
Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Grundsätzliche Anmerkungen | 13 |
| 2 | Vorbereitende Maßnahmen | 15 |
| 2.1 | Genehmigung des Bauvorhabens | 16 |
| 2.2 | Verschattung durch Bäume..... | 19 |
| 2.3 | Statische Anforderungen an das Dach | 19 |
| 2.4 | Eigenschaften des Daches | 19 |
| 2.5 | Anforderungen an den Installateur | 20 |
| 2.6 | Anforderungen an den Betreiber | 22 |
| 3 | Auswahl der Produkte..... | 23 |
| 3.1 | Module..... | 23 |
| 3.1.1 | Kennzeichnung der Module | 25 |
| 3.2 | Wechselrichter..... | 26 |
| 3.3 | Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen | 28 |
| 3.4 | Leitungen, Steckverbinder und Gehäuse..... | 31 |
| 3.4.1 | Gehäuse | 31 |
| 3.4.2 | Stecker | 32 |
| 3.4.3 | Leitungen | 33 |
| 3.5 | Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD)..... | 37 |
| 3.6 | Speichersysteme | 37 |
| 3.7 | Tragsysteme..... | 41 |
| 4 | Montagevorschriften | 43 |
| 4.1 | Elektrotechnische Anlagen | 43 |
| 4.2 | Tragsysteme..... | 44 |
| 4.2.1 | Schrägdächer mit Pfanneneindeckung | 45 |
| 4.2.2 | Dächer mit Trapezeindeckung..... | 46 |
| 4.2.3 | Flachdächer | 46 |
| 4.2.4 | Freilandanlagen | 47 |
| 4.3 | Verteilung der Module auf dem Dach..... | 47 |
| 4.4 | Dachdeckerarbeiten | 48 |
| 4.4.1 | Leitungen und Steckverbinder..... | 49 |
| 5 | Elektrotechnische Installationsrichtlinien | 51 |
| 5.1 | Allgemeine Anforderungen | 51 |
| 5.2 | Schutz gegen elektrischen Schlag | 51 |
| 5.3 | Schutz gegen zu hohe Erwärmung..... | 53 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 5.4 | Schutz gegen Kurzschluss und Überlast | 53 |
| 5.5 | Leitungsverlegung..... | 54 |
| 5.6 | Schutz von Leitungen..... | 55 |
| 5.7 | Verlegeabstände zwischen IT/MSR- und Energieleitungen | 56 |
| 5.8 | Schleifenbildung der Strangleitungen..... | 57 |
| 5.9 | Erdung – Schutzpotentialungleich | 58 |
| 5.10 | Schutz gegen Überspannungen..... | 59 |
| 5.11 | Blitzschutzmaßnahmen | 61 |
| 5.12 | Prüfen der elektrotechnischen Installationen | 62 |
| 5.13 | Prüfen des PV-Systems | 63 |
| 5.14 | Einspeisung in das Versorgungsnetz und Eigennutzung | 64 |
| 5.15 | Erstprüfungen von PV-Anlagen | 65 |
| 6 | Regelmäßige Überprüfung..... | 67 |
| 7 | Arbeitssicherheit..... | 69 |
| 8 | Praktische Umsetzung..... | 71 |
| 8.1 | Festlegung der Tragkonstruktion..... | 71 |
| 8.2 | Festlegen der Tragkonstruktion und der Befestigungs- punkte auf den Montagegrund..... | 71 |
| 8.3 | Verschaltungsarten von Modulen..... | 72 |
| 8.3.1 | Netzsysteme von PV-Anlagen | 74 |
| 8.4 | Dimensionierung der Strangleitungen..... | 75 |
| 8.4.1 | Leitungsverluste | 77 |
| 8.4.2 | Dimensionierung der Strangsicherungen | 80 |
| 8.5 | Wechselrichter in PV-Systemen | 84 |
| 8.6 | Leitungen zwischen Wechselrichter und Zählerverteiler | 87 |
| 8.6.1 | Betriebsstrom der Leitung..... | 88 |
| 8.6.2 | Belastbarkeit von Leitungen | 88 |
| 8.6.3 | Abschaltbedingung | 92 |
| 8.6.4 | Kurzschluss auf den Leitungen | 93 |
| 8.7 | DC-Lasttrennschalter | 94 |
| 8.8 | Erdung von PV-Systemen..... | 95 |
| 8.8.1 | Regeln zur Herstellung von Erdern | 95 |
| 8.8.2 | Erder für die elektrische Versorgungsanlage..... | 95 |
| 8.8.3 | Erder für die Mittelspannungsanlage | 96 |
| 8.8.4 | Erder für die Blitzschutzanlage | 97 |
| 8.8.5 | Montage von Erdern | 98 |
| 8.8.6 | Schutz gegen Erdschlüsse..... | 99 |
| 8.9 | Schutz gegen Überspannungen..... | 100 |
| 8.9.1 | Ursachen von Überspannungen..... | 100 |
| 8.9.2 | Gefährdung durch Überspannungen | 100 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 8.9.3 | Risiko durch Gewitter | 101 |
| 8.9.4 | Risikoanalyse zum Überspannungsschutz | 102 |
| 8.9.4.1 | Beurteilung von Bestandsanlagen..... | 103 |
| 8.9.4.2 | Gefährdung durch Überspannungen muss gesondert beurteilt werden..... | 106 |
| 8.9.4.3 | Koordination des Überspannungsschutzes | 106 |
| 8.9.5 | Installation von Überspannungs-Schutz- einrichtungen in PV-Systemen | 107 |
| 8.9.5.1 | Einsatz von ÜSE | 107 |
| 8.10 | Überspannungsschutzkonzept | 108 |
| 8.10.1 | Die Anordnung der ÜSE | 110 |
| 8.10.2 | Anschluss von ÜSE in dem Energie- versorgungssystem | 111 |
| 8.10.2.1 | Anschluss der ÜSG an die aktiven Leiter und den PE-Anschluss | 113 |
| 8.10.2.2 | Schutz der Leitungsanlage bei defekten ÜSE..... | 114 |
| 8.10.2.3 | Sicherstellung der Schutzfunktion bei Ausfall einer ÜSE..... | 115 |
| 8.10.3 | Überspannungsschutz auf der Gleichspannungs- seite..... | 115 |
| 8.10.4 | Überspannungsschutz auf der Wechselstromseite ... | 117 |
| 8.10.5 | Auslegung der ÜSG | 118 |
| 8.10.6 | Überspannungsschutz für angeschlossene IT-Systeme | 120 |
| 8.11 | Blitzschutzmaßnahmen | 121 |
| 8.11.1 | Forderungen der Sachversicherer..... | 122 |
| 8.11.2 | Maßnahmen aus den Blitzschutznormen | 122 |
| 8.11.3 | Berechnung des Trennungsabstands..... | 124 |
| 8.11.4 | Schutzbereich durch Fangstangen | 130 |
| 8.12 | Niederspannungsschaltgeräte | 132 |
| 8.12.1 | Klemmen | 133 |
| 8.12.2 | Schutzarten..... | 133 |
| 8.12.3 | Luftfeuchtigkeit..... | 134 |
| 8.12.4 | Schutzklassen..... | 134 |
| 8.12.5 | Kurzschlussfestigkeit | 134 |
| 8.12.6 | Leitungsdimensionierung | 134 |
| 8.12.7 | Gleichzeitigkeitsfaktor | 135 |
| 8.12.8 | Thermische Umgebungsbedingungen..... | 135 |
| 8.12.9 | Aufbau von Niederspannungsschaltgeräten | 143 |
| 8.12.10 | Selektivität von Schutzeinrichtungen | 145 |
| 8.12.11 | Backup-Schutz..... | 146 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 8.13 | Einspeisung in das öffentliche Netz | 148 |
| 8.13.1 | Maximale Anschlussleistungen | 150 |
| 8.13.2 | Netz- und Anlagenschutz (NA-Schutz)..... | 150 |
| 8.13.3 | Kuppelschalter | 152 |
| 8.13.4 | Ausführung der Netzeinspeisung < 30 kWp | 152 |
| 8.13.5 | Aufbau von Niederspannungs- einspeisungen > 30 kWp | 152 |
| 8.13.6 | Aufbau von Mittelspannungseinspeisungen | 154 |
| 9 | Elektrotechnische Prüfungen und Dokumentationen | |
| | von PV-Systemen..... | 159 |
| 9.1 | Bereich 1 – PV-Generator und Wechselrichter | 159 |
| 9.1.1 | Sichtprüfung | 159 |
| 9.1.2 | Messungen..... | 162 |
| 9.1.2.1 | Prüfung der Durchgängigkeit des Schutz- und PA-Systems..... | 163 |
| 9.1.2.2 | Die Polaritätsprüfung der Gleichspannung..... | 163 |
| 9.1.2.3 | Die Prüfung der Leerlaufspannung eines Stranges | 164 |
| 9.1.2.4 | Die Prüfung des Kurzschlussstroms eines Stranges | 164 |
| 9.1.2.5 | Die Funktionsprüfungen | 165 |
| 9.1.2.6 | Der Isolationswiderstand der Gleichstromkreise | 166 |
| 9.2 | Übergreifende Prüfungen | 167 |
| 9.2.1 | Prüfen der installierten ÜSE..... | 168 |
| 9.2.2 | Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen..... | 168 |
| 9.2.3 | Prüfungen der Parameter..... | 171 |
| 9.3 | Bereich 2 – Netzanschluss und Teile der Elektroinstallation | 171 |
| 9.3.1 | Allgemeines, Prinzip der Prüfung..... | 172 |
| 9.3.1.1 | Notwendige Unterlagen..... | 173 |
| 9.3.1.2 | Besichtigung | 173 |
| 9.3.1.3 | Schutzmaßnahme gegen direktes Berühren | 174 |
| 9.3.1.4 | Schutzmaßnahmen mit Schutzleiter | 174 |
| 9.3.1.5 | Schutzmaßnahmen ohne Schutzleiter | 175 |
| 9.3.2 | Erproben und Messen | 175 |
| 9.3.3 | Eigenschaften der Messgeräte..... | 176 |
| 9.3.4 | Schutzleiterdurchgang | 177 |
| 9.3.5 | Isolationswiderstand der elektrischen Anlage | 178 |
| 9.3.6 | Messung des Anlagenerdungswiderstandes | 180 |
| 9.3.7 | Abschaltbedingung im TN-System | 180 |
| 9.3.8 | Abschaltbedingung im TT-System..... | 183 |
| 9.3.8.1 | Prüfverfahren von Fehlerstrom- Schutzeinrichtungen | 183 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 9.3.9 | Abschaltzeiten..... | 185 |
| 9.3.10 | Drehfeldmessung | 185 |
| 9.4 | Auswertung und Dokumentation der Prüfungen | 186 |
| 9.4.1 | Allgemeine Angaben zur Anlage | 186 |
| 9.4.2 | PV-Generator – Allgemeine Festlegungen | 187 |
| 9.4.3 | Elektrische Einzelheiten des PV-Generators..... | 188 |
| 9.4.4 | Dokumentation der Wechselfspannungsanlage | 188 |
| 9.4.5 | Datenblätter | 189 |
| 9.4.6 | Betriebs- und Wartungsangaben | 189 |
| 9.5 | Bereich 3 – Prüfung der Blitzschutzanlage | 190 |
| 9.5.1 | Durchführung der Prüfung..... | 191 |
| 10 | Instandhaltung von PV-Anlagen..... | 193 |
| 10.1 | Inspektion von PV-Anlagen..... | 194 |
| 10.1.1 | PV-Generator..... | 194 |
| 10.1.2 | Gleichstromseite | 195 |
| 10.1.3 | Leistungsüberprüfung..... | 195 |
| 10.1.4 | Wechselstromseite | 196 |
| 10.1.4.1 | Besichtigung | 196 |
| 10.1.4.2 | Erproben..... | 197 |
| 10.1.4.3 | Messen | 197 |
| 10.1.5 | Blitzschutzanlage..... | 198 |
| 10.2 | Aufdecken von Schwachstellen..... | 199 |
| 10.2.1 | Häufige Fehler..... | 199 |
| 10.2.2 | Messung der Leistung einer PV-Anlage..... | 200 |
| 10.2.3 | Messen der STC-Kennlinie | 201 |
| 10.2.4 | Fehlersuche durch Thermografie..... | 204 |
| 10.2.5 | Fehlersuche durch Elektroluminiszenzaufnahmen | 204 |
| 10.2.6 | Beschädigung während der Montage..... | 204 |
| 10.3 | Equipment zur Durchführung von Prüfungen..... | 205 |
| 11 | Anhang..... | 209 |
| 11.1 | Literaturverzeichnis | 209 |
| 11.2 | Abkürzungen | 219 |
| | Stichwortverzeichnis..... | 221 |