

Das neue Forschungsprogramm der internationalen Energieagentur zu Photovoltaik an Gebäuden

von Hermann Laukamp und Thomas Erge

Überblick

Die Internationale Energieagentur fördert die Zusammenarbeit der OECD Länder in der Energiepolitik und bei den Energietechnologien, durch gemeinsam vereinbarte technologiespezifische Programme („Implementing Agreements“). Die Programme werden durch Projekte („Tasks“) konkretisiert. Im Programm „Photovoltaic Power Systems“ wird derzeit Task VII „Photovoltaics in the Built Environment“ begonnen. Das Fraunhofer ISE wurde gebeten, die deutsche Beteiligung hieran zu koordinieren und den Informationstransfer zu interessierten deutschen Firmen und Instituten zu organisieren. Schwerpunkte bisheriger Arbeiten lagen bei der Auswahl architektonisch herausragender PV-Gebäude, bei der Erarbeitung von Kriterien zu ihrer Beurteilung und bei der kritischen Diskussion geplanter PV-Gebäude.

The International Energy Agency coordinates and supports the cooperation of OECD countries in energy politics and energy technologies by technology-oriented scientific programmes („implementing agreements“). Under these agreements subject-oriented scientific projects („tasks“) are carried out. Within the „Photovoltaic Power Systems Programme“ the Task VII (Photovoltaics in the Built Environment) has just begun. The Fraunhofer ISE was contracted to coordinate the German contribution to Task VII and to organize information transfer to interested German institutions. So far Task VII focussed on a selection of architecturally outstanding PV buildings, on developing criteria to assess their quality and on a critical review of planned PV buildings.

1. Einleitung

In dichtbesiedelten Gebieten wie Teilen von Europa, Japan oder den Vereinigten Staaten von Amerika, kann eine weitgehende Durchdringung der Elektrizitätsnetze mit Photovoltaik nur geschehen, wenn man auf schon genutzte Landflächen zugreift und dort dezentrale Photovoltaik-Systeme zur lokalen Netzeinspeisung aufbaut. Photovoltaik-Systeme können auf Gebäuden installiert werden, auch an Infrastruktureinrichtungen wie Straßen und Eisenbahnstrecken, sie können auf anders genutzten Flächen im umbauten Raum, wie Parkplatz-überdachungen, Wartehallen, etc. aufgebaut werden. Wenn diese

Photovoltaik¹-Anlagen außer der Stromproduktion noch einen weiteren Nutzen mit sich bringen, läßt sich dieser mit den Zusatzkosten für die PV-Anlage verrechnen. Ein gutes Beispiel hierfür sind repräsentative Fassaden, deren Kosten z.T. über denen einer PV-Fassade liegen.

Nutzt man den vorhandenen Gebäude- und Infrastrukturbestand, so ist kein zusätzlicher Landverbrauch nötig, auch keine zusätzlichen Unterstrukturen; der Strom wird da produziert, wo er „verbraucht“ wird.

Das große Potential der Photovoltaik als Zukunftsenergie hat die Internationale Energie Agentur dazu bewogen, Photovoltaik in ihr Arbeitsprogramm aufzunehmen.

2. Was ist die Internationale Energie Agentur ?

Die internationale Energieagentur, abgekürzt IEA, ist eine Einrichtung der OECD, der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung. Sie wurde nach der ersten Ölpreiskrise gegründet, um die Energiepolitik der Mitgliedsländer zu koordinieren und zu unterstützen [1]. In den letzten Jahren finden dabei Umweltaspekte von globaler Dimension zunehmend Beachtung.

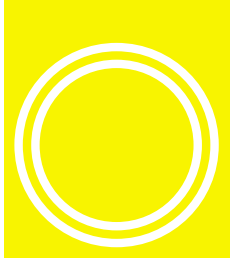
Die IEA fördert die multinationale Kooperation im Energiebereich bei

- fossilen Brennstoffen,
- der Kernfusion,
- erneuerbaren Energien und
- Endenergie-Technologien.

Die Zusammenarbeit der verschiedenen Staaten wird in sogenannten „Durchführungsvereinbarungen“ (Implementing Agreements) geregelt, die einen thematischen Rahmen für die Projektarbeit geben. Die technischen /wissenschaftlichen Arbeiten werden in Projekten, „Tasks“, durch geführt. Der Inhalt der Tasks wird in sogenannten „Anhängen“ (Annexes) präzisiert. Die Implementing Agreements werden auf Regierungsebene beschlossen, die aktuellen Arbeiten müssen im Rahmen von nationalen Projekten durchgeführt

¹ Photovoltaik bzw. photovoltaic wird im folgenden durch PV abgekürzt

Dipl.-Ing. Hermann Laukamp ist Leiter und Dr.-Ing. Thomas Erge ist wissenschaftlicher Mitarbeiter der Gruppe Photovoltaik an Gebäuden in der Abteilung Photovoltaische Systeme und Meßtechnik am Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (Fraunhofer ISE), Freiburg.



werden. Die IEA besitzt dabei koordinierende Funktion, sie hat keine eigenen Mittel zur Projektfinanzierung zur Verfügung.

Beispiele für Durchführungsvereinbarungen sind: „Solar Heating and Cooling Programme“ (SHCP) und „Photovoltaic Power Systems Programme“ (PVPS). Das „Solar Heating and Cooling Programme“ wurde schon in den 70-er Jahren begonnen und hat mittlerweile über 20 Projekte durchgeführt. Eines dieser Projekte war Task 16 „Photovoltaics in Buildings“.

Um der zunehmenden Bedeutung der PV Rechnung zu tragen, wurde vor ca. 4 Jahren die neue Durchführungsvereinbarung „Photovoltaic Power Systems Programme“ beschlossen, die sich ausschließlich mit PV-Anlagen befaßt. Dieses Programm enthält

- Task I: Informationsaustausch und -verarbeitung,
- Task II: Betriebsergebnisse und Auswerteverfahren,
- Task III: Autonome PV-Systeme,
- Task IV: Modellierung dezentraler PV-Anlagen zur Netzeinspeisung (dieser Task ist z. Z. noch in Vorbereitung),
- Task V: Dezentrale PV-Anlagen zur Netzeinspeisung, und
- Task VI: Modulare PV-Großkraftwerke.

Im Januar 1997 kam Task VII „Photovoltaics in the Built Environment“ hinzu.

3. Task VII „PV in the Built Environment“

Das Potential von gebäudemontierten PV-Anlagen wird von der IEA als sehr wichtig für die Entwicklung und Verbreitung der PV erachtet. Task VII „Photovoltaics in the Built Environment“ hat eine Laufzeit von 5 Jahren. Die große Bedeutung, die dem Task-thema beigemessen wird spiegelt sich in der Liste der teilnehmenden Länder wieder (Tabelle 1).

Task VII hat zum Ziel, die architektonische Qualität, die technische Qualität und die ökonomische Machbarkeit von PV-Systemen in bebauten Umge-

bungen zu verbessern. Ferner sollen nichttechnische Hemmnisse, die der Einführung von PV als einer signifikanten

Tabelle 1: An Task VII teilnehmende Länder

Australien	Kanada
Belgien	Niederlande
Dänemark	Österreich
Deutschland	Schweden
Großbritannien	Schweiz
Italien	Spanien
Japan	USA

ten Energiequelle des nächsten Jahrhunderts im Wege stehen, analysiert und möglichst beseitigt werden. Task VII knüpft dabei an die Arbeiten der Task 16 aus dem „Solar Heating and Cooling Programme“ an, deren wesentliche Ergebnisse

- die Demonstrationsgebäude,
- die internationale Demo-Site in Lausanne und
- das Design-Handbuch „PV in Buildings“

waren. In jedem Teilnehmerland wurde mindestens ein sogenanntes „Demonstrationsgebäude“ errichtet, das im Expertenkreis von Task 16 bewertet wurde [2]. Sowohl der Design- als auch der Konstruktionsprozeß und die Betriebsergebnisse wurden diskutiert und optimiert. Auf dem Gelände der technischen Hochschule Lausanne wurden Pavillons erstellt an/auf denen verschiedene Arten der Gebäude-integration demonstriert

Abbildung 1: Auf dem Gelände der Technischen Hochschule Lausanne werden verschiedene Methoden zur konstruktiven Integration von PV-Modulen in Gebäude ausgestellt.



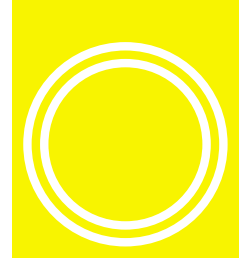
werden (Abbildung 1). Die Ergebnisse der Kooperation wurden in einem Design-Handbuch (Abbildung 2) zusammengefaßt [3].

Task VII knüpft an diese Arbeiten an und führt sie teilweise weiter. Schwerpunkt ist die Integration von PV in die Architektur von Gebäuden, Dächer und Fassaden von Wohngebäuden, Industrie- und Bürogebäuden und sonstiger Bau- und Infrastrukturen. Beispiele sind Schallschutzwände, Parkplatzüberdachungen, Bahnsteigüberdachungen, usw. In Task VII werden aber auch technische und nichttechnische Faktoren bearbeitet, deren Lösung für eine weitere Verbreitung von PV im Baubereich notwendig ist.

Als ganz wesentlich für den Erfolg von Task VII wird die aktive Mitarbeit von Stadtplanern, Architekten, Bauingenieuren und von der Bauindustrie angesehen. Task VII will die Zusammenarbeit dieser Gruppen mit PV-Spezialisten, Energieversorgungsunternehmen² und der PV-Industrie fördern und ermutigen. Die gemeinsamen Anstrengungen konzentrieren sich auf die Evaluierung bestehender und die Entwicklung neuer Konzepte für die Integration von PV in den Baubereich, auf Demonstration der Integrationskonzepte, auf Beiträge zur Entwicklung und Vereinfachung von Normen und Richtlinien, sowie auf Studien ökonomischer Aspekte und sonstiger Marktfaktoren.

In Task VII werden also folgende Felder bearbeitet:

² „Energieversorgungsunternehmen“ wird im folgenden durch EVU abgekürzt.



- Technologien zur Gebäudeintegration von PV-Anlagen,
- Architektur und PV, und
- nichttechnische Hemmnisse.

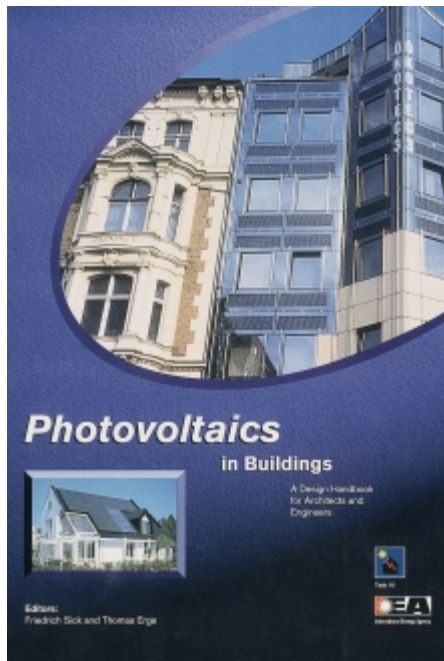


Abbildung 2: Das „IEA Design Handbook“ ist ein wichtiges Ergebnis von Task 16.

4. Technologien zur Gebäudeintegration von PV-Anlagen

Die Technologien, die heutzutage für die Integration von PV in Gebäuden verfügbar sind, sind im allgemeinen noch zu teuer für eine weite Verbreitung. Kostenreduktionen sind von höchster Wichtigkeit. Sie sollen erzielt werden, indem man PV-Systeme in schon bekannte Gebäudekomponenten integriert, wie z. B. in vorgefertigte Dächer oder vorgefertigte Fassadenelemente. Folgende Entwicklungsstränge lassen sich aufzeigen [4]:

- Integration von PV in Fertigbauteile (Abbildung 3): Dieser Weg ist speziell geeignet für Länder, in denen der Fertigbau einen hohen Verbreitungsgrad genießt, z. B. für die Niederlande oder Japan. Vorläufige Untersuchungen zeigen, daß Kostenreduktionen bis zu 50%, verglichen mit heutiger Technologie, mit industrieller Vorfertigung möglich sind [5].
- Entwicklung von standardisierten PV-Gebäudekomponenten: Eine gründliche Entwicklung von Unterkonstruktionen mit Ziel der Kostenminimie-

Tabelle 2: Kriterien für eine architektonische Bewertung von gebäudeintegrierten PV-Anlagen

- gebäudetechnische Integration: optisch akzeptabel ?
- architektonische Integration: optisch ansprechend ?
- Komposition von Materialien und Farben
- Einpassung in Raster, Harmonie und Komposition
- Einpassung in Gebäudeumfeld
- konstruktive Qualität
- innovatives Design

rung kann deutliche Einsparungen für Unterkonstruktionen und Montagekosten erzielen. Dies zeigen jüngste Entwicklungsbeispiele für preiswerte Flachdachmontageelemente [6, 7]. Eine ähnliche Strategie kann für Montagestrukturen geneigter Dächer sowie für Fassaden angewendet werden. Derzeit werden PV-Fassaden häufig noch „maßgeschneidert“, die Module auftragsbezogen gefertigt und die konstruktive und elektrische Planung für den Einzelfall durchgeführt. Dies führt zu hochwertigen,

Abbildung 3: Ein einbaufertiges Fassadenelement wird in den Rohbau eingehängt (Solarzentrum Freiburg).



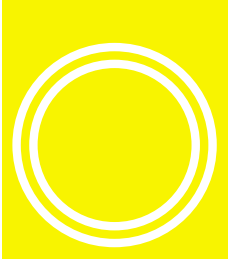
aber auch relativ teuren Systemen. Für neue Gebäude wird die Integration von PV-Modulen in Standardfassadensysteme erforderlich sein. Für bestehende Gebäude werden preiswerte Zusatz- bzw. Renovierungsverfahren die beste Lösung darstellen. Damit diese neuen Montagekonzepte auch für die Sanierung von bestehenden Gebäuden mit Bauschäden oder schlechter Energiebilanz geeignet sind, beinhalten die Renovierungssysteme auch thermische Isolierungen; Sie fördern so die Realisierung von Gebäude-Gesamtenergiekonzepten.

- Die Integration von PV-Modulen und -zellen in Standard-Gebäudekomponenten: Die Integration von PV-Modulen in althergebrachten Gebäudekomponenten, z. B. Dachziegel, erschließt das Kostenreduktionspotential einer Massenfertigung. Verschiedene Produkte (z. B. von den Firmen BRAAS und NEWTEC) zeigen, daß damit eine sehr ansprechende Gebäudeintegration von PV möglich ist. Wenn es gelingt diese Komponenten so zugestalten, daß sie auch von Nicht-Elektrofachkräften gefahrlos installiert werden können, lassen sich Kosteneinsparungen bei der Montage erzielen. Dann kann der Dachdecker auch die Verdrahtung des Generators mit übernehmen.

5. Architektur und PV

Um die Marktchancen der PV zu verbessern, ist eine gute Akzeptanz der PV durch Bauherren, Architekten und Baufirmen erforderlich. PV-Elemente müssen als ein neues Baumaterial im Gebäudebereich architektonische Anforderungen erfüllen: Sie müssen in Farbe, Größe und Materialien zu Gebäuden passen. Hier ist heute ein guter Stand erreicht; Zellen sind in verschiedenen Farben und Texturen erhältlich und Module können mit fast beliebigen Maßen bis etwa 6 m² Größe gefertigt werden. Dadurch sind hochwertige, repräsentative Beispiele von gebäudeintegrierter PV möglich geworden, die als Beispielsysteme in der Architektenwelt Bedeutung erlangten (Abbildung 4).

Fertigung von kundenspezifischen Modulen hat Auswirkungen auf den Preis. Massengefertigte Standardmodule ließen sich schon mit heutiger



Fertigungstechnologie zu Kosten von unter 2 DM/W_p produzieren [8]. Dazu wäre allerdings ein Produktionsvolumen von 500 MW_p pro Jahr nötig. Hier besteht die Herausforderung also darin, daß die PV-Industrie zusammen mit Architekten und der Bauindustrie hochwertige Integrationskonzepte entwickelt, daß die das Kostenreduktionspotential von massenproduzierten Modulen zu realisieren erlauben.

In einer ersten Aktivität wurde in Task VII begonnen, existierende gebäudeintegrierte PV-Anlagen zu evaluieren. Derzeit existiert ein Entwurf, der verschiedene Qualitätskriterien für derartige Systeme auflistet. Diese Liste wird noch ausgefeilt und dient dann zur systematischen Beurteilung der eingereichten Gebäude.

6. Nichttechnische Hemmnisse

Es gibt eine Reihe von nichttechnischen Hemmnissen, die der Verbreitung von PV im Gebäudebereich im Wege stehen. Eine erste vorläufige Liste derartiger Hemmnisse ist von Task VII erstellt worden und in Tabelle 3 wiedergegeben. Task VII wird weiter an der Analyse dieser Hemmnisse arbeiten und Vorschläge zu ihrer Beseitigung entwickeln. Derzeit sind die Kosten wohl das wichtigste Hemmnis. Eine Reihe von Aktionen können hier weiterführen:

- Entwicklung von Finanzierungskonzepten: Die Verfügbarkeit von ange-

messenen Finanzierungskonzepten hat sich als wesentliche Hilfe für die erfolgreiche Verbreitung von PV-Anlagen erwiesen. So hat die Verbreitung

Tabelle 3: Hemmnisse /Mängel gegen eine schnelle Marktausbreitung

- Geld
- zertifizierte Bauprodukte
- Beteiligung der Bauindustrie
- unübersichtliche Regelwerke (Bauvorschriften, Elektronormen)
- Information für Architekten, Bauingenieure, Planer
- Information über Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten
- Vertrauen in die Dauerhaftigkeit der neuen Technologie
- Haftungsrisiken
- Warten auf „Durchbruch“

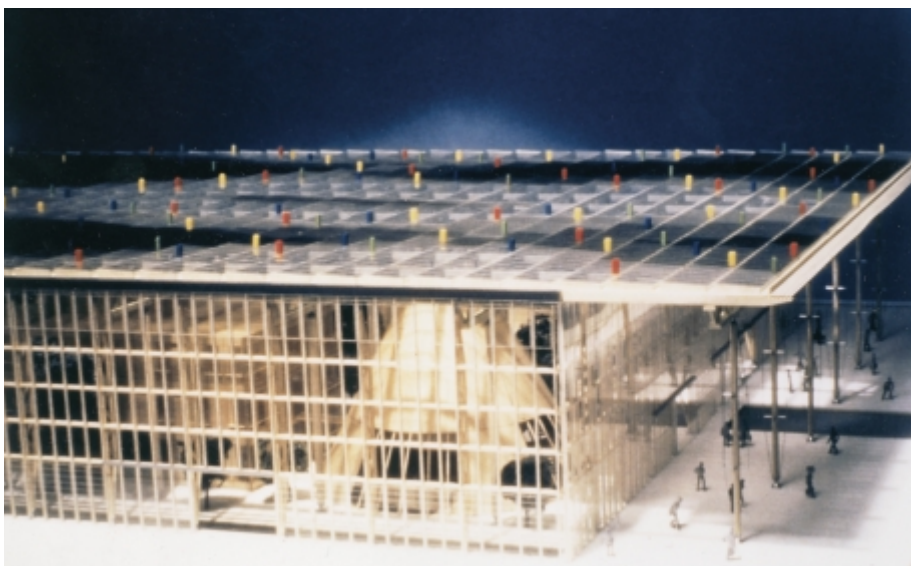
der „kostendeckenden Vergütung“ eine sprunghafte Vergrößerung des PV-Marktes bewirkt, die jährlichen Wachstumsraten sind größer als je zuvor [9]. Die Identifikation und Analyse geeigneter Finanzierungskonzepte, die auf die individuellen Bedürfnisse der einzelnen Länder zugeschnitten sind, wird eine wesentliche Aktivität von Task VII sein.

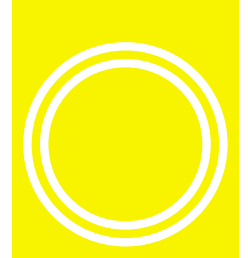
- Integration in den Bauprozess: Damit PV eine alltägliche Technologie im Gebäudebereich wird, müssen Integrationskonzepte die gewöhnlichen Baustandards erfüllen. Dazu ist es nötig, PV-Systeme komplett in Gebäudekomponenten zu integrieren

und den Konstruktionsprozeß von gebäudeintegrierten PV-Anlagen komplett in den Gebäudebauprozess zu integrieren. Es sollte kein Zusatzplanungsantrag für die PV-Anlage mehr nötig sein. Dies bedeutet, die Integration auch in die vertraglichen Gepflogenheiten und die organisatorischen Abläufe bei großen Bauprojekten einzubeziehen. Dieser Ansatz wird derzeit in großen Projekten in den Niederlanden erprobt (Nieuwland, 1 MW_p; Nieuw Sloten, 250 kW_p). Integration in den Bauprozess bedeutet auch, daß PV-Komponenten den gleichen Anforderungen und Standards genügen wie die ersetzten Bauelemente. Task VII wird an der Erarbeitung und Einführung derartiger Qualitätssicherungsprozeduren für PV-Bauelemente arbeiten und dabei eng mit anderen Projekten wie z. B. Prescript (EU JOULE), das sich mit der Entwicklung von Richtlinien und Standardentwürfen für den Test und die Zertifizierung von gebäudeintegrierten PV-Komponenten befaßt, zusammenarbeiten [10].

- Aus- und Weiterbildung: PV kann im Gebäudebereich nur dann Verbreitung finden, wenn Architekten und Bauträger genügend Kenntnisse über die Technologie und ihre Möglichkeiten besitzen und geeignete Hilfsmittel zur Verfügung stehen, um die Integrationsplanung durchzuführen. Entwurfshilfsmittel können von Projektplanungsinstrumenten bis hin zu Auslegungsprogrammen für PV-Systeme reichen, i. e. von einfachen Drehscheiben, aus denen die Einstrahlung auf eine beliebig geneigte Fläche ablesbar ist, über bereits verfügbare Instrumente zur integralen Gebäudeplanung, bis hin zu speziellen Entwurfsprogrammen für PV-Fassaden, wie sie in einem weiteren Tagungsbeitrag dargestellt werden [10]. Darüber hinaus wird eine möglichst weite Verbreitung des Wissens um die Möglichkeiten von gebäudeintegrierter Photovoltaik angestrebt. Architekten und Bauträger sollen auf möglichst vielen Ebenen und Veranstaltungen angesprochen werden, um die Nachfrage nach PV-Anlagen zu erhöhen. Deswegen liegt eine wichtige Aufgabe von Task VII auch in der Bereitstellung von visuell ansprechendem Informationsmaterial, das die Neugierde potentieller Kun-

Abbildung 4: Modell der geplanten Fortbildungsakademie des Landes NRW (Architekten Jourda et Perraudin und Hegger-Hegger-Schleif [11])





den und Bauherren sowie Planer und Architekten erregt [11].

7. Themenplan

Folgende Aktivitäten sind für Task VII vorgesehen:

Subtask 1 Architektur

- 1.1 Dokumentation herausragender Projekte (Evaluation und Auswahl von existierenden PV-Gebäuden)
- 1.2 Fallstudien (Entwicklung und Konstruktion neuer Systeme)
- 1.3 Beispielhafte Gebäude (ein Buch mit herausragenden, ausführlich dargestellten Projekten)
- 1.4 Entwurfshilfsmittel (Erstellung einer Übersicht über verfügbare Hilfsmittel, Entwicklung neuer Entwurfshilfsmittel)

Subtask 2 Systemtechnik

- 2.1 Integrationskonzepte für kommerzielle Gebäude (Fassaden und Dächer)
- 2.2 Integrationskonzepte für Wohngebäude (hauptsächlich Dachintegration)
- 2.3 Integration in sonstige Baustrukturen (Untersuchung verschiedener Typen von sonstigen Baustrukturen)
- 2.4 Richtlinien, Standards, Zertifizierung und Sicherheit (Empfehlungen für Baunormen und Gebäudestandards, Zertifizierungskonzepte für PV-Gebäudekomponenten)
- 2.5 Hybridsysteme (Nutzung der Abwärme von PV-Anlagen bei gleichzeitiger Stromproduktion; PV-Elemente und Tageslichtnutzung)
- 2.6 Neue elektrische Konzepte (z. B. Wechselstrommodule, Direkteinspeisung von Gleichstrom in Gebäudenetze)
- 2.7 Zuverlässigkeit (Betriebs- und Wartungskonzepte, Elektromagnetische Verträglichkeit, Automatische Überwachung und Fehlerdiagnose)
- 2.8 Netzparallelbetrieb (Ergänzung der Arbeiten von Task V)

Subtask 3 Nichttechnische Hemmnisse

- 3.1 Analyse und Bewertung nicht-

technischer Hemmnisse

- 3.2 Potentialstudien (Evaluierung des technischen Potentials)
- 3.3 Fragen der Wirtschaftlichkeit
- 3.4 Marketing und Informationsverbreitungsstrategien (wie kann gebäudeintegrierte Photovoltaik erfolgreich vermarktet und unterschiedlichem Zielpublikum nahegebracht werden?)

Subtask 4 Demonstration und Informationsvermittlung

- 4.1 Demosite (Betrieb und Erweiterung der Demosite für gebäudeintegrierte PV-Anlagen in Lausanne)
- 4.2 Internationale Konferenz (International Solar Electric Building Conference)
- 4.3 Internationaler Ideen Wettbewerb (2. Internationaler Architektenwettbewerb zu PV an Gebäuden)
- 4.4 Verbreitungsstrategien (welche Medien, welche Materialien sind zur Informationsverbreitung am besten geeignet?)
- 4.5 Aus- und Weiterbildung (Entwicklung eines Lehrplanes zur Weiterbildung von praktizierenden Architekten im Bereich PV am Gebäude)

8. Ausblick

Der Erfolg von Task VII wird davon abhängen, inwieweit die teilnehmenden Länder gewillt sind substantielle Eigenbeiträge zu erbringen. Für Deutschland wird das Fraunhofer ISE den Informationstransfer durch Informationsbriefe organisieren, die nach den jeweiligen Veranstaltungen der IEA verschickt werden, sowie durch Workshops im jährlichen Rhythmus, in denen die Ergebnisse von Task VII ausführlicher vorgestellt und die deutschen Beiträge zu Task VII abgestimmt werden können.

9. Dank

Wir danken dem Bundesminister für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie für die Förderung unserer Arbeiten, und Tony Schoen, Projektleiter von Task VII, für die Unterstützung mit Informationsmaterial.

Literatur

- [1] „Internationale Energie-Agentur“ BINE Projekt Info-Service, Nr. 8 (1996)
- [2] M. van Schalkwijk, A.J.N. Schoen „Demonstration Buildings of IEA SHCP Task 16“, Ecofys, Utrecht (1996)
- [3] Th. Erge, F. Sick „Photovoltaics in Buildings“, Design Handbook, IEA SHCP Task 16, London (1994)
- [4] T. Schoen et al. „Task VII of the IEA PV Power Systems Program: PV in the Built environment – A strategy“, Proc. 14th EUPVSEC, Barcelona (1997) 359–364
- [5] J.H. Boumans, A.J.N. Schoen „Fertigbau-Energiedächer – Trends und Entwicklungen“, report nr. E2032.10 (auf holländisch), Ecofys, Utrecht (1996)
- [6] P. Toggweiler, D. Ruoss, C. Roecker, J. Bonvin, A. Muller, Ch. Ganz „Sofrel flat roof system and first installation“, Proc. 14th EUPVSEC, Barcelona (1997) 701–704
- [7] W.O.J. Böttger, M. van Schalkwijk, A.J.N. Schoen, T.C.J. van der Weiden „Optimal Flat Roof Support – The Ecofys PV-ConSole“, Proc. 14th EUPVSEC, Barcelona (1997) 2288–2291
- [8] T.M. Bruton et al. „A study of the Manufacture of 500 W_p p.a. of Crystalline Silicon Photovoltaic Modules“, Proc. 14th EUPVSEC, Barcelona (1997) 11–16
- [9] H. Gabler, K. Heidler, V.U. Hoffmann „Market Introduction of Grid-Connected Photovoltaic Installations in Germany“, Proc. 14th EUPVSEC, Barcelona (1997) 27–32
- [10] M.Viotto, Ch. Bendel, U. Rudolph „Multifunktionale Photovoltaik-Fassaden – Effektive Auslegung durch CAD Einsatz“, Themen 97/98, FORSCHUNGSVERBUND SONNENENERGIE (1997) 111–114
- [11] H. Hullmann „Ideenwettbewerb '96 - Photovoltaik in Gebäuden“, Dokumentation, Institut für Industrialisierung des Bauens, Hannover (1997)