

Inhaltsverzeichnis

1	Grundsätzliche Anmerkungen	15
2	Vorbereitende Maßnahmen	17
2.1	Genehmigung des Bauvorhabens	18
2.2	Verschattung durch Bäume	20
2.3	Statische Anforderungen an das Dach	21
2.4	Eigenschaften des Daches	21
2.5	Anforderungen an den Installateur	22
3	Auswahl der Produkte	25
3.1	Module	25
3.1.1	Kennzeichnung der Module	27
3.2	Wechselrichter	28
3.3	Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen	30
3.4	Leitungen, Steckverbinder und Gehäuse	33
3.4.1	Gehäuse	33
3.4.2	Stecker	34
3.4.3	Leitungen	35
3.5	Tragsysteme	35
4	Montagevorschriften	37
4.1	Elektrotechnische Anlagen	37
4.2	Tragsysteme	38
4.2.1	Schrägdächer mit Pfanneneindeckung	39
4.2.2	Dächer mit Trapezeindeckung	40
4.2.3	Flachdächer	40
4.2.4	Freilandanlagen	41
4.3	Verteilung der Module auf dem Dach	41
4.4	Dachdeckerarbeiten	42
4.4.1	Leitungen und Steckverbinder	43
5	Elektrotechnische Installationsrichtlinien	45
5.1	Allgemeine Anforderungen	45
5.2	Schutz gegen elektrischen Schlag	45
5.3	Schutz gegen zu hohe Erwärmung	47
5.4	Schutz gegen Kurzschluss und Überlast	47
5.5	Leitungsverlegung	48
5.6	Schutz von Leitungen gegen Sonneneinstrahlung	49

5.7	Verlegeabstände zwischen IT/MSR- und Energieleitungen	49
5.8	Schleifenbildung der Strangleitungen	50
5.9	Erdung – Schutzpotentialausgleich	51
5.10	Schutz gegen Überspannungen	53
5.11	Blitzschutzmaßnahmen	55
5.12	Prüfen der elektrotechnischen Installationen	56
5.13	Prüfen des PV-Systems	57
5.14	Einspeisung in das Versorgungsnetz und Eigennutzung	58
5.15	Erstprüfungen von PV-Anlagen	59
6	Regelmäßige Überprüfung	61
7	Arbeitssicherheit	63
8	Praktische Umsetzung	65
8.1	Festlegung der Tragkonstruktion	65
8.2	Festlegen der Tragkonstruktion und der Befestigungspunkte auf den Montagegrund	65
8.3	Verschaltungsarten von Modulen	66
8.3.1	Netzsysteme von PV-Anlagen	68
8.4	Dimensionierung der Strangleitungen	69
8.4.1	Leitungsverluste	71
8.4.2	Dimensionierung der Strangsicherungen	74
8.5	Wechselrichter in PV-Systemen	78
8.6	Leitungen zwischen Wechselrichter und Zählerverteiler	81
8.6.1	Betriebsstrom der Leitung	82
8.6.2	Belastbarkeit von Leitungen	82
8.6.3	Abschaltbedingung	86
8.6.4	Kurzschluss auf den Leitungen	87
8.7	AC-DC-Lasttrennschalter	88
8.8	Erdung von PV-Systemen	89
8.8.1	Regeln zur Herstellung von Erdern	89
8.8.2	Erder für die elektrische Versorgungsanlage	89
8.8.3	Erder für die Mittelspannungsanlage	90
8.8.4	Erder für die Blitzschutzanlage	91
8.8.5	Montage von Erdern	92
8.8.6	Schutz gegen Erdschlüsse	93
8.9	Schutz gegen Überspannungen	94
8.9.1	Ursachen von Überspannungen	94
8.9.2	Gefährdung durch Überspannungen	94
8.9.3	Risiko durch Gewitter	95

8.9.4	Risikoanalyse zum Überspannungsschutz	96
8.9.4.1	Gefährdung durch Überspannungen muss gesondert beurteilt werden	100
8.9.4.2	Koordination des Überspannungsschutzes	100
8.9.5	Installation von Überspannungs-Schutzeinrichtungen in PV-Systemen	101
8.9.5.1	Einsatz von ÜSE	101
8.10	Überspannungsschutzkonzept	102
8.10.1	Die Anordnung der ÜSE	105
8.10.2	Anschluss von ÜSE in dem Energieversorgungssystem ...	105
8.10.2.1	Anschluss der ÜSG an die aktiven Leiter und den PE-Anschluss	107
8.10.2.2	Schutz der Leitungsanlage bei defekten ÜSE	108
8.10.2.3	Sicherstellung der Schutzfunktion bei Ausfall einer ÜSE	110
8.10.3	Überspannungsschutz auf der Gleichspannungsseite	110
8.10.4	Überspannungsschutz auf der Wechselstromseite	111
8.10.5	Auslegung der ÜSG	112
8.10.6	Überspannungsschutz für angeschlossene IT-Systeme	114
8.11	Blitzschutzmaßnahmen	116
8.11.1	Forderungen der Sachversicherer	116
8.11.2	Maßnahmen aus den Blitzschutznormen	116
8.11.3	Berechnung des Trennungsabstands	119
8.11.4	Schutzbereich durch Fangstangen	125
8.12	Niederspannungsschaltgeräte	127
8.12.1	Klemmen	128
8.12.2	Schutzarten	128
8.12.3	Luftfeuchtigkeit	128
8.12.4	Schutzklassen	128
8.12.5	Kurzschlussfestigkeit	129
8.12.6	Leitungsdimensionierung	129
8.12.7	Gleichzeitigkeitsfaktor	130
8.12.8	Thermische Umgebungsbedingungen	130
8.12.9	Aufbau von Niederspannungsschaltgeräten	138
8.12.10	Selektivität von Schutzeinrichtungen	139
8.12.11	Backup-Schutz	141
8.13	Einspeisung in das öffentliche Netz	143
8.13.1	Maximale Anschlussleistungen	144
8.13.2	Netz- und Anlagenschutz (NA-Schutz)	144
8.13.3	Kuppelschalter	146

8.13.4	Ausführung der Netzeinspeisung < 30 kWp	146
8.13.5	Aufbau von Niederspannungseinspeisungen > 30 kWp	146
8.13.6	Aufbau von Mittelspannungseinspeisungen	148
9	Elektrotechnische Prüfungen und Dokumentationen	
	von PV-Systemen	153
9.1	Bereich 1 – PV-Generator und Wechselrichter	153
9.1.1	Sichtprüfung	153
9.1.2	Messungen	156
9.1.2.1	Prüfung der Durchgängigkeit des Schutz- und PA-Systems	157
9.1.2.2	Die Polaritätsprüfung der Gleichspannung	157
9.1.2.3	Die Prüfung der Leerlaufspannung eines Stranges	158
9.1.2.4	Die Prüfung des Kurzschlussstroms eines Stranges	158
9.1.2.5	Die Funktionsprüfungen	159
9.1.2.6	Der Isolationswiderstand der Gleichstromkreise	160
9.2	Übergreifende Prüfungen	161
9.2.1	Prüfen der installierten ÜSE	162
9.2.2	Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen	162
9.2.3	Prüfungen der Parameter	165
9.3	Bereich 2 – Netzanschluss und Teile der Elektroinstallation	165
9.3.1	Allgemeines, Prinzip der Prüfung	166
9.3.1.1	Notwendige Unterlagen	167
9.3.1.2	Besichtigung	167
9.3.1.3	Schutzmaßnahme gegen direktes Berühren	168
9.3.1.4	Schutzmaßnahmen mit Schutzleiter	168
9.3.1.5	Schutzmaßnahmen ohne Schutzleiter	169
9.3.2	Erproben und Messen	169
9.3.3	Eigenschaften der Messgeräte	170
9.3.4	Schutzleiterdurchgang	171
9.3.5	Isolationswiderstand der elektrischen Anlage	172
9.3.6	Messung des Anlagenerdungswiderstandes	174
9.3.7	Abschaltbedingung im TN-System	174
9.3.8	Abschaltbedingung im TT-System	177
9.3.8.1	Prüfverfahren von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen	177
9.3.9	Abschaltzeiten	179
9.3.10	Drehfeldmessung	179
9.4	Auswertung und Dokumentation der Prüfungen	180
9.4.1	Allgemeine Angaben zur Anlage	180

9.4.2	PV-Generator – Allgemeine Festlegungen	181
9.4.3	Elektrische Einzelheiten des PV-Generators	182
9.4.4	Dokumentation der Wechselspannungsanlage	182
9.4.5	Datenblätter	183
9.4.6	Betriebs- und Wartungsangaben	183
9.5	Bereich 3 – Prüfung der Blitzschutzanlage	184
9.5.1	Durchführung der Prüfung	185
10	Instandhaltung von PV-Anlagen	187
10.1	Inspektion von PV-Anlagen	188
10.1.1	PV-Generator	188
10.1.2	Gleichstromseite	189
10.1.3	Leistungsüberprüfung	189
10.1.4	Wechselstromseite	190
10.1.4.1	Besichtigung	190
10.1.4.2	Erproben	191
10.1.4.3	Messen	191
10.1.5	Blitzschutzanlage	192
10.2	Aufdecken von Schwachstellen	193
10.2.1	Häufige Fehler	193
10.2.2	Messung der Leistung einer PV-Anlage	194
10.2.3	Messen der STC-Kennlinie	195
10.2.4	Fehlersuche durch Thermografie	197
10.2.5	Fehlersuche durch Elektrolumineszenzaufnahmen	198
10.2.6	Beschädigung während der Montage	198
10.3	Equipment zur Durchführung von Prüfungen	199
11	Anhang	203
11.1	Literatur	203
11.2	Abkürzungen	213
	Stichwortverzeichnis	215