

Thomas Sandner

Netzgekoppelte Photovoltaikanlagen

**Planung, Errichtung und Verkauf
für den Handwerksprofi**

3., völlig neu bearbeitete Auflage

Hüthig & Pflaum Verlag · München/Heidelberg

Inhaltsverzeichnis

	Abkürzungen und Formelzeichen	13
1	Einleitung und Motivation	17
2	Grundlagen der Photovoltaik	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
3	Photovoltaikanlagen	79
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 Aufständering	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	Generatoranschlusskasten, 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 Geräuscentwicklung	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

4	Ortstermin und Auswahl der geeigneten Generatorfläche	189
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
5	Das Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG und die Entwicklung der Photovoltaik in Deutschland	205
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
6	Kaufmännische Themen	217
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
7	Marketing und Kundenbindung	241
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
Anhang		265
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
Literatur		279
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
Stichwortverzeichnis		295