Heinz Hullmann (Hrsg.)

Photovoltaik in Gebäuden

Handbuch für Architekten und Ingenieure

*Aktualisierte und den mitteleuropäischen Bedingungen
angepaßte Übersetzung des Handbuchs*

PHOTOVOLTAICS IN BUILDINGS
A Design Handbook for Architects and Engineers

International Energy Agency, Paris, France
Solar Heating & Cooling Programme, Task 16
Operating Agent: Heribert Schmidt

Editors: Friedrich Sick and Thomas Erge

Aus dem Englischen übersetzt und aktualisiert von
Heinz Hullmann
Christian Bendel
Thomas Erge
Heinrich Wilk

Fraunhofer IRB Verlag

Inhalt

1	Warum Photovoltaik in Gebäuden	
1.1	Mehr als ein energiegerechtes Konzept	9
1.2	Die photovoltaische Option	9
1.3	Das Zusammenspiel von Technik und Architektur	9
1.4	Neue Gebäudekonzepte mit Photovoltaik	10
1.5	Die Aufgabe für Architekten und Ingenieure	10
2	Architektur und Photovoltaik	
2.1	Motivation	12
2.2	Die Gebäudehülle	12
2.3	Planung eines Projektes	13
2.4	Photovoltaik und Architektur	14
2.5	Photovoltaische Module für die Gebäudeintegration	14
3	Entwurfskonzepte	
3.1	Interdisziplinärer Entwurf	17
3.2	Die Aufgabe gebäudeintegrierter Photovoltaik	17
3.3	Das Konzept der Gebäudehülle für Photovoltaik	17
3.4	Hinweise zum Entwurfsprozeß	18
3.5	Konzepte zur Gebäudeintegration	19
3.6	Internationaler Ideenwettbewerb der IEA Task 16	36
3.7	Deutscher Ideenwettbewerb '96 – Photovoltaik in Gebäuden	38
4	Integrationstechniken und Beispiele	
4.1	Einführung	46
4.2	Verwaltungsgebäude der STAWAG in Aachen, D	46
4.3	Experimentalfassade des ISET in Kassel, D	47
4.4	Verwaltungsgebäude Öcotec 3 in Berlin, D	50
4.5	LRE-Gebäude der EPFL in Lausanne, CH	51
4.6	Scheidegger Metallbau in Kirchberg, CH	52
4.7	Haus Weiss in Gleisdorf, A	53
4.8	Haus mit Solarziegeln in Mönchaltorf, CH	54
4.9	Solarhaus in Pietarsaari, FIN	55
4.10	Verwaltungsgebäude des Versorgungsunternehmens von Meilen, CH	56
4.11	Integriertes Solardach in Boston, USA	57
4.12	Norwegisches solares Niedrigenergie-Wohnhaus, N	58
4.13	Einfamilienhaus Schauenbergstraße in Zürich, CH	58
4.14	Einkaufszentrum in Stockholm, S	59
4.15	Fensterfabrik Aerni in Arisdorf, CH	60
4.16	Solarzentrum in Freiburg, D	61
4.17	DEMOSITE in Lausanne, CH	62
4.18	Photovoltaik-Dachsystem Eurosolare in Nettuno (Rom), I	63
4.19	Ein photovoltaisch und thermisch energiegewinnendes Fassadensystem in Fondi (Latina), I	64
4.20	Das Northumberland Building in Newcastle, UK	64
5	Die Sonne als Energiequelle	
5.1	Sonne und Solarkonstante	66
5.2	Verfügbare Solarstrahlung und spektrale Verteilung	66
6	Gedanken zur Anlagenplanung	
6.1	Überblick über den Planungsprozeß	69
6.2	Untersuchung des Standortes und des Gebäudes	69
6.3	Anschlußbedingungen des Versorgungsunternehmens	70
6.4	Bauliche und technische Vorschriften	71
6.5	Sicherheitsaspekte	71
6.6	Finanzierungsaspekte	71
6.7	Haftungs- und Versicherungsaspekte	71
7	Lastanalyse	
7.1	Ermittlung der Lasten	72
7.2	Verbesserung der Energieeffizienz	72
7.3	Last-Management	73
8	Auslegung des Systems	
8.1	Einführung	75
8.2	Ablauf der Auslegung	75
8.3	Planung und Simulationsprogramme	78
8.4	Auslegungsbeispiel für ein netzgekoppeltes gebäudeintegriertes PV-System	79
8.5	Auslegungsbeispiel für ein gebäudeintegriertes Inselsystem	82
8.6	Auslegungsbeispiel für ein gebäudeintegriertes Hybridsystem	89

9	Auswahl der Komponenten	13	Das Photovoltaische Prinzip
9.1	Einführung	13.1	Einführung
9.2	Auswahl der photovoltaischen Module . .	13.2	Aufbau photovoltaischer Zellen
9.3	Bestimmung der Speicherkomponente bei Inselsystemen	13.3	Typen von Solarzellen
9.4	Auswahl der Geräte zur Energieaufbereitung	14	Photovoltaische Module
9.5	Auswahl des Wechselrichters	14.1	Einführung
9.6	Auswahl des Hilfsgenerators	14.2	PV-Module
9.7	Auswahl von Kabelquerschnitt und -typ .	14.3	Module für den Einsatz in Gebäuden . .
9.8	Bestimmung von Sicherheitseinrichtungen und Schaltern	14.4	Definitionen, Eigenschaften und Leistung
9.9	Checkliste der erforderlichen Teile	14.5	Interpretation des Datenblattes
10	Richtlinien zur Installation photo- voltaischer Systeme	15	Photovoltaische Systeme
10.1	Einführung	15.1	Einführung
10.2	Anlieferung der Komponenten: Überprüfung, Test und Schutz	15.2	Netzverbundsysteme
10.3	Installation des Generators	15.3	Inselsysteme
10.4	Besondere Schutzeinrichtungen	15.4	Systeme mit direkter Nutzung
10.5	Inspektion des Systems	16	Der Photovoltaische Generator
10.6	Checkliste zur Installation	16.1	Einführung
10.7	Installationsbeispiele	16.2	Einflußfaktoren für den Energieertrag . .
11	Inbetriebnahme photovoltaischer Systeme	16.3	Generatorarten und Montagetechniken .
11.1	Einführung	16.4	Blockdiagramm und die Komponenten eines PV-Generators
11.2	Systemkonfiguration	16.5	Gefahren und Schutz
11.3	PV-Generator	16.6	Erdung
11.4	Anschlußkästen und Kabel	16.7	Zugänglichkeit und Berührungsschutz .
11.5	Wechselrichter	17	Hybride Stromerzeugungssysteme
11.6	Netzkoppelpunkt	17.1	Einführung
11.7	Laderegler	17.2	Dieselmotoren
11.8	Batterien	17.3	Gründe für den Einsatz von Photovoltaik- Motorgenerator-Systemen
11.9	Motor- und Windgeneratoren	17.4	Aufbau von hybriden Photovoltaik- Motorgenerator-Systemen
11.10	Checkliste für netzgekoppelte Systeme .	17.5	Andere Photovoltaik-Hybridssysteme . .
12	Betrieb und Wartung des Photovoltaik- systems	18	Energiespeicherung
12.1	Einführung	18.1	Hintergrund
12.2	Wartung des PV-Generators	18.2	Blei-Säure-Batterien
12.3	Wartung der Batterie	18.3	Nickel-Cadmium-Batterien
12.4	Wartung des Hilfsgenerators	18.4	Sicherheitsaspekte
12.5	Wartung des Energieaufbereitungssystems	18.5	Interpretation der Datenblätter
12.6	Wartung weiterer Teilsysteme		
12.7	Sicherheit		

19	Gleichstrom-Energieaufbereitung	
19.1	Einführung	144
19.2	Anpassung zwischen einem Solargenerator und verschiedenen Lasten	144
19.3	Maximum Power Point Tracking (MPPT)	146
19.4	Laderegler	146

20	Wechselrichter	
20.1	Einführung	150
20.2	Wechselrichter für Inselanwendungen ..	150
20.3	Wechselrichter für Netzkopplung	152
20.4	Kosten von Wechselrichtern	158
20.5	Zuverlässigkeit von Wechselrichtern ...	158
20.6	Integration von PV-Systemen in das Netz des Versorgungssystems	158
20.7	Der Wert der photovoltaisch gewonnenen Elektrizität	161
20.8	Wirkungsgrade, Energieertrag	161

Anhang

I	Solare Strahlungsdaten	164
II	Arbeitsblätter zur Systemauslegung	175
III	Checklisten zur Wartung	185
IV	Glossar	190
V	Aktivitäten der IEA	197
VI	Autoren der ersten Fassung	199