

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 – Schutzzpotentialaugleich	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 Befestigungspunkte 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 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
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