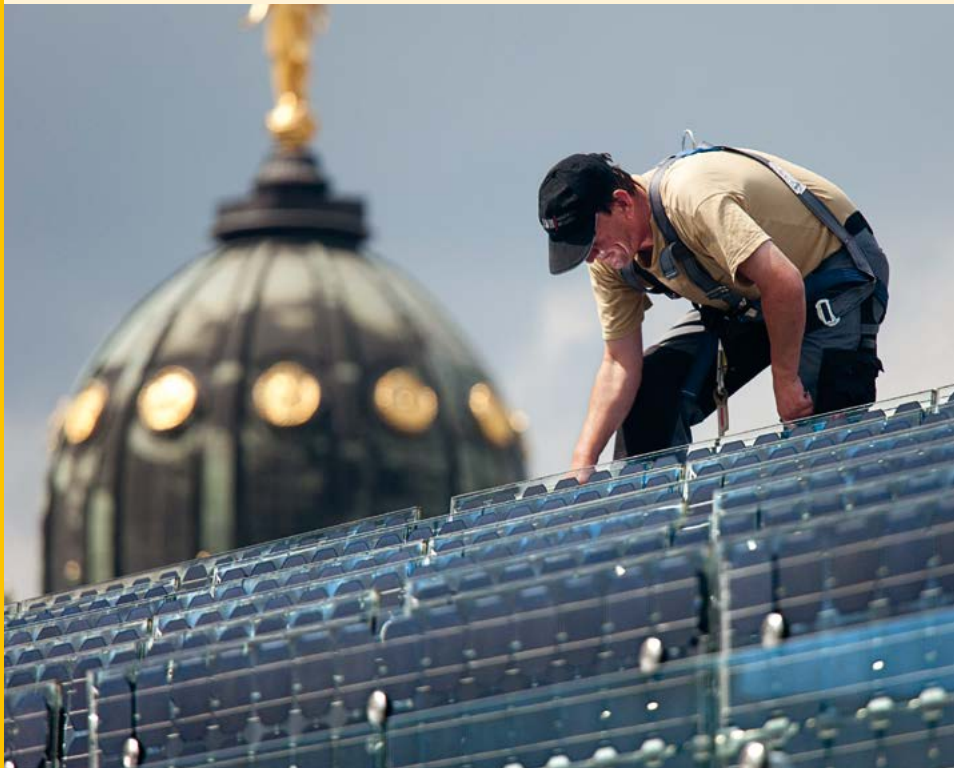



Ralf Haselhuhn

Photovoltaik

Gebäude liefern Strom

7., vollständig überarbeitete Auflage



Fraunhofer IRB  Verlag

 **BINE**
Informationsdienst

BINE-Fachbuch
Ralf Haselhuhn
Photovoltaik

BINE-Fachbuch

Photovoltaik

7., vollständig überarbeitete Auflage

Der Autor:

Ralf Haselhuhn

Herausgeber

 **FIZ Karlsruhe**

Leibniz-Institut für
Informationsinfrastruktur

Fraunhofer IRB  **Verlag**

 **BINE**
Informationsdienst

BINE Informationsdienst berichtet über Themen der Energieforschung: Neue Materialien, Systeme und Komponenten, innovative Konzepte und Methoden. BINE-Leser werden so über Erfahrungen und Lerneffekte beim Einsatz neuer Technologien in der Praxis informiert. Denn erstklassige Informationen sind die Grundlage für richtungweisende Entscheidungen, sei es bei der Planung energetisch optimierter Gebäude, der Effizienzsteigerung industrieller Prozesse oder bei der Integration erneuerbarer Energien in bestehende Systeme.

BINE Informationsdienst ist ein Service von FIZ Karlsruhe und wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) gefördert.

Für weitere Fragen steht Ihnen zur Verfügung:

Gerhard Hirn (Redaktion)

BINE Informationsdienst, FIZ Karlsruhe, Büro Bonn

Kaiserstraße 185–197, 53113 Bonn

Tel. +49 2 28 923 79-0, E-Mail: bine@fiz-karlsruhe.de, www.bine.info

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über www.dnb.de abrufbar.

ISBN (Print): 978-3-8167-8737-2 | ISBN (E-Book): 978-3-8167-8738-9

Layout: Dietmar Zimmermann | Umschlaggestaltung: Martin Kjer | Herstellung: Tim Oliver Pohl

Satz: Mediendesign Späth GmbH, Birenbach | Druck: DZA Druckerei zu Altenburg GmbH, Altenburg

Alle Rechte vorbehalten.

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Fraunhofer IRB Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert werden, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

Titelbild: Paul Langrock, paul-langrock.de

© by FIZ Karlsruhe

Verlag und Vertrieb:

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB

Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart

Telefon +49 7 11 970-25 00

Telefax +49 7 11 970-25 08

irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

Hinweis zu den Abbildungen: Soweit nachfolgend keine anderen Quellen genannt werden, stammen die Abbildungen von den Autoren.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	9
1 Solaraktive Flächen für die Architektur	11
1.1 Gebäude mit Solarmodulen gestalten	11
1.2 Demokratisierung der Energiewirtschaft	13
2 Neue Technik für Gebäude	16
2.1 Elektrizität aus Sonnenlicht	16
2.2 Die Solarzelle	17
2.3 Verschiedene Solarzellentypen	19
2.3.1 Monokristalline Zellen	20
2.3.2 Polykristalline Zellen	21
2.3.3 Dünnschichtzellen	22
2.4 Von der Solarzelle zum Modul	28
2.5 Speichersysteme ergänzen die Photovoltaikanlage	32
3 Am Anfang steht die Planung	37
3.1 Wie viel Energie liefert die Sonne?	37
3.2 Vorbereitung und Gebäudebegutachtung	41
3.3 Sind Standort und Gebäude geeignet?	42
3.4 Verschattungseffekte vermeiden	43
3.5 Anlage und Komponenten richtig dimensionieren	46
3.5.1 Leistung, Flächenbedarf und Wirkungsgrad	46
3.5.2 Wetterfähigkeit der Solarmodule	47
3.5.3 Schatten: Problem und Lösung	48
3.5.4 Besonderheiten von Dünnschichtmodulen	50
3.5.5 Verschaltung der Module zum Solargenerator	52
3.6 Der Wechselrichter als Anlagenzentrale	53
3.6.1 Aufbau	54
3.6.2 Wechselrichter-Konzepte	56
3.6.3 Optimale Performance – Europäischer Wirkungsgrad	57
3.6.4 Was bei der Installation zu beachten ist	58
3.6.5 Solargenerator und Wechselrichter aufeinander abstimmen	58
3.7 Ertragsabschätzung und Simulation	60
3.8 Planung von PV-Systemen zum Eigenverbrauch	62
3.9 Checkliste zur erfolgreichen Planung	68

4	Mit Photovoltaik bauen	70
4.1	Was ist bei der Statik zu beachten?	70
4.2	Montage auf dem Dach	71
4.3	In-Dach-Anlagen	78
4.4	Aufgeständerte Systeme für das Flachdach	81
4.5	Montage an der Fassade	84
4.5.1	Fassaden für die Photovoltaik-Integration	85
4.5.2	Module mit linienförmigen Halterungen	89
4.5.3	Module mit punktförmigen Halterungen	91
4.5.4	Module als Sonnenschutz	91
4.6	Weitere Montagelösungen	92
4.6.1	Wintergärten, Erschließungszonen und bauliche Anlagen	92
4.6.2	Freiflächen-Anlagen	94
5	Baurecht, Normen & Co.	95
5.1	Baugesetzgebung und Baugenehmigung	95
5.2	Bauordnung, Bauregeln, Bauprodukte und DIBt-Hinweispapier für Solaranlagen	98
5.2.1	DIBt-Hinweispapier für Solaranlagen	99
5.2.2	Statik-Normen	101
5.3	Brandschutz	103
5.3.1	Brandschutzanforderungen der Bauordnung	103
5.3.2	Anforderungen für die Brandbekämpfung	104
5.3.3	Weitere Anforderungen für den Brandschutz	106
5.4	Photovoltaik als elektrische Anlage	108
5.5	Unfallschutz und allgemeine Sicherheit	108
5.6	Gewährleistung	109
6	Elektrische Installation und Inbetriebnahme	110
6.1	Wer darf welche Arbeit durchführen?	110
6.2	Der Generatoranschlusskasten	111
6.3	Die richtigen Kabel und Leitungen	111
6.4	Schutz vor Fehlerströmen	113
6.5	Schutz vor Blitzeinwirkungen	114
6.6	Geltende Regelungen für den Netzanschluss	116
6.7	Abnahme und Inbetriebnahme	121
7	Qualität und Solarerträge	122
7.1	Modul-Prüfung und Garantien	122
7.2	Qualität und Zuverlässigkeit von Wechselrichtern	126

7.3	Was letztlich zählt: Energieerträge	127
7.4	Ertragssicherung durch Betriebsdatenerfassung und Anlagenüberwachung . . .	128
7.5	Wartung und Instandhaltung	129
8	Ökologie und Nachhaltigkeit	135
8.1	Energieversorgung – heute und morgen	135
8.2	Energiebilanz von PV-Anlagen	136
9	Kosten und Erlöse	140
9.1	Anschub durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz	140
9.2	Investitionskosten dominieren die Wirtschaftlichkeit	145
9.3	Ergänzende öffentliche Fördermittel	147
9.4	Steuerliche Nebenwirkungen	148
9.5	Risiken versichern	150
10	Trends und neue Technologien	152
10.1	Neue Zelltechnologien	152
10.2	Trends bei Solarmodulen.	154
10.3	Neue Wechselrichter- und Anlagenkonzepte	156
10.4	Auf dem Weg zum virtuellen Kraftwerk und zur solaren Mobilität	156
10.5	Weitere Trends	159
11	Zitierte Literatur und Abbildungsverzeichnis	160
11.1	Zitierte Literatur	160
11.2	Abbildungsverzeichnis	164
12	Forschungsvorhaben der Bundesregierung	166
12.1	Laufende und kürzlich abgeschlossene Forschungsvorhaben.	166
12.2	Forschungsberichte.	168
13	Weiterführende Literatur	169
13.1	Literatur	169
13.2	Software	170
13.3	Literaturtipps	170
13.4	BINE Informationsdienst	171
13.5	Forschungsportale des BMWi	171
14	Zum Autor	172

Vorwort

Überall im Land gehören Dächer mit Photovoltaik-Anlagen zum Ortsbild. Die Zahl der Anlagen wächst weiter, für die Besitzer sind sie zugleich eine sinnvolle Investition und ein Statement für umweltgerechte Energieerzeugung. Der zukunftsfähige Wirtschaftszweig nachhaltige Energieerzeugung reduziert Ressourcenverbrauch und Emissionen und schafft Einkommen und Arbeit. Die Energiebilanz der Photovoltaik ist beeindruckend: Nach zwei Jahren hat ein neues Modul die Energie geliefert, die für seine Produktion gebraucht wurde. Und es wird insgesamt 20–30 Jahre Strom produzieren.

Inzwischen sind Solarstromanlagen mit einer Gesamtleistung von etwa 34 Gigawatt in Deutschland in Betrieb (Stand Juni 2013). Mit der Produktion von 27,6 TWh elektrischer Energie im Jahr 2012 deckte die Photovoltaik etwa 5,3 % des Nettostromverbrauchs. Photovoltaik bleibt trotz jährlich sinkender Einspeisevergütungen und Förderobergrenzen interessant. Das neue Ziel ist es, einen hohen Eigenverbrauch zu erreichen – das entlastet Kasse und Stromnetz. Deshalb investieren gegenwärtig insbesondere Hausbesitzer in neue Anlagen, die durch höhere Eigenverbrauchsquoten den stark abgesenkten Einspeisetarif zum Teil ausgleichen können.

Der Boom der Solarenergie wurde im Jahr 2000 durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) angestoßen. Durch die Förderung der Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Quellen ermöglichte es enorme Fortschritte bei Forschung, Entwicklung und Produktion von Solarzellen, Modulen und anderen Anlagenkomponenten, z. B. Wechselrichtern. Die Forschungs- und Entwicklungsarbeit der deutschen Solarbranche wird von der Bundesregierung auch im Rahmen der Innovationsallianz Photovoltaik unterstützt. Dank effizienterer und kostengünstigerer Herstellungsprozesse kann (und muss) die Industrie von Jahr zu Jahr leistungsfähigere und günstigere Photovoltaikmodule und -anlagen anbieten.

Die Anlagenpreise sinken nicht nur durch technischen Fortschritt, sie stehen zusätzlich durch internationale Konkurrenz sowie Deckelung des Zubaus unter Druck. Im ersten Halbjahr 2013 wurde nur noch etwa halb so viel neue PV-Leistung installiert wie im Jahr davor. Die Kombination von Preisdumping und Absatzdeckelung bringt die Zukunftsindustrie Photovoltaik in ernste Schwierigkeiten.

In seiner siebten, völlig überarbeiteten Auflage fasst dieses Fachbuch das aktuelle Wissen für eine optimale Planung und Erstellung von Photovoltaik-Anlagen kompetent und kompakt zusammen. Es richtet sich vor allem an Bauherren, Handwerker, Planer und Investoren, also an die Akteure und Berufsgruppen, die mit der neuen Gebäudetechnik Photovoltaik zu tun haben. Neben den Aktualisierungen werden neue Schwerpunkte gesetzt, zum Beispiel bei Baurecht, Normen und Brandschutz, Eigenverbrauch sowie bei der wirtschaftlichen Bewertung eines Anlagen-Neubaus.

Das Buch ist modular aufgebaut – das macht es Ihnen als Leser einfacher, sich entweder gezielt über einzelne Fragestellungen zu informieren oder sich einen Überblick über Photovoltaik auf Gebäuden zu verschaffen, von Planung und Bau über Wirtschaftlichkeit bis zu aktueller Forschung.

FIZ Karlsruhe GmbH
BINE Informationsdienst

