

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	Schutzzarten	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	Planung elektrischer Anlagen – DIN VDE 0100-100	143
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

4	Der Schutz gegen elektrischen Schlag	167
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
5	Schutzmaßnahme: Automatische Abschaltung der Stromversorgung – DIN VDE 0100-410 Abschnitt 411	191
5.1	Allgemeine Anforderungen	191
5.1.1	Einführung	191
5.1.2	Der Schutzzpotentialausgleich 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	FELV – Schutz durch Kleinspannung ohne sichere Trennung (DIN VDE 0100-410 Abschnitt 411.7)	229
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	Schutzmaßnahme: Doppelte oder verstärkte Isolierung – DIN VDE 0100-410 Abschnitt 412.....	233
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	Schutzmaßnahme: Schutztrennung mit nur einem Verbrauchsmittel – DIN VDE 0100-410 Abschnitt 413	239
8	Schutzmaßnahme: Schutz durch Kleinspannung mittels SELV und PELV – DIN VDE 0100-410 Abschnitt 414	243
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	Zusätzlicher Schutz – DIN VDE 0100-410 Abschnitt 415.....	255
9.1	Zusätzlicher Schutz: Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) ...	257
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 Schutzzentialausgleich – 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	Auswahl und Errichtung von Erdungsanlagen, Schutzleiter und Schutzzentialausgleichsleiter – DIN VDE 0100-540	265
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	Genaue 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	Fundamenteerde	300
10.10.3.1	Allgemeine Festlegungen	300
10.10.3.2	Werkstoffe für Fundamenteerde und Anschlussfahnen.....	303
10.10.3.3	Ausführung des Fundamenteerde bei erhöhtem Erdübergangswiderstand.....	303
10.10.3.4	Fundamenteerde 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	Schutzzpotentialausgleichsleiter – DIN VDE 0100-540 Abschnitt 544	336
10.23.1	Schutzzpotentialausgleichsleiter für die Verbindung mit der Haupterdungsschiene – Teil 540 Abschnitt 544.1	336
10.23.2	Schutzzpotentialausgleichsleiter für den zusätzlichen Schutzzpotentialausgleich – Teil 540 Abschnitt 544.2	338
10.23.2.1	Schutzzpotentialausgleichsleiter zwischen zwei Körpern elektrischer Betriebsmittel – Teil 540 Abschnitt 544.2.1	338
10.23.2.2	Schutzzpotentialausgleichsleiter zwischen einem Körper und einem fremden leitfähigen Teil – Teil 540 Abschnitt 544.2.2	339
10.23.2.3	Mindestquerschnitte für den zusätzlichen Schutzzpotentialausgleichsleiter – 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	Prüfungen – DIN VDE 0100-600	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	Schutz gegen Überspannungen und elektromagnetische Störungen (EMI)	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 ortswandlerliche 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	Trennen und Schalten – DIN VDE 0100-460 und DIN VDE 0100-537	429
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	Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – DIN VDE 0100-510	439
14.1	Allgemeine Anforderungen	439
14.2	Betriebsbedingungen	441
14.3	Äußere Einflüsse	442
14.4	Dynamische Beanspruchungen durch Kurzschlussströme	443
14.5	Luftstrecken und Kriechstrecken	456
14.5.1	Bemessung der Luftstrecken	458
14.5.2	Bemessung der Kriechstrecken	462
14.6	Zugänglichkeit.....	462
14.7	Kennzeichnungen.....	462
14.8	Schaltpläne und Dokumentation	464
14.9	Vermeidung gegenseitiger nachteiliger Beeinflussung	466
14.10	Literatur zu Kapitel 14.....	466
15	Maschinen, Transformatoren, Drosselpulen, Kondensatoren... .	467
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
16	Schaltgeräte.....	497
16.1	Schalter	497
16.2	Steckvorrichtungen, allgemein	497
16.3	Steckvorrichtungen für industrielle Anwendung	500
16.4	Überstrom-Schutzeinrichtungen.....	508
16.4.1	Niederspannungssicherungen – DIN EN 60269 (VDE 0636)	509
16.4.1.1	NH-Sicherungen	522
16.4.1.2	D-Sicherungen.....	533

16.4.1.3	D0-Sicherungen	537
16.4.1.4	Geräteschutzsicherungen (G-Sicherungen)	540
16.4.2	Überstromschutzschalter.....	545
16.4.2.1	Leitungsschutzschalter (LS-Schalter) – VDE 0641.....	546
16.4.2.2	Geräteschutzschalter – DIN EN 60934 (VDE 0642).....	556
16.4.2.3	Motorstarter – DIN EN 60947-4-1 (VDE 0660-102).....	558
16.4.2.4	Leistungsschalter – DIN EN 60947-2 (VDE 0660-101).....	561
16.4.2.5	Leistungsschalter mit Fehlerstromschutz – DIN EN 60947 (VDE 0660-101) Anhang B	564
16.4.2.6	Selektive Haupt-Leitungsschutzschalter (SH-Schalter) DIN VDE 0641-21 (VDE 0641-21)	565
16.4.3	Hochspannungssicherungen	567
16.4.3.1	Teilbereichssicherungen	568
16.4.3.2	Vollbereichssicherungen.....	572
16.4.3.3	Einsatz von HH-Sicherungen	572
16.5	Fehlerstrom-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	Isolationsfehlerscheinrichtung – 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	Leuchten und Beleuchtungsanlagen – DIN VDE 0100-559	621
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	Batterien und Batterieanlagen	645
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	Allgemeines über Kabel und Leitungen.....	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 NSHXAFÖ	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-Gummiaaderleitung 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	Farocode zur Beschreibung von Leitungen.....	705
19.11	Literatur zu Kapitel 19.....	706

20	Bemessung von Leitungen und Kabeln und deren Schutz gegen zu hohe Erwärmung – DIN VDE 0100-430 und DIN VDE 0100-520	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 Stromschiensystemen	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	Verlegen von Kabeln und Leitungen – DIN VDE 0100-520	801
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	Mehraderleitungen 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	Schutzeleiter	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	Brandgefahren und Brandverhütung in elektrischen Anlagen	829
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	Stromversorgungsanlagen für Sicherheitszwecke – DIN VDE 0100-560.....	875
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	Prüfung nach Instandsetzung, Änderung elektrischer Geräte – Wiederholungsprüfung elektrischer Geräte – Allgemeine Anforderungen für die elektrische Sicherheit – DIN VDE 0701-0702 (VDE 0701-0702)	887
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 Schutzeiterstroms – 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 <i>k</i> -Faktors zur Schutzleiter-Querschnittsbestimmung – DIN VDE 0100-540.....	970
25.3.1	Grundlagen.....	970
25.3.2	Tabellen zur Ermittlung des <i>k</i> -Faktors	971
25.3.3	Beispiele zur Berechnung des Schutzleiterquerschnitts.....	974
25.3.3.1	Berechnung des <i>k</i> -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 ¹⁾	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