

# Inhalt

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

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

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

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

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

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

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

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



13.4	Ausschalten für mechanische Wartung (Instandhaltung) .....	432
13.4.1	Maßnahmen zur mechanischen Wartung (Instandhaltung) .....	432
13.4.2	Geräte zum Ausschalten bei mechanischer Wartung (Instandhaltung) .....	432
13.5	Schalthandlungen im Notfall .....	433
13.5.1	Maßnahmen bei Schaltungen im Notfall.....	433
13.5.2	Geräte zum Schalten im Notfall.....	435
13.6	Betriebsmäßiges Schalten.....	436
13.6.1	Maßnahmen zum betriebsmäßigen Schalten .....	436
13.6.1.1	Maßnahmen für Steuerstromkreise .....	437
13.6.1.2	Maßnahmen für Motorsteuerungen.....	437
13.6.2	Schaltgeräte für betriebsmäßiges Schalten .....	437
<b>14</b>	<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
<b>15</b>	<b>Maschinen, Transformatoren, Drosselpulen, Kondensatoren... 467</b>	
15.1	Elektrische Maschinen.....	467
15.2	Transformatoren und Drosselpulen .....	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
<b>16</b>	<b>Schaltgeräte..... 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 .....	607
16.8	Einrichtung zur Isolationsfehlersuche (IFLS) – VDE 0413-9 .....	608
16.9	Schütze, Motorstarter und Relais – DIN EN 60947-4-1 (VDE 0660-102) .....	610
16.9.1	Allgemeines .....	610
16.9.2	Gebrauchskategorien .....	611
16.9.3	Verlustleistungen .....	612
16.10	Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtung (AFDD) für Endstromkreise ..	616
16.11	Störlichtbogen Schutzeinrichtung .....	619
16.12	Literatur zu Kapitel 16 .....	621
<b>17</b>	<b>Leuchten und Beleuchtungsanlagen – DIN VDE 0100-559 .....</b>	<b>623</b>
17.1	Anbringen von Leuchten auf Gebäudeteilen .....	624
17.2	Anbringung von Leuchten auf Einrichtungsgegenständen .....	626
17.3	Lampenbetriebsgeräte .....	626
17.3.1	Vorschaltgeräte .....	627
17.3.2	Kompensationskondensatoren .....	627
17.4	Sicherheitszeichen und technisch relevante Bildzeichen für Leuchten und deren Zubehör .....	627
17.5	Aufschriften auf Leuchten nach DIN EN 60598-1 (VDE 0711-1) bezüglich der Montageoberfläche .....	631
17.6	Befestigung von Leuchten .....	633
17.7	Schutzarten für Leuchten .....	633
17.8	Lampengruppen und Lichtbänder .....	635
17.9	Auswahl der Leitungen bei Leuchten .....	635
17.9.1	Leitungsbemessung bei Leuchten .....	635
17.9.2	Durchgangsverdrahtung .....	636
17.10	Kompensation von Entladungslampen .....	637
17.11	Besondere Beleuchtungsanlagen .....	638
17.11.1	Leuchten für Vorführstände .....	638
17.11.2	Beleuchtungsanlagen im Freien .....	638
17.11.3	Kleinspannungsbeleuchtungsanlagen .....	640
17.11.4	Stromschienensysteme für Leuchten .....	644
17.12	Literatur zu Kapitel 17 .....	646
<b>18</b>	<b>Batterien und Batterieanlagen .....</b>	<b>647</b>
18.1	Allgemeines .....	647

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

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

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

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

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



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

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