

# Inhaltsverzeichnis

	<b>Abkürzungen und Formelzeichen</b> .....	13
<b>1</b>	<b>Einleitung und Motivation</b> .....	17
<b>2</b>	<b>Grundlagen der Photovoltaik</b> .....	27
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</b>	<b>Photovoltaikanlagen</b> .....	79
3.1	Grundsätzlicher Aufbau und Wirkungsweise .....	79
3.1.1	Netzgekoppelte Anlagen .....	79
3.1.2	Inselanlagen .....	83
3.2	Komponenten einer netzgekoppelten	
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 Aufständigung .....	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 Gleich- spannungsseite .....	117
3.2.2.1	Allgemeines .....	117
3.2.2.2	Sperr- oder Strangdioden .....	119
3.2.2.3	Generatoranschlusskasten, Gleichstrom- hauptleitung und Strangsicherungen .....	120
3.2.2.4	Kabel, Leitungen und Steckverbindungen .....	123
3.2.2.5	Gleichstromhauptschalter (DC-Freischalter) .....	129
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 Geräusentwicklung .....	153
3.2.6.5	Anforderungen an einen netzgekoppelten Wechselrichter .....	154
3.2.7	Berührungsschutz auf der Wechselspannungs- seite .....	164
3.2.8	Verkabelung und Bauteile auf der Wechsel- spannungsseite .....	165
3.2.9	Innerer Überspannungsschutz .....	166
3.3	Anschluss an das Stromnetz .....	167
3.4	Praktischer Aufbau einer aufgeständerten Photovoltaik- anlage 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	237
<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/Datenerfassungs- bogen (Steildach) .....	265
Anhang 2	Link zu einer Vorlage zu einem Inbetriebnahme- protokoll (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>