

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Grundsätzliche Anmerkungen .....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>Vorbereitende Maßnahmen .....</b>	<b>15</b>
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
<b>3</b>	<b>Auswahl der Produkte.....</b>	<b>23</b>
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
<b>4</b>	<b>Montagevorschriften .....</b>	<b>43</b>
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
<b>5</b>	<b>Elektrotechnische Installationsrichtlinien .....</b>	<b>51</b>
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
<b>6</b>	<b>Regelmäßige Überprüfung.....</b>	<b>67</b>
<b>7</b>	<b>Arbeitssicherheit.....</b>	<b>69</b>
<b>8</b>	<b>Praktische Umsetzung.....</b>	<b>71</b>
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
<b>9</b>	<b>Elektrotechnische Prüfungen und Dokumentationen</b>	
	<b>von PV-Systemen.....</b>	<b>159</b>
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 Wechselspannungsanlage .....	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
<b>10</b>	<b>Instandhaltung von PV-Anlagen.....</b>	<b>193</b>
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
<b>11</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>209</b>
11.1	Literaturverzeichnis .....	209
11.2	Abkürzungen .....	219
	<b>Stichwortverzeichnis.....</b>	<b>221</b>