

# Inhaltsverzeichnis

|   |           |
|---|-----------|
| <b>I Grundlagen .....</b>                                       | <b>19</b> |
| <b>1 Einführung .....</b>                                       | <b>19</b> |
| 1.1 Was ist eine elektrische Anlage? .....                      | 19        |
| 1.2 Definition der Netzbetreiber .....                          | 19        |
| 1.3 Erzeugungsanlagen .....                                     | 21        |
| 1.4 Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge .....                | 22        |
| 1.5 Ersatzstromversorgungsanlagen .....                         | 22        |
| 1.6 Elektrische Anlage für Sicherheitszwecke .....              | 23        |
| <b>2 Begriffe .....</b>   | <b>25</b> |
| 2.1 Elektrische Anlagen und Betriebsmittel .....                | 25        |
| 2.1.1 Kabel- und Leitungsanlage .....                           | 25        |
| 2.1.2 Elektrisches Betriebsmittel .....                         | 25        |
| 2.1.3 Elektrisches Verbrauchsmittel .....                       | 25        |
| 2.1.4 Schaltgerät .....   | 26        |
| 2.1.5 Ortsveränderliche elektrische Betriebsmittel .....        | 26        |
| 2.1.6 Elektrisches Handgerät .....                              | 26        |
| 2.1.7 Ortsfestes elektrisches Betriebsmittel .....              | 26        |
| 2.1.8 Elektrischer Verteiler .....                              | 26        |
| 2.2 Instandhaltung und Prüfung .....                            | 27        |
| 2.2.1 Instandhaltung .....                                      | 27        |
| 2.2.2 Instandsetzung .....                                      | 28        |
| 2.2.3 Inspektion .....  | 28        |
| 2.3 Prüfung .....   | 28        |
| 2.3.1 Erstprüfung .....   | 29        |
| 2.3.2 Wiederkehrende Prüfung .....                              | 29        |
| 2.3.3 Prüfung nach Instandsetzung .....                         | 29        |
| 2.4 Betreiber, Anlagenverantwortlicher, Arbeitsverantwortlicher | 30        |
| 2.4.1 Anlagenbetreiber .....                                    | 30        |
| 2.4.2 Anlagenverantwortlicher .....                             | 30        |
| 2.4.3 Arbeitsverantwortlicher .....                             | 31        |
| 2.4.4 Mitarbeiter im Betrieb .....                              | 31        |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 2.5      | Teile und Körper .....   | 31        |
| 2.5.1    | Körper .....   | 31        |
| 2.5.2    | Aktives Teil und gefährliches aktives Teil.....                                  | 31        |
| 2.5.3    | Leitfähige und fremde leitfähige Teile .....                                     | 31        |
| 2.6      | Ströme und Fehlerarten .....   | 32        |
| 2.6.1    | Vorgesehener Betriebsstrom .....   | 32        |
| 2.6.2    | Dauerstrombelastbarkeit .....  | 33        |
| 2.6.3    | Überstrom .....  | 33        |
| 2.6.4    | Fehlerstrom .....  | 33        |
| 2.6.5    | Kurzschluss .....  | 33        |
| 2.6.6    | Leiterschluss .....  | 34        |
| 2.6.7    | Windungsschluss .....  | 35        |
| 2.6.8    | Berührungsstrom und -spannung .....  | 35        |
| 2.6.9    | Differenzstrom .....   | 37        |
| 2.6.10   | Ableitstrom .....  | 37        |
| 2.6.11   | Schutzleiterstrom .....  | 39        |
| 2.6.12   | Vagabundierende Ströme .....   | 39        |
| 2.7      | Stromkreise .....  | 39        |
| 2.7.1    | Endstromkreis .....  | 39        |
| 2.7.2    | Hauptstromkreise und Verteilerstromkreise .....                                  | 40        |
| 2.7.3    | Hilfsstromkreise .....   | 40        |
| 2.8      | Schalten und Trennen.....  | 40        |
| 2.8.1    | Trennen .....  | 40        |
| 2.8.2    | Automatische Abschaltung .....   | 40        |
| 2.8.3    | Ausschalten im Notfall .....   | 41        |
| 2.8.4    | Freischalten .....   | 41        |
| 2.9      | Elektromagnetische Verträglichkeit .....   | 41        |
| 2.9.1    | Galvanische Kopplung .....   | 42        |
| 2.9.2    | Induktive Kopplung .....   | 43        |
| 2.9.3    | Kapazitive Kopplung .....  | 43        |
| 2.9.4    | Strahlungskopplung .....   | 44        |
| <b>3</b> | <b>Raumarten und Aufstellorte .....</b>  | <b>45</b> |
| 3.1      | Elektrische Betriebsstätten und abgeschlossene elektrische Betriebsstätten ..... | 45        |
| 3.2      | Räume .....  | 45        |
| 3.2.1    | Trockene Räume .....   | 45        |
| 3.2.2    | Feuchte Räume.....   | 45        |
| 3.2.3    | Nasse Räume .....  | 46        |

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| 3.3       | Arbeitsstätten .....   | 46        |
| 3.4       | Öffentliche Einrichtungen und Bereiche .....                 | 46        |
| 3.5       | Feuergefährdete Betriebsstätten und gleichzusetzende Risiken | 46        |
| 3.5.1     | Feuergefährdete Betriebsstätte .....                         | 46        |
| 3.5.2     | Räume und Orte mit gleichzustellenden Risiken .....          | 47        |
| 3.6       | Explosionsgefährdete Bereiche .....                          | 47        |
| 3.7       | Gebäude und Gebäudeklassen .....                             | 48        |
| <b>4</b>  | <b>Gefahren des elektrischen Stromes .....</b>               | <b>51</b> |
| 4.1       | Gefahren durch Wechselstrom .....                            | 53        |
| 4.2       | Gefahren durch Gleichstrom .....                             | 55        |
| <b>5</b>  | <b>Schutzarten von Betriebsmitteln .....</b>                 | <b>59</b> |
| 5.1       | Der IP-Code .....  | 59        |
| 5.2       | Der IK-Code .....  | 61        |
| <b>6</b>  | <b>Qualifikationen von Personen .....</b>                    | <b>63</b> |
| 6.1       | Laie .....   | 63        |
| 6.2       | Befähigte Person nach TRBS 1203 .....                        | 63        |
| 6.3       | Elektrofachkraft, VEFK, EuP nach VDE 0105-100 .....          | 64        |
| 6.3.1     | Die Elektrofachkraft .....                                   | 64        |
| 6.3.2     | Die verantwortliche Elektrofachkraft .....                   | 64        |
| 6.3.3     | Die elektrotechnisch unterwiesene Person .....               | 65        |
| 6.4       | Wer darf was? .....  | 65        |
| <b>II</b> | <b>Anwendung technischer und gesetzlicher Bestimmungen</b>   | <b>67</b> |
| <b>7</b>  | <b>Die Gesetzespyramide .....</b>                            | <b>67</b> |
| 7.1       | Europäisches Recht .....                                     | 67        |
| 7.1.1     | EU-Verordnungen .....  | 68        |
| 7.1.2     | EU-Richtlinien .....   | 68        |
| 7.2       | Regeln der Technik und Stand der Technik .....               | 70        |
| <b>8</b>  | <b>Normen und VDE-Bestimmungen .....</b>                     | <b>73</b> |
| 8.1       | Internationale Normen .....                                  | 73        |
| 8.2       | Europäische Normen .....                                     | 74        |
| 8.3       | Nationale Normen und VDE-Bestimmungen .....                  | 75        |
| 8.3.1     | Mitarbeit der Öffentlichkeit und Bekanntgabe .....           | 76        |
| 8.3.2     | Ausarbeitende Gremien .....                                  | 76        |
| 8.3.3     | VDE-Leitlinien .....   | 77        |

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| 8.3.4     | VDE-Vornormen .....                                   | 78         |
| 8.3.5     | VDE-Anwendungsregeln .....                            | 78         |
| 8.3.6     | Beiblätter des VDE-Vorschriftenwerks .....            | 79         |
| 8.3.7     | Verlautbarungen .....                                 | 79         |
| 8.3.8     | Harmonisierte Normen .....                            | 80         |
| 8.4       | Zusammenfassung: Normen und VDE-Bestimmungen .....    | 80         |
| <b>9</b>  | <b>Aufbau von Normen und VDE-Bestimmungen .....</b>   | <b>83</b>  |
| 9.1       | Der Normentitel .....                                 | 83         |
| 9.2       | Vorwort und Einleitung .....                          | 85         |
| 9.3       | Der Anwendungsbereich .....                           | 85         |
| 9.4       | Normative Verweisungen.....                           | 85         |
| 9.5       | Begriffe .....  | 86         |
| 9.6       | Inhalt von Normen .....                               | 86         |
| 9.6.1     | Kennzeichnung von Inhalten .....                      | 86         |
| 9.6.2     | Normenausdrücke und deren Bedeutung .....             | 86         |
| 9.6.3     | Anhänge .....   | 88         |
| 9.6.4     | Literaturhinweise .....                               | 89         |
| 9.7       | Aufbau und Zuordnung der DIN-VDE-Normen-Gruppen ..... | 89         |
| 9.7.1     | Gruppe 0 .....  | 89         |
| 9.7.2     | Gruppe 1.....   | 90         |
| 9.7.3     | Gruppe 2.....   | 91         |
| 9.7.4     | Gruppe 3.....   | 91         |
| 9.7.5     | Gruppe 4.....   | 91         |
| 9.7.6     | Gruppe 5.....   | 92         |
| 9.7.7     | Gruppe 6.....   | 93         |
| 9.7.8     | Gruppe 7.....   | 94         |
| 9.7.9     | Gruppe 8.....   | 94         |
| <b>10</b> | <b>Die Risikobeurteilung.....</b>                     | <b>95</b>  |
| 10.1      | Risiko und Gefährdung .....                           | 95         |
| 10.2      | Praktische Anwendung .....                            | 96         |
| 10.2.1    | Schritt 1: Die Risikoanalyse.....                     | 98         |
| 10.2.2    | Schritt 2: Die Risikobewertung.....                   | 98         |
| 10.2.3    | Schritt 3: Restrisiko und Risikominderung.....        | 99         |
| 10.2.4    | Verschiedene Gefahrenfelder .....                     | 101        |
| <b>11</b> | <b>Das Produktsicherheitsgesetz .....</b>             | <b>103</b> |

|   |            |
|---|------------|
| <b>12 Die Niederspannungsrichtlinie .....</b>   | <b>107</b> |
| 12.1 Inverkehrbringen von Produkten im europäischen<br>Wirtschaftsraum .....                          | 108        |
| 12.2 Die Schutzziele .....  | 108        |
| 12.2.1 Allgemeine Bedingungen .....   | 108        |
| 12.2.2 Schutz vor Gefahren ausgehend von elektrischen<br>Betriebsmitteln, Maschinen und Anlagen ..... | 109        |
| 12.2.3 Schutz vor äußeren Einwirkungen auf<br>die elektrischen Betriebsmittel .....                   | 109        |
| 12.3 Kennzeichnungspflicht der Hersteller .....   | 109        |
| 12.4 Technische Unterlagen .....  | 110        |
| 12.5 Die Konformitätserklärung .....  | 111        |
| 12.6 Formelle Nichtkonformität .....  | 111        |
| 12.7 Konformitätsvermutung .....  | 112        |
| <br>  |            |
| <b>13 EMV-Richtlinie .....</b>  | <b>113</b> |
| 13.1 EMV-Dokumentation gemäß EMVG §4 Abs. 2 Satz 2 .....  | 113        |
| 13.2 Elektrische Betriebsmittel .....   | 114        |
| 13.2.1 Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen .....  | 115        |
| 13.2.2 Ortsfeste elektrische Anlagen.....   | 115        |
| <br>  |            |
| <b>14 Maschine oder Anlage.....</b>   | <b>117</b> |
| 14.1 Begriffe .....   | 117        |
| 14.1.1 Maschine .....   | 117        |
| 14.1.2 Unvollständige Maschinen .....   | 117        |
| 14.1.3 Sicherheitsbauteil.....  | 118        |
| 14.1.4 Gesamtheit von Maschinen.....  | 118        |
| 14.2 Hersteller oder Errichter.....   | 120        |
| 14.2.1 Planung und Bau durch Maschinenhersteller .....  | 121        |
| 14.2.2 Verlängerte Werkbank .....   | 121        |
| 14.2.3 Planung und Bau durch Zulieferer .....   | 121        |
| <br>  |            |
| <b>15 Das Energiewirtschaftsgesetz .....</b>  | <b>123</b> |
| 15.1 Ziele und Zweck .....  | 123        |
| 15.2 Einhaltung der anerkannten Regeln der Technik.....   | 124        |
| 15.3 Weitere Regelungen .....   | 126        |
| 15.4 Pflicht der Netzbetreiber .....  | 127        |

|  |            |
|--|------------|
| <b>16 Die Niederspannungsanschlussverordnung .....</b>   | <b>129</b> |
| 16.1 Anschlussverhältnisse .....   | 129        |
| 16.1.1 Netzanschlussverhältnis .....   | 129        |
| 16.1.2 Anschlussnutzungsverhältnis .....   | 130        |
| 16.2 Elektrische Anlage im Sinne der NAV .....   | 130        |
| 16.3 Inbetriebsetzung und Überprüfung<br>der elektrischen Anlage .....                                       | 131        |
| 16.4 Anwendung der TAB .....   | 132        |
| <br>   |            |
| <b>17 Bestandsschutz und Anpassung .....</b>   | <b>135</b> |
| 17.1 Bestandsschutz .....  | 135        |
| 17.2 Erweiterung .....   | 136        |
| 17.3 Wesentliche Änderung und Anpassung .....  | 136        |
| 17.3.1 Änderung elektrischer Anlagen .....   | 136        |
| 17.3.2 Anpassung .....   | 137        |
| <br>   |            |
| <b>18 Die Betriebssicherheitsverordnung .....</b>  | <b>139</b> |
| 18.1 Die Gefährdungsbeurteilung .....  | 139        |
| 18.2 Aspekte der Gefährdungsbeurteilung.....   | 142        |
| 18.2.1 Grundlegende Schutzmaßnahmen .....  | 142        |
| 18.2.2 Schutzmaßnahmen bei Gefährdungen<br>durch Energien durch An- und Abfahren<br>von Arbeitsmitteln ..... | 143        |
| 18.2.3 Schutzmaßnahmen bei Instandhaltung oder<br>Änderung von Arbeitsmitteln .....                          | 145        |
| 18.2.4 Schutzmaßnahmen zum Brand- und<br>Explosionsschutz .....  | 146        |
| 18.3 Prüfen von Arbeitsmitteln.....  | 146        |
| 18.3.1 Aufrechterhaltung der Sicherheit<br>von Arbeitsmitteln .....  | 147        |
| 18.3.2 Bewertungskriterien .....   | 148        |
| 18.3.3 Prüffristen .....   | 149        |
| 18.4 Zusammenfassung:<br>Prüfen von Arbeitsmitteln nach BetrSichV.....                                       | 150        |
| <br>   |            |
| <b>19 Die Unfallverhütungsvorschriften (DGUV) .....</b>  | <b>153</b> |
| 19.1 Grundsatz der Prävention .....  | 155        |
| 19.2 Einheitliche Regelwerke .....   | 155        |

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| 19.2.1     | DGUV-Vorschriften .....   | 156        |
| 19.2.2     | Durchführungsanweisungen zu DGUV-Vorschriften ...   | 156        |
| 19.2.3     | DGUV-Regeln .....   | 156        |
| 19.2.4     | DGUV-Grundsätze .....   | 157        |
| 19.2.5     | DGUV-Informationen .....  | 157        |
| 19.3       | Elektrische Anlagen und Betriebsmittel im Sinne<br>der Unfallverhütungsvorschriften (UVV) ..... | 157        |
| 19.3.1     | Stationäre Anlagen .....  | 158        |
| 19.3.2     | Nichtstationäre Anlagen .....   | 158        |
| 19.3.3     | Ortsfeste elektrische Betriebsmittel .....  | 158        |
| 19.3.4     | Ortsveränderliche elektrische Betriebsmittel .....  | 158        |
| 19.4       | Prüfungen nach DGUV Vorschrift 3 .....  | 159        |
| 19.4.1     | Prüffristen .....   | 160        |
| 19.4.2     | Abgrenzung zwischen DGUV Vorschrift 3 und 4 .....   | 162        |
| 19.4.3     | Prüfung von Maschinen nach DGUV Vorschrift 3 .....  | 163        |
| 19.5       | Zusammenfassung:<br>Prüfungen nach DGUV Vorschrift 3 und 4 .....                                | 164        |
| <b>20</b>  | <b>Prüfung nach VdS 2871 .....</b>  | <b>167</b> |
| <b>21</b>  | <b>Prüfungen nach Sonderbauverordnungen .....</b>   | <b>169</b> |
| <b>III</b> | <b>Grundlagen der Planung und sicheren Errichtung .....</b>                                     | <b>171</b> |
| <b>22</b>  | <b>Die Reihe DIN VDE 0100 .....</b>   | <b>171</b> |
| 22.1       | Der Anwendungsbereich .....   | 171        |
| 22.2       | Schutzziele der Reihe DIN VDE 0100 .....  | 172        |
| 22.3       | Struktur und Aufbau .....   | 173        |
| 22.3.1     | Gruppe 100 .....  | 173        |
| 22.3.2     | Gruppe 200 .....  | 174        |
| 22.3.3     | Gruppe 400 .....  | 175        |
| 22.3.4     | Gruppe 500 .....  | 175        |
| 22.3.5     | Gruppe 600 .....  | 176        |
| 22.3.6     | Gruppe 700 .....  | 176        |
| 22.3.7     | Gruppe 800 .....  | 178        |

|  |            |
|--|------------|
| <b>23 Stromversorgungsquellen und Netzverbindungen.....</b>                    | <b>181</b> |
| 23.1 Aufbau und Art der Spannung.....  | 181        |
| 23.1.1 Einphasenanordnung.....   | 181        |
| 23.1.2 Dreiphasenanordnung.....  | 181        |
| 23.2 Netzverbindungen.....   | 183        |
| 23.2.1 Netze mit synchroner Verbindung.....                                    | 183        |
| 23.2.2 Netze ohne synchrone Verbindung.....                                    | 184        |
| 23.2.3 Zusammenfassung: Netze mit und ohne<br>synchrone Verbindung.....        | 185        |
| <b>24 Stromversorgungssysteme nach Art der Erdverbindung.....</b>              | <b>187</b> |
| 24.1 TN-System.....  | 188        |
| 24.1.1 TN-C-System.....  | 188        |
| 24.1.2 TN-C-S-System.....  | 189        |
| 24.1.3 TN-S-System.....  | 191        |
| 24.2 TT-System.....  | 192        |
| 24.3 IT-System.....  | 192        |
| 24.4 Stromversorgungssysteme mit Mehrfacheinspeisung.....                      | 193        |
| <b>25 Schutzvorkehrungen gegen elektrischen Schlag.....</b>                    | <b>195</b> |
| 25.1 Basisschutz und Fehlerschutz.....   | 196        |
| 25.2 Basisschutzvorkehrungen.....  | 197        |
| 25.2.1 Schutzabdeckung oder Schutzhülle.....                                   | 197        |
| 25.3 Schutz durch Hindernisse und Anordnung außerhalb<br>des Handbereichs..... | 199        |
| 25.3.1 Schutz durch Hindernisse.....   | 199        |
| 25.3.2 Schutz durch Anordnung außerhalb<br>des Handbereichs.....               | 200        |
| 25.3.3 Schutz durch Begrenzung von Beharrungsstrom<br>und Energie.....         | 201        |
| 25.3.4 Potentialsteuerung.....   | 202        |
| <b>26 Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag.....</b>                       | <b>203</b> |
| 26.1 Schutz durch automatische Abschaltung im Fehlerfall.....                  | 204        |
| 26.1.1 Berührungsspannung und Berührungsstrom<br>im TN-System.....             | 204        |
| 26.1.2 Schutz durch automatische Abschaltung<br>im TN-System.....              | 206        |

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| 26.1.3    | Die Spannungswaage .....  | 209        |
| 26.1.4    | Schutz durch automatische Abschaltung<br>im TT-System .....   | 210        |
| 26.1.5    | Zulässige Abschaltzeiten in TN- und TT-Systemen .....   | 213        |
| 26.2      | Ersatzmaßnahme nach DIN VDE 0100-410 Anhang D .....   | 213        |
| 26.2.1    | Netzbetreiber und Hauptstromversorgungssystem .....   | 214        |
| 26.3      | Schutz durch automatische Abschaltung im IT-System .....  | 216        |
| 26.3.1    | Die Körper sind miteinander verbunden<br>und gemeinsam über dieselbe Erdungsanlage<br>geerdet ..... | 217        |
| 26.3.2    | Die Körper sind einzeln geerdet .....   | 219        |
| 26.4      | Schutz durch doppelte oder verstärkte Isolierung .....  | 221        |
| 26.4.1    | Elektrische Betriebsmittel .....  | 221        |
| 26.4.2    | Kabel und Leitungen .....   | 222        |
| 26.5      | Schutz durch Schutztrennung .....   | 224        |
| 26.6      | Schutz durch Kleinspannung (SELV und PELV) .....  | 226        |
| 26.6.1    | Stromquellen für SELV und PELV .....  | 228        |
| 26.6.2    | Aufbau von SELV- und PELV-Stromkreisen .....  | 229        |
| 26.6.3    | Leitungen und Steckvorrichtungen<br>für SELV und PELV.....  | 229        |
| 26.7      | Der zusätzliche Schutz .....  | 230        |
| 26.7.1    | Zusätzlicher Schutz durch RCD .....   | 231        |
| 26.7.2    | Zusätzlicher Schutz durch zusätzlichen Schutz-<br>potentialausgleich.....                           | 232        |
| 26.8      | Zusammenfassung: Schutzmaßnahmen gegen<br>elektrischen Schlag .....                                 | 234        |
| 26.8.1    | Basisschutz und Fehlerschutz .....  | 234        |
| 26.8.2    | Anwendung einer Schutzvorkehrung .....  | 236        |
| 26.8.3    | Der zusätzliche Schutz .....  | 236        |
| <b>27</b> | <b>Schutzmaßnahmen gegen thermische Einflüsse .....</b>   | <b>239</b> |
| 27.1      | Schutzziele .....   | 239        |
| 27.2      | Brandentstehung .....   | 241        |
| 27.3      | Schutz gegen durch elektrische Betriebsmittel<br>verursachte Brände .....                           | 242        |
| 27.3.1    | Wärmestau, Wärmestrahlung, heiße Teile .....  | 243        |
| 27.3.2    | Beeinträchtigung der sicheren Funktion<br>elektrischer Betriebsmittel .....                         | 244        |

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| 27.3.3    | Heißwasser- oder Dampferzeuger .....                                  | 244        |
| 27.3.4    | Raumheizsysteme .....   | 245        |
| 27.3.5    | Schutz gegen Verbrennungen .....                                      | 245        |
| 27.3.6    | Fehlerhafte Anschlüsse und Kontakte .....                             | 246        |
| 27.4      | Feuergefährdete Betriebsstätten .....                                 | 250        |
| 27.5      | Räume und Orte mit Gefährdungen für unersetzbare Güter ...            | 251        |
| 27.6      | Stromkreise in feuergefährdeten Betriebsstätten .....                 | 252        |
| 27.6.1    | TN- und TT-Systeme .....  | 252        |
| 27.6.2    | IT-Systeme .....  | 253        |
| 27.7      | Auswahl von Betriebsmitteln .....                                     | 254        |
| 27.7.1    | Kabel und Leitungen .....   | 254        |
| 27.7.2    | Auswahl von Motoren .....   | 255        |
| 27.7.3    | Auswahl von Schalt- und Steuergeräten .....                           | 256        |
| 27.7.4    | Auswahl von Leuchten .....  | 256        |
| 27.8      | Maßnahmen gegen Isolationsfehler und Fehlerlichtbögen .....           | 258        |
| 27.8.1    | Parallele und serielle Lichtbögen .....                               | 258        |
| 27.8.2    | Vorgaben nach DIN VDE 0100-420 .....                                  | 259        |
| 27.9      | Schutzeinrichtungen zur Vermeidung<br>von Fehlerlichtbögen .....      | 262        |
| 27.9.1    | Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) .....                          | 263        |
| 27.9.2    | Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtungen (AFDDs).....                     | 265        |
| 27.9.3    | Differenzstrom-Überwachungseinrichtungen (RCMs)                       | 265        |
| 27.9.4    | Isolationsüberwachungseinrichtungen (IMDs) .....                      | 266        |
| 27.10     | Alternative Maßnahmen gegen Fehlerlichtbögen .....                    | 266        |
| <b>28</b> | <b>Auswahl von Kabeln und Leitungen .....</b>                         | <b>271</b> |
| 28.1      | Auswahl nach mechanischen Aspekten .....                              | 271        |
| 28.2      | Auswahl nach der Strombelastbarkeit von Kabeln<br>und Leitungen ..... | 272        |
| 28.3      | Physikalische Betrachtung im thermischen<br>Ersatzschaltbild .....    | 273        |
| 28.3.1    | Thermische und elektrische Größen .....                               | 273        |
| 28.3.2    | Das thermische Ersatzschaltbild der Strom-<br>wärmeverluste .....     | 275        |
| 28.3.3    | Die Betriebstemperatur am Leiter .....                                | 276        |
| 28.3.4    | Die Betriebsarten.....  | 279        |
| 28.4      | Strombelastbarkeit im ungestörten Betrieb .....                       | 280        |
| 28.5      | Maximale Betriebstemperatur am Leiter .....                           | 281        |

---

|   |            |
|---|------------|
| <b>29 Die Referenzverlegearten und Reduktionsfaktoren .....</b>       | <b>283</b> |
| 29.1 Die Referenzverlegearten .....                                   | 283        |
| 29.2 Die Reduktionsfaktoren .....                                     | 284        |
| 29.2.1 Umgebungsbedingungen .....                                     | 285        |
| 29.2.2 Häufung .....  | 286        |
| 29.2.3 Oberschwingungsströme .....                                    | 287        |
| <br>  |            |
| <b>30 Schutz bei Überstrom .....</b>                                  | <b>291</b> |
| 30.1 Schutz bei Überlast .....  | 291        |
| 30.2 Schutz des Neutralleiters .....                                  | 293        |
| 30.3 Auswahl der Überlast-Schutzeinrichtung .....                     | 294        |
| 30.3.1 Nutzungs- und Schutzgrad .....                                 | 297        |
| 30.3.2 Schutz bei Überlast paralleler Leitungen .....                 | 298        |
| 30.4 Schutz bei Kurzschluss.....                                      | 300        |
| 30.4.1 Bemessungs-Kurzzeitstrom .....                                 | 301        |
| 30.4.2 Nachweis des Schutzes bei Kurzschluss.....                     | 303        |
| 30.4.3 Auswahl und Anordnung von Schutzeinrichtungen ..               | 304        |
| 30.4.4 Schutz bei Kurzschluss paralleler Kabel<br>und Leitungen ..... | 305        |
| 30.5 Erd- und kurzschluss sicheres Verlegen .....                     | 307        |
| <br>  |            |
| <b>Literatur- und Quellenverzeichnis .....</b>                        | <b>309</b> |
| <br>  |            |
| <b>Stichwortverzeichnis .....</b>                                     | <b>318</b> |