

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungen und Formelzeichen .....</b>	<b>13</b>
<b>1 Einleitung und Motivation .....</b>	<b>17</b>
<b>2 Grundlagen der Photovoltaik .....</b>	<b>27</b>
2.1 Der photovoltaische Effekt .....	27
2.2 Von der Solarzelle zum Photovoltaikmodul .....	30
2.2.1 Solarzellen .....	30
2.2.1.1 Allgemeines .....	30
2.2.1.2 Solarzellen aus kristallinem Silizium .....	32
2.2.1.3 Dünnschichttechnologien für Solarzellen .....	39
2.2.1.4 Weitere Technologien für Solarzellen .....	44
2.2.1.5 Aufbau und Eigenschaften .....	45
2.2.2 Verschaltung von Solarzellen .....	59
2.2.2.1 Reihenschaltung .....	59
2.2.2.2 Parallelschaltung .....	61
2.2.3 Photovoltaikmodule .....	62
2.2.3.1 Allgemeines .....	62
2.2.3.2 Grundtypen .....	6
2.2.3.3 Zertifikate und Qualitätssicherung .....	67
2.2.3.4 Leistungsgarantie .....	73
2.2.3.5 Energetische Amortisation – Energierücklaufzeit ..	76
2.2.3.6 Umweltverträglichkeit und Recycling .....	77
<b>3 Photovoltaikanlagen .....</b>	<b>79</b>
3.1 Grundsätzlicher Aufbau und Wirkungsweise .....	79
3.1.1 Netzgekoppelte Anlagen .....	79
3.1.2 Inselanlagen .....	83
3.2 Komponenten einer netzgekoppelten Photovoltaikanlage	
3.2.1 Der Photovoltaikgenerator und seine Montage am Gebäude .....	86
3.2.1.1 Allgemeines .....	86
3.2.1.2 Baurechtliche Aspekte und Genehmigungen .....	87
3.2.1.3 Arbeitssicherheit .....	93

3.2.1.4	Steildachmontage als dachparallele Aufständerung .....	96
3.2.1.5	Steildachmontage als dachintegriertes System .....	102
3.2.1.6	Flachdachmontage .....	105
3.2.1.7	Montage an der Fassade .....	113
3.2.1.8	Montage als Lichtdach .....	116
3.2.2	Verkabelung und Bauteile auf der Gleichspannungsseite .....	117
3.2.2.1	Allgemeines .....	117
3.2.2.2	Sperr- oder Strangdioden .....	119
3.2.2.3	Generatoranschlusskästen, Gleichstromhauptleitung und Strangsicherungen .....	120
3.2.2.4	Kabel, Leitungen und Steckverbindungen .....	123
3.2.2.5	Gleichstromhauptschalter (DC-Freischalter) .....	129
3.2.3.	Erdung und äußerer Blitzschutz .....	
3.2.3.1	Allgemeines .....	131
3.2.3.2	Maßnahmen zum Schutz vor direkten Blitzeinschlägen .....	134
3.2.4	Berührungsschutz auf der Gleichspannungsseite .....	135
3.2.5	Vorbeugender Brandschutz .....	137
3.2.6	Wechselrichter .....	141
3.2.6.1	Allgemeines .....	141
3.2.6.2	Wechselrichterkonzepte .....	142
3.2.6.3	Auslegung und Anpassung .....	149
3.2.6.4	Elektromagnetische Verträglichkeit und Geräuschentwicklung .....	153
3.2.6.5	Anforderungen an einen netzgekoppelten Wechselrichter .....	154
3.2.7	Berührungsschutz auf der Wechselspannungsseite .....	164
3.2.8	Verkabelung und Bauteile auf der Wechselspannungsseite .....	165
3.2.9	Innerer Überspannungsschutz .....	166
3.3	Anschluss an das Stromnetz .....	167
3.4	Praktischer Aufbau einer aufgeständerten Photovoltaikanlage an einem Steildach mit Stringtechnologie im Netzparallelbetrieb .....	174
3.5	Komponenten zur Erhöhung des Eigenverbrauchs .....	178

<b>4</b>	<b>Ortstermin und Auswahl der geeigneten Generatorfläche .....</b>	<b>189</b>
4.1	Vorbereitung .....	189
4.2	Ausrichtung und Neigung der Generatorfläche .....	190
4.3	Energieertrag .....	193
4.4	Einfluss und Auswirkungen von Verschattungen auf der Generatorfläche .....	195
4.5	Einfluss von Verschmutzungen oder Schnee auf der Generatorfläche .....	201
4.6	Weitere relevante Aspekte beim Ortstermin .....	202
<b>5</b>	<b>Das Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG und die Entwicklung der Photovoltaik in Deutschland .....</b>	<b>205</b>
5.1	Entwicklung der Photovoltaik in Deutschland .....	205
5.2	Das Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG .....	207
5.3	Änderung des EEG im Jahr 2012 .....	213
5.4	Sonstiges zu Förderungen .....	215
<b>6</b>	<b>Kaufmännische Themen .....</b>	<b>217</b>
6.1	Kosten und Preise bei Photovoltaikanlagen .....	217
6.2	Bezugsmöglichkeiten für Photovoltaikkomponenten und Hinweise für den Einkauf .....	221
6.3	Fragen zur Wirtschaftlichkeit von Photovoltaikanlagen aus Kundensicht .....	222
6.3.1	Wirtschaftlichkeitsberechnungen .....	222
6.3.2	Wirtschaftliche Aspekte .....	236
<b>7</b>	<b>Marketing und Kundenbindung .....</b>	<b>241</b>
7.1	Allgemeines .....	241
7.2	Werbung .....	242
7.3	Beratung des Kunden und Angebotsunterlagen .....	246
7.3.1	Unterstützung und Motivation für eine Photovoltaikanlage .....	246
7.3.2	Bindung zum Kunden und Angebotsunterlagen ..	249
7.4	Qualitätssicherung bei Photovoltaikanlagen .....	250
7.4.1	Allgemeines .....	250
7.4.2	Technische Qualität der Gesamtanlage .....	251
7.4.3	Qualitätsaspekte bei der Auswahl von Komponenten .....	252

7.4.4	Überprüfung der Anlage nach der Fertigstellung ..	255
7.4.5	Abnahme der Leistung und Vertrag gegenüber dem Kunden .....	256
7.4.6	Dokumentationsunterlagen zur Anlage .....	259
7.4.7	Einweisung des Kunden in die Anlage .....	260
7.4.8	Kontrolle und Wartung der Anlage .....	261
<b>Anhang</b> .....	<b>265</b>	
Anhang 1	Beispiel für eine Checkliste/Datenerfassungsbogen (Steildach) .....	265
Anhang 2	Link zu einer Vorlage zu einem Inbetriebnahmeprotokoll (Stringtechnik) .....	267
Anhang 3	Erhebungsbogen der Energieerträge/ Energiebilanz .....	268
Anhang 4	Software, Hilfsmittel für netzgekoppelte Photovoltaikanlagen .....	269
Anhang 5	Adressen und Ansprechstellen im Internet .....	274
Anhang 6	Informationen und Richtlinien zu Förderungen ..	277
<b>Literatur</b> .....	<b>279</b>	
Fachbücher .....	279	
Fachzeitschriften .....	280	
Relevante Normen und Vorschriften .....	282	
DIN VDE-Bestimmungen (DIN VDE-Klassifikation) .....	282	
VDE Anwendungsregeln .....	290	
DIN-Normen .....	291	
VDI-Richtlinien / Technische Regeln .....	293	
Richtlinien der Netzbetreiber (VDN) in der jeweils gültigen Fassung .....	293	
Berufsgenossenschaftliche Vorschriften (BGV), Regeln (BGR) und Informationen (BGI) .....	293	
Richtlinien des Verbandes der Sachversicherer (VdS) .....	294	
<b>Stichwortverzeichnis</b> .....	<b>295</b>	