
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	49
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.....	54
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 – Schutzzpotentialausgleich	58
5.10	Schutz gegen Überspannungen	60
5.11	Blitzschutzmaßnahmen	61
5.12	Prüfen der elektrotechnischen Installationen	63
5.13	Prüfen des PV-Systems.....	64
5.14	Einspeisung in das Versorgungsnetz und Eigennutzung	64
5.15	Erstprüfungen von PV-Anlagen	64
6	Regelmäßige Überprüfung	67
7	Arbeitsschutzmaßnahmen	69
7.1	Arbeitsschutzgesetz	69
7.1.1	Baustellenverordnung	69
7.1.2	Betriebssicherheitsverordnung	70
7.1.3	Technische Regeln für Betriebssicherheit (TRBS)	71
7.2	Berufsgenossenschaftliche Regeln	72
7.2.1	Gliederung des DGUV-Regelwerkes	72
7.2.2	Das TOP-Prinzip	72
7.2.3	Notwendige Schutzmaßnahmen	73
7.3	VDE-Bestimmungen	74
7.3.1	DIN VDE 1000-10 Anforderungen an die im Bereich der Elektrotechnik tätigen Personen	75
7.3.2	DIN VDE 0105-100 Betrieb elektrischer Anlagen – Teil 100: Allgemeine Festlegungen	75
7.4	Umsetzung der Sicherheitsmaßnahmen	76
7.4.1	Schutz gegen Absturz	77
7.4.2	Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag	78
7.4.3	Arbeiten unter Spannung	79
7.4.4	Schutzmaßnahmen gegen Störlichtbögen	79
7.4.5	Schutzmaßnahmen gegen Sonnenstrahlung	81
8	Praktische Umsetzung	83
8.1	Festlegung der Tragkonstruktion	83
8.2	Festlegen der Tragkonstruktion und der Befestigungs- punkte auf den Montagegrund	83

8.3	Verschaltungsarten von Modulen	84
8.3.1	Netzsysteme von PV-Anlagen	86
8.4	Dimensionierung der Strangleitungen	87
8.4.1	Leitungsverluste	89
8.4.2	Dimensionierung der Strangsicherungen	92
8.4.3	Steckverbindungen	96
8.4.4	DC-Schalter in Strangleitungen	97
8.5	Wechselrichter in PV-Systemen	98
8.6	Leitungen zwischen Wechselrichter und Zählerverteiler.....	101
8.6.1	Betriebsstrom der Leitung.....	101
8.6.2	Belastbarkeit von Leitungen	102
8.6.3	Abschaltbedingung	105
8.6.4	Kurzschluss auf den Leitungen	106
8.7	DC-Lasttrennschalter	107
8.8	Erdung von PV-Systemen	108
8.8.1	Regeln zur Herstellung von Erdern	108
8.8.2	Erder für die elektrische Versorgungsanlage	108
8.8.3	Erder für die Mittelspannungsanlage	109
8.8.4	Erder für die Blitzschutzanlage	110
8.8.5	Montage von Erdern	111
8.8.6	Schutz gegen Erdschlüsse	112
8.9	Schutz gegen Überspannungen	113
8.9.1	Ursachen von Überspannungen	113
8.9.2	Gefährdung durch Überspannungen	113
8.9.3	Risiko durch Gewitter	114
8.9.4	Risikoanalyse zum Überspannungsschutz	115
8.9.4.1	Beurteilung von Bestandsanlagen	116
8.9.4.2	Gefährdung durch Überspannungen muss gesondert beurteilt werden	119
8.9.4.3	Koordination des Überspannungsschutzes	119
8.9.5	Installation von Überspannungs-Schutz- einrichtungen in PV-Systemen	120
8.9.5.1	Einsatz von ÜSE	120
8.10	Überspannungsschutzkonzept	121
8.10.1	Die Anordnung der ÜSE	123
8.10.2	Anschluss von ÜSE in dem Energieversorgungs- system	124
8.10.2.1	Anschluss der ÜSG an die aktiven Leiter und den PE-Anschluss	126
8.10.2.2	Schutz der Leitungsanlage bei defekten ÜSE	127
8.10.2.3	Sicherstellung der Schutzfunktion bei Ausfall einer ÜSE.....	128

8.10.3	Überspannungsschutz auf der Gleichspannungsseite	129
8.10.4	Überspannungsschutz auf der Wechselstromseite	129
8.10.5	Auslegung der ÜSG.....	130
8.10.6	Überspannungsschutz für angeschlossene IT-Systeme	132
8.11	Blitzschutzmaßnahmen.....	134
8.11.1	Forderungen der Sachversicherer	135
8.11.2	Maßnahmen aus den Blitzschutznormen	135
8.11.3	Berechnung des Trennungsabstands	137
8.11.4	Schutzbereich durch Fangstangen	143
8.12	Niederspannungsschaltgeräte.....	145
8.12.1	Klemmen	146
8.12.2	Schutzarten	146
8.12.3	Luftfeuchtigkeit	147
8.12.4	Schutzklassen	147
8.12.5	Kurzschlussfestigkeit	147
8.12.6	Leitungsdimensionierung	148
8.12.7	Gleichzeitigkeitsfaktor	148
8.12.8	Thermische Umgebungsbedingungen	148
8.12.9	Aufbau von Niederspannungsschaltgeräten	156
8.12.10	Selektivität von Schutzeinrichtungen	158
8.12.11	Backup-Schutz	159
8.13	Einspeisung in das öffentliche Netz	161
8.13.1	Maximale Anschlussleistungen	163
8.13.2	Netz- und Anlagenschutz (NA-Schutz)	163
8.13.3	Kuppelschalter	165
8.13.4	Ausführung der Netzeinspeisung < 30 kWp	165
8.13.5	Aufbau von Niederspannungseinspeisungen > 30 kWp	165
8.13.6	Aufbau von Mittespannungseinspeisungen	167
8.13.7	Antragsverfahren bis zur Betriebserlaubnis	170
8.14	Brandschutzmaßnahmen	172
8.14.1	Brandverhinderung	173
8.14.2	Brandübertragung	173
8.14.3	Unterstützungsmaßnahmen zur Rettung und Hilfeleistung	174
9	Elektrotechnische Prüfungen und Dokumentationen von PV-Systemen	177
9.1	Bereich 1 – PV-Generator und Wechselrichter.....	177
9.1.1	Sichtprüfung	177

9.1.2	Messungen	180
9.1.2.1	Prüfung der Durchgängigkeit des Schutz- und PA-Systems	181
9.1.2.2	Die Polaritätsprüfung der Gleichspannung	181
9.1.2.3	Die Prüfung der Leerlaufspannung eines Stranges	182
9.1.2.4	Die Prüfung des Kurzschlussstroms eines Stranges ...	182
9.1.2.5	Die Funktionsprüfungen	183
9.1.2.6	Der Isolationswiderstand der Gleichstromkreise	183
9.2	Übergreifende Prüfungen	185
9.2.1	Prüfen der installierten ÜSE	185
9.2.2	Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen	186
9.2.3	Prüfungen der Parameter	188
9.3	Bereich 2 – Netzanschluss und Teile der Elektroinstallation ...	189
9.3.1	Allgemeines, Prinzip der Prüfung	189
9.3.1.1	Notwendige Unterlagen	190
9.3.1.2	Besichtigung	190
9.3.1.3	Schutzmaßnahme gegen direktes Berühren	191
9.3.1.4	Schutzmaßnahmen mit Schutzleiter	191
9.3.1.5	Schutzmaßnahmen ohne Schutzleiter	192
9.3.2	Erproben und Messen	192
9.3.3	Eigenschaften der Messgeräte	193
9.3.4	Schutzleiterdurchgang	194
9.3.5	Isolationswiderstand der elektrischen Anlage	195
9.3.6	Messung des Anlagenerdungswiderstandes	197
9.3.7	Abschaltbedingung im TN-System	197
9.3.8	Abschaltbedingung im TT-System	200
9.3.8.1	Prüfverfahren von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen	201
9.3.9	Abschaltzeiten	202
9.3.10	Drehfeldmessung	203
9.4	Auswertung und Dokumentation der Prüfungen	203
9.4.1	Allgemeine Angaben zur Anlage	204
9.4.2	PV-Generator – Allgemeine Festlegungen	204
9.4.3	Elektrische Einzelheiten des PV-Generators	205
9.4.4	Dokumentation der Wechselspannungsanlage	205
9.4.5	Datenblätter	206
9.4.6	Betriebs- und Wartungsangaben	206
9.5	Bereich 3 – Prüfung der Blitzschutzanlage	207
9.5.1	Durchführung der Prüfung	208

10 Instandhaltung von PV-Anlagen	211
10.1 Inspektion von PV-Anlagen	212
10.1.1 PV-Generator.....	212
10.1.2 Gleichstromseite	213
10.1.3 Leistungsüberprüfung	213
10.1.4 Wechselstromseite	214
10.1.4.1 Besichtigung	214
10.1.4.2 Erproben	215
10.1.4.3 Messen	215
10.1.5 Blitzschutzanlage	216
10.2 Aufdecken von Schwachstellen	217
10.2.1 Häufige Fehler.....	217
10.2.2 Messung der Leistung einer PV-Anlage	218
10.2.3 Messen der STC-Kennlinie	219
10.2.4 Fehlersuche durch Thermografie	222
10.2.5 Fehlersuche durch Elektroluminiszenzaufnahmen	222
10.2.6 Beschädigung während der Montage.....	222
10.2.7 Reinigung der Module	223
10.3 Equipment zur Durchführung von Prüfungen	224
11 Balkonkraftwerke	227
11.1 Relativer Ertrag	227
11.2 Technische Voraussetzungen in der Einspeisung.....	229
11.3 Sicherheit gegen direktes Berühren von spannungs-führenden Teilen an der Übergabestelle	231
11.4 Einspeisung in gemischte Stromkreise	231
11.5 Leitungsbelastbarkeit einzelner spezieller Stromkreise	233
11.6 Zusätzliche Maßnahmen	233
11.6.1 Kennzeichnung	233
11.6.2 Fehlerstromschutzeinrichtung	233
11.6.3 Abschaltzeit	234
11.6.4 Messeinrichtung	234
11.7 Installationsmaßnahmen durch zugelassenen Elektroinstallateur	235
11.8 Eintragung in das Marktstammdatenregister	235
11.9 Mehrere Balkonkraftwerke anschließen	236
11.10 Steuern und Abgaben	236
Anhang	237
Literaturverzeichnis	237
Abkürzungen	247
Stichwortverzeichnis.....	249