

## 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 .....	18
2.3	Statische Anforderungen an das Dach .....	19
2.4	Eigenschaften des Daches .....	19
2.5	Anforderungen an den Installateur .....	20
<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 – Schutzpotentialausgleich.....	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 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
<b>9</b>	<b>Elektrotechnische Prüfungen und Dokumentationen 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.....	203
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>

# Stichwortverzeichnis

## A

Abdichtung 19  
Ableitung 126  
Abschaltbedingung 92  
Akkumulatorsysteme 38  
Anlagendokumentation  
186  
Anlagenverfügbarkeit 67  
Asbestbelastung 20

## B

Bauprodukt-  
kennzeichnungen 35  
Befestigungsabstände 54  
Begehbarkeit 48  
Bemessungsspannung 83  
Bemessungsstoß-  
spannungen 100  
Bemessungsstrom 139  
Bestrahlungsstärke 166  
Betriebsart 89  
Betriebserdung 96  
Betriebsmittel 58  
Betriebsstromkreis 96  
Betriebstemperatur 75  
Blitz 57  
Blitzeinschlag 61  
Blitzkugel 132  
Blitzschutz-Fachkraft 190  
Blitzschutzanlagen 61,  
97, 117  
Blitzschutzklasse 98  
Blitzstromableiter 59,  
108  
Brandklassen 33  
Brandschottungen 35

## C

CE-Kennzeichnung 63

## D

Dachhaken 45  
Dachhaut 45, 46  
Dachkante 126  
Dachkonstruktion 13, 45  
Dachpfanne 45  
Datenblätter 189  
DC-Lasttrennschalter 94  
Denkmalschutz 15  
Derating 83  
Diebstahlschutz 71  
Dokumentation 169, 186  
Druckkräfte 72  
dynamische Kräfte 19

## E

elektromagnetische  
Felder 109  
Energiewirtschafts-  
gesetz 23  
Entladeleistung 38  
Erder 58, 95  
Erdermaterial 98  
Erdungsanlagen 95  
Erdungsanordnung 74  
Erdungsgarnituren 97  
Erdungssystem 163  
Erdungswiderstand 95,  
180  
Erstprüfung 199  
Erwärmung 169  
Erwärmungs-  
berechnung 135  
Erzeugungsanlagen 150

## F

Fachkunde 21  
Fangleitung 126  
Fangstangen 126, 130  
Fehler 199

Fehlerstrom-Schutz-  
einrichtungen 51

Fehlerstromschutz-  
schalter 92, 136, 182,  
183

Fernmeldeleitungen 56

Flachdach 132

Freischaltstellen 85

Fundamenterde 58, 95

Funktionserhalt 36

Funktionsprüfungen 162,  
165

## G

Gebäudesystemtechnik  
110

Gefährdungsanalyse 69

Gefährdungsbeurteilung  
61, 118

Geräteschnittstellen 120

Gewittertage 103

Gleichstromleitungen 80

Gleichzeitigkeitsfaktor 1  
135

Grenztemperatur 53

## H

Handwerksordnung 21

Häufung 89

Hauptverteilung 119

Herstellervorgaben 159

Hybrid-Wechselrichter 39

## I

Inbetriebnahme 62

Inbetriebnahmeprüfung  
159

Induktionsschleifen 52,  
57

induktivitätsarm 144

- Inspektion 193  
 Installateurverzeichnis  
   13  
 Instandhaltungsarbeiten  
   20  
 Instandsetzung 193  
 Inverkehrbringen 43  
 Isolationsdurchbruch 37  
 Isolationsfähigkeit 166  
 Isolationskoordination 37  
 Isolationswiderstand 162,  
   179  
 Ist-Zustand 159
- K**
- Kabelarbeiten 95  
 Kabelschott 36  
 Kennlinienanalysator 201  
 Klassifikation 34  
 Kommunikations-  
   anschlüsse 60  
 Kommunikations-  
   schnittstellen 120  
 Kondensat 133  
 Kondenswasser 134  
 Konformitätserklärung  
   24, 25  
 koordinierter Überspan-  
   nungsschutz 119  
 Körper 96  
 Korrosionsbeständigkeit  
   41  
 Korrosionsschutz 99  
 Kriechstrecken 171  
 Kugelfestpunkte 96  
 Kuppelschalter 152  
 Kurzschluss 43  
 Kurzschlussfestigkeit  
   134, 147  
 Kurzschlusschutz 94  
 Kurzschlussstrom 162,  
   164
- L**
- Landesbauordnung 16  
 landwirtschaftliche  
   Betriebsstätten 55  
 Lasttrennschalter 85,  
   165  
 Leerlaufspannung 162,  
   164  
 Leistungsmessung 199  
 Leistungsverlust 77  
 Leitungen 31  
 Leitungsquerschnitt 77  
 Leitungsschutz-  
   schalter 92  
 Luftfeuchtigkeit 43, 134  
 Luftstrecken 171  
 LWL-Verbindungen 120
- M**
- Maximaltemperaturen 53  
 Medienleitungen 62  
 Messgerätekategorien  
   176  
 Mittelspannungsnetz 154  
 Modulspannung 83  
 MSR-Einrichtungen 144  
 MSR-Leitungen 56  
 MSR-Technik 121  
 Musterbauordnung 16
- N**
- NA-Schutz 152  
 Nagetiere 55  
 Näherung 127  
 Netzsysteme 99  
 Niederspannungs-Schalt-  
   gerätekombinationen  
   28, 168  
 Niederspannungsanlagen  
   43  
 Niederspannungs-  
   anschlussverordnung  
   20, 21  
 Nutzungsänderung 17
- O**
- Oberwellengehalt 89  
 ordnungsgemäßer Zustand  
   67  
 Ortssatzungen 15
- P**
- Parallelschaltung 74  
 Peakleistungsanalysator  
   201  
 Planung 15  
 Platzbedarf 140  
 Polaritätsprüfung 162  
 Potentialausgleich 113,  
   144  
 Prüfadapter 163  
 Prüfen 159  
 Prüfprotokolle 63, 199  
 PSaGA 69  
 PV-Stecker 163
- R**
- Ringerder 58  
 risikoorientierter  
   Blitzschutz 122
- S**
- Schaltgeräte-  
   kombinationen 143  
 Schaltvermögen 115  
 Schleifenbildung 57  
 Schleifenimpedanz 92,  
   180  
 Schmelzsicherung 92  
 Schneelasten 41  
 Schrittspannungen 97  
 Schubkräfte 44, 72  
 Schutzarten 31, 171  
 Schutzisolierung 52  
 Schutzklasse 134  
 Schutzleiter 95  
 Schutzmaßnahmen 51  
 Schutzpotentialausgleich  
   52

- Schutzpotentialausgleichs-  
anlage 177  
Schutzpotentialausgleichs-  
leiter 95  
Schutzzone 109, 120  
Schutzzonengrenze 132  
Schutzzonenkonzept 120  
Schwingen 72  
selektiv 145  
Selektivität 146  
Sicherheitshinweise 162  
Sicherheitsklasse 163  
Sichtprüfung 159  
Soll-Zustand 159  
Spannungsprüfung 163  
Sparrenlage 45  
Speicherkapazität 38  
Standicherheit 17, 199  
Statik 19  
Statikberechnungen 44  
Steckverbinder 32  
Stehstoßspannungs-  
festigkeit 109  
Sternpunktbehandlung  
156  
Strangleitungen 75  
Systemdokumentation  
159
- T**  
Teilgeneratoren 86  
Telekommunikations-  
leitung 121  
Temperatur 43  
Temperatureinflüsse 43  
Temperaturkoeffizient 83  
thermische Anomalien  
200  
TN-C-S-Systeme 117  
TN-System 52  
Traggestell 19  
Tragkonstruktion 13, 71  
Tragsysteme 41, 44, 199  
Transformatoren 97  
Transienten 37, 108
- Trapezblecheindeckungen  
46  
Trennstelle 95  
Trennungsabstand 119,  
124, 126  
TT-Systeme 117
- U**  
Überspannungen 59  
Überspannungs-Schutz-  
einrichtungen 107  
Überspannungsschutz  
43, 60, 100  
Überspannungsschutz-  
geräte 168  
Überspannungsschutz-  
kategorie 144  
Überspannungsschutz-  
konzept 108  
Überspannungsschutz-  
maßnahmen 106  
Überspannungsschutz-  
system 102  
Überstromschutz 80  
Überstromschutz-  
einrichtung 115  
Umgebungstemperatur  
136  
Umhüllungen 171  
Umrechnungsfaktoren 89  
Unfallverhütungs-  
vorschrift 67  
ÜSE 168
- V**  
VDN-Richtlinie 109  
Verdrahtung 171  
Verkabelungsstrategien  
73  
Verlegeabstände 56  
Verlegeart 89  
Verlustleistung 139, 140  
Verschattung 18  
Verteilungsnetzbetreiber  
13
- Verwendungshinweise  
54  
Vorzählerbereich 109
- W**  
Warenzeichen 169  
Wärmeabgabe 138  
Wärmelast 138  
Wartung 193  
Wechselrichter 26
- Z**  
Zählerverteilung 119,  
152  
Zangenamperemeter 166  
Zugentlastung 33, 54  
Zugkräfte 44, 72  
Zwischenkreis 39  
Zwischenspeicherung 37