411
12.3.1	Technische Grundlagen .....	412
12.3.2	Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Niederspannungsanlagen .....	414
12.3.2.1	Überspannungsschutzgeräte für den Einbau in Niederspannungsnetzen.....	415
12.3.2.2	Überspannungsschutzgeräte für den Einbau in Verbraucheranlagen .....	416
12.3.2.3	Überspannungsschutzgeräte für ortsveränderliche Geräte .....	417
12.4	Elektrische Anlagen in Bauwerken mit Blitzschutzanlagen .....	418
12.5	Dachständer und Blitzschutzanlagen .....	418
12.6	Schutz gegen elektromagnetische Störungen (EMI) – DIN VDE 0100-444 .....	419
12.6.1	Einführung .....	419
12.6.2	Grundsätzliche Anforderungen .....	420
12.6.2.1	Netzsysteme .....	420
12.6.2.2	Mehrfacheinspeisung .....	421
12.6.2.3	Verschiedene Netzstrukturen für den Potentialausgleich .....	423
12.6.2.4	Funktionserdungsleiter .....	425
12.6.2.5	Kabelträgersysteme .....	425
12.7	Literatur zu Kapitel 12 .....	427
13	<b>Trennen und Schalten – DIN VDE 0100-460 und DIN VDE 0100-537 .....</b>	<b>429</b>
13.1	Allgemeines .....	429
13.2	Begriffe .....	430
13.3	Trennen .....	430
13.3.1	Maßnahmen zum Trennen .....	430
13.3.2	Geräte zum Trennen .....	431
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) .....	433
13.5	Schalthandlungen im Notfall .....	434
13.5.1	Maßnahmen bei Schaltungen im Notfall .....	434
13.5.2	Geräte zum Schalten im Notfall .....	436
13.6	Betriebsmäßiges Schalten .....	437
13.6.1	Maßnahmen zum betriebsmäßigen Schalten .....	437
13.6.1.1	Maßnahmen für Steuerstromkreise .....	438
13.6.1.2	Maßnahmen für Motorsteuerungen .....	438
13.6.2	Schaltgeräte für betriebsmäßiges Schalten .....	438
14	<b>Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – DIN VDE 0100-510 .....</b>	<b>439</b>
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	<b>Maschinen, Transformatoren, Drosselspulen, Kondensatoren...</b>	<b>467</b>
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	<b>Schaltgeräte .....</b>	<b>497</b>
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-Schutzeinrichtung (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-Schutzeinrichtungen .....	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-Schutzeinrichtungen (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 .....	608
16.8	Isolationsfehlersucheinrichtung – VDE 0413-9 .....	609
16.9	Schütze, Motorstarter und Relais – DIN EN 60947-4-1 (VDE 0660-102) .....	611
16.9.1	Allgemeines .....	611
16.9.2	Gebrauchskategorien .....	612
16.9.3	Verlustleistungen .....	613
16.10	Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtung (AFDD) für Endstromkreise ..	616
16.11	Literatur zu Kapitel 16 .....	618
17	<b>Leuchten und Beleuchtungsanlagen – DIN VDE 0100-559 .....</b>	<b>621</b>
17.1	Anbringen von Leuchten auf Gebäudeteilen .....	622
17.2	Anbringung von Leuchten auf Einrichtungsgegenständen .....	624
17.3	Lampenbetriebsgeräte .....	624
17.3.1	Vorschaltgeräte .....	625
17.3.2	Kompensationskondensatoren .....	625
17.4	Sicherheitszeichen und technisch relevante Bildzeichen für Leuchten und deren Zubehör .....	625
17.5	Aufschriften auf Leuchten nach DIN EN 60598-1 (VDE 0711-1) bezüglich der Montageoberfläche .....	629
17.6	Befestigung von Leuchten .....	631
17.7	Schutzarten für Leuchten .....	631
17.8	Lampengruppen und Lichtbänder .....	633
17.9	Leitungsbemessung bei Leuchten .....	633
17.10	Kompensation von Entladungslampen .....	634
17.11	Besondere Beleuchtungsanlagen .....	635
17.11.1	Leuchten für Vorführstände .....	635
17.11.2	Beleuchtungsanlagen im Freien .....	635
17.11.3	Kleinspannungsbeleuchtungsanlagen .....	637
17.11.4	Stromschienensysteme für Leuchten .....	641
17.12	Literatur zu Kapitel 17 .....	643
18	<b>Batterien und Batterieanlagen .....</b>	<b>645</b>
18.1	Allgemeines .....	645
18.2	Betriebsarten .....	646
18.3	Schutz gegen elektrischen Schlag .....	648
18.3.1	Schutz sowohl gegen direktes als auch bei indirektem Berühren ..	648
18.3.2	Schutz gegen elektrischen Schlag unter normalen Bedingungen ..	648
18.3.3	Schutz gegen elektrischen Schlag im Fehlerfall .....	648

18.3.4	Schutz bei Gleichstromzwischenkreisen mit galvanischer Verbindung zum speisenden Netz .....	651
18.4	Vorkehrungen gegen Verpuffungs- und Explosionsgefahr.....	651
18.5	Räume für ortsfeste Batterien .....	653
19	<b>Allgemeines über Kabel und Leitungen</b> .....	655
19.1	Kurzzeichen für Kabel .....	655
19.2	Häufig verwendete Kabel .....	656
19.3	Halogenfreie Kabel und Leitungen mit verbessertem Verhalten im Brandfall .....	658
19.3.1	Halogenfreie Kabel .....	659
19.3.1.1	Halogenfreie Kabel mit verbessertem Verhalten im Brandfall.....	659
19.3.1.2	Halogenfreie Kabel mit verbessertem Verhalten im Brandfall und Funktionserhalt.....	662
19.3.2	Einadrige Leitungen ohne Mantel für feste Verlegung mit geringer Entwicklung von Rauch und korrosiven Gasen im Brandfall .....	663
19.3.2.1	Halogenfreie Aderleitungen H07Z .....	663
19.3.2.2	Halogenfreie Verdrahtungsleitungen H05Z.....	664
19.3.3	Halogenfreie Mantelleitung NHXMH .....	664
19.3.4	Halogenfreie Installationsleitung NHMH .....	665
19.3.5	Halogenfreie Sonder-Gummiaderleitung NSHXAÖ und NSHXAFO .....	666
19.4	Kurzzeichen für Leitungen nach nationalen Normen – DIN VDE 0250 .....	667
19.5	Kurzzeichen für harmonisierte Leitungen – DIN VDE 0281 und DIN VDE 0282 .....	668
19.6	Häufig verwendete Leitungen .....	671
19.7	Anwendungsbereiche von Kabeln und Leitungen.....	671
19.7.1	Leichte Zwillingsleitung H03VH .....	678
19.7.2	PVC-Schlauchleitung H03VV .....	678
19.7.3	PVC-Schlauchleitung H05VV .....	679
19.7.4	PVC-Verdrahtungsleitung H05V .....	679
19.7.5	Wärmebeständige PVC-Verdrahtungsleitung H05V2.....	679
19.7.6	PVC-Lichterkettenleitung H03VH7 .....	679
19.7.7	PVC-Aderleitung H07V .....	679
19.7.8	Wärmebeständige PVC-Aderleitung H07V2 .....	679
19.7.9	Kältebeständige PVC-Aderleitung H07V3 .....	680
19.7.10	Leichte und mittlere PVC-Schlauchleitungen H03V2V2/H03V2V2H2 und H05V2V2/H05V2V2H2 .....	680
19.7.11	Ölbeständige PVC-Steuerleitungen H05VV5 und H05VVC4V5 ...	680
19.7.12	Lichterkettenleitungen H05RN/H05RNH2 und H03RN-F .....	680
19.7.13	Wärmebeständige Silikon-Aderleitung H05SJ .....	681

19.7.14	Wärmebeständige Silikon-Mantelleitung H05SS.....	681
19.7.15	Lichtbogen-Schweißleitungen H01N2.....	681
19.7.16	Wärmebeständige Gummi-Aderleitungen H05G und H07G.....	681
19.7.17	Gummi-Schlauchleitungen H05RR und H05RN .....	681
19.7.18	Schwere Gummi-Schlauchleitung H07RN.....	682
19.7.19	Wärme- und kältebeständige Leitungen H05BQ und H07BQ.....	682
19.7.20	Wärmebeständige Schlauchleitung H05BB.....	682
19.7.21	Schwere wärmebeständige Schlauchleitung H07BB.....	683
19.7.22	Mittlere wärmebeständige Schlauchleitung H05BN4 .....	683
19.7.23	Schwere wärmebeständige Schlauchleitung H07BN4 .....	683
19.7.24	PVC-Mantelleitung NYM .....	684
19.7.25	Stegleitungen NYIF und NYIFY .....	684
19.7.26	Bleimantelleitung NYBUY .....	684
19.7.27	Gummi-Schlauchleitung NSSHÖU.....	684
19.7.28	Gummi-Flachleitung NGFLGÖU.....	685
19.7.29	Leitungstrossen NMTWÖU und NMSWÖU .....	685
19.7.30	ETFE-Aderleitungen N7YA und N7YAF .....	685
19.7.31	Silikon-Fassungsaderleitungen N2GFA und N2GFAF .....	685
19.7.32	Sonder-Gummiaderleitung NSGAFÖU .....	685
19.7.33	Gummi-Schlauchleitung NMHVÖU.....	686
19.7.34	Gummi-Schlauchleitung NSHCÖU.....	686
19.7.35	Gummi-Schlauchleitung NSHTÖU.....	686
19.7.36	Mineralisierte Leitung (ohne festgelegtes Kurzzeichen).....	686
19.8	Kennzeichnung von Kabeln und Leitungen .....	686
19.9	Farbige Kennzeichnung von Kabeln, Leitungen und blanken Schienen .....	689
19.9.1	Farbige Kennzeichnung für Mäntel von Kabeln und Leitungen...	689
19.9.2	Allgemeine Festlegungen für die Kennzeichnung mit Farben....	690
19.9.3	Kennzeichnung von Schienen.....	692
19.9.4	Anforderungen an die farbliche Kennzeichnung von isolierten Leitern .....	693
19.9.5	Besonderheiten für Schutz- und Neutralleiter .....	697
19.9.5.1	Allgemeine Festlegungen.....	697
19.9.5.2	Die Kennzeichnung des Neutralleiters .....	697
19.9.5.3	Die Kennzeichnung des PEN-Leiters.....	699
19.9.5.4	Die Kennzeichnung des PEL-Leiters .....	700
19.9.5.5	Die Kennzeichnung des PEM-Leiters .....	700
19.9.5.6	Kennzeichnung von Schutzleitern (PE) .....	700
19.9.6	Kennzeichnung durch alphanumerische Zeichen .....	701
19.9.7	Zusammentreffen von Kabeln und Leitungen mit alter und neuer Farbkennzeichnung .....	703
19.10	Farbcode zur Beschreibung von Leitungen.....	705
19.11	Literatur zu Kapitel 19.....	706

20	<b>Bemessung von Leitungen und Kabeln und deren Schutz gegen zu hohe Erwärmung – DIN VDE 0100-430 und DIN VDE 0100-520</b> .....	707
20.1	Mindestquerschnitte und Neutralleiterreduzierung nach VDE 0100-520 .....	708
20.2	Spannungsfall – Teil 520 Abschnitt 525 .....	710
20.3	Strombelastbarkeit .....	721
20.3.1	Strombelastbarkeit isolierter Leitungen und nicht im Erdreich verlegter Kabel .....	721
20.3.1.1	Referenzverlegearten in Luft .....	722
20.3.1.2	Strombelastbarkeit bei Referenzbedingungen .....	725
20.3.1.3	Strombelastbarkeit bei unterschiedlichen Umgebungstemperaturen .....	731
20.3.1.4	Strombelastbarkeit bei Berücksichtigung der Häufung .....	740
20.3.2	Strombelastbarkeit von Kabeln im Erdreich .....	742
20.3.3	Strombelastbarkeit von Stromschienensystemen .....	746
20.3.4	Strombelastbarkeit von Freileitungen .....	750
20.3.5	Belastungssonderfälle .....	752
20.3.6	Erwärmung von Kabeln und Leitungen .....	758
20.4	Schutz gegen zu hohe Erwärmung – Teil 430 .....	759
20.4.1	Schutz bei Überlast .....	760
20.4.2	Schutz bei Kurzschluss .....	767
20.4.3	Koordinieren des Schutzes bei Überlast und Kurzschluss – Teil 430 Abschnitt 435 .....	780
20.4.3.1	Schutz durch eine gemeinsame Schutzeinrichtung .....	780
20.4.3.2	Schutz durch getrennte Schutzeinrichtungen .....	781
20.4.3.3	Gemeinsame Versetzung der Schutzeinrichtungen für Überlast- und Kurzschlusschutz .....	784
20.4.3.4	Verzicht auf Schutzeinrichtungen für Überlast- und Kurzschlusschutz .....	785
20.4.4	Der Schutz parallel geschalteter Leiter nach VDE 0100-430 .....	787
20.4.4.1	Allgemeines .....	787
20.4.4.2	Schutz bei Überlast von parallel geschalteten Leitern .....	789
20.4.4.3	Schutz bei Kurzschluss von parallel geschalteten Leitern .....	790
20.4.4.4	Parallel geschaltete Leitungen mit unterschiedlichen Querschnitten .....	794
20.4.5	Besondere Festlegungen .....	798
20.4.5.1	Beleuchtungsstromkreise .....	798
20.4.5.2	Steckdosenstromkreise .....	798
20.4.5.3	Neutralleiter .....	798
20.4.5.4	Schutzleiter .....	798
20.4.5.5	Öffentliche und andere Verteilungsnetze .....	798
20.4.5.6	Schalt- und Verteilungsanlagen .....	798

20.4.5.7	Gefahr durch Überstrom-Schutzeinrichtung.....	798
20.4.5.8	Bewegliche Leitungen .....	798
20.4.5.9	Oberschwingungsströme.....	799
20.5	Literatur zu Kapitel 20.....	799
21	<b>Verlegen von Kabeln und Leitungen – DIN VDE 0100-520.....</b>	<b>801</b>
21.1	Allgemeines .....	801
21.2	Anforderungen an die Verlegung von Kabeln und Leitungen.....	808
21.2.1	Verdrahtungsleitungen .....	808
21.2.2	Aderleitungen.....	808
21.2.3	Stegleitungen.....	808
21.2.4	Mantelleitungen .....	809
21.2.5	Flexible Leitungen .....	809
21.2.6	Kabel.....	809
21.3	Verlegung von Kabeln und Leitungen .....	809
21.3.1	Elektroinstallationsrohrsysteme für elektrische Installationen ...	809
21.3.2	Verlegung in Elektro-Installationskanälen .....	816
21.3.3	Verlegung in unterirdischen Kanälen und Schutzrohren .....	817
21.3.4	Verlegung in Beton.....	817
21.3.5	Verlegung in Luft frei gespannt .....	818
21.3.6	Verlegung von Kabeln in Erde .....	818
21.3.7	Verlegung von Kabeln an Decken, auf Wänden und auf Pritschen	819
21.3.8	Zugbeanspruchungen für Kabel und Leitungen.....	820
21.3.9	Kabelverlegung bei tiefen Temperaturen .....	821
21.4	Zusammenfassen der Leiter verschiedener Stromkreise .....	822
21.4.1	Aderleitungen in Elektro-Installationsrohren und Elektro- Installationskanälen.....	822
21.4.2	Mehradarleitungen und Kabel.....	822
21.4.3	Haupt- und Hilfsstromkreise getrennt verlegt .....	822
21.4.4	Stromkreise, die mit Kleinspannung betrieben werden.....	822
21.4.5	Stromkreise mit unterschiedlicher Spannung.....	822
21.4.6	Neutralleiter bzw. PEN-Leiter .....	822
21.4.7	Schutzleiter.....	824
21.5	Spannungsfall .....	824
21.6	Erdschluss- und kurzschlussichere Verlegung .....	824
21.7	Anschlussstellen und Verbindungen .....	826
21.8	Kreuzungen und Näherungen .....	826
21.9	Maßnahmen gegen Brände und Brandfolgen.....	828
21.10	Literatur zu Kapitel 21.....	828
22	<b>Brandgefahren und Brandverhütung in elektrischen Anlagen..</b>	<b>829</b>
22.1	Allgemeines zur Wärmelehre.....	829
22.2	Brennbare Stoffe und Zündtemperatur.....	830

22.3	Wärmequelle und Zündenergie.....	832
22.4	Zündquellen elektrischen Ursprungs.....	833
22.4.1	Heiße Oberfläche als Zündquelle.....	833
22.4.2	Falsch verwendetes Elektrogerät als Zündquelle.....	833
22.4.3	Wärmestrahler als Zündquelle.....	834
22.4.4	Elektrische Fehler als Zündquelle.....	835
22.4.5	Kontakterwärmung als Zündquelle.....	835
22.5	Isolationsfehler als Brandgefahr.....	836
22.6	Lichtbogen.....	838
22.7	Brandschäden.....	844
22.7.1	Unmittelbare Brandschäden.....	844
22.7.2	Brandfolgeschäden.....	844
22.8	Temperaturen von Bränden.....	844
22.9	Brandverhalten von Baustoffen.....	846
22.9.1	Nicht brennbare Baustoffe.....	846
22.9.2	Brennbare Baustoffe.....	847
22.10	Brandverhalten von Bauteilen.....	848
22.11	Bauliche Brandschutzmaßnahmen.....	850
22.12	Brandschutz durch vorbeugende Installationstechnik.....	858
22.13	Schutz gegen Verbrennungen (Brandwunden).....	868
22.14	Brandschutz bei feuergefährdeten Betriebsstätten nach DIN VDE 0100-420.....	869
22.15	Literatur zu Kapitel 22.....	873
23	<b>Stromversorgungsanlagen für Sicherheitszwecke – DIN VDE 0100-560.....</b>	<b>875</b>
23.1	Anforderungen an Stromquellen für Sicherheitszwecke.....	878
23.2	Schutz bei indirektem Berühren (Fehlerschutz).....	881
23.2.1	Schutzmaßnahmen ohne Abschaltung im Fehlerfall.....	881
23.2.2	Schutzmaßnahmen mit Abschaltung im Fehlerfall.....	882
23.3	Aufstellung der Stromquellen.....	884
23.4	Stromkreise für Stromversorgungsanlagen für Sicherheitszwecke.....	885
23.5	Verbrauchsmittel.....	885
23.6	Literatur zu Kapitel 23.....	886
24	<b>Prüfung nach Instandsetzung, Änderung elektrischer Geräte – Wiederholungsprüfung elektrischer Geräte – Allgemeine Anforderungen für die elektrische Sicherheit – DIN VDE 0701-0702 (VDE 0701-0702).....</b>	<b>887</b>
24.1	Anwendungsbereich – DIN VDE 0701-0702 Abschnitt 1.....	887
24.2	Anforderungen – DIN VDE 0701-0702 Abschnitt 4.....	888
24.3	Allgemeines zu den Messungen und Prüfungen – DIN VDE 0701-0702 Abschnitt 5.1.....	889



24.4	Sichtprüfung – DIN VDE 0701-0702 Abschnitt 5.2.....	889
24.5	Prüfung des Schutzleiters – DIN VDE 0701-0702 Abschnitt 5.3...	890
24.6	Messung des Isolationswiderstands – DIN VDE 0701-0702 Abschnitt 5.4.....	893
24.7	Messung des Schutzleiterstroms – DIN VDE 0701-0702 Abschnitt 5.5.....	899
24.8	Messung des Berührungsstroms – DIN VDE 0701-0702 Abschnitt 5.6.....	903
24.9	Nachweis der sicheren Trennung vom Versorgungsstromkreis (SELV und PELV) – DIN VDE 0701-0702 Abschnitt 5.7.....	908
24.10	Nachweis der Wirksamkeit weiterer Schutzeinrichtungen – DIN VDE 0701-0702 Abschnitt 5.8.....	908
24.11	Prüfung der Aufschriften – DIN VDE 0701-0702 Abschnitt 5.9 ...	908
24.12	Funktionsprüfung – DIN VDE 0701-0702 Abschnitt 5.10.....	909
24.13	Dokumentation, Beurteilung – DIN VDE 0701-0702 Abschnitt 6..	909
24.14	Messeinrichtungen – DIN VDE 0701-0702 Abschnitt 7.....	912
24.15	Literatur zu Kapitel 24.....	912
25	Anhang.....	913
25.1	Anhang A: Kurzschlussstrom und Leitungslänge.....	913
25.1.1	Kurzschlussstromberechnung.....	913
25.1.1.1	Kurzschlussstromberechnung nach DIN EN 60909-0 (VDE 0102) .	913
25.1.1.2	Beispiel zur Berechnung des kleinsten einpoligen Kurzschlussstroms nach DIN EN 60909-0 (VDE 0102).....	922
25.1.1.3	Kurzschlussstromberechnung in der Praxis.....	924
25.1.1.4	Beispiele zur Kurzschlussstromberechnung in der Praxis.....	928
25.1.2	Berechnung der maximal zulässigen Leitungslängen.....	931
25.2	Anhang B: Maximal zulässige Leitungslängen unter Berücksichtigung des Spannungsfalls – DIN VDE 0100 Beiblatt 5.....	966
25.3	Anhang C: Berechnung des $k$ -Faktors zur Schutzleiter-Querschnittsbestimmung – DIN VDE 0100-540.....	970
25.3.1	Grundlagen.....	970
25.3.2	Tabellen zur Ermittlung des $k$ -Faktors.....	971
25.3.3	Beispiele zur Berechnung des Schutzleiterquerschnitts.....	974
25.3.3.1	Berechnung des $k$ -Werts.....	974
25.3.3.2	Berechnung des Schutzleiterquerschnitts in einem TN-C-S-System.....	975
25.3.3.3	Berechnung des Schutzleiterquerschnitts in einem TT-System beim Einsatz einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD).....	978
25.3.3.4	Berechnung des Schutzleiterquerschnitts, wenn unterschiedliche Leitermaterialien und unterschiedliche Verlegearten vorliegen ...	979
25.4	Anhang D: Umrechnung von Leiterwiderständen.....	980

25.5	Anhang E: Tabellen für Impedanzen.....	983
25.5.1	Tabellen für Freileitungen .....	985
25.5.2	Tabellen für Kabel.....	986
25.6	Anhang F: EltBauVO <sup>1)</sup> .....	993
25.7	Anhang G: Muster-Richtlinie über brandschutz- technische Anforderungen an Leitungsanlagen (Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie MLAR) – Stand 17.11.2005 – .....	995
25.8	Anhang H: Äußere Einflüsse .....	1001
25.9	Anhang I: Gemeinsame Erklärung zu Verwendung und Einbau von Elektroinstallationsmaterial. ....	1017
25.10	Anhang J: Gemeinsame Erklärung zum sicheren Umgang mit Elektrizität.....	1018
25.11	Anhang K: Gemeinsame Erklärung zur Sicherheit von Elektroinstallationsanlagen im häuslichen Bereich .....	1019
25.12	Anhang L: Widerstands- und Leitwertgrößen .....	1020
25.13	Anhang M: Nationale Normungsorganisationen in Europa (Stand Dezember 2014) .....	1021
26	Weiterführende Literatur .....	1023
27	Abkürzungsübersicht .....	1025
	Stichwortverzeichnis .....	1035