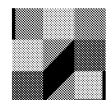


Bernhard Weller, Susanne Rexroth

**Adaption und Weiterentwicklung der  
Photovoltaik-Dünnschichttechnologie  
für Kompositpaneele mit teils  
farbigem Glas für den Einsatz in  
vorgehängten hinterlüfteten Fassaden**



## F 2711

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlußberichtes einer vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung -BMVBS- im Rahmen der Forschungsinitiative »Zukunft Bau« geförderten Forschungsarbeit. Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2009

ISBN 978-3-8167-8004-5

Vervielfältigung, auch auszugsweise,  
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

### **Fraunhofer IRB Verlag**

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon 07 11 9 70 - 25 00

Telefax 07 11 9 70 - 25 08

E-Mail [irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)

[www.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de)

[www.irb.fraunhofer.de/tauforschung](http://www.irb.fraunhofer.de/tauforschung)

Technische Universität Dresden  
Fakultät Bauingenieurwesen  
Institut für Baukonstruktion  
Prof. Dr.-Ing. Bernhard Weller

## Forschungsprojekt

Adaption und Weiterentwicklung der Photovoltaik-Dünnschichttechnologie für Kompositpaneele mit teils farbigem Glas für den Einsatz in vorgehängten hinterlüfteten Fassaden  
**PV-VH-Fassaden**

**Schlussbericht 14.02.2008**

**Projektleiter**

Prof. Dr.-Ing. Bernhard Weller

**Bearbeiter**

Dr.-Ing. Susanne Rexroth

Das Forschungsprojekt wurde mit Mitteln des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung gefördert.

(AZ: Z6-10.08.18.7-06.9/II2-F20-06-027)

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt beim Autor.

Technische Universität Dresden  
Fakultät Bauingenieurwesen  
Institut für Baukonstruktion

D-01062 Dresden

Telefon +49 351 46 33 48 45  
Telefax +49 351 46 33 50 39

[www.bauko.bau.tu-dresden.de](http://www.bauko.bau.tu-dresden.de)

# Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

## Inhalt

<b>Zusammenfassung</b>	<b>5</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>6</b>
1.1 Motivation	6
1.2 Ziele	7
1.3 Erwartete Ergebnisse	9
<b>2 Projektverlauf</b>	<b>10</b>
2.1 Laufzeit	11
2.2 Konsortium	11
2.3 Arbeitsplan	12
2.4 Arbeitsablauf	12
2.5 Arbeitstreffen	14
<b>3 Ausgangssituation</b>	<b>15</b>
3.1 Übersicht VH-Fassaden	17
3.2 Übersicht PV-Fassaden	18
3.3 Baurechtliche Rahmenbedingungen	20
<b>4 Produkterforschung: Weiterentwicklung der PV-Dünnschichttechnologie</b>	<b>22</b>
4.1 Architektonische Kriterien	22
4.2 Baukonstruktive und bauverfahrenstechnische Kriterien	25
4.3 Physikalische und elektrotechnische Kriterien	27
4.4 Analyse farbiger Dünnschicht-PV-Module im Labormaßstab	28
4.5 Prototyp eines farbigen Dünnschicht-PV-Moduls für VH-Fassaden	36
4.6 Prototyp eines VH-Fassaden-Elementes mit farbigem Dünnschicht-PV-Modul	38
<b>5 Experimentelle Untersuchungen am Prototypen</b>	<b>39</b>
5.1 Bauklimatisches Verhalten	39
5.2 Elektrotechnisches Verhalten	40
5.3 Mechanisches Verhalten	41
5.4 Langzeitverhalten	45
5.5 Simulation und Optimierung von FM-Leistungen	52
<b>6 Anwendung</b>	<b>63</b>
6.1 Life-Cycle-Analysen (LCA)	63
6.2 Einsatzpotenziale – Visualisierung	86
6.3 Wirtschaftlichkeit	92

## **Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden**

<b>7</b>	<b>Fazit</b>	<b>95</b>
7.1	Empfehlungen an die Praxis	95
7.2	Weiterführende Fragestellungen	100
<b>8</b>	<b>Verbreitung der Ergebnisse</b>	<b>101</b>
8.1	Publikationen	101
8.2	Veranstaltungen	102
8.3	Geplante Veröffentlichungen und Präsentationen	103
<b>9</b>	<b>Quellen</b>	<b>104</b>
9.1	Literatur	104
9.2	Internet	105
9.3	Gesetze, Normen und technische Regeln	106
<b>10</b>	<b>Verzeichnisse</b>	<b>107</b>
10.1	Abbildungen	107
10.2	Tabellen	109
10.3	Abkürzungen	109

## **Anhang**

Anhang 1	Recherche des Fraunhofer-Informationszentrums Raum und Bau IRB zu Forschungsvorhaben und Veröffentlichungen	112
Anhang 2	Patentrecherche – erste Ergebnisse Internet-Recherche	130
Anhang 3	Patentrecherche – Ergebnisse Patentinformationszentrum Dresden	135
Anhang 4	Marktrecherche PV-Fassaden	139
Anhang 5	Übersicht Förderprogramme auf Bundesebene	143

### **Zusammenfassung**

Das Forschungsprojekt befasst sich mit der Adaption und Weiterentwicklung der Photovoltaik- (PV-) Dünnschichttechnologie für Kompositpaneele in vorgehängten hinterlüfteten (VH) Fassaden. Die neuen PV-Module, appliziert auf Standard-Fassadenelemente, sind teils mit farbigem Deckglas ausgerüstet.

Ziele des Forschungsvorhabens sind im Wesentlichen, grundlegende Voraussetzungen für die Integration von PV-Elementen in farbige VH-Glasfassaden zu schaffen. Dabei soll die PV-Dünnschichttechnologie prototypisch weiterentwickelt werden. Mit dieser Vorgehensweise soll die Produktforschung in der Industrie gefördert und die damit verbundene Markteinführung forciert werden.

Durch ein breites Spektrum an Oberflächenmodulationen, insbesondere der Farbe, bietet die PV-Dünnschichttechnologie ideale Voraussetzungen für die ansprechende Integration in Fassaden und die Kombination mit energiesparender Bautechnik.

Eine interdisziplinäre Forschungsarbeit durch Beteiligte aus Wissenschaft, Industrie und Praxis realisierte die Ziele. Sie entwickelten im Projekt neue prototypische PV-Kompositpaneele, die die Akzeptanz und Verbreitung von PV-Modulen im Neu- und Altbau verbessern werden.

## 1 Einleitung

### 1.1 Motivation

Die Hälfte des heute in Deutschland existierenden Gebäudevolumens entstand zwischen 1950 und 1980 [Hassler I] [Hassler II] und somit vor dem Inkrafttreten der ersten Wärmeschutzverordnung. Bis auf den Bereich der Fenstermodernisierung sind die Gebäude überwiegend in einem energetisch unzulänglichen Zustand. Eine Studie des Instituts für Wohnen und Umwelt (IWU) zeigt, dass die Fassadensanierung zur ersten Hauptstufe bei einer stufenweisen Erneuerung eines Wohngebäudes zählt<sup>1</sup>.

Die vorgehängte hinterlüftete (VH) Fassade ist durch die konstruktive Trennung der Funktionen Wärmeschutz und Witterungsschutz ein hochwirksames System, das im Hinblick auf Wirtschaftlichkeit, Ökologie, Langlebigkeit sowie Behaglichkeit gleichermaßen im Neubau wie in der Sanierung eingesetzt wird. In Kombination mit nachträglichen Wärmedämmmaßnahmen bewirkt sie ein hohes Energieeinsparungspotenzial.

Auch die Photovoltaik (PV) als integraler Bestandteil einer Fassade gewinnt gestalterisch und energetisch betrachtet zunehmend an Bedeutung.

Die PV hat sich in den letzten 15 Jahren als nachhaltige, arbeitsplatzschaffende und umweltentlastende Technologie zur Stromerzeugung national wie international etabliert. Doch während die gesamte PV-Branche enorme Produktions- und Marktzuwächse aufweisen konnte – von 2002 bis 2007 hat sich die jährlich in Deutschland installierte PV-Leistung mehr als verzehnfacht – stagniert der Zuwachs an gebäudeintegrierter PV, so der Bundesverband Solarwirtschaft (BSW) in Berlin. Aus architektonischer Sicht kann das additive Anbringen von PV-Anlagen auf oder an Gebäuden häufig gestalterisch nur wenig überzeugen. Es fehlt an neuen, innovativen Techniken und Materialien, um gebäudeintegrierte PV-Fassadensysteme in ihrer Verbreitung zu stärken.

Können PV-Module in die Fassade von Gebäuden integriert werden, so erfüllen sie neben der Energieerzeugung wichtige

---

<sup>1</sup> vgl. BBR: Forschungen Heft 111, 2002 [BBR]



architektonische und gestalterische Aufgaben. PV-Module gelten als neue und innovative Bauprodukte, die aufgrund ihrer günstigen Materialeigenschaften durch die Verbundglastechnologie und durch die Kombination mit anderen Baumaterialien Raum für neue Ausdrucksmöglichkeiten und das architektonische Gestalten bieten.

Die Dünnschichttechnologie eröffnet gegenüber der herkömmlichen Produktionsweise von Solarzellen aus Silizium neue und erweiterte Produktions- und Gestaltungsmöglichkeiten. Ein Standardmodul aus Dünnschichtzellen hat eine gleichmäßige, dunkelgraue und homogene Oberfläche. Aus dem EU-Projekt BIPV-CIS<sup>2</sup>, an dem drei der Projektpartner beteiligt sind, steht bereits ein breites Spektrum an Oberflächenmodulationen, insbesondere auch von Farben, zu Verfügung. Die neuen PV-Module in Dünnschichttechnologie lassen sich mit ihren Texturen und Strukturen deshalb dem baulichen Kontext besser anpassen. Sie bieten ideale Voraussetzungen für die Integration in ansprechende Fassaden und die Kombination mit einer energiesparenden Bautechnik. Eine VH-Fassade mit Kompositelementen aus einer Trägerplatte und einem PV-Dünnschicht-Modul erweitert das Repertoire der gestalterischen Ausdrucksmöglichkeiten, bietet einen robusten und dauerhaften Witterungsschutz und produziert zudem noch Strom.

### 1.2 Ziele

Mit der Einführung der Energieeinsparverordnung (EnEV) im Februar 2002 wurden nachhaltige, ressourcensparende und energetische Gebäudestandards festgelegt. An erster Stelle steht bei energieeffizienten Gebäuden die Energieeinsparung durch eine optimierte Wärmedämmung, beim Neubau wie auch beim Bauen im Bestand. An zweiter Stelle folgt eine optimierte Gebäudetechnik, die z. B. durch effiziente heiz- und raumluftechnische Anlagen und insbesondere den Einsatz regenerativer Energien realisiert werden soll. Mit Hilfe von Photovoltaikanlagen kann die Gebäudehülle darüber hinaus zum CO<sub>2</sub>-mindernden Kraftwerk werden und hochwertige elektrische Energie gewinnen.

---

<sup>2</sup> EU-Projekt BIPV-CIS – Improved Building Integration of PV by using Thin Film Modules in CIS Technology

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

In Architektur und Bauwesen sind seit Jahren ein großes Interesse und eine hohe Nachfrage nach Ganzglasfassaden zu verzeichnen, was zahlreiche Neubauprojekte im In- und Ausland belegen. Darüber hinaus ist Farbige Glasfassaden als Gestaltungsmittel in Architektur und Stadtbild seit der Klassischen Moderne z. B. mit Bruno Taut Thema der Architektursprache. Farbige Glasfassaden sind Garant für eine hohe architektonische und städtebauliche Qualität.

Die Forderungen nach Energieeinsparungen ließen sich mit den Wünschen der Architektur vereinen, wenn in größerem Umfang als bisher PV-Elemente zum Witterungsschutz in moderne Glasfassaden für vielfältige Gebäudetypen integriert werden. Innovative, moderne und intelligente Fassaden zur Energiegewinnung in Gebäuden versprechen ein hohes Nutzenpotenzial. Mit ihnen lassen sich die Forderungen nach architektonischer, städtebaulicher, technischer und ökologischer Qualität gleichermaßen erfüllen. Viele grundlegende Fragen zur Verwirklichung sind allerdings noch offen. So liegen insbesondere für moderne Glasfassadensysteme mit PV nur wenige Erfahrungen und Erkenntnisse zum Langzeitverhalten vor. Diese haben jedoch für Wirtschaftlichkeit, Energieeinsparung und Nachhaltigkeit eine hohe Bedeutung. Außerdem bestehen Fragen hinsichtlich technischer und konstruktiver Ausgestaltung, z.B. nach der Optimierung der Lichtenergieausbeute durch Oberflächenmodulation der Glasscheiben.

Im vorliegenden Forschungsprojekt sollen die grundlegenden Voraussetzungen für die Integration von PV-Elementen in farbige VH-Glasfassaden geschaffen werden. Das Forschungsprojekt zielt auf die prototypische Adaption und Weiterentwicklung der Dünnschichttechnologie für die Integration von PV-Elementen in vorgehängte hinterlüftete, farbige Kompositpaneele für Glasfassaden. Durch die Weiterentwicklung der innovativen PV-Dünnschichttechnologie sollen die Voraussetzungen für eine Produktforschung in der Industrie und damit die Markteinführung geschaffen werden. Die Entwicklung innovativer Baumaterialien und Bautechniken könnte somit einen wesentlichen Impuls erfahren, die Innovationsfähigkeit des Bauwesens gesteigert werden und die internationale Wettbewerbsfähigkeit im PV-Bereich und bei Fassaden gestärkt werden.

### 1.3 Erwartete Ergebnisse

Wesentliches Ergebnis ist der Prototyp eines Kompositpaneels mit einem applizierten PV-Dünnschichtmodul auf der Basis von CIS (Kupfer-Indium-Diselenid).

Die Ziele der Adaption und Weiterentwicklung der PV-Dünnschichttechnologie für Kompositpaneele in VH-Fassaden wurden in einer interdisziplinären Forschungsarbeit durch Beteiligte aus Wissenschaft, Industrie und Praxis realisiert.

Durch das Projektkonsortium wurden die grundlegenden Techniken der Dünnschichttechnologie analysiert und für die Produktion von Prototypen für PV-VH-Fassaden modifiziert. Hierzu wurden Kriterien und Anforderungen abgeleitet, technische Realisierbarkeiten geprüft und baurechtliche Rahmenbedingungen geklärt. Im Anschluss erfolgte der Aufbau von Versuchsständen für die Herstellung und Anwendungsprüfung verschiedener Prototypen von PV-Modulen. Wichtige Forschungsinhalte und -aufgaben sind unter anderem die Anpassung des Erscheinungsbildes der VH-Fassaden, die Sicherung der Farbigkeit, die elektrische Kopplung der PV-Module sowie die Analyse und Bestimmung der chemischen und physikalischen Anforderungen an geeignete Materialien zur Klebung der Kompositschichten.

Die hergestellten Prototypen liefern die Basis für baukonstruktive, bauverfahrenstechnische und bauphysikalische Untersuchungen. Durch diese werden sowohl die Grundlagen für die praktische Anwendung der PV-Dünnschichttechnologie in Produkten als auch die Lebensdauer und Langzeitwirkungen evaluiert. Die im Rahmen der praktischen Versuchsdurchführungen gewonnenen Ergebnisse stellen wichtige Grundlagen für Wirtschaftlichkeitsanalysen über den Lebenszyklus von Gebäuden dar. Durch Lebenszyklus (LC)-Analysen sollen die Vorteile und Potenziale der PV-Dünnschichttechnologie nachgewiesen werden.

Die neuen Lösungen für dünnschichtbasierte PV-Bauteile erweitern die bisher begrenzten Möglichkeiten für Produktion und Einsatz innovativer und architektonisch hochwertiger PV-Kompositpaneele für VH-Fassaden. Das Forschungsprojekt soll elementare Grundlagen für das PV-Markt-Segment zur Gebäudeintegration und für die Anwendung in der Praxis zur Verfügung stellen. Zugleich weisen die Ergebnisse ein hohes Nutzenpotenzial für die Verwirklichung von Energie- und CO<sub>2</sub>-

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

Einsparungen bei Gebäuden auf. Eine nachträgliche Fassadendämmung erzielt im Gebäudebestand bis zu 40 % Energieeinsparung. In Kombination mit integrierten PV-Modulen sind zudem regenerative Energiegewinne von jährlich rund 700 kWh pro kW<sub>p</sub> zu erwarten, verbunden mit einer CO<sub>2</sub>-Minderung von ca. 620 kg CO<sub>2</sub>/kW<sub>p</sub>. Bei CIS-Dünnschichtmodulen entspricht dies je nach Farbmodulation einem jährlichen Solarstromertrag von ca. 55 bis 80 kWh/m<sup>2</sup>, der im Jahr Emissionen in Höhe von 50 bis 70 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> vermeidet.

Vor dem Hintergrund dieser grundlegenden, aber praxisnahen Forschung zur Entwicklung von Produktionstechnologien, der Herstellung von Prototypen und dem Nachweis der Potenziale im praktischen Einsatz erklären die Praxispartner ihr konkretes Interesse an einer schnellen Überführung der gewonnenen Ergebnisse in die Entwicklung marktfähiger Produkte. Eine weite Verbreitung der grundlegenden Erkenntnisse zur PV-Dünnschichttechnologie und der Möglichkeiten durch die Integration in VH-Fassaden soll außerdem durch Publikationen und die Einbindung in Forschung und Lehre sichergestellt werden. Die schnelle Umsetzung der Ergebnisse in die Praxis für die Erschließung der Nutzenpotenziale ist somit gegeben.

Den Abschluss der Projektarbeit bilden die Ableitung von Empfehlungen für die Praxis und deren Publikation zum Wissens- und Technologietransfer.

# Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

## 2 Projektverlauf

### 2.1 Laufzeit

Das Forschungsprojekt "PV-VH-Fassaden" wurde am 03.11.2006 mit einem vorgezogenen Maßnahmenbeginn zum 01.10.06 mit einem Zuwendungsbescheid bewilligt. Die Laufzeit war bis zum 30.11.07 (14 Monate) genehmigt und wurde zunächst bis zum 31.12.2007 und schließlich bis zum 15.02.2008 kostenneutral verlängert.

### 2.2 Konsortium

Antragsteller: Technische Universität Dresden  
Institut für Baukonstruktion  
Prof. Dr.-Ing. Bernhard Weller

Forschende Stelle  
und Projektleitung: Institut für Baukonstruktion  
Prof. Dr.-Ing. Bernhard Weller  
George-Bähr-Straße 1  
01062 Dresden

Weitere beteiligte  
Forschungseinrichtungen: Zentrum für Sonnenenergie und  
Wasserstoffforschung (ZSW)  
Baden-Württemberg

Technische Universität Dresden  
Institut für Baubetriebswesen  
Professur für Bauverfahrens-  
technik  
Prof. Dr.-Ing. Peter Jehle

Industriepartner: StoVerotec GmbH  
  
Würth Solar GmbH & Co. KG

# Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

## 2.3 Arbeitsplan

		2007						2008						Partner					
Paket	Bearbeitungsinhalt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<b>1.</b>	<b>Ermittlung der Rand- und Rahmenbedingungen</b>																		
1.1	Marktrecherche: VH-Fassaden																		bb
1.2	Patentrecherche																		bb
1.3	Baurechtl. Bedingungen (Bauproduktzulassung)																		bauko; sto
<b>2</b>	<b>Weiterentwicklung der PV Dünnschichttechnologie</b>																		
2.1	Definition arch. Kriterien (Farben, Oberflächen)																		bauko
2.2	Definition baukonstruktiver / verfahrenstechn. Kriterien																		bauko; bb
2.3	Definition physikalischer / elektrotechn. Kriterien																		zsw; wüsth
2.4	PV-Modul-Prototypen im Labormaßstab																		zsw
2.5	PV-Modul-Prototypen in Realgröße							M1											sto; wüsth
2.6	Komposit-PV-Modul-Panels								M2										sto; wüsth
<b>3</b>	<b>Untersuchungen und Auswertungen an den Prototypen</b>																		
3.1.1	Temp.verhalten: Simulation / Outdoor																		zsw
3.1.2	Temp.verteilung (Schichtübergänge)																		zsw
3.2.1	Flächenbelastung (Verbundverhalten)																		bauko
3.2.2	statische/dyn. Belastungen (Verbundverhalten)										M3								bauko
3.3.1	Simulation: Dauerfestigkeit (Umwelteinflüsse)											M4							bb; zsw; sto
3.3.2	Simulation: Umwelteinflüsse (Energieausbeute)																		bb
3.3.3	Simulation / Optimierung von FM-Leistungen																		bb
<b>4</b>	<b>Wirtschaftlichkeit und LC-Analysen</b>																		
4.1	Life Cycle Analysis																		bb
4.2	Simulation: Referenzmodelle (Gebäudetypen)																		bauko; bb
<b>5</b>	<b>Auswertung und Bewertung der Untersuchungsergebnisse</b>																		
5.1	Anwendungspotentiale																		bauko; bb
5.2	Einsatzbeispiele - Visualisierung																		bauko
5.3	Praxisempfehlungen (Anforderungskatalog)																		bauko; bb
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung / Darstellung der Ergebnisse</b>																		
6.1	Schlussbericht, Publikation																		bauko; bb

bauko = Institut für Baukonstruktion; bb = Institut für Baubetriebswesen; sto = StoVerotec; wüsth = Würth Solar; zsw = Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoffforschung

Tabelle 1 PV-VH-Fassaden Arbeits- und Zeitplan

## 2.4 Arbeitsablauf

Trotz des vom Projektträger BBR vorgezogenen Projektstartes konnte - nach einem vorbereitenden Treffen im November 2006 - mit der eigentlichen Arbeit erst im Januar 2007 begon-

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

nen werden, da erst dann die Mitarbeiterstellen an den Universitätsinstituten besetzt werden konnten.

Der Arbeitsplan wurde - bei gleich bleibendem Arbeitsinhalt – von 18 auf 14 Monate gekürzt. Bei der Untersuchung verschiedener Varianten von farbigen Dünnschichtmodulen (AP 2.4) wurde diese Bearbeitungszeit jedoch benötigt, so dass der Arbeitsplan angepasst und das Projekt um einen Monat verlängert werden musste. Dennoch erwies sich im Dezember 2007 die verbleibende Zeit als knapp bemessen und führte zu einer weiteren Projektverlängerung bis zum 15.02.2008, da einige Arbeitsschritte weiterer vertiefender Untersuchungen bedurften (AP 2.6, AP 3.2.1, AP 3.2.2).

Abgesehen davon, konnte der Arbeitsplan jedoch eingehalten und bis zum Ende des verlängerten Projektzeitraumes abgeschlossen werden.

Konkrete Ergänzungen ergaben sich zunächst im März bei der Untersuchung der farbigen PV-Dünnschichtmodule hinsichtlich ihrer Tauglichkeit für Kompositpaneele in VH-Fassaden. Da die bis zu diesem Zeitpunkt vorliegenden Objekte den Anforderungen nicht genügten, wurde ein weiterer Industriepartner hinzugezogen: die Firma DELO Industrie Klebstoffe. Sie hat sich beim Institut für Baukonstruktion im Rahmen von Forschungsprojekten zu adhäsiven Verbindungen als äußerst kompetent und innovativ in Fragen der Klebtechnik erwiesen und führte Untersuchungen an Probemodulen im Labormaßstab aus (vgl. 4.3).

Im Juli wurde beschlossen, die Bauteilversuche (AP 3.2.1 und 3.2.2) um Brandversuche zu erweitern, da das Brandverhalten ein neues Bauprodukt wesentlich charakterisiert (vgl. 3.3).

Änderungen wurde bei der Auswahl der Referenzprojekte für die LCA (AP 4.1) vorgenommen. Der Fokus wurde auf die Übertragbarkeit der Untersuchungen gelegt. Deswegen entschied man sich für eine allgemeine Ermittlung der Live Cycle Costs in Abhängigkeit verschiedener Einflussfaktoren, da sich die beiden ursprünglich vorgesehenen Referenzprojekte, eine Kindertagesstätte in Montagebauweise („Plattenbau“) und ein Institutsneubau, als zu spezifisch erwiesen, um aus den Ergebnissen allgemein gültige Aussagen bezüglich der Wirtschaftlichkeit treffen zu können.

# Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

## 2.5 Arbeitstreffen

Termin	Teilnehmer	Ort
1. Projekttreffen am 27.11.06	Klaus Domnick (IB Fassadentechnik / StoVerotec) Dirk Franz (StoVerotec) Dieter Geyer (ZSW) Prof. Dr.-Ing. Peter Jehle (Institut für Baubetriebswesen) Frithjof Koerdt (StoVerotec) René Naumann (Institut für Baubetriebswesen) Christian Pfeiffer (StoVerotec) Susanne Rexroth (Institut für Baukonstruktion) Raymund Schäffler (Würth Solar) Prof. Dr.-Ing. Bernhard Weller (Institut für Baukonstruktion) Markus Zwerger (Sto AG)	Firma StoVerotec Hanns-Martin-Schleyer-Straße 1 89415 Lauingen
2. Projekttreffen am 27.02.07	Prof. Dr.-Ing. Peter Jehle (Institut für Baubetriebswesen) René Naumann (Institut für Baubetriebswesen) Ute Rustemeyer (Forschungsinitiative Zukunft Bau) Horst Peter Schettler-Köhler (BBR) Frithjof Koerdt (StoVerotec) Christian Pfeiffer (StoVerotec) Herr Mögenburg (FVHF) Klaus Domnick (IB Fassadentechnik / StoVerotec) Prof. Dr.-Ing. Bernhard Weller (Institut für Baukonstruktion) Raymund Schäffler (Würth Solar) Hans-Jörg Gabler (ZSW) Dieter Geyer (ZSW)	ZSW Industriestraße 6 70565 Stuttgart
Arbeitsbesprechung am 23.03.07	Dieter Geyer (ZSW) Susanne Rexroth (Institut für Baukonstruktion) Günther Witek (DELO Industrie Klebstoffe)	TU Dresden, George-Bähr-Straße 1 01062 Dresden
3. Projekttreffen am 08.05.07	Dieter Geyer (ZSW) Raymund Schäffler (Würth Solar) Christian Pfeiffer (StoVerotec) Klaus Domnick (IB Fassadentechnik / StoVerotec) Prof. Dr.-Ing. Peter Jehle (Institut für Baubetriebswesen) René Naumann (Institut für Baubetriebswesen) Nadine Heinze (Institut für Baubetriebswesen) Susanne Rexroth (Institut für Baukonstruktion) Prof. Dr.-Ing. Bernhard Weller (Institut für Baukonstruktion)	TU Dresden George-Bähr-Straße 1 01069 Dresden
4. Projekttreffen am 11.07.07	Dieter Geyer (ZSW) Nadine Heinze (Institut für Baubetriebswesen) Christian Pfeiffer (StoVerotec), Klaus Domnick (IB Fassadentechnik / StoVerotec) Susanne Rexroth (Institut für Baukonstruktion) Raymund Schäffler (Würth Solar)	ZSW Industriestraße 6 70565 Stuttgart
5. Projekttreffen am 19.07.07	Herr Günther (Bauplan Consult) Klaus Domnick (IB Fassadentechnik / (StoVerotec) Dieter Geyer (ZSW) Christian Pfeiffer (StoVerotec) Raymund Schäffler (Würth Solar) Nadine Heinze (Institut für Baubetriebswesen) Susanne Rexroth (Institut für Baukonstruktion)	IB Fassadentechnik Domnick Gleimstraße 35 10437 Berlin



## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

Arbeitsbesprechung am 13.09.07	Klaus Domnick (IB Fassadentechnik / StoVerotec) Johann Springer (ZSW) Dieter Geyer (ZSW) Frithjof Koerdt (StoVerotec) Gerd Moegenburg (FVHF) Raymund Schäffler (Würth Solar) Susanne Rexroth (Institut für Baukonstruktion)	ZSW Industriestraße 6 70565 Stuttgart
6. Projekttreffen am 10.12.07	Raymund Schäffler (Würth Solar) Christian Pfeiffer (StoVerotec) Frithjof Koerdt (StoVerotec) Klaus Domnick (IB Fassadentechnik / StoVerotec) Nadine Heinze (Institut für Baubetriebswesen) Prof.-Dr.-Ing. Bernhard Weller (Institut für Baukonstruktion) Susanne Rexroth (Institut für Baukonstruktion) Ute Rustemeyer (Forschungsinitiative Zukunft Bau)	TU Dresden George-Bähr-Straße 1 01069 Dresden
7. Projekttreffen am 17.01.08	Dirk Franz (StoVerotec) Frithjof Koerdt (StoVerotec) Ambros Buehler (StoVerotec) Klaus Domnick (IB Fassadentechnik / StoVerotec) Prof. Dr.-Ing. Peter Jehle (Institut für Baubetriebswesen) Nadine Heinze (Institut für Baubetriebswesen) Prof.-Dr.-Ing. Bernhard Weller (Institut für Baukonstruktion) Sven Jakubetz (Institut für Baukonstruktion)	STO AG Niederlassung Berlin Ullsteinstr. 98 – 106 12109 Berlin

**Tabelle 2** PV-VH-Fassaden Projekt-treffen

### 3 Ausgangssituation

Im Rahmen des Projektes wurde beim IRB eine Literaturrecherche beauftragt und zusammen mit weiteren einschlägigen Publikationen ausgewertet (siehe Anhang 1). Eine Vielzahl von Erfindungen und Veröffentlichungen gibt es im Bereich der Grundlagenforschung und Produktionstechnologien für Solarzellen. Gegenstand des Vorhabens PV-VH-Fassaden ist jedoch nicht die herkömmliche Herstellung der Dünnschicht-Solarzellen, sondern die Weiterentwicklung und Adaption hinsichtlich der Farbigkeit und der Kombination mit einem Fassadenelement. Dabei flossen Ergebnisse aus dem EU-Forschungsprojekt PVACCEPT von 2001 bis 2004 ein, an dem der Projektpartner Fa. Würth Solar beteiligt war. Projektziel war die Entwicklung von Photovoltaikmodulen mit innovativer Gestaltung zur Integration in Altbau, Landschaft und Stadtraum und dadurch eine breitere Akzeptanz der Photovoltaik.

Seit 1990 wurden in Forschungsprojekten und Publikationen zur PV-Gebäudeintegration im Allgemeinen, Integrationskonzepte, gestalterische Möglichkeiten, Planung, Ausführung und Wartung untersucht und vorgestellt. Die Erfahrungen lehren, dass die vorherrschende Installation solarer Anlagen als separate, desintegrierte Bauelemente auf dem Dach oder an der Fassade eines Gebäudes eine gestalterisch weniger befriedigende Lösung darstellt. Deshalb trifft die PV-

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

Technologie in der Architektur bei Planern, Bauherren und Behörden bisher auf verhaltene Akzeptanz. Dies liegt – neben den relativ hohen Kosten und dem noch fehlenden Know-How bei den Architekten und Planern – nicht zuletzt an der begrenzten Produktpalette und dem expressiven Design herkömmlicher Photovoltaikmodule mit kristallinen Siliziumzellen. Seitens der Energieplaner wiederum bestehen Vorbehalte gegenüber integrativen Lösungen, da übliche PV-Module nicht den konstruktiven Anforderungen in der Fassade entsprechen und mit erheblichem technischen und bauaufsichtlichen Mehraufwand gegenüber additiven Lösungen verbunden sind.

Markt- und Patentrecherchen seitens der beteiligten Forschungsinstitute in den Bereichen VH-Fassadentechnik und Photovoltaik-Fassaden ergaben, dass Kompositelemente aus angepassten, farblich und im Format variablen PV-Modulen in Dünnschichttechnik und herkömmlichen Trägerplatten zur rückseitigen Befestigung weder auf dem Markt noch in Entwicklung sind und keine Bekleidungs-elemente mit vergleichbarem Funktions- und Gestaltungspotenzial. Patentrecherchen im Internet (197 Treffer, siehe Anhang 2), eine Rechercheanfrage an das Fraunhofer ISE (8 Treffer, siehe Anhang 2) und schließlich eine Recherche im Patentinformationszentrum (PIZ) untersuchten seit 1986 national und international angemeldete Patente zu den Themen Solarmodule, Photovoltaik, Glasfassade, Fassadenelemente, Glaspaneele, CIS-Module, Dünnschichtmodul und Photovoltaik in der Fassade. Die Schutzrechtsrecherche im PIZ umfasste die Themengebiete CIS, farbige Solarzellen als Fassadenbestandteil sowie Glas-Fassadenverkleidungen zur Erzeugung von elektrischem Strom. Die 24 gefundenen Patente im Zusammenhang mit

- Herstellverfahren derartiger Fassadenelemente
- Bauelementen (wie Solarzellen)
- Dachkonstruktionen oder Solar-Dachziegel
- Fassaden-Verschattungs-Elementen bzw. Jalousien auf Solarbasis
- Fassaden-Elementen zur Wärmegewinnung
- Montage- und Befestigungselementen für derartige Fassadenelemente

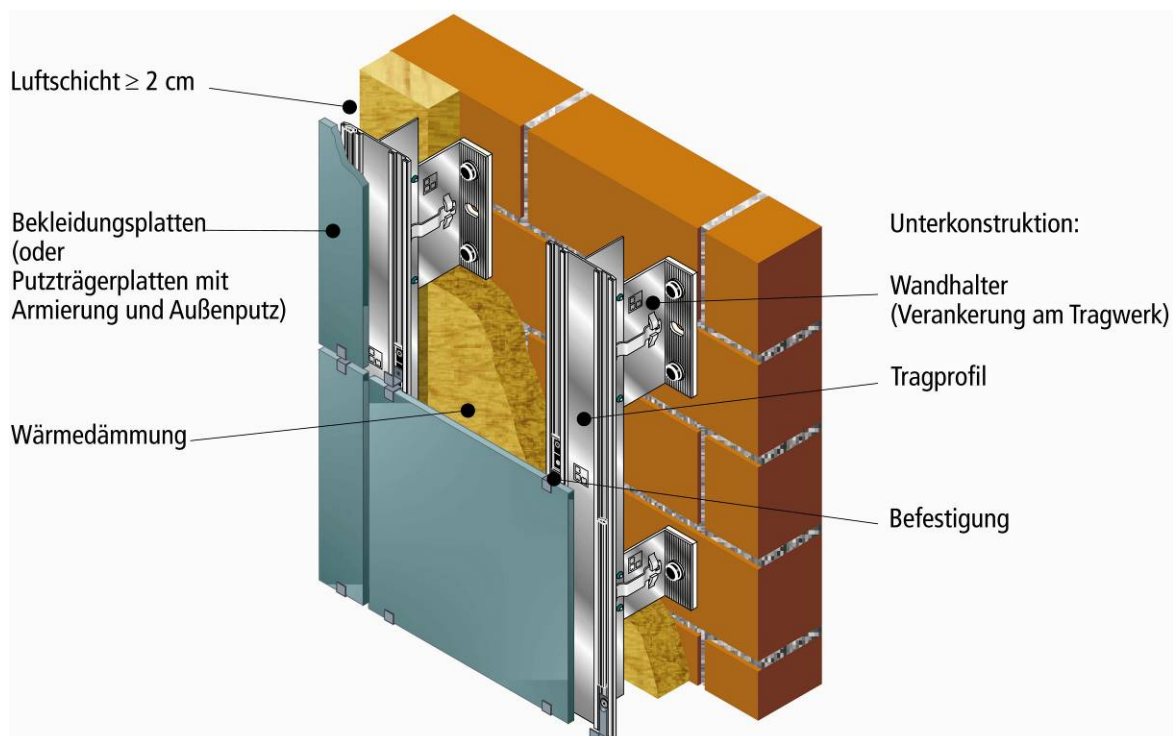
sind mit den relevanten Textstellen in Anhang 3 zusammengestellt. Wie bei der Internetrecherche konnten keine beste-

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

henden Patente zur spezifischen Forschungsthematik gefunden werden. Die ausführlichen Ergebnisse der Marktrecherche folgen als tabellarische Übersicht in Anhang 4.

### 3.1 Übersicht VH-Fassaden

Das System der vorgehängten hinterlüfteten (VH-) Fassade ist Stand der Technik (DIN 18516) und neben dem Projektpartner StoVerotec von vielen Herstellern auf dem Markt eingeführt.



**Abbildung 1** Aufbau der vorgehängten hinterlüfteten Fassade (VHF).  
Bild: BWM Dübel + Montagetechnik

Bei der VH-Fassade wird von außen nach innen unterschieden in Bekleidung (Wetterschale), Hinterlüftung (Luftschicht), Wärmedämmung und Unterkonstruktion (Abbildung 1). Neben den Bekleidungen aus Platten oder Tafeln mit Materialien wie z.B. faserverstärktem Harzkomposit, Faserzement, Keramik, Ziegel oder Metall stehen auch Trägerplattensysteme für individuelle Applikationen mit Putz, Glas, Keramik oder Metall zur Verfügung. Jedes Bekleidungs-element wird einzeln befestigt. Das geschieht durch Niet- und schraubenartige Verbindungen, Klammern, Clips, Kassettenbefestigungen etc. Rückseitige Agraffenhalterungen an der Trägerplatte ermöglichen eine verdeckte Befestigung und homogene farbige, glatte Fassadenoberflächen. Durch diese Elemente lassen sich moderne Hüllkonstruktionen mit den hohen Ansprüchen qualitätvoller Fassadensanierung vereinen.



**Abbildung 2** VH-Fassade mit irisierenden Glas-Kompositelementen (rückseitig befestigt) am Dienstleistungs- und Service-Center der GEWOGE, LUWOGES BASF GmbH in Ludwigshafen. Architekten: Allmann Sattler Wappner

Der Aufbau einer VH-Fassade ermöglicht die Optimierung der einzelnen Systemkomponenten hinsichtlich ihrer speziellen Aufgaben. Mit individuellen Dämmstoffdicken lassen sich Werte erzielen, die den Wärmeschutzstandard für Niedrigenergiehäuser erfüllen. Aufgrund der Hinterlüftung ist die VH-Fassade prinzipiell sehr gut für die Integration von PV-Modulen als (großformatige) Bekleidung geeignet. Sie erlaubt einfache elektrische Anschlusslösungen im nicht sichtbaren Bereich mit Standardanschlussdosen auf der Modulrückseite und einer Leitungsführung in der Ebene der Wärmedämmung. Zu Wartungs- und Reparaturzwecken sind die einzelnen Elemente gut zugänglich und schnell austauschbar.

### 3.2 Übersicht PV-Fassaden

In einer Reihe von Referenzprojekten kamen daher bereits PV-Module im herkömmlichen Verbundglasaufbau als stromerzeugende Fassadenbekleidung von VH-Fassaden zum Einsatz. Während bei älteren Fassadenprojekten noch verschiedenste Modulhersteller auftauchen, beschäftigt sich auf dem deutschsprachigen BIPV-Markt vorwiegend eine überschaubare Anzahl spezialisierter Hersteller mit dem Nischenmarkt PV-Fassaden. Dazu gehören beispielsweise Schüco, Scheuten Solar, Solarwatt, ertex Solar, 3S Swiss Solar Systems, GSS Gebäude Solar Systeme und eine wachsende Anzahl an Herstellern von Dünnschichtmodulen wie Schott Solar, Glaswerke Arnold, Würth Solar, Sulfurcell. Unter den Herstellern von kristallinen Solarzellen gibt es wenige Hersteller, die gezielt Produkte für die Gebäudeintegration anbieten,

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

z. B. transparente und farbige kristalline Zellen (Sunways, Ersol). Farbige PV-Module gibt es bislang nur in der kristallinen Technologie.

Unter den VH-Fassadensystemen fallen vier angepasste Systeme auf:

- Aluhit (Anbieter: Wyss Aluhit AG) wird seit vielen Jahren in Deutschland und in der Schweiz zur Befestigung von Glas/Folien-Laminaten und Doppelglasmodulen eingesetzt. Die Module werden mit eingeklippten Plattenhaltern an der Standard-VH-Fassadenkonstruktion befestigt. Es gibt zwar keine bauaufsichtliche Zulassung, aber aus einer Reihe von Beispielanlagen können statische Nachweise und bereits erteilte Zustimmungen im Einzelfall als Planungsgrundlage verwendet werden.
- Das VH-Fassadensystem der Fassadentechnik Schmidt GmbH hat nach einigen PV-Referenzprojekten eine Freigabe des Landesgewerbeamts, nach der für PV-Fassaden mit diesem System auf der Basis von DIN 18615 Teil 4 in Baden-Württemberg keine Zustimmung im Einzelfall mehr erforderlich ist. Die Glas/Folien-Module werden mit außen sitzenden Punkthaltern an die bis 100 m Gebäudehöhe statisch nachgewiesene Unterkonstruktion geklemmt. Die Firma Solar-Fabrik hat spezielle Fassadenmodule zum Einsatz in diesem System entwickelt, inzwischen aber mangels Nachfrage wieder vom Markt genommen.
- Voltarlux (Anbieter: Glaswerke Arnold) ist ein typgeprüftes VHF-System mit nachgewiesener Statik bis 100 m Gebäudehöhe und amorphen PV-Dünnschichtmodulen als Bekleidung. Die Doppelglas-Standardmodule auf der Basis von ASIOPAK-Rohmodulen (Hersteller: Schott Solar) werden zweiseitig linienförmig gehalten und haben dafür eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung.
- Solarwatt bietet spezielle Fassadenmodule an, die technisch auf das Glas-Befestigungssystem AL-Wall der Firma Längle Glas abgestimmt sind. Bisher gibt es allerdings noch keine Referenzprojekte.

Weiterhin wurden viele PV-Fassaden als Pfosten-Riegel-Konstruktionen des Fenster-, Fassaden- und Solar-System-

## **Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden**

anbieters Schüco sowie der Fa. Wicona Bausysteme realisiert. Daneben lassen sich Dachelemente auf der Basis von metallischen Profiltafeln (ThyssenKrupp-Solartec, Anbieter: Hoesch Contecna; Kalzip, Anbieter: Corus Bausysteme und Rheinzink Solar PV) mit auflaminierten Dünnschichtmodulen aus amorphem Silizium als Fassadenelemente einbauen.

Ähnlich wie das System Voltarlux nutzen die zu entwickelnden PV-Kompositelemente die Vorteile der VH-Fassade und der Photovoltaik-Dünnschichttechnologie, die im Vergleich zu herkömmlichen kristallinen Solarzellen unempfindlicher gegen schrägen Lichteinfall, hohe Temperaturen und Verschattungen und damit für die Gebäudeintegration besonders prädestiniert sind. Als wesentliche Verbesserung entfällt jedoch der Glaseinstand üblicher punkt- oder linienförmiger Klemmhalterungen durch die verdeckte Befestigung an der Rückseite. Stattdessen ergibt sich eine optisch homogene und uneingeschränkt zur Energieerzeugung nutzbare Vorderseite. Eine weitere Neuerung ist die flexible Farb- und Oberflächengestaltung.

### **3.3 Baurechtliche Rahmenbedingungen**

Photovoltaikanlagen sind bauliche Anlagen im Sinne des Baurechts und unterliegen den baurechtlichen Vorschriften. Gemäß den Landesbauordnungen dürfen die Anlagen die öffentliche Sicherheit und Ordnung nicht gefährden. Bauprodukte und Bauarten dürfen nur verwendet werden, wenn die baulichen Anlagen bei ihrer Verwendung während der zweckmäßigen Zeitdauer die baurechtlichen Anforderungen erfüllen und gebrauchstauglich sind. Während PV-Anlagen üblicher Bauart, die keine besonderen konstruktiven Aufgaben zu erfüllen haben – beispielsweise auf Dächern oder Freiflächen –, als sonstige Bauprodukte gelten und keinen Verwendbarkeitsnachweis erfordern, ergibt sich eine völlig andere Ausgangslage, wenn PV-Module in eine tragende Glaskonstruktion eingesetzt werden. Zu den Bauarten aus Glas (mit und ohne Solarzellen), die bauaufsichtliche Anforderungen erfüllen müssen, zählen vor allem Überkopfverglasungen (Dächer, Sonnenschutzlamellen), Vertikalverglasungen (Fassaden, Fenster), absturzsichernde Verglasungen (Fassaden, Brüstungen), Structural-Glazing-Fassaden und zu Reinigungs- und Wartungsarbeiten betretbare Verglasungen (Dächer).

Für Glaskonstruktionen gibt es bauaufsichtlich eingeführte Normen und Ausführungsregeln. DIN 18516 Teil 4: „Außenwandbekleidungen, hinterlüftet; Einscheiben-Sicherheitsglas; Anforderungen, Bemessung, Prüfung“ behandelt Bekleidungen aus Glas für VH-Fassaden, während die Unterkonstruktion in Teil 1: „Anforderungen, Prüfgrundsätze“ dieser Norm geregelt ist. Weiterhin sind die Technischen Regeln für die Verwendung von linienförmig gelagerten Verglasungen (TRLV) und die Technischen Regeln für die Verwendung von absturzsichernden Verglasungen (TRAV) sowie demnächst die Technischen Regeln für die Verwendung von punktförmig gelagerten Verglasungen (TRPV)<sup>3</sup> maßgeblich. DIN V 11535 Teil 1: „Gewächshäuser; Ausführung und Berechnung“ ist für PV-Elemente bisher von untergeordneter Bedeutung.

Für die genannten technischen Bestimmungen gilt, dass ohne gesonderten Nachweis nur geregelte Bauprodukte eingesetzt werden dürfen. Bauelemente mit Solarzellen sind bis auf wenige den TRLV entsprechende Ausnahmen<sup>4</sup> nicht geregelte Bauprodukte, weil sie von den technischen Regeln in der Bauregelliste A des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) abweichen. Der Umgang mit nicht geregelten Bauprodukten wird in der Landesbauordnung geregelt. In der Regel ist die Verwendbarkeit von ungeregelten Bauprodukten und Bauarten durch eine Zustimmung im Einzelfall (ZiE) oder eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (abZ) bzw. eine Europäische Technische Zulassung (ETZ) mit eventuell nationalen Verwendungsbeschränkungen nachzuweisen. Eine Zustimmung im Einzelfall wird von der obersten Bauaufsicht erteilt. Eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung kann beim DIBt beantragt werden [IBKr]. Im Rahmen solcher Zustimmungs- oder Zulassungsverfahren werden häufig experimentelle Nachweise erforderlich. Der komplizierte Genehmigungsprozess sowie der zusätzliche Zeit- und Kostenaufwand erwiesen sich in der Vergangenheit als Barriere für den Einsatz der ohnehin kostenintensiven Photovoltaiktechnologie in der Fassade.

---

<sup>3</sup> Die TRPV ist in wenigen Bundesländern bereits gültig und wird voraussichtlich im Laufe des Jahres 2008 flächendeckend eingeführt.

<sup>4</sup> PV-Module können als „Verbundglas mit sonstigen Zwischenschichten“ betrachtet werden. Wenn keine weiteren Anforderungen gestellt oder im Überkopfbereich engmaschige Netze untergespannt werden, entsprechen sie damit den technischen Regeln, ebenso wie Isolierglasmodule mit VSG oder Drahtglas als Innenscheibe oder im Dreifachglasaufbau mit VSG als rückseitiger Abdeckung.

## **Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden**

In Anbetracht der Vielfalt an Konstruktionen und der selbst im konventionellen Glasbau noch unzureichenden Bauregeln werden sich PV-Elemente auf absehbare Zeit nicht als geregelte Bauprodukte etablieren. Die der TRLV entsprechenden Verbundglasaufbauten sind für die PV-VH Kompositelemente nicht anwendbar. Der Weg über Produktzulassungen erscheint daher kurz- und mittelfristig die beste Lösung, denn eine ZiE gilt nur für den Einzelfall und ist für jedes Projekt gesondert zu erwirken, wohingegen die abZ für den allgemeinen Anwendungsfall eines Produkts oder einer Produktfamilie erteilt werden kann. Für eine spätere Markteinführung der Prototypen wäre deswegen eine abZ anzustreben. Geeignete Prüfverfahren sollen im Projektverlauf untersucht werden.

Ähnlich sind Photovoltaikmodule hinsichtlich des Brand-schutzes nicht charakterisiert und definiert. Je nach ihrem Einsatz müssen Fassadenelemente bestimmte Anforderungen erfüllen. Als Nachweis sind geregelte Bauprodukten nach Bauregelliste A Teil 1 im Rahmen des Übereinstimmungs-nachweises klassifiziert. Bei nicht geregelten Bauprodukten sind das Brandverhalten und die Feuerwiderstandsfähigkeit durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder durch ein allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis auf der Grundlage von Brandversuchen nachzuweisen. Mit den Prüfergebnissen aus Brandversuchen können Bauprodukte und Bauarten nach DIN EN 13501 klassifiziert werden. Eine Klassifizierung ohne Prüfung (Brandversuche) ist für PV-Elemente mangels versuchstechnischer Erfahrung nicht möglich. Im Rahmen des Projekts könnten Brandversuche am Prototypen nach bauaufsichtlich anerkannten Prüfverfahren als erste Basis für eine Einordnung dienen.

### **4 Produkterforschung: Weiterentwicklung der PV-Dünnschichttechnologie**

#### **4.1 Architektonische Kriterien**

Farbe ist das wesentliche architektonische Kriterium. Priorität hat eine weitestgehend monochrome Farbigekeit von Fassadenelementen und auch „Nicht-Farben“ wie weiß und schwarz sind gefragt.

Die Aufgabe und Funktion von Farbe im Städtebau, wie auch ihre Wirkung, sind vielfältig. Die Wahl der Farbe kann die Orientierung, Ästhetik, Stimmung und Lesbarkeit beeinflussen. Als Gestaltungselement ist Farbe vielseitig einsetzbar; sie



erlaubt es, Akzente zu setzen und gezielt Ein- und Ausblicke zu betonen.



**Abbildung 3** "Colorium" in Düsseldorf von Alsop Architekten

Viele Fassaden erlangen erst durch Farbe ihre Plastizität, da in unseren Breiten das Licht allein oft nicht ausreicht, um das Plastische eines Gebäudes hervorzuheben. Der Einsatz von Farbe kann Gebäude und damit den Stadtraum dynamischer und vieldimensionaler machen – wie das "Colorium" in Düsseldorf von Alsop Architekten. Auch können farbige Fassadenelemente eine unterschiedliche Tag- und Nachtwirkung hervorrufen, beispielsweise beim IDEA-Store in London von David Adjaye.

Jedoch sollte „Farbe in der Architektur nicht bloße, aufgesetzte Verzierung sein, auch nicht etwas, was noch hinzukommt, wenn alles andere schon gerichtet ist“, sondern vielmehr der Ausdruck „stimmiger Relationen und Wechselwirkungen zwischen Farbe, Form, Material und Funktion.“, so Gerhard

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

Schweizer, Professor für gestalterische Grundlagen an der Fachhochschule Darmstadt.



**Abbildung 4** IDEA-Store in London von David Adjaye

Ein stimmiges Farbkonzept kann einem Ort auch eine Identität geben, wie der IDEA-Store in London zeigt: die farbigen Glaspaneele wirken als Blickfang nicht nur einladend, sein unverwechselbares Äußeres fördert auch die Identifikation der Nutzer mit dem Ort. Darauf setzen auch die Architekten Mansilla & Tunon beim Musac Kulturzentrum in Leon. Durch eine ausgefeilte Farbplanung erhält der Gebäudekomplex die nötige Ensemblewirkung, aus der Menge der Gebäude wird ein Ganzes.



**Abbildung 5** Musac Kulturzentrum in Leon von den Architekten Mansilla & Tunon

Nicht zuletzt kann Farbe die Lesbarkeit architektonischer Zusammenhänge eines Gebäudes unterstützen und als Kommunikationssystem Informationen übermitteln – wie bei

der Polizei- und Feuerwache der Architekten Sauerbruch und Hutton in Berlin.



**Abbildung 6** Polizei- und Feuerwache in Berlin von Sauerbruch Hutton

### 4.2 Baukonstruktive und bauverfahrenstechnische Kriterien

#### Baukonstruktive Kriterien

Folgende Kriterien sind bei der Errichtung einer vorgehängten hinterlüfteten Fassade von Interesse, die zugehörigen Nachweise müssen entsprechend eingehalten werden:

- Befestigung (Lagerung) der Fassadenelemente  
Die Standsicherheit, die Gebrauchstauglichkeit und die Langlebigkeit der Fassade muss durch die Wahl geeigneter Materialien, Anordnungen und Ausbildungen der Bestandteile der Fassadenkonstruktion gewährleistet sein. Die Befestigung muss dabei zwängungsfrei ausgebildet werden und Bauteilbewegungen aus Tem-

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

peratureinwirkungen, Quellen, Schwinden, Bauwerks- und Baugrundbewegungen ausgleichen können.

- **Detailausbildung**  
Die Details einer vorgehängten hinterlüfteten Fassade müssen so ausgebildet werden, dass die Langlebigkeit gesichert ist. Die Abdichtung, die ausreichende Belüftung sowie der Bewegungs- und Toleranzausgleich sind in der Ausführungsplanung zu beachten.
- **Größe (Geometrie)**  
Die Geometrie der Bekleidungselemente bestimmt nicht nur die gestalterische Qualität der Fassade, sondern ist auch ein wichtiges Kriterium für die konstruktive Ausbildung der Fassade.
- **Brandschutz**  
Die jeweiligen Anforderungen der Landesbauordnung an die Baustoffe und die Bauteile sind Kriterien für die Wahl, die Anordnung und die konstruktive Ausbildung.
- **Korrosionsschutz, Schädlingen, Verschmutzung**  
Korrosionsschutz, Schutz vor der Ansiedlung von Schädlingen und vor Verschmutzung müssen konstruktiv und durch geeignete Materialien gewährleistet sein.
- **Elektrischer Anschluss**  
Speziell für fassadenintegrierte PV-Module ist die Anordnung der Verkabelung und der Anschlüsse zu beachten.

### **Bauverfahrenstechnische Kriterien**

Folgende Kriterien bestimmen den Bauablauf und das Bauverfahren maßgeblich mit und müssen bei der Kosten- und der Zeitkalkulation Beachtung finden:

- **Allgemeine Kriterien**  
Der Ablauf jeder Baumaßnahme wird durch die Flexibilität, Witterungsabhängigkeit und Mengensicherheit sowie zu beachtende Schnittstellen bestimmt.
- **Montage**  
Material, Größe und Anordnung der Fassadenbestandteile sind ebenso Kriterium für den Bauablauf, wie die Beschaffenheit des tragenden Untergrunds. Die Dauer der Montage hängt von dem Vorfertigungsgrad, der Montagezeit und der erforderlichen Nacharbeiten ab.

Logistische Aufgaben wie rechtzeitige Anlieferung und günstige Lagerungsmöglichkeiten erleichtern die Montage. Der Aufwand wird zum Beispiel durch notwendige Schutzfolien, viele Schnittstellen, die Komplexität der Verkabelung von PV-Modulen, notwendige Gerüste und Hebezeug erhöht.

Bei der Anwendung verschiedener Fassadensysteme nebeneinander erhöht sich der Montageaufwand, wenn die einzelnen Systeme nicht konform, d.h. kombinations- bzw. substituionsfähig sind und die Übergänge komplizierte Details voraussetzen.

- **Nutzung**  
Die wirtschaftliche Nutzung eines Gebäudes einschließlich des Facility Managements ist ebenfalls Kriterium.
- **Abbruch und Entsorgung**  
Wie die Nutzung gehört auch der Abbruch und die Entsorgung nach Ablauf der Lebensdauer eines Gebäudes oder Gebäudeteils zu den bauverfahrenstechnischen Kriterien. Die Kosten und der energetische Aufwand für den Rückbau, die Trennung der Materialien und die Entsorgung sind zum Teil erheblich.

### 4.3 Physikalische und elektrotechnische Kriterien

Von Interesse beim Aufbau eines flächig geklebten PV-Moduls sind folgende Parameter:

#### Physikalische Kriterien

- **Temperaturbereich**  
Erlaubt die Abschätzung der Einsetzbarkeit der zu verwendenden Materialien im vorgesehenen Temperaturbereich.
- **Längenausdehnungskoeffizient der zu verbindenden Elemente**  
Falls sich diese Werte zu stark unterscheiden, kann im Betriebstemperaturbereich der Fall auftreten, dass die zulässigen Scher- und Schubkräfte in der verbindenden Klebschicht überschritten werden und es kann zu einem Versagen der Klebung kommen. Weiterhin kann mit Hilfe dieses Wertes in Verbindung mit dem zu erwartenden Temperaturbereich die zwängungsfreie Lagerung der Elemente berechnet werden.

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

- U-Wert und Stärke der Trägerplatte sowie des Klebers  
Mit diesen Werten lässt sich die zu erwartende Temperaturerhöhung des Moduls abschätzen.

### Elektrotechnische Kriterien

- Temperaturkoeffizient der Modulspannung im Leerlauf und im Punkt maximaler Leistung  
Dieser Wert ermöglicht in Verbindung mit der maximal und minimal auftretenden Modultemperatur die Angabe des Betriebsspannungsbereichs und gegebenenfalls eine Anpassung der Abstimmung zwischen PV-Generator und Wechselrichter.
- Temperaturkoeffizient der Modulleistung im Punkt maximaler Leistung  
Mithilfe dieses Parameters lässt sich mit der aus dem Datenblatt bekannten Leistung unter Standardtestbedingungen (STC) die Leistung unter real auftretenden Betriebstemperaturen berechnen und die Ertragsverluste infolge der wärmedämmenden Trägerplatte ermitteln.

### 4.4 Analyse farbiger Dünnschicht-PV-Module im Labormaßstab

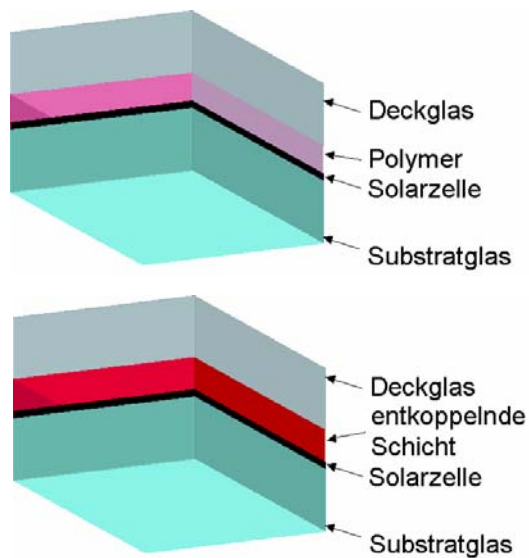
Die zu Beginn des Projektes aus dem Forschungsprojekt BIPV-CIS vorliegenden Farbmodule auf der Grundlage der Dünnschichttechnologie mit CIS für den Einsatz in Pfosten-Riegel-Konstruktionen erwiesen sich für die bei der Vorhangfassade vorgesehenen vollflächigen Klebungen als zu inhomogen im Randbereich.

Beim konventionellen Modulaufbau ergibt sich durch die Lamination des Deckglases mittels einer Polymerfolie aufgrund der guten optischen Ankopplung an die möglichst dunklen Solarzellen auch ein annähernd schwarzer Gesamteindruck annähernd unabhängig von der Farbe des Frontglases. Lediglich ein minimaler Farbstich ist noch sichtbar.

Beim optisch entkoppelten Modul liegt zwischen Solarzelle und Deckglas eine Schicht mit stark von den benachbarten Schichten abweichendem Brechungsindex. Dies führt zu einer optischen Entkopplung des Frontglases und damit entsteht ein wesentlich kräftigerer Farbeindruck als bei laminierten Solarmodulen. Das Konzept bei diesen farbigen Modulen ist in Abbildung 7 dargestellt.



## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden



**Abbildung 7** Vergleich von konventionellem Modul und optisch entkoppeltem Modul

### Luft als entkoppelnde Schicht

Die entkoppelnde Schicht kann im einfachsten Fall Luft sein. Dabei wird anstelle der Lamination des Deckglases ein eingefärbtes Deckglas über Abstandshalter im Randbereich vergleichbar einem Isolierglasaufbau quasi schwebend über der eigentlichen Solarzellenschicht gehalten. Im Randbereich ist allerdings keine Entkopplung möglich, da dort das Deckglas physikalisch mit dem Rand verbunden ist. Demnach wird dort stets ein von der übrigen Fläche unterschiedlicher Farbeindruck entstehen, der auch trotz möglicher Einfärbung des Randverbunds wegen der winkel- und beleuchtungsabhängigen Intensität des Farbeindrucks des entkoppelten Bereichs nicht völlig verschwinden kann.



**Abbildung 8** Verschiedene optisch entkoppelte Module mit sichtbarem Randbereich (hier mit transparentem Doppelklebeband als Abstandshalter)

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

Die Farbigkeit des Frontglases hat eine Reduktion der Transmission zur Folge und beträgt bei den vorgestellten Modulen noch 92 bis 65 % derjenigen von eisenarmem Floatglas.

Als weitere Schwierigkeit bei der Verwendung dieser Technologie stellte sich der Kraftfluss durch diesen Aufbau dar. Da keine die Modulkanten umfassenden und damit sichtbaren Halteelemente eingesetzt werden sollten, wäre die gesamte Gewichtskraft des Deckglases über den Randverbund abzutragen gewesen. Ein erfolgreicher Nachweis der Standfestigkeit dieser Konstruktion wurde von den Projektpartnern als zu risikoreich eingestuft und daher verworfen.

Als weitere Möglichkeit für eine verteilte Krafteinleitung bietet sich ein fein strukturierter Klebstoffauftrag beispielsweise in Linien- oder Punktform an. Gleichzeitig könnte dieser Klebstoff kräftig eingefärbt sein und würde auch in Verbindung mit einem ungefärbten Deckglas einen Farbeindruck erzielen.

Daher wurde ein von der Firma DELO empfohlener kationischer Epoxydharzklebstoff, wie er auch für den Verguss von organischen LEDs verwendet wird, zunächst in der kommerziell erhältlichen transparenten Ausführung auf seine grundsätzliche Eignung hinsichtlich Haftvermögen und hohem Wasserdampfdiffusionswiderstand untersucht.

Dazu wurde ein Mustermodul mit einer Randversiegelung aus DELO KATIOBOND LP651 im Feuchte-Wärme-Test (85 °C / 85 % relative Feuchte) eingelagert. Eine erste Kontrollmessung unter dem Sonnensimulator nach 250 Stunden zeigte eine praktisch unveränderte Leistung innerhalb der Messgenauigkeit. Allerdings kam es nach 500 h zu einem völligen Zusammenbruch der Klebung. Es waren Undichtigkeiten, Feuchte und Korrosion im Modulinneren zu sehen (Abbildungen 9 und 10). Zu erklären ist dies mit einer anfänglichen leichten Schrumpfung während des Aushärtens und einer klebstoffbedingten Reißdehnung von 10 %.





**Abbildung 9** Eingedrungene Feuchtigkeit als sichtbarer Niederschlag im Randbereich nach 500 h im Feuchte-Wärme-Test



**Abbildung 10** Korrosionserscheinungen auf dem Halbleiter durch eingedrungene Feuchtigkeit im Randbereich nach 500 h im Feuchte-Wärme-Test als irisierende Streifen parallel zur Außenkante sichtbar

Der bei kleinen Anwendungsgrößen im industriellen Maßstab bestens bewährte Klebstoff scheidet bei den hier erforderlichen großen Formaten aufgrund seines Schrumpfverhaltens aus.

Aufgrund der Ergebnisse dieser Voruntersuchungen wurde dieser Pfad zur Herstellung eines Prototyps nicht weiter verfolgt.

### **Zusätzliche Schicht zur optischen Entkopplung**

Eine weitere Möglichkeit zum Erreichen einer optischen Entkopplung ist das Einbringen einer zusätzlichen Schicht mit abweichendem Brechungsindex. Dazu wurden am ZSW mehrere Deckgläser halbseitig mit Zinkoxid beschichtet, welches durch Sputtern erzeugt wurde. Anschließend wurden Muster laminiert (Abbildung 11). Durch die flächige Lamination entfällt der im vorhergehenden Kapitel geschilderte Nachteil des ungünstigen Kraftverlaufs. Allerdings ist auch bei dieser Variante ein elektrotechnisch erforderlicher Randbereich

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

vorhanden, bei welchem alle leitenden Schichten entfernt wurden. Um diesen optisch zu beseitigen, ist ein zusätzlicher Bedruckungsschritt erforderlich.

Die Intensität des optischen Effektes ist wiederum abhängig vom Blickwinkel und von der Beleuchtungssituation, weshalb auch diese Variante von den Projektpartnern nicht weiterverfolgt wurde.



**Abbildung 11** Zwei Modulmuster mit flächig laminiertem farbigem Deckglas. Die im Bild jeweils obere Hälfte ist mit einer höherbrechenden Zinkoxidschicht beschichtet. Dort ist die Farbe des Deckglases gut wahrzunehmen.

### Verwendung von hoch reflektierenden Gläsern

Als vierte Möglichkeit wurde der Einsatz dichroitisch beschichteter Gläser untersucht. Dichroitische Gläser reflektieren Teile des Sonnenspektrums und transmittieren den verbleibenden Teil. Sie weisen keine Absorption auf. Die Farbe ändert sich mit dem Betrachtungswinkel und dem Einstrahlungsspektrum.

Am ZSW wurden Modulmuster mit diesen Gläsern hergestellt. Dabei wurden Gläser von SCHOTT der Marke NARIMA Blau/Gold, Grün/Gold, Blau/Grün und Grün sowie MIRONA untersucht.

Produkt	NARIMA Blau/Gold	NARIMA Blau/Grün	NARIMA Grün	MIRONA
Transmission energetisch bezogen auf die Spektralempfindlichkeit von CIS	49,3 %	53,4 %	53,9 %	72,4 %

**Tabelle 3** Verwendete Gläser von SCHOTT und zugeordnete Transmission bezogen auf die Spektralempfindlichkeit von CIS.

Die doppelte Farbangabe bezieht sich auf die Durchsicht sowie Draufsicht.

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

Der Farbeffekt ist sehr intensiv. Eine Veränderung des Betrachtungswinkels führt zu einer Veränderung der Farbe, nicht aber der Intensität (Abbildung 12).

Aus Abbildung 12 wird ersichtlich, dass der Randbereich eine untergeordnete Rolle spielt. Obwohl die schräg einfallende Sonne den im Muster durchsichtigen Randbereich durchstrahlt, und damit bei direkter Betrachtung weiß erscheinen würde, ist dessen Kontur durch das NARIMA Glas nur noch sehr schwach zu erkennen. Bei einer Schwärzung des Randbereichs, selbst wenn das Schwarz nicht exakt dem der Solarzelle entspräche, wird von vorne kein Unterschied mehr zu sehen sein.

Die Abbildungen 14 bis 16 zeigen weitere Farben.



**Abbildung 12** Modulmuster mit dichroitisch beschichtetem Deckglas NARIMA Blau/Gold unter verschiedenen Betrachtungswinkeln.



Abbildung 13 Deckglas NARIMA Blau/Gold, Detail Ecke.



Abbildung 14 Deckglas NARIMA Blau/grün.



## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden



**Abbildung 15** Deckglas NARIMA  
Grün.



**Abbildung 16** Deckglas NARIMA  
Grün, Randdetail.



**Abbildung 17** Deckglas MIRONA.

Ergänzend wurde von SCHOTT noch eine semitransparent verspiegelte Glasscheibe (MIRONA) geliefert. Das Resultat ist

in Abbildung 17 zu sehen. Der Randbereich ist entsprechend stärker zu sehen, aber auch hier sollte eine separate Schwärzung möglich sein. Für größere Mengen besteht von Seiten des Herstellers die Möglichkeit, die Transmission/Reflexion der beidseitig beschichteten Scheibe anzupassen, um die Transmission zu erhöhen. Bei niedriger Reflexion wird dann natürlich das PV-Modul hinterliegend zu sehen sein.

Zum Einsatz im Freien gibt es von SCHOTT noch keine belastbare Aussage. Der Hersteller empfiehlt einen Einsatz nicht in direktem Außenkontakt, da diese Gläser im Salzsprühnebeltest momentan nicht ganz die Werte von etablierten Architekturgläsern erreichen. Es könnten leichte Farbveränderungen auftreten, deren Relevanz für die Photovoltaikanwendung noch beurteilbar ist. Dazu wären Zeitraffertests notwendig, um die Scheiben speziell für diesen Einsatz neu zu bewerten.<sup>5</sup> Salzsprühnebeltests waren im Rahmen des Projektes nicht vorgesehen und müssten gegebenenfalls extern durchgeführt werden.

Als eine Alternative zur optischen Entkoppelung wurde das Deckglas des PV-Moduls modifiziert (anorganisch beschichtet). Die Mustermodule, die im Labormaßstab hergestellt wurden, versprachen die besten Ergebnisse, was ihre visuellen Qualitäten angeht (vgl. 4.4). Als Benchmark für ihre weitere Entwicklung wurden Wirkungsgradeinbußen von max. 30 % festgelegt.

### **4.5 Prototyp eines farbigen Dünnschicht-PV-Moduls für VH-Fassaden**

Zur Feststellung, welche Farben für eine PV-VH-Fassade in Frage kommen, ohne signifikante Ertragseinbußen gegenüber herkömmlichen schwarzen CIS-Modulen zu provozieren, wurden verschiedenfarbige Prototypen hergestellt. Zusätzlich variierte der Hersteller die Farbintensität. Die Abbildung 18 zeigt jeweils ein grünes, ein blaues und ein rotes Modul. Als vierte Variante wurden gelbe Module in unterschiedlichen Abstufungen getestet.

---

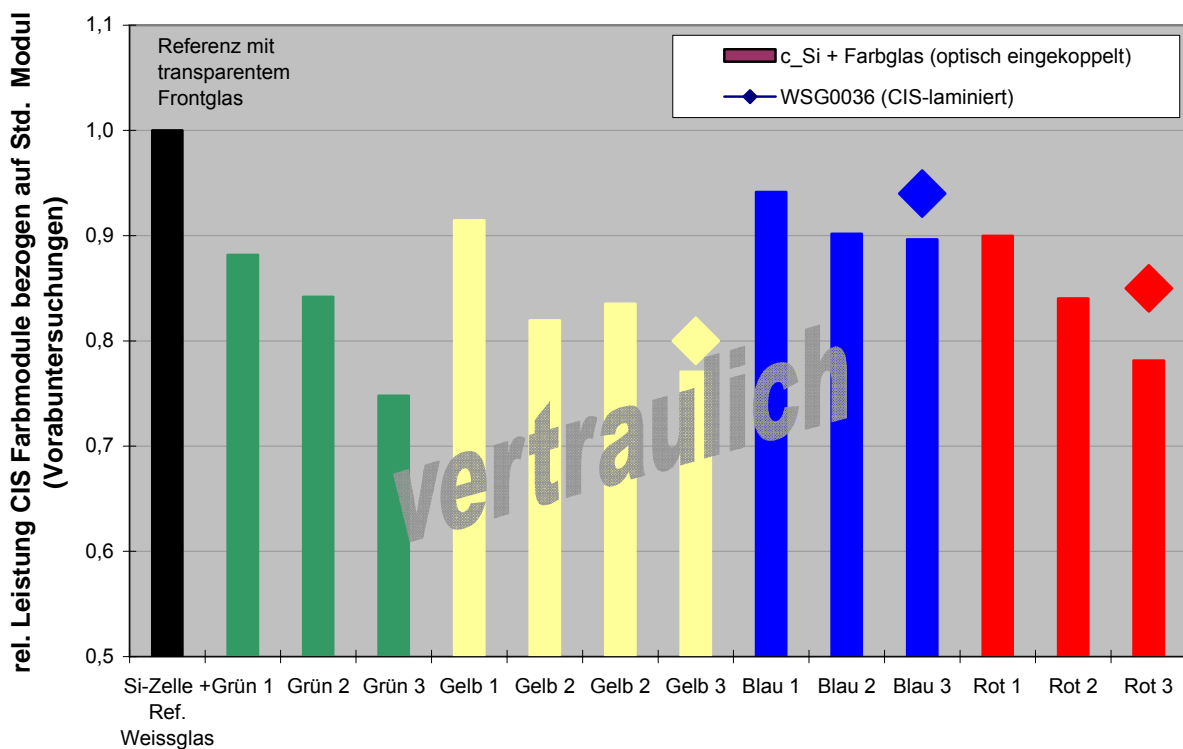
<sup>5</sup> Email von Dr. Marten Walther, Fa. SCHOTT, am 21.11.2007

# Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden



**Abbildung 18** hergestellte Prototypen der farbigen Dünnschicht-PV-Module für VH-Fassaden

Die möglichen Leistungen der unterschiedlichen Dünnschicht-PV-Module wurden mittels einer Strommessung ermittelt und verglichen. In dem Diagramm der Abbildung 19 ist der gemessene relative Strom eines herkömmlichen, schwarzen Referenzmoduls den gemessenen Erträgen der Prototypen verschiedener Farben und Farbintensitäten gegenübergestellt.



**Abbildung 19** Vergleich der Leistungsverluste verschieden farbiger Module mit einem schwarzen Referenzmodul



links: Zusätzlich zu dem Farbwechsel gibt es Unterschiede in der Farbintensität



## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

Es wird deutlich, dass der Leistungsverlust sich bei den blauen Modulen am wenigsten bemerkbar macht. Bei ihnen ist auch bei intensiver Färbung relativ zu dem Referenzmodul lediglich ein Leistungsabfall von bis zu 10 % zu erwarten.

Bei wenig intensiver gelber Farbe ist der Leistungsverlust geringer als bei den roten Modulen. Bei intensiver Färbung liegt die Leistung der roten Module knapp vor der Leistung der gelben. Die grünen Module schneiden bei jeder Intensität am schlechtesten ab, ein wenig intensives Grün liegt aber besser als das mittlere Gelb und Rot.

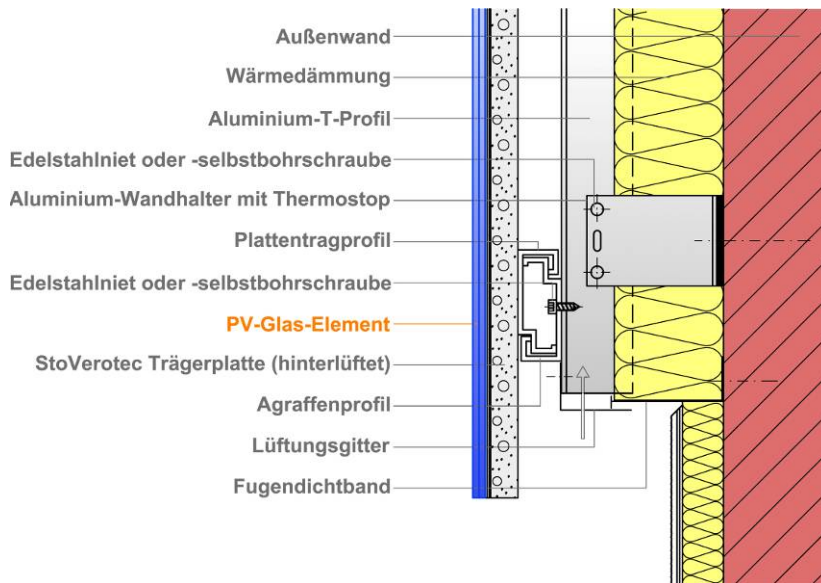
### 4.6 Prototyp eines VH-Fassaden-Elementes mit farbigem Dünnschicht-PV-Modul

Bisher wurden drei Prototypen gemäß den Herstellrichtlinien des Produktsystems StoVerotec Glas in der Anwendungstechnik hergestellt und in ein provisorisches Fassaden-Mock-up eingebaut (Abbildung 20). Die Ausrichtung der PV-Module und der VH-Fassadenelemente soll sowohl im Hochformat als auch im Querformat möglich sein, um den architektonischen Ansprüchen zu genügen. Abbildung 21 zeigt einen systematischen Schnitt durch die Fassadenkonstruktion.



**Abbildung 20** Prototypen der VH-Fassaden-Elemente mit Dünnschicht-PV-Modul neben herkömmlichen VH-Fassaden-Elementen in verschiedenen Farben





**Abbildung 21** Systematischer Schnitt (Prinzipiskizze) durch die Fassadenkonstruktion

Als noch zu klärende Details erwiesen sich eine wartungsfreundliche Befestigung, die auch eine schnelle Demontage beschädigter PV-Module erlaubt, sowie die Kabelführung und elektrische Verbindung der Elemente. Unproblematisch erwies sich die Lage der Anschlussdose. Aufgrund der geringen Stückzahl kann jedoch noch keine Aussage über Vorteile und Defizite des Kompositpaneels mit appliziertem PV-Modul gemacht werden.

## 5 Experimentelle Untersuchungen am Prototypen

### 5.1 Bauklimatisches Verhalten

#### Temperaturverhalten

Bei Langzeitmessungen auf dem Testgelände des ZSW in Widderstall sind für frei aufgeständerte CIS-Module bei Südausrichtung und 40° Neigung gegenüber der Horizontalen Maximaltemperaturen von 68 °C registriert worden. Aus Versuchen mit rückseitig aufgelegten Styroporplatten kann von einer zusätzlichen Temperaturerhöhung von 10 bis 12 K ausgegangen werden. Bei senkrechtem Einbau, wie er für Fassaden typisch ist, beträgt diese Temperaturerhöhung insbesondere während der kritischen Sommermonate aufgrund des ungünstigeren Sonneneinfallswinkels rund die Hälfte. Damit ergibt sich für auf Glasschaumplatten aufgeschichtete CIS-Module bei senkrechter Einbausituation in Mitteleuropa eine Betriebstemperatur von rund 75 °C. Dies liegt immer noch im Prüfbereich der DIN EN 61646, welche Tem-

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

peraturen von  $-40\text{ °C}$  bis  $+85\text{ °C}$  zugrunde legt, sowohl für Tests bei konstanten Bedingungen ( $+85\text{ °C}$  bei 85 % relativer Feuchte) als auch bei Wechselbeanspruchung ( $-40\text{ °C}$  bis  $+85\text{ °C}$  bei 85 % relativer Feuchte oberhalb von  $25\text{ °C}$ ).

### 5.2 Elektrotechnisches Verhalten

Der Modulhersteller gibt für die Standardmodule und die modifizierten Module mit farbigen Deckgläsern folgende elektrische Kennwerte an:

Würth Solar GmbH & Co.KG	Standardmodul	Frontglas rot, gelb, grün (vorläufige Werte)	Frontglas blau (vorläufige Werte)	Einheit
Zelltyp	CIS	CIS	CIS	
Einsatzbereich	außen	außen	außen	
<b>Elektrische Daten bei Standardtestbedingungen (STC): <math>1000\text{ W/m}^2</math>, AM 1,5, <math>T = 25\text{ °C}</math></b>				
Nennleistung $[P_{\max}]$	75,0	60,0	71,3	W
Spannung im MPP $[U_{\text{MPP}}]$	34,0	34,0	34,0	V
Strom im MPP $[I_{\text{MPP}}]$	2,2	1,8	2,1	A
Leerlaufspannung $[U_{\text{oc}}]$	43,1	43,1	43,1	V
Kurzschlussstrom $[I_{\text{sc}}]$	2,4	1,9	2,3	A
Leerlaufspannung bei $-10\text{ °C}$	47,5	47,5	47,5	V
MPP-Spannung bei $+70\text{ °C}$	28,6	28,6	28,6	V

**Tabelle 4** Datenblattangaben unterschiedlich farbiger CIS-Dünnschichtmodule

Eine Erhöhung der Zelltemperatur, verursacht durch Umgebungstemperatur und Sonneneinstrahlung, führt zu einer Reduzierung der Ausgangsleistung bei CIS-Modulen von rund  $-0,45\text{ \%/K}$ . Dieser Wert ergibt sich aus den Einzeltemperaturkoeffizienten für Strom und Spannung, welche für die einzelnen Technologien unterschiedlich sind.

Bei senkrechter Einstrahlung ergibt sich für hinterlüftete CIS-Module eine Temperaturerhöhung von rund 35 K über die Umgebungstemperatur, für isolierte senkrecht eingebaute Module rund 40 K.

Bezugstemperatur für die Datenblattangaben ist eine Zelltemperatur von  $25\text{ °C}$ . Diese ergibt sich aus der Notwendigkeit, beim Modulhersteller eine leicht reproduzierbare Messung unter dem Sonnensimulator durchführen zu können.

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

Geht man von einer Modultemperatur von 70 °C mit dem im Projekt vorgesehen Elementaufbau aus von senkrecht verbauten CIS-Modulen, welche flächig auf Glasschaumplatten geklebt sind, so führt dies zu einer Temperaturdifferenz von 45 K gegenüber den Datenblattangaben bei Standardtestbedingungen (25 °C, Sonnenspektrum AM1,5 und 1000 W/m<sup>2</sup> Einstrahlung). Mit dem genannten Temperaturkoeffizienten reduziert sich die Modulleistung um rund 20,25 % gegenüber den Datenblattangaben. Die Nennbetriebsspannung geht dabei um etwa 16 % zurück.

### 5.3 Mechanisches Verhalten

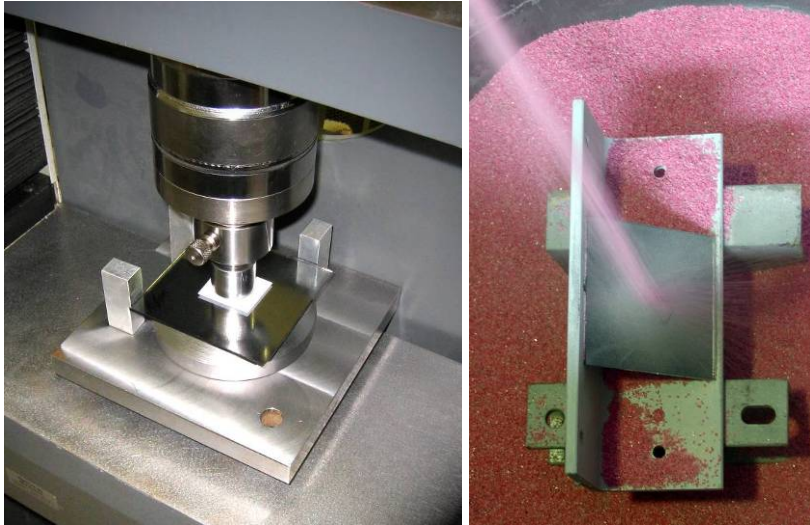
Die Photovoltaikmodule der Firma Würth Solar bestehen aus zwei je 3 mm dicken Floatglasscheiben, die durch eine 0,75 mm dicke polymere Zwischenfolie aus EVB miteinander verbunden sind. Die dem Sonnenlicht zugewandte Deckscheibe dient dem Witterungsschutz und ist unbehandelt, während die Rückscheibe vollflächig mit den unterschiedlichen Schichten der Kupfer-Indium-Diselenid (CIS) Dünnschichtsolarzelle inklusive ihrer Kontakte beschichtet ist.

Einige bautechnisch relevante mechanische und physikalische Kennwerte lassen sich aus dem bekannten Verhalten von Glas ableiten, wenn keine wesentlichen Unterschiede zwischen PV-Modul und Glas bestehen. So können wegen der geringen Schichtdicke der metallischen Solarzellenbeschichtung und der Verbundfolie, unter der Annahme, dass kein Schubverbund für die Berechnung anzusetzen ist sowie aufgrund des vergleichsweise geringen Elastizitätsmoduls der Folie für den Elastizitätsmodul und die Poisson-Zahl, für die lineare thermische Dehnung und für die Wärmeleitfähigkeit der PV-Module die Werte für Kalk-Natronsilikatglas verwendet werden. Dagegen wurden die Biegefestigkeit und die Haftfestigkeit des Photovoltaik-Modulverbundes in Bauteilversuchen experimentell ermittelt. Darüber hinaus dienten extern beauftragte Brandversuche dazu, das Brandverhalten zu bewerten.

#### **Biegefestigkeit**

Die Biegefestigkeit wurde mit Hilfe eines Doppelringbiegeversuchs R45 gemäß DIN EN 1288-5:2000, Abschnitt 6.2 ermittelt. Weil der Schubverbund des Glas-Glas-Laminats nicht angesetzt werden darf, wurden die einfachen Gläser geprüft, und zwar das im CIS-Beschichtungsprozess behandelte Rückseitenglas. Als Prüfkörper dienten quadratische Proben

mit einer Kantenlänge von 100 mm, die aus größeren Formaten herausgeschnitten wurden.



**Abbildung 22** Doppelringbiegeversuch nach DIN EN 1288-5; rechts Vorschädigung der unbeschichteten Seite durch Berieselung mit Korund nach BRL A

Die Versuche wurden auf der unbeschichteten und auf der CIS-Seite an je 20 Proben durchgeführt. Alle Proben brachen innerhalb des Lastringes und konnten somit ausgewertet werden. Um den Variationskoeffizienten der Versuchsergebnisse zu verringern, wurden die Proben an der unbeschichteten Seite der Verglasung gemäß Bauregelliste (BRL) A, Teil 1, Ausgabe 2007/1, Anlage 11.5 mit Korund F16 vorgeschädigt. Sowohl auf der geschützten CIS-Seite als auch auf der unbeschichteten Seite des Rückglases halten die Photovoltaikgläser die nach BRL A geforderte Festigkeit von Floatglas ein.

### **Haftfestigkeit unter Zugbeanspruchung**

Die Zug- und Scherfestigkeiten des Photovoltaikmoduls werden wesentlich von den Haftfestigkeiten im Bereich der Verbundfolie bestimmt. Um die Haftfestigkeit zu ermitteln wurden die Proben daher aus laminierten CIS-Modulen geschnitten. Auf beiden Seiten der quadratischen Proben mit 50 mm Kantenlänge wurden Metallzylinder mit einem Durchmesser von etwa 70 mm und einer Höhe von etwa 30 mm aufgeklebt. Die Zylinder besitzen mittig ein Gewinde, das eine gleichmäßige Zugbeanspruchung der Proben senkrecht zu ihrer Oberfläche erlaubt. Um die Haftfestigkeit zu ermitteln, wurde die Kraft bis zum Bruch gesteigert. Je 10 Proben wurden bei den Temperaturen -20 °C, 23 °C und 85 °C untersucht.



**Abbildung 23** Vorbereiteter Probekörper mit beidseitig aufgeklebten Metallzylindern, rechts eingespannt in die Temperierkammer der Universalprüfmaschine

Die Haftfestigkeit nimmt mit steigender Temperatur ab. Bei  $-20\text{ °C}$  und  $23\text{ °C}$  Prüftemperatur versagten alle Proben innerhalb der CIS-Beschichtung. Adhäsionsversagen beziehungsweise Delamination wurde nicht beobachtet. Erst bei  $85\text{ °C}$  Prüftemperatur waren Delaminationen auf der CIS-Beschichtung die Versagensursache. Zusätzlich löste sich bei der überwiegenden Anzahl der Proben im Bereich der Glaskanten die Folie teilweise von der Glasoberfläche.

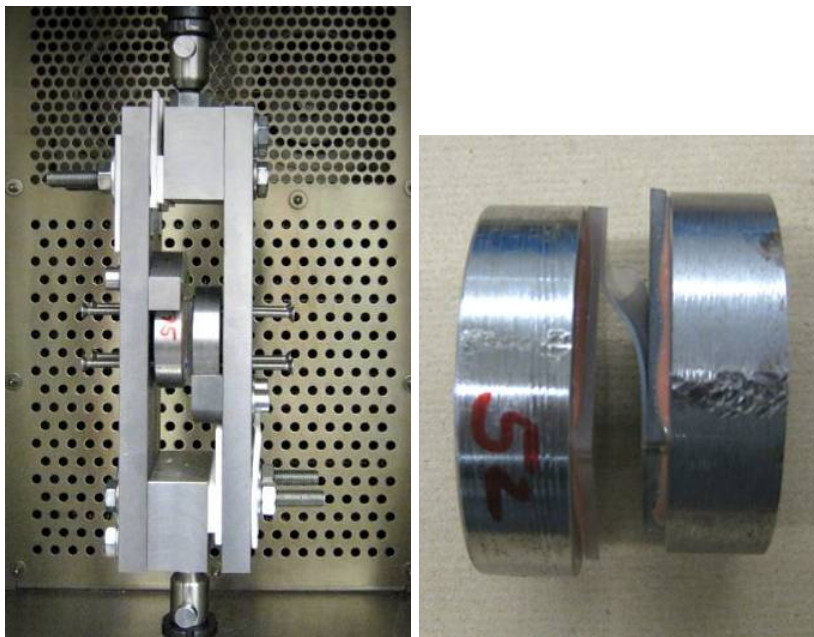
Die ermittelten Festigkeiten weisen eine ausreichende Sicherheit gegenüber den maximal zu erwarten Beanspruchungen auf.

### **Haftfestigkeit unter Scherbeanspruchung**

Die Proben und ihre Präparation entsprachen denen der Zugversuche. In einer Spannvorrichtung in der Prüfmaschine waren die Proben einer Scherbeanspruchung parallel zur Oberfläche ausgesetzt und so justiert, dass die Achse der Krafteinleitung mit der Mittelebene der Verbundfolie übereinstimmte. Bei Temperaturen von  $-20\text{ °C}$ ,  $23\text{ °C}$  und  $85\text{ °C}$  wurden je 10 Proben untersucht und bis zum Bruch belastet.

Wie in den Zugversuchen versagten alle Proben bei  $-20\text{ °C}$  und  $23\text{ °C}$  innerhalb der CIS-Beschichtung: Bei  $85\text{ °C}$  führten Delaminationen auf einer der Oberflächen oder gleichzeitig auf beiden Oberflächen zum Versagen (siehe Abbildung 24).





**Abbildung 24** Probe in Temperierkammer der Universalprüfmaschine; rechts beidseitiges Versagen einer exemplarischen Probe bei Temperaturen von 85 °C

Die in den Scherversuchen ermittelten Festigkeiten zeigen ebenfalls eine ausreichende Sicherheit gegenüber den maximal zu erwartenden Beanspruchungen.

### Hafffestigkeit bei farbigen Deckgläsern

Da die minimal herstellbare Glasgröße die Möglichkeiten der Prüfmaschine übersteigt, waren Zug- und Scherversuche an Laminaten mit farbigen Deckgläsern nicht möglich. Um dennoch die Hafffestigkeit beurteilen zu können, wurde die unterschiedliche Hafffestigkeit der Verbundfolie auf den verwendeten Glasarten des Photovoltaikmoduls mittels Rollenschälversuch untersucht.



**Abbildung 25** Probekörper Floatglas mit CIS-Beschichtung, ohne Beschichtung und mit farbiger Beschichtung

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

Dazu wurden Proben aus allen verwendeten Glasarten mit Abmessungen von etwa 200 mm x 300 mm gefertigt und die EVB-Folie zu 2/3 der Länge auflaminiert. Bei den Gläsern handelt es sich um die CIS-beschichtete Rückscheibe und die unbeschichteten sowie die in den Farben grün, rot und blau beschichteten Deckscheiben. Die Folie wurde in Längsrichtung auf der gesamten Länge in 25 mm breite Streifen zerteilt, um diese einzeln prüfen zu können. Beim Abziehen der Folien in Anlehnung an DIN EN 2243-2 wurde der Schälwiderstand ermittelt.



**Abbildung 26** Probekörper mit eingeschnittener Folie in der Temperierkammer der Universalprüfmaschine

In den Versuchen zeigten die Rückscheiben mit CIS-Beschichtung die geringsten Haftfestigkeiten. Der Einfluss der farbigen Gläser erwies sich als sehr gering.

### 5.4 Langzeitverhalten

#### Parameter zur Dauerfestigkeit

Für Dünnschichtmodule gilt die DIN EN 61646 Terrestrische Dünnschicht-Photovoltaik-Module – Bauarteignung und Bauartzulassung. Die anspruchsvollsten Labortests zur Dauerfestigkeit in dieser Qualifizierungsnorm umfassen den 1000 h Feuchte-Wärme-Test (85 °C und 85 % relative Luftfeuchte) und den Feuchte-Frost-Test (10 Zyklen mit je 20 h bei +85 °C / 85 % relativer Feuchte dann innerhalb von 4 h auf -40 °C, dort mindestens 0,5 h bleiben und wieder auf +85 °C / 85 % relative Feuchte ansteigen; unterhalb von +25 °C muss die relative Luftfeuchte nicht geregelt werden.)

## **Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden**

### Feuchte-Wärme-Test

Der Parameter zum Bestehen ist das Gleichbleiben des Isolationswiderstandes des Moduls gegenüber der Eingangsmessung, keine optischen Defekte (z.B. farbliche Veränderungen aufgrund von Korrosionserscheinungen) sowie der gegenüber der Eingangsmessung gleichbleibende Leckstrom durch das kurzgeschlossene Modul gegen Erde unter Benässung ( $500 V_{DC}$ , Leitfähigkeit  $\leq 3500 \text{ Ohm/cm}$ , Kriechstrom über das ganze Modul  $< 10 \mu\text{A} + 5 \mu\text{A je m}^2$  Modulfläche).

### Feuchte-Frost-Test

Der Parameter zum Bestehen ist der gegenüber der Eingangsmessung gleichbleibende Isolationswiderstand des Moduls, keine optischen Defekte (z.B. farbliche Veränderungen aufgrund von Korrosionserscheinungen).

Beide Tests haben den Zweck, ein mögliches Nachlassen der elektrischen Eigenschaften unter extremer Belastung festzustellen.

Nach Durchlaufen aller Teiltests von DIN EN 61646 darf die Leistung höchstens 10 % unter der vom Hersteller angegebenen Mindestleistung liegen.

## **Parameter aus Umwelteinflüssen**

### Temperaturbereich

Da für Gebäudehüllen gemäß DIN 18516 von einem Temperatureinfluss auf Außenwandbekleidungen von  $-20 \text{ °C}$  bis  $+80 \text{ °C}$  ausgegangen wird, ist es angebracht, im Fall von gebäudeintegrierter Photovoltaik diesen aufgrund der Ergebnisse in 5.1 auch für die PV-Module anzusetzen.

### Feuchte

An PV-Module sind die gleichen Anforderungen zu stellen wie an alle übrigen Bauelemente. Die in DIN EN 61646 gemachten Prüfungen (1000 h bei 85 % relativer Feuchte) dürften die realen Bedingungen übertreffen.

### Windlasten

Es kommt die Norm DIN 1055, Teil 4 zur Anwendung. Die mechanische Belastungsprüfung von Solarmodulen gemäß



## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

DIN EN 61646 erfolgt mit 2400 Pa bzw. 5400 Pa. Auf erhöhte Lasten oder Anforderungen entsprechend der Baunormen kann durch Verwendung größerer Glasstärken für das Deckglas reagiert werden.

### Einschätzung der Energieausbeute

Die Energieausbeute ist der jährliche Ertrag je Kilowatt installierter Spitzenleistung ( $kW_p$ ). Diese Spitzenleistung findet sich auch auf den Datenblättern der Modulhersteller bei den Standardmessbedingungen (Standard Test Conditions STC).

Derzeit gängige Annahmen zur Lebensdauer- und Ertragsbetrachtung von Photovoltaik-Anlagen mit CIS- und anderen Dünnschichtmodulen, wie sie auch in Bankgutachten zur Anwendung kommen, gehen aufgrund der Betriebserfahrung bestehender Anlagen von einer jährlichen Reduktion des durchschnittlichen Energieertrages von höchstens 1 % der Anfangsleistung pro Jahr aus. Allerdings ist das technische Potenzial dieser Technologie wesentlich höher. So konnte das ZSW bei CIS-Langzeittests gleichbleibende Leistungen, damit also konstante Erträge (einstrahlungsbereinigt) über mittlerweile vier Jahre beobachten.

### Simulation der Umwelteinflüsse: Künstliches Bewittern

In der Umweltsimulationsanlage der Fa. Sto wurde eine vollständige Prüfwand mit vier farbigen PV-Modulen künstlich bewittert und auf resultierende Beeinträchtigungen untersucht. Die Bewitterung erfolgte nach der Leitlinie für Europäische Technische Zulassungen für außenseitige Wärmedämm-Verbundsysteme mit Putzschicht (ETAG 004).



**Abbildung 27** Fassadenelement aus vier farbigen PV-Modulen vor der Bewitterung nach ETAG-Zyklus 004  
Unterkonstruktion: T-Profilen (vertikal) und Laschenprofile aus Aluminium



**Abbildung 28** Befestigung mittels Aluminium Schienensystem, verschraubt mit dem mineralisch verputzten Porenbetonmauerwerk

Das Fassadenelement mit den Abmessungen 2445 mm x 1200 mm besteht aus vier mit einer StoVerotec-Trägerplatte geklebten Modulen, die über rückseitige senkrechte Plattentragprofile aus Aluminium mit einer Aluminiumunterkonstruktion an einem Mauerwerk befestigt sind. Das 20 cm starke Porenbetonmauerwerk ist mit mineralischem Putz überzogen.

Die Prüfung umfasste einen Wärme-Regen-Zyklus und einen Wärme-Kältezyklus und erstreckte sich über 25 Tage plus zwei Tage Ruhephase dazwischen.

Beim Wärme-Regen-Zyklus waren die Prüflinge 80 Zyklen ausgesetzt, die folgende Phasen umfassen:

- 1 Stunde Aufheizen auf 70 °C und 10 % relative Feuchte
- 2 Stunden Lagerung bei 70 °C und 10 % relative Feuchte

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

- 1 Stunde Wasserberieselung (Wassertemperatur 10 bis 20 °C; Sprühmenge 1 l/m<sup>2</sup>min)
- 2 Stunden Ruhephase (Abtropfen)

Im nachfolgenden Wärme-Kälte-Zyklus war die Prüfwand fünf Zyklen à 24 Stunden unterworfen mit den Phasen:

- 1 Stunde Aufheizen auf 50 °C und 10 % rel. Feuchte
- Stunden Lagerung bei 50 °C und 10 % rel. Feuchte
- 1 Stunde Abkühlen auf -20 °C
- 15 Stunden Lagerung bei -20 °C

Das Element hat die Prüfung ohne Schädigung überstanden. Bei optischer Begutachtung sind keine Ablösungen bzw. Rissbildungen oder sonstige Mängel im Kantenbereich oder auch an der Elementrückseite aufgetreten. Bei jedem der vier PV-Elemente bestand wenige Zentimeter unterhalb der oberen Elementkante eine leichte Trübung (2 bis 3 cm<sup>2</sup>) hinter dem Deckglas. Es sollte noch geklärt werden, ob dies konstruktiv bedingt ist oder ob hier Feuchtigkeit angelagert wurde. Abbildung 29 bis Abbildung 31 zeigen die Prüfwand nach der Bewitterung und Tabelle 5 wertet die Ergebnisse der Sichtprüfung aus.



**Abbildung 29** Befestigungssystem nach der Bewitterung

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden



**Abbildung 30** PV-Element nach der Bewitterung; rechts: optische Trübung der Folie im Kantenbereich



**Abbildung 31** Rückseite mit Anschlussdosen und Unterkonstruktion des PV-Elements nach der Bewitterung



## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

<b>Blasenbildung / Abplatzungen</b>	Keine
<b>Risse</b>	Keine Risse an den Flächen oder im Kantenbereich sowie an der Rückseite aufgetreten.
<b>Durchfeuchtung</b>	Die StoVerotect Trägerplatte ist bei rückseitiger Begutachtung trocken. Eine Feuchteanreicherung innerhalb des Elementes ist bei optischer Beurteilung nicht erkennbar.
<b>Zwischenhaftung / Festigkeit</b>	Eine Enthftung des Glases bzw. der Trägerplatte ist nicht erkennbar. Die Kanten des Mehrschichtelementes sind unbeschädigt (ohne Rissbildung) bzw. zeigen keinen Hinweis auf Trennstellen. Im Bereich der Plattentragprofile sind ebenfalls keine Haftungsmängel erkennbar. Das Element wurde zur weiteren Begutachtung und Freibewitterung nach Lauingen verschickt.
<b>Sonstiges</b>	Bei jedem der vier Photovoltaikmodule besteht wenige Zentimeter unterhalb der oberen Elementkante eine leichte Trübung (2 bis 3 cm <sup>2</sup> ) unter dem Deckglas.

**Tabelle 5** Ergebnisse der künstlichen Bewitterung

### Ertragseinbußen infolge Verschmutzung

In der Fachliteratur wird in Abhängigkeit vom Verschmutzungsgrad von folgenden Leistungsreduzierungen bzw. Ertragseinbußen ausgegangen:

- bei normaler, gleichmäßiger Verschmutzung: 1 bis 3 %
- bei starker Verschmutzung: bis 10 % [AG Solar II], [Reise].

Der Verschmutzungsgrad ist abhängig von: [AG Solar I]

- Umgebungsbedingungen
- Einbaulage der Module
- Modulaufbau
- Art der Rahmung.

Mögliche Ursachen für Ertragseinbußen infolge Verschmutzung sind:

- A) verstärktes Auftreten von Schmutz durch Umgebungseinflüsse wie:
- Industrieluft
  - Kamin (Ruß, Brikett, Kohle, Ölbrenner)
  - Blütenstaub
  - Vogelkot
  - Moosbildung

## **Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden**

- B) vermehrte Verschmutzung (Teilabschattung) der unteren Zellenreihen durch:
- flache Installationswinkel der Module ( $< 15^\circ$ )
  - Rahmenhöhe und -form
  - zusätzliche Klemmprofile (Randerhöhung)
  - Abstand der Zellen zum Rahmen
  - Einbaulage der Module.

Aufgrund der senkrechten Ausrichtung der Module und der rahmenlosen Konstruktion ist eine Teilabschattung infolge Verschmutzung hier nicht relevant, so dass lediglich ein verstärktes Schmutzaufkommen und die verbundenen Ertragseinbußen im Folgenden betrachtet werden sollen.

Bei senkrechten Fassaden kann von einer maximalen Leistungsreduzierung infolge Verschmutzung von 2 % ausgegangen werden [AG Solar II]. Zusätzlich zum Selbstreinigungseffekt durch Regen können durch regelmäßige Reinigung die Ertragseinbußen infolge Verschmutzung reduziert werden. Durch die Reinigung wird dabei nicht nur der bereits bestehende Schmutz entfernt, sondern auch die Ablagerung und Ansammlung von neuem Schmutz erschwert.

### **5.5 Simulation und Optimierung von FM-Leistungen**

#### **Reinigung**

Die erforderlichen Reinigungszyklen sind stark abhängig vom Standort und den klimatischen Bedingungen. Mit einer stärkeren Verschmutzung ist beispielsweise zu rechnen:

- in der Nähe von Industrieansiedlungen (Industrieabgase und Stäube)
- in der Nähe einer Bahnlinie (Eisenabrieb)
- an Hauptverkehrsstraßen
- bei langen Trockenperioden (Staub und Blütenpollen).

Ausgangspunkt für die Überlegungen zu Reinigungszyklen ist die Tatsache, dass im Gegensatz zu freistehenden oder auf dem Dach montierten Photovoltaikanlagen bei Glasfassaden im Normalfall ohnehin regelmäßige Reinigungen durchgeführt werden. Für das Forschungsprojekt stellt sich damit grund-

## **Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden**

sätzlich die Frage, ob die Reinigungszyklen der normalen Fassadenreinigung ausreichen, oder ob die Ertragseinbußen infolge Verschmutzung so hoch sind, dass sich eine zusätzliche Reinigung aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten rentiert.

Aus Gründen der Vergleichbarkeit zwischen der PV-VH-Fassade und der Referenzfassade sollen dabei ausschließlich Glasfassaden betrachtet werden.

### **Reinigung von Glasfassaden**

Glasfassaden werden üblicherweise 2 bis 4 Mal im Jahr gereinigt, abhängig von:

- Standort und Umgebungseinflüssen
- Prestige des Gebäudes
- Forderungen/Ansprüche des Auftraggebers.

Hierbei entstehen insgesamt Kosten von 1,50 €/m<sup>2</sup> bis 3,50 €/m<sup>2</sup> pro Jahr in Abhängigkeit von:

- Standort und den anzusetzenden Lohnkosten
- von verfügbaren Hebezeugen, Fassadenbefahranlagen, etc.

Für die Betrachtung der Wirtschaftlichkeit werden für die zusätzliche Reinigung Kosten von 1,50 €/m<sup>2</sup> pro Jahr unterstellt.

### **Wirtschaftliche Betrachtung einer zusätzlichen Reinigung der PV-VH-Fassade**

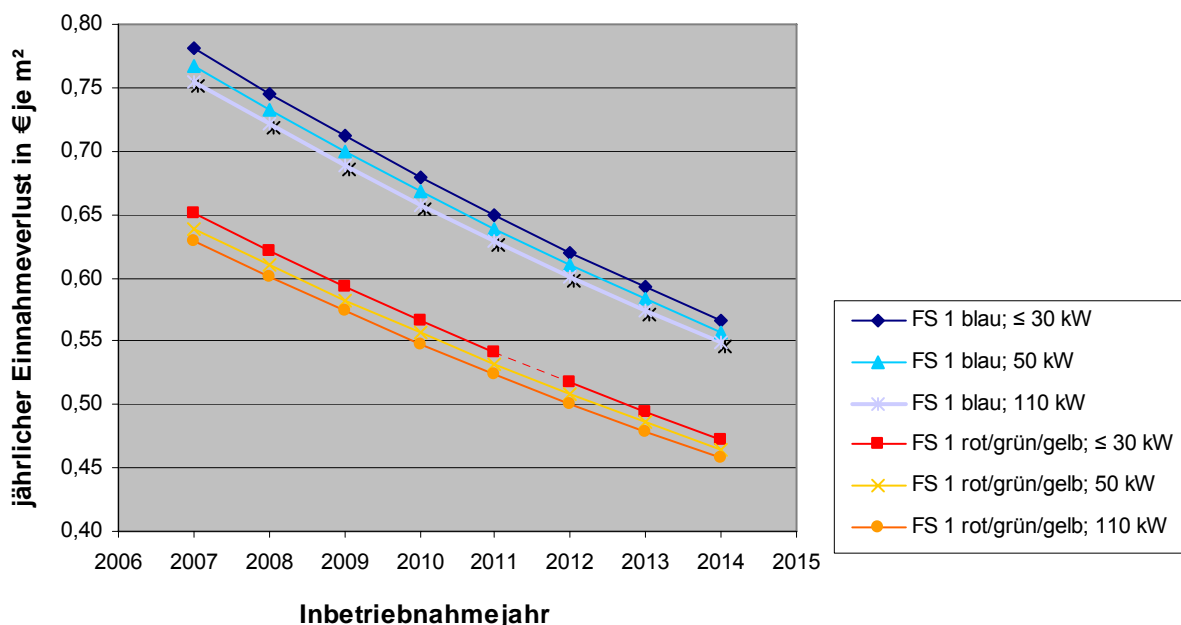
Nachfolgend wurde untersucht,

- ob aus Gründen der Wirtschaftlichkeit eine zusätzliche Reinigung der PV-Fassade (neben der normalen Fassadenreinigung) notwendig ist
- wie hoch der spezifische Ertrag sein muss, dass sich bei normaler Verschmutzung und damit verbundenen Ertragseinbußen von 2 % eine zusätzliche Reinigung rentiert und
- ab welcher prozentualen Ertragseinbuße infolge Verschmutzung sich eine zusätzliche Reinigung wirtschaftlich rechnet.

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

Ein Ergebnis dieses rein rechnerischen Nachweises ist, dass sich eine zusätzliche Reinigung der PV-Fassade bei normaler Verschmutzung und damit verbundenen Ertragseinbußen von 2 % nicht rentiert.

Folgende Eingangsparameter waren Grundlage der Berechnung. Die Parameter stellen dabei allesamt ein Worst-Case Szenario dar, um den maximalen Einnahmeverlust infolge normaler Verschmutzung zu ermitteln. Für die Berechnung erfolgt eine Unterscheidung der Farbe blau Farbstufe (FS 1) mit 4 % Leistungsverlust sowie der Farben rot/grün/gelb Farbstufe 3 mit 20 % Leistungsverlust im Vergleich zum Standardmodul. Die Globalstrahlung auf die geneigte Fläche soll für die Berechnung 900 kWh/m<sup>2</sup>, was eine Südausrichtung der Fassade und einen Standort in Süddeutschland voraussetzen würde. Für die zusätzliche Reinigung pro Jahr wurden 1,50 €/m<sup>2</sup> angesetzt. Der erzeugte Solarstrom wird in das öffentliche Stromnetz eingespeist und nach dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG) vom 21. Juli 2004 vergütet (siehe Tabelle 7). Exemplarisch für die drei verschiedenen Vergütungsstufen des EEG wurden die Anlagengrößen ≤ 30 kW, 50 kW und 110 kW betrachtet.



**Abbildung 32** Jährlicher Einnahmeverlust infolge normaler Verschmutzung

Unter diesen Eingangsparametern ist der maximale Einnahmeverlust in Höhe von 0,78 €/m<sup>2</sup>a (Voraussetzung: Anlage ≤ 30 kW, FS 1 blau, Inbetriebnahme 2007) im Vergleich zu



## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

den Kosten der zusätzlichen Reinigung zu gering. Aufgrund der geringeren Vergütung nach EEG sinkt der Einnahmeverlust mit fortschreitendem Jahr der Inbetriebnahme sowie mit der Anlagengröße aufgrund der unterschiedlichen Vergütungsstufen des EEG. Die Abhängigkeiten zwischen der Farbe blau und den Farben rot/grün/gelb, sowie dem Jahr der Inbetriebnahme und Anlagengröße sind in Abbildung 32 dargestellt.

Als nächstes wurde untersucht, wie hoch der spezifische Ertrag pro m<sup>2</sup> sein müsste, um in Deutschland aus wirtschaftlichen Gründen eine zusätzliche Reinigung bei normaler Verschmutzung und Ertragseinbußen von 2 % rechtfertigen zu können. Unter der Annahme von zwei zusätzlichen Reinigungen und Kosten von 1,50 €/m<sup>2</sup> pro Jahr wurde zunächst der Mindestertrag für die verschiedenen Anlagengrößen ermittelt.

Auch hier lassen sich ähnliche Abhängigkeiten feststellen. Mit fortschreitendem Inbetriebnahmejahr und Anlagengröße steigt der Mindestertrag der PV-Anlage, bei dem sich die zusätzliche Reinigung rentieren würde. Der geringste Mindestertrag beträgt ca. 138 kWh/m<sup>2</sup>a (Voraussetzung: Anlage ≤ 30 kW, Inbetriebnahmejahr 2007). Für diesen Mindestertrag wurde in Abhängigkeit von verschiedenen Werten der Performance Ratio (Anlagengüte) für das blaue Modul mit 4 % Leistungsverlust die zugehörige Globalstrahlung auf die geneigte Fläche ermittelt (siehe Tabelle 6).

Performance Ratio	Globalstrahlung geneigt 90°
73,0 %	1771 kWh/m <sup>2</sup> und Jahr
74,0 %	1747 kWh/m <sup>2</sup> und Jahr
75,0 %	1724 kWh/m <sup>2</sup> und Jahr
76,0 %	1701 kWh/m <sup>2</sup> und Jahr
77,0 %	1679 kWh/m <sup>2</sup> und Jahr
78,0 %	1658 kWh/m <sup>2</sup> und Jahr
79,0 %	1637 kWh/m <sup>2</sup> und Jahr
80,0 %	1616 kWh/m <sup>2</sup> und Jahr

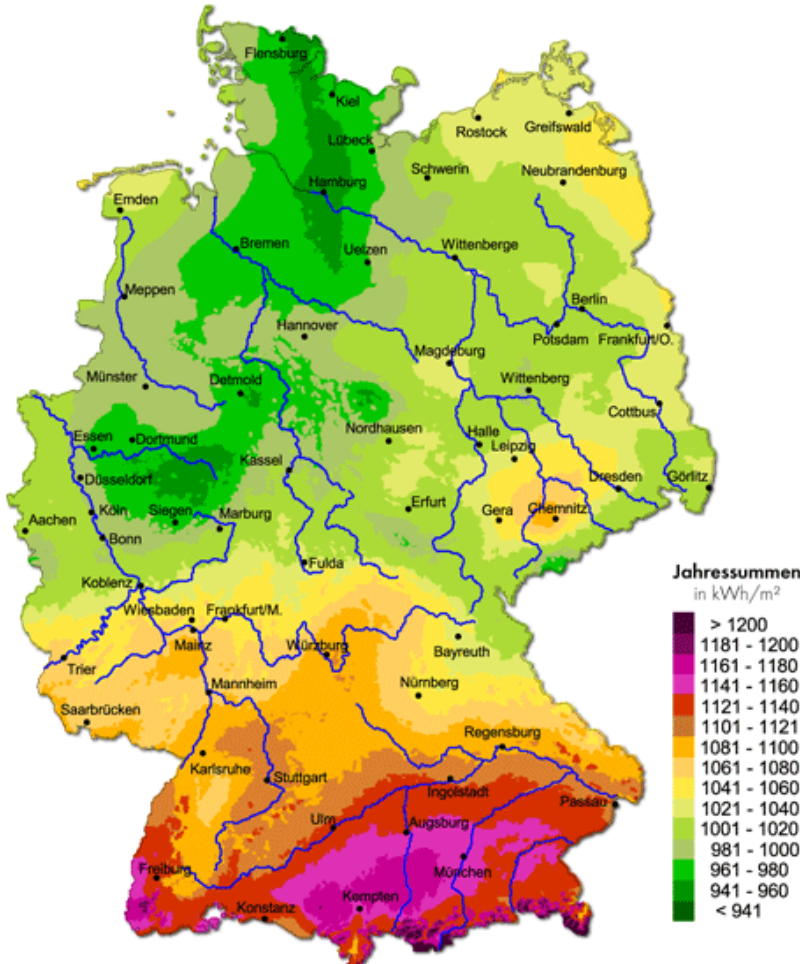
**Tabelle 6** Theoretisch notwendige Globalstrahlung bei zusätzlicher Reinigung

Für eine Performance Ratio von 80 % würde sich unter der Voraussetzung einer Südausrichtung eine zugehörige Globalstrahlung auf die Horizontale von ungefähr 2020 kWh/m<sup>2</sup> ergeben. Für andere Ausrichtungen erhöht sich dieser Wert weiter.

Da in Deutschland die mittlere Jahressumme der Globalstrahlung zwischen 900 kWh/m<sup>2</sup>a in Norddeutschland und

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

1200 kWh/m<sup>2</sup>a in Süddeutschland liegt (siehe Abbildung 33), rentiert sich eine zusätzliche Reinigung bei den derzeit erzielbaren Wirkungsgraden für Deutschland damit nicht.

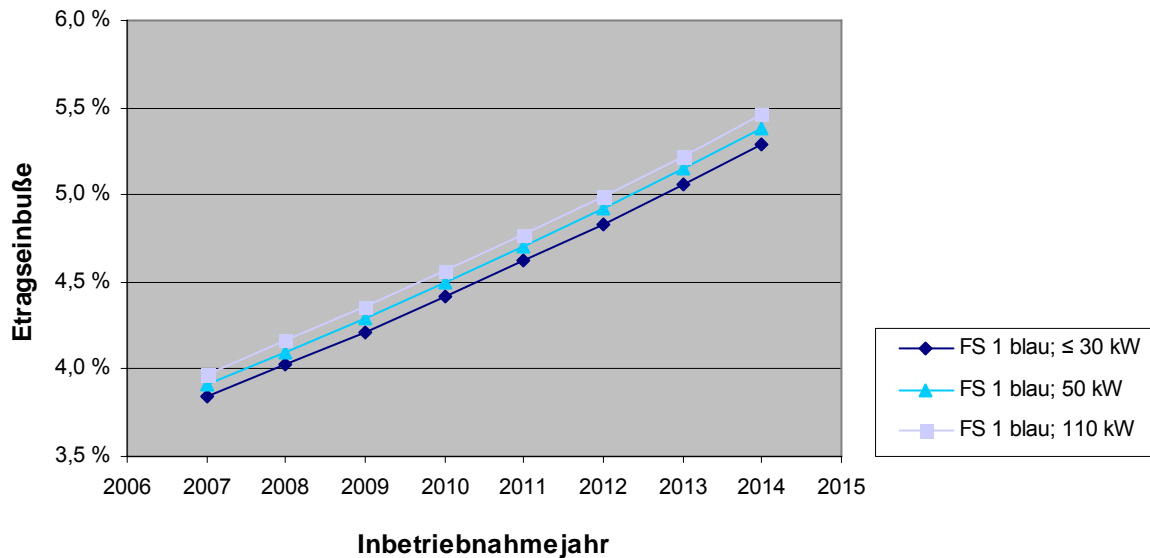


**Abbildung 33** Globalstrahlung in Deutschland, mittlere Jahressummen im Zeitraum 1981 bis 2000 in kWh/m<sup>2</sup>  
Bild: DWD Deutscher Wetterdienst, Klima- und Umweltberatung Hamburg

Abschließend wurde auf Grundlage der angesetzten Reinigungskosten von 1,50 €/m<sup>2</sup>a die prozentuale Ertragseinbuße ermittelt, ab welcher die zusätzliche Reinigung gerechtfertigt wäre.

Hierzu wurde für ein blaues PV-Modul der Farbstufe 1 mit einem Leistungsverlust von 4 % und einem jährlichen Ertrag von 72,0 kWh/m<sup>2</sup> die Ertragseinbuße berechnet. Für eine Anlage ≤ 30 kW, die im Jahr 2007 in Betrieb genommen wird, beträgt die prozentuale Ertragseinbuße 3,84 %. Mit einem höheren Leistungsverlust des farbigen Moduls und damit verbunden einem geringeren jährlichen Ertrag steigt die prozentuale Ertragseinbuße, bei der sich eine zusätzliche Reinigung rentiert. Wegen der direkten Abhängigkeit zu den EEG-Vergütungssätzen steigt die Ertragseinbuße mit fortlau-

fendem Jahr der Inbetriebnahme und mit Anlagengröße wie in Abbildung 34 dargestellt.



**Abbildung 34** Jährliche Ertragseinbuße infolge stärkerer Verschmutzung

Problem in der Praxis könnte die kurzfristige Ermittlung der Ertragseinbuße darstellen, da der Ertrag immer auch den Schwankungen der Jahresstrahlung unterliegt.

### Wartungsaufgaben

Grundsätzlich gelten PV-Anlagen als sehr wartungsarm. Häufig arbeiten die Anlagen auch ohne Wartung über viele Jahre fehlerfrei. Dennoch ist eine Wartung ratsam, da oftmals von den Modulherstellern die Gewährleistung bei mangelhafter oder unterbliebener Wartung ausgeschlossen wird. So helfen regelmäßige Systemüberprüfungen Fehlern und Unterbrechungszeiten vorzubeugen, die mit weiteren zusätzlichen Ertragsausfällen verbunden sind. Das frühzeitige Erkennen ist die Voraussetzung für eine zeitnahe Störungsbeseitigung.

Zu den Wartungsaufgaben gehören

- die Sichtkontrolle
- Anlagenüberwachung
- Ertragskontrolle
- Reinigung.

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

Die Wartungsaufgaben können durch den Anlageneigentümer oder entsprechendes Fachpersonal durchgeführt werden [Antony].

Bei der Sichtkontrolle sollte in regelmäßigen Abständen sowohl das PV-System als auch das Fassadensystem selbst auf Beschädigungen und starke Verunreinigungen überprüft werden.

Für die Fassade sind Sichtproben an Detailanschlüssen und Fugen durchzuführen, aber auch die Befestigung der Module sowie ihre mechanische Spannungsfreiheit zu überprüfen. Für das PV-System empfiehlt sich eine optische Kontrolle der elektrischen Installation. Dazu sollen die Kabelanschlüsse, die -verbindungen und die übrigen Leitungen auf mechanische und thermische Beschädigungen, Schmorstellen oder Isolationsbrüche untersucht werden, wenngleich die Zugänglichkeit nicht immer einfach gegeben ist [Haselhuhn].

Die kontinuierliche Anlagenüberwachung dient in erster Linie dazu, Störungen und Ausfälle schnell zu erkennen, um Gegenmaßnahmen ergreifen und somit die Verluste der Einspeiservergütung minimieren zu können. Viele Wechselrichter besitzen die Fähigkeit wesentliche Betriebsdaten aufzuzeichnen, wie z. B.

- Eingang (Gleichstrom): Spannung, Strom und Leistung
- Ausgang (Wechselstrom): Spannung, Strom, Leistung und Frequenz
- Betriebsdauer des Wechselrichters
- Energieerträge in kWh
- Gerätestatus und Störungen [Haselhuhn].

Um aus den gemessenen Daten jedoch Rückschlüsse auf die Leistungsfähigkeit der PV-Anlage ziehen zu können, bedarf es aussagefähiger Vergleichswerte.

Die Aussagekraft eines reinen Ertragsvergleiches mit der eigenen Anlage ist jedoch relativ niedrig, da Erträge verglichen werden, die zu unterschiedlichen Zeiten und bei unterschiedlichen Einstrahlungen zwangsläufig abweichende Ergebnisse liefern. Auch der Vergleich mit den Erträgen des Vorjahres liefert keine hinreichenden Informationen, da übliche Jahreserträge von Jahr zu Jahr um bis zu 30 % schwan-

## **Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden**

ken können. Bei der Gegenüberstellung der Monatserträge der betrachteten Jahre können noch weit größere Unterschiede auftreten [Antony].

Setzt man die gemessenen Ertragswerte jedoch in Beziehung zu den vor Ort gemessenen Einstrahlungsdaten und der Modultemperatur, lässt sich ein Vergleich von erwartetem und tatsächlichem Ertrag und damit Schlussfolgerungen auf die jeweilige Leistungsfähigkeit anstellen. Für die Messungen kommen dabei Einstrahlungs- und Temperatursensoren zum Einsatz, welche in der Modulebene angebracht werden [Hasselhuhn]. Über die Messgrößen Temperatur und Einstrahlung lässt sich ein Sollwert ermitteln, der mit dem tatsächlichen Leistungswert verglichen werden kann.

Für eine erste grobe Überprüfung der Betriebsergebnisse lassen sich auch sogenannte Ertragsdatenbanken (z.B. unter [www.pv-ertraege.de](http://www.pv-ertraege.de)) hinzuziehen. Darin sind für unterschiedliche Neigungen und Ausrichtungen von PV-Anlagen die durchschnittlichen monatlichen Stromertragsdaten erfasst. Die Daten werden getrennt nach Regionen zusammengestellt. Großer Nachteil dieser Methode ist jedoch, dass kein zeitnaher Vergleich stattfindet und Mindererträge damit viel zu spät erkannt werden.

Im Rahmen einer turnusmäßigen Wartung sollten weiterhin Strang- und Gerätesicherungen überprüft werden. Die Generatorenanschlusskästen sollten auf eingedrungene Feuchtigkeit oder Insekten untersucht werden. Außerplanmäßig sind nach Gewittern beispielsweise eingebaute Überspannungsableiter auf ihre Funktionalität hin zu prüfen.

### **Wartungsvertrag**

Wartungsverträge können in Abhängigkeit von den Vertragsbedingungen mit unterschiedlichen Laufzeiten abgeschlossen werden. Preisunterschiede sind neben der Laufzeit und der Anlagenleistung auch auf den möglichen Einsatz einer Fernüberwachung zurückzuführen.

Gewöhnlich wird in der Literatur von sehr geringen Wartungskosten ausgegangen. So wurden in dem Forschungsprojekt AG Solar bei der Untersuchung von 30 PV-Fassadenanlagen jährliche Wartungskosten in Höhe von ca. 0,3 % der Investitionskosten festgestellt [AG Solar II]. Auch die Software PV-Kalk Version 6.20 verweist zur Berechnung der jährlichen

## **Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden**

Wartungskosten auf einen Ansatz von nur 0,2 bis 0,3 %. Zur Prüfung auf Plausibilität wurde ein 5-Jahres Wartungs- und Servicevertrag der Firma ILIOTEC für verschiedene Anlagengrößen untersucht. Der prozentuale Ansatz von 0,2 bis 0,3 % für die jährlichen Wartungskosten konnte im Wesentlichen bestätigt werden.

Wichtige Punkte, die ein Wartungsvertrag enthalten sollte, sind:

- Funktionsprüfung von Wechselrichter, Einbauteilen, Modulsträngen
- Öffnen und Reinigen der Wechselrichter
- Sichtkontrolle der Module und zugänglicher Leitungen
- Überprüfung des Befestigungs- und Verankerungssystems
- Ablesung, Dokumentation und Bewerten von Ertragsdaten

### **Instandsetzung**

Wie bereits erwähnt, können moderne PV-Anlagen über viele Jahre auch ohne Wartung fehlerfrei arbeiten. Nachfolgend sollen sowohl zuverlässige als auch problembehaftete Anlagenkomponenten vorgestellt werden.

Die zuverlässigste Komponente stellt das PV-Modul dar. Im Modul sind die Solarzellen durch die elektrische Isolierung der Front- und Trägermaterialien sowie die versiegelten Randflächen vor äußeren Einflüssen gut geschützt. Auch wenn aufgrund der recht jungen CIS-Technologie Langzeit-Projektstudien fehlen, kann von einer Lebensdauer von mind. 25 Jahren ausgegangen werden. Regelmäßig geben die Modulhersteller eine Leistungsgarantie von 20 oder 25 Jahren bei bis zu 20 % bis 30 % Leistungsverlust mit zunehmender Alterung der Module. Für den Fall, dass ein PV-Modul dennoch – z.B. infolge mutwilliger Beschädigung – ausgetauscht werden muss, lässt sich dieser Wechsel durch den Systemaufbau der Fassadenkonstruktion und durch die speziellen Agraffenprofile schnell und unkompliziert vollziehen. Dasselbe gilt für Beschädigungen an Verkabelungen oder Steckverbindungen.

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

Die anfälligste Komponente an der PV-Anlage ist der Wechselrichter, obgleich Störungen bereits seltener als früher auftreten. Störungsursachen können dabei zurückgeführt werden auf eine fehlerhafte Auslegung, eine Überspannungseinwirkung, Alterung, Überlastung oder schlichtweg auf Gerätefehler. Die mittlere Lebensdauer von Wechselrichtern beträgt ca. 10 bis 15 Jahre [Antony].

### Versicherungen

Versicherungsschutz ist immer dann zu empfehlen, wenn im Schadensfall hohe wirtschaftliche Schäden entstehen können. Aufgrund der hohen Investitionskosten und des im Schadensfall eventuell entstehenden erheblichen Vergütungsausfalls ist ein entsprechender Versicherungsabschluss dem Anlagenbetreiber generell anzuraten. Das Versicherungspaket sollte dabei

- Schäden an der Anlage selbst
- den Ertragsausfall im Schadensfall
- sowie Sach- und Personenschäden im Zusammenhang mit der PV-Anlage

abdecken.

#### Allgefahren-Sachversicherung

Mit der Allgefahren-Sachversicherung werden alle Schäden, die durch Einwirkung von außen entstehen, versichert. Im Gegensatz zur privaten Sachversicherung werden hier als Voraussetzung für einen Leistungsanspruch des Versicherungsnehmers nicht einzelne Gefahren aufgezählt. Es gelten vielmehr alle Gefahren als versichert, die nicht ausdrücklich ausgeschlossen sind. Zu den ausgeschlossenen Risiken gehören regelmäßig Krieg, Unruhen, Erdbeben und Kernenergie. Aber auch Vorsatz des Versicherungsnehmers, Garantieschäden sowie Abnutzung und Alterung können von der Gefahrendeckung ausgeschlossen sein.

Im Gegenzug kommt die Versicherung beispielsweise auf bei Schäden aus

- Bedienungsfehlern und Ungeschicklichkeit,
- Fahrlässigkeit, Böswilligkeit, Vandalismus, Sabotage und Vorsatz Dritter,

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

- Konstruktions-, Material- und Ausführungsfehlern,
- Versagen von Mess-, Regel- und Sicherheitseinrichtungen,
- Kurzschluss, Überstrom und Überspannung,
- Wasser, Feuchtigkeit und Überschwemmung,
- Brand, Blitzschlag und Explosion,
- Sturm und Hagel,
- Hochwasser, Frost und Schneedruck
- Diebstahl und deren Folgeschäden
- Tierbiss (z.B. Marderbiss)
- sowie höhere Gewalt, soweit nicht ausgeschlossen [Antony].

### Ertragsausfall-/Betriebsunterbrechungsversicherungen

Die Ertragsausfall-/Betriebsunterbrechungsversicherung übernimmt die mit dem Ertragsausfall verbundene entgangene Einspeisevergütung. Voraussetzung hierfür ist jedoch, dass der Ertragsausfall durch ein Schadensereignis hervorgerufen wurde, welches im Rahmen der Allgefahren-Sachversicherung gedeckt ist. In vielen Sachversicherungen ist der Ertragsausfall bei Betriebsunterbrechungen bis zu einer vereinbarten Höhe bereits integriert. Die Parameter variieren von Versicherung zu Versicherung; im Durchschnitt wird bei Ertragsausfall über einen Zeitraum von drei Monaten eine Entschädigung von 2 €/kW<sub>p</sub> installierter Leistung und Tag gezahlt. Für die benannten Eingangparameter beläuft sich der Beitrag einer Allgefahren-Sachversicherung mit integrierter Ertragsausfall-/Betriebsunterbrechungsversicherung durchschnittlich auf 16,62 €/kW<sub>p</sub>.

### Betreiber-Haftpflichtversicherung

Im Zusammenhang mit der Errichtung und dem Betrieb der PV-Anlage entstehende Sach- und Personenschäden werden durch die Betreiberhaftpflicht abgedeckt. Darüber hinaus empfiehlt sich ein Versicherungsschutz, der die Risiken aus § 6 Haftung bei Versorgungsstörungen der „Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Elektrizitätsversorgung von Tarifkunden (AVBEitV)“ absichert [Antony].



Die Beiträge für eine Betreiberhaftpflichtversicherung variieren in erster Linie von dem Deckungsbeitrag und der Selbstbeteiligung. Zudem bieten einige Versicherer auch private Haftpflichtversicherung mit integrierter Betreiberhaftpflicht an. Der durchschnittliche jährliche Versicherungsbeitrag der für eine PV-Anlage zwischen 5 und 100 kW<sub>p</sub> recherchierten Policen beläuft sich auf 72,43 €.

## 6 Anwendung

### 6.1 Life-Cycle-Analysen (LCA)

Ziel dieses Arbeitspaketes ist die Ermittlung der Life Cycle Costs in Abhängigkeit der maßgebenden Einflussfaktoren. Hierzu sollen Kostenansätze für Investitions- und Folgekosten recherchiert werden. Des Weiteren sollen unterschiedliche Szenarien unter der Annahme eines netzgekoppelten Systems simuliert werden. Nachfolgend werden zunächst maßgebliche Einflussfaktoren auf die Wirtschaftlichkeit vorgestellt.

#### **Einflussfaktoren**

##### Sonneneinstrahlung

Die Erträge von Solaranlagen werden u. a. durch die Parameter des Klimas und der geographischen Breite bestimmt, mit deren Hilfe die Intensität der Sonneneinstrahlung überschlägig ermittelt werden kann. Aufgrund der gemäßigten Klimazone Mitteleuropas sind jährliche Einstrahlungen um 1000 kWh/m<sup>2</sup> zu verzeichnen. Die Einstrahlungswerte hängen insbesondere ab von den Faktoren:

- Diffus- und Direktstrahlungsanteil,
- Strahlungsleistung,
- Strahlungsdauer und
- Sonnenstand.

Da diese Faktoren jedoch in der Realität in unterschiedlichsten Kombinationen auftreten, treten in Folge dessen Schwankungen der Sonneneinstrahlung auf. Diese sowohl saisonalen als auch regionalen Schwankungen werden in Globalstrahlungskarten durch die Abbildung von Mittelwerten berücksichtigt. Diese Karten eignen sich zur überschlägigen Simulation. Für eine exakte Berechnung sind die Wetterdaten des jewei-

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

ligen Standortes erforderlich, die beim Deutschen Wetterdienst (DWD) zu erfragen sind.

Aus den Globalstrahlungskarten der mittleren Jahreseinstrahlung geht hervor, dass für Deutschland ein Nord-Süd-Gefälle; für Nord- und Mitteldeutschland ein West-Ost-Gefälle zu verzeichnen ist. Der 20-jährige Mittelwert der solare Einstrahlung beträgt in Deutschland nach DWD-Messungen aus den Jahren 1981 bis 2000 zwischen  $900 \text{ kWh/m}^2$  und  $1200 \text{ kWh/m}^2$ , im Flächenmittel  $1.037 \text{ kWh/m}^2$  [Antony].

Die Messwerte beziehen sich zunächst auf eine horizontale Fläche. Für die weiteren Berechnungen bedarf es einer Umrechnung der Strahlung  $G_{\text{horizontal}}$  auf eine optimal geneigte Fläche ( $30^\circ$  Neigung und Südausrichtung). Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung wurde sich eines Hilfsfaktors in Höhe von 1,13 bedient, da die Globalstrahlung  $G_{30^\circ}$  auf eine optimal geneigte Fläche um 10 % bis 15 % höher ist [Becker].

In Abhängigkeit der Ausrichtung und Neigung der Module lassen sich mit der ermittelten Globalstrahlung  $G_{30^\circ}$  mit Hilfe des nachfolgenden Diagramms die entsprechenden prozentualen Abminderungswerte und daraus die verminderte jährliche Einstrahlung bestimmen.

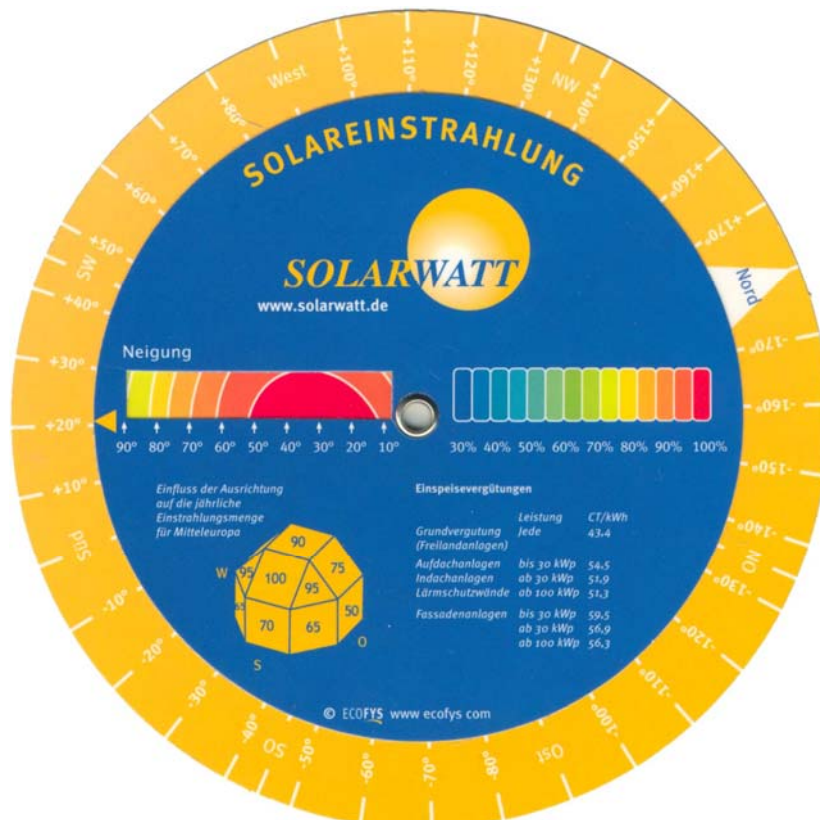


Abbildung 35 Ermittlung Solareinstrahlung in Abhängigkeit von Ausrichtung und Neigung

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

Mit der Hinterlegung exakterer Werte kann die Genauigkeit der Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung weiter erhöht werden. Die Einstrahlungswerte für eine bestimmte Ausrichtung und Neigung der Module lassen sich mit einschlägiger Software berechnen oder gegen eine finanzielle Vergütung beim DWD für jeden Standort in Deutschland abfragen. Für das Bundesland Nordrhein-Westfalen sind die Strahlungskarten im Internet veröffentlicht [AG Solar III].

Im Gegensatz zu den Globalstrahlungskarten werden in so genannten Ertragskarten (siehe Abbildung 36) die durchschnittlich erzielbaren Erträge in Abhängigkeit der geographischen Lage dargestellt. Aufgrund der direkten Abhängigkeit von Solarstrahlung und Ertrag ist auch hier das Nord-Süd-Gefälle deutlich erkennbar. Auf der Homepage des Solarenergie Fördervereins Deutschland e. V. kann aber auch nach regionalen Ertragsübersichten für verschiedene Jahre recherchiert werden [SFV III].



**Abbildung 36** Durchschnittlich erzielbarer spezifischer Ertrag nach Postleitzahlen [Antony]

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

Für die Simulation besitzen diese Werte jedoch nur informellen Charakter, da der Jahresertrag aus der verminderten Einstrahlung auf Fassaden unter Berücksichtigung der Performance Ratio, des Wirkungsgrades des Moduls sowie eventueller Verschattungsverluste ermittelt wird.

Anlagengüte (Performance Ratio, PR)

Ausgangspunkt für die Untersuchungen im Rahmen des Forschungsprojektes sind opake Standardmodule der Größe 0,6 m \* 1,2 m mit einer Leistung von 75 W<sub>p</sub> bzw. 80 W<sub>p</sub>. Für das Farbmodul ergeben sich in Abhängigkeit von Farbe und Farbstufigkeit innerhalb einer Farbe entsprechende Leistungsverluste.

Für die Farbe blau der Farbstufe (FS) 1 sind die Leistungsverlust mit 4 % am geringsten, für die Farben rot/gelb/grün der Farbstufe (FS) 3 mit 20 % am größten. Damit ergibt sich bei dem leistungsmäßig schlechteren PV-Modul mit 75 W<sub>p</sub> für den Wirkungsgrad eine Spanne zwischen 10 % und 8,3 %. Über diese Werte lässt sich für das Farbmodul die erforderliche Modulfläche für die gewünschte Anlagengröße ermitteln.

Das Netzeinspeisegerät (NEG), gebräuchlich als Wechselrichter bezeichnet, ist das zentrale Bauteil einer netzgekoppelten PV-Anlage. Neben dem Umwandeln von Gleich- zu Wechselstrom hat das Gerät noch folgende weitere Aufgaben zu erfüllen [DGS]:

- Optimieren der Modulleistung (MPP-Einstellung),
- PV- und netzseitige Überwachungs- und Schutzrichtungen,
- Erfassen und Speichern der Betriebsdaten.

Der Wirkungsgrad eines Wechselrichters gibt an, wie viel des aufgenommenen Stroms in Wechselstrom umgewandelt werden kann, wobei die Energieumwandlung selbst und der Eigenverbrauch des Wechselrichters den Wirkungsgrad mindern. Aktuell erreichen Wechselrichter europäische Wirkungsgrade<sup>6</sup> zwischen 92 % und 96 %.[DGS]

---

<sup>6</sup> Der Eurowirkungsgrad ist ein mit dem europäischen Klima gewichteter dynamischer Wirkungsgrad und beschreibt einem durchschnittlichen Jahreswirkungsgrad.

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

Neben dem Wirkungsgrad des Wechselrichters vermindern weitere Faktoren die Generatorleistung gegenüber dem bei Standardtestbedingungen ( $1000 \text{ W/m}^2$  Bestrahlungsstärke, Sonnenspektrum AM 1,5 und  $25^\circ\text{C}$  Solarzellentemperatur) bestimmten Nennwirkungsgrad der Module. Diese Faktoren berücksichtigen

- Reflexionsverluste,
- Modulverschmutzung,
- den geringeren Modulwirkungsgrad bei niedrigerer Einstrahlung und höheren Temperaturen,
- Mismatch der Module,
- Wechselrichterverluste,
- Ungenauigkeiten bei der MPP-Einstellung des Wechselrichters,
- Leitungsverluste,
- ggf. Verschattung [DGS], [ZSW].

Diese Faktoren werden in dem Faktor Performance Ratio (PR) berücksichtigt. In den Berechnungen ist dieser Faktor mit 75 % angesetzt.

Unter der Berücksichtigung des aufgrund der Farbwahl reduzierten Wirkungsgrades und der Performance Ratio ergibt sich aus der reduzierten Einstrahlung die umgewandelte Energie. Der Wert lässt sich je  $\text{m}^2$  und je  $\text{kW}_p$  installierte Leistung angeben. Durch entsprechende Multiplikation mit der erhöhten Modulfläche bzw. mit der installierten Leistung der Anlage ergibt sich der Jahresertrag der Anlage.

Für die Ermittlung der exakten Jahresvergütung muss eine Berücksichtigung der altersbedingten Verringerung des Wirkungsgrades (Degradation) erfolgen. Aktuell werden für CIS-Module Degradationen zwischen 0,3 % und 0,5 % pro Jahr angenommen. Für die Simulation wird eine Degradation von 0,3 % ab dem 3. Betriebsjahr angesetzt.

### Verschattung

Für die Wirtschaftlichkeit einer PV-Anlage spielt die Verschattung eine entscheidende Rolle, da der Ertrag mit zunehmender Verschattungsdauer und steigender Verschattungsfläche

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

der Module sinkt. Demnach ist die Planung einer möglichst verschattungsfreien PV-Anlage anzustreben.

Dies ist jedoch im Zusammenhang mit einer innerstädtischen Lage bei einer PV-VH-Fassade nicht immer zu realisieren. Aufgrund der meist flächendeckenden Bebauung in der Stadt ist die Gefahr dauerhafter, standortbedingter Nah- und Fernverschattungen deutlich höher als auf dem Land einzuschätzen. Für den Fall, dass Teilverschattungen auftreten bleiben damit drei Varianten:

- A) Alle Flächen werden mit PV-Modulen ausgestattet und verkabelt. Die Ertragsminderungen werden in Kauf genommen.
- B) Die unverschatteten Bereiche werden mit PV-Modulen, die verschatteten Flächen mit Glasplatten ausgestattet.
- C) Alle Flächen werden z. B. aus ästhetischen Gründen mit PV-Modulen versehen, wobei nur PV-Module in unverschatteten Bereichen elektrisch angeschlossen werden.

Eine Eigenverschattung der Module kann aufgrund der rahmenlosen Konstruktion der PV-VH-Fassade ausgeschlossen werden. Wegen der senkrechten Integration der PV-Module und dem verbundenen Selbstreinigungseffekt (vgl. auch Abschnitt 5.5) ist des Weiteren nur mit äußerst geringen temporären Verschattungen zu rechnen.

Für die Simulation wurden die Einbußen infolge Verschattung als prozentuale Minderung der Einstrahlung vorgesehen. So lassen sich erste Anhaltswerte angeben. Bei der Planung des konkreten Anwendungsfalls sollte für die Ermittlung der tatsächlich anzunehmenden Einstrahlungsverluste eine detaillierte Verschattungsanalyse durch erfahrene Fachleute durchgeführt werden.

### Vergütung

Die Höhe der Vergütung für Strom aus solarer Strahlungsenergie ergibt sich aus §8 des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG). Darin ist geregelt, dass die zum Zeitpunkt der neu in Betrieb genommene Anlagen geltende Einspeisevergütung für die nächsten 20 Jahre (zzgl. des Inbetriebnahmehjahres) gesetzlich garantiert wird.

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

Für Anlagen auf oder an einem Gebäude oder einer Lärmschutzwand sinkt die Vergütung jährlich um 5 %, für Freilandanlagen um 6,5 %. Die Mindestvergütung erhöht sich um jeweils 5,0 Cent je kWh für Fassadenanlagen, wenn sie einen wesentlichen Bestandteil des Gebäudes bilden.

Tabelle 7 stellt die Vergütungssätze in Abhängigkeit der Anlagengröße und des Inbetriebnahmejahres dar. Eine PV-VH-Fassade ist als wesentlicher Bestandteil ins Gebäude integriert und kann die erhöhte Einspeisevergütung für Fassaden in Anspruch nehmen.

Inbetriebnahme	Freiland	auf/an Gebäuden oder Lärmschutzwänden			Fassade			Laufzeitende
		bis 30 kW	30 bis 100 kW	über 100 kW	bis 30 kW	30 bis 100 kW	über 100 kW	
2004	45,70	57,40	54,60	54,00	62,40	59,60	59,00	31.12.2024
2005	43,42	54,53	51,87	51,30	59,53	56,87	56,30	31.12.2025
2006	40,59	51,80	49,28	48,74	56,80	54,28	53,74	31.12.2026
<b>2007</b>	<b>37,95</b>	<b>49,21</b>	<b>46,82</b>	<b>46,30</b>	<b>54,21</b>	<b>51,82</b>	<b>51,30</b>	<b>31.12.2027</b>
<b>2008</b>	<b>35,49</b>	<b>46,75</b>	<b>44,48</b>	<b>43,99</b>	<b>51,75</b>	<b>49,48</b>	<b>48,99</b>	<b>31.12.2028</b>
2009					geplante EEG-Novelle			

Angaben in Cent pro Kilowattstunde (ct/kWh)

**Tabelle 7** Vergütung für Strom aus solarer Strahlungsenergie nach § 11 EEG

Für den Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit bleibt demnach festzuhalten, dass sich aufgrund der sinkenden Vergütungssätze nach EEG frühzeitige Inbetriebnahmen positiv auswirken.

### Finanzierung

Die Bedingungen der Finanzierung sind maßgeblich für die Wirtschaftlichkeit der PV-Anlage verantwortlich. Dabei stellen der Bauherr, der Anteil Eigen- und Fremdkapital sowie entsprechende Förderprogramme wesentliche Einflussfaktoren dar.

#### A) Bauherr

PV-Anlagen können durch natürliche und juristische Personen errichtet werden. Oft sind damit maßgebliche Einschränkungen oder Vorteile bezüglich des Kapitals, der Fördermöglichkeiten, der Steuern oder Abschreibung verbunden. Da für die Simulation eine Begrenzung auf gewerbliche Investoren vorgenommen wurde, soll auf weitere Ausführungen hierzu verzichtet werden.

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

### B) Eigen- und Fremdkapitalanteil

Der Anteil an Eigen- und Fremdkapital besitzt wesentlichen Einfluss auf die Ergebnisse. Für die Simulation wurde unterstellt, dass derselbe Anteil an Eigenkapital für die Realisierung der Referenzfassade zur Verfügung steht, so dass der prozentuale Anteil an Fremdkapital zwischen den beiden Fassadenvarianten variieren kann.

Im Gegensatz zu beispielsweise freistehenden PV-Anlagen zielen die Untersuchungen jedoch nicht auf eine reine Renditebetrachtung, sondern vielmehr auf einen Vergleich von zwei Fassadensystemen, vor dem Hintergrund, dass eine Gebäudehülle ohnehin benötigt wird. Insofern wirken sich hohe Eigenkapitalanteile positiv auf die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung aus, da sich die Belastungen infolge des Darlehens sinken.

### C) Förderprogramme

In Deutschland werden auf Bundes-, Länder- und Kommunalebene verschiedene Förderprogramme angeboten. Für die Ausgabe subventionierter Kredite ist die KfW-Förderbank zuständig, die als Bundes- und Länderbank agiert.

Folgende Bundesförderprogramme werden aktuell angeboten:

- KfW-Programm „Solarstrom erzeugen“
- KfW-Umweltprogramm
- ERP-Umwelt und Energiesparprogramm
- BMU-Demonstrationsprogramm.

Kommunen und kommunale Unternehmen können mit Darlehen gefördert werden durch Programme wie

- KfW-Kommunalkredit
- Kommunal investieren.

Eine Kurzfassung wesentlicher Förderbedingungen befindet sich im Anhang 5. Die Zinskonditionen lassen sich tagesaktuell auf der Homepage der KfW Förderbank abfragen [KfW].

Parallel werden in einzelnen Bundesländern wie Bayern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen oder Saarland länderspezifischen Förderprogramme angeboten.



## **Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden**

An dieser Stelle muss darauf hingewiesen werden, dass die Konditionen der KfW-Bank nicht grundsätzlich günstiger als bei anderen Banken sind. Unter Umständen kann durch die Hausbank auch ein günstigeres Finanzierungsangebot unterbreitet werden. Dies ist für den Fall einer tatsächlichen Realisierung des Projektes abzugleichen.

### **Weitere Annahmen für die Berechnung**

Die Berechnungen beruhen grundsätzlich auf der Überlegung, dass ein potenzieller Bauherr nicht vor der Entscheidung zwischen Anlage und keiner Anlage steht, sondern für sein Gebäude eine Wahl zwischen zwei Fassadensystemen unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten treffen will.

Aus diesem Grund erfolgt eine Gegenüberstellung von Einnahmen und Ausgaben für beiden Fassadensysteme über einen Zeitraum von 20 Jahren, angelehnt an die Förderdauer nach EEG.

Beide Fassadensysteme werden zunächst getrennt betrachtet, als Vergleichswert wird die Liquidität nach Steuern im Jahr 20 nach Inbetriebnahme herangezogen. Die Differenz gibt Auskunft darüber, ob die PV-Fassade über den Betrachtungszeitraum wirtschaftlich rentabel ist (positiver Differenzbetrag) oder nicht (negativer Differenzbetrag).

Für die Ermittlung der einzelnen Jahresergebnisse erfolgt die jahresscheibenweise Verrechnung von Einnahmen und Ausgaben.

Zu den Ausgaben zählen die Zinsforderungen infolge eines Darlehens, die Wartungskosten in Höhe von 1 % der Investitionskosten sowie der Anteil der linearen Abschreibung. Die Inflation wird konstant mit einem Prozent über den Betrachtungszeitraum berücksichtigt. Für die Simulation wurde vereinfacht von einer jährlichen Tilgung ausgegangen. Dadurch ergeben sich letztlich höhere Zinsforderungen, da die Zinsen auf die Restschuld angerechnet werden.

Unter den Einnahmen werden dabei die Einspeisevergütung und eine eventuelle Guthabenverzinsung bei positivem Jahresergebnis berücksichtigt. Bei der Vergütung wird ab dem 3. Betriebsjahr die Degradation als mindernder Faktor eingerechnet.

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

Nach der Ermittlung der Jahresergebnisse erfolgt die Liquiditätsbetrachtung mit Blick auf die Anrechenbarkeit der Erträge vor und nach Steuer. Die Liquidität zum Jahresende ergibt sich durch Gegenüberstellung der Aufwendungen zu den Erlösen unter Berücksichtigung der zuvor ermittelten Jahreserträge. Das im Jahr Null aufgebrauchte Eigenkapital wird mit den Gewinnen der Folgejahre verrechnet. Es ergibt sich die Liquidität vor Steuern. Unter Berücksichtigung der spezifischen Steuer, der Zinsabschlagssteuer und der Gewerbeertragssteuer ergibt sich die Liquidität nach Steuern.

Für die Simulation wurde der derzeit noch geltende Gewerbesteuersatz von 5 % berücksichtigt. Infolge der bevorstehenden Steuerreform 2008 sind jedoch Steuersätze von 3,5 % zu erwarten, in dessen Folge die Ergebnisse geringer ausfallen würden. Da die Gewerbesteuer jedoch erst nach einem Gewinn größer 24.500 € abzuführen ist und dies erst bei größeren Anlagen erreicht werden kann, aber nur selten erreicht wird, tritt die Abgabe von Gewerbesteuern nur selten auf. Diese Abweichung wurde deshalb vernachlässigt.

Erste Aussagen über die Wirtschaftlichkeit der PV-VH-Fassade können bereits mit dem Wert der Liquidität nach Steuern getroffen werden. Aufgrund der hohen Anfangsinvestitionskosten und den zu geringen entgegenstehenden Einnahmen aus der EEG-Vergütung wird sich jedoch in vielen Fällen ein negativer Liquiditätswert nach Steuern ergeben. Erst mit der Berücksichtigung einer alternativen Referenzfassade ergeben sich aussagekräftige Werte hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit über einen betrachteten Zeitraum.

Aus diesem Grund erfolgt ein Vergleich der Liquiditäten nach Steuern für die beiden Fassadensysteme (PV-VH-Fassade zu Referenzfassade).

Ein negativer Differenzbetrag nach Steuern zeigt die Mehrkosten an, die sich bei der PV-VH-Fassade für die jeweiligen Rahmenbedingungen ergeben. Ein positiver Differenzbetrag unterstreicht hingegen die Wirtschaftlichkeit der PV-VH-Fassade. Generell ist darauf hinzuweisen, dass durch kontinuierliche Instandhaltungsmaßnahmen an den PV-Anlagen die Chancen groß sind, diese Anlagen über die betrachtete Laufzeit von 20 Jahren hinaus zur Erzeugung von PV-Strom einzusetzen. Dadurch würden sich die ermittelten Vergleichswerte weiter zu Gunsten der PV-VH-Fassade verändern.

### Kostenansätze für Investitions- und Folgekosten

#### Herstellkosten

Die Kennwertbildung für die Herstellkosten der VH-Referenzfassade erfolgte über Anfragen bei verschiedenen Vertretern der Bauwirtschaft. Die ermittelte Preisspanne liegt zwischen 155 € und 180 € für die VH-Fassade mit Standardfassadenbekleidung und bzw. zwischen 375 € und 425 € für eine VH-Fassade mit Glasbekleidung, abhängig vom verwendeten Format.

An dieser Stelle wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass es sich bei den genannten Angaben lediglich um Grobkennwerte handelt, die im Einzelfall sehr stark abweichen können. Die Kosten der Fassadensysteme werden maßgeblich von vielen Faktoren beeinflusst:

- Geometrie der Gebäudefassade,
- Größe der Fassadenfläche,
- Fassadenbekleidung,
- statische Anforderungen und Anschlusspunkte,
- Konstruktionsart und -weise
- Filigranität,
- Brandschutz,
- Anzahl der Öffnungen,
- Innenarchitektur und
- Marktsituation [Krause].

Der Kostenkennwert für die PV-VH-Fassade setzt sich zusammen aus den Modulkosten, den Kosten für die Unterkonstruktion sowie den PV-spezifischen Kosten. Als reine Modulkosten wurden Kosten in Höhe von 510 €/m<sup>2</sup> berücksichtigt. Zusätzlich wurden für die Unterkonstruktion inklusive Wärmedämmung 70 € je m<sup>2</sup> angesetzt werden, so dass sich im Ergebnis Materialkosten von ca. 580 €/m<sup>2</sup> PV-VH-Fassadenfläche ergeben. Für die Montage wurde unterstellt, dass es hier keinem erhöhten Aufwand bedarf, so dass analog zur Montage der VH-Fassade Kosten in Höhe von 65 €/m<sup>2</sup> angesetzt wurde.

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

Die Kosten für die PV-Systemtechnik wie Wechselrichter, Verkabelung und deren Anbringung werden in einem separaten spezifischen Kostenfaktor von 0,6 €/W<sub>p</sub> berücksichtigt.

Als Eingangsparameter für die Simulation können damit die in der Tabelle 8 dargestellten Herstellkosten (Material und Montage) festgehalten werden.

Kosten	VH-Fassade mit Standard-Fassadenbekleidung	VH-Fassade mit Glasbekleidung	VH-Fassade mit PV-Bekleidung	
			grün/gelb/rot FS 3 83 Wp/m <sup>2</sup>	blau FS 1 107 Wp/m <sup>2</sup>
<b>Material</b>	90 bis 115 €/m <sup>2</sup>	310 bis 360 €/m <sup>2</sup>	580 €/m <sup>2</sup>	
<b>Montage</b>	65 €/m <sup>2</sup>	65 €/m <sup>2</sup>	65 €/m <sup>2</sup>	
<b>Zwischensumme</b>	155 bis 180 €/m <sup>2</sup>	375 bis 425 €/m <sup>2</sup>	645 €/m <sup>2</sup>	
<b>spezif. Kosten</b>	0 €/W <sub>p</sub>	0 €/W <sub>p</sub>	0,6 €/W <sub>p</sub>	
<b>Gesamtkosten</b>	<b>155 bis 180 €/m<sup>2</sup></b>	<b>375 bis 425 €/m<sup>2</sup></b>	<b>695 bis 710 €/m<sup>2</sup></b>	

**Tabelle 8** Kennwerte Herstellkosten VH- und PV-VH-Fassaden

## Planungskosten

Im Vorfeld der Errichtung von Fassaden sind nacheinander die Klärung der Anforderungen und Randbedingungen, die Konzeption, die Planung sowie die Projektorganisation durchzuführen. Speziell während der Fassadenplanung sind Anforderungen an Gebäudehüllen, zusätzliche DIN-Normen, Gesetze und sicherheitsrelevante Vorschriften zu beachten.

Während der Planungsphase ist auch die PV-Anlage zu bemessen. Da individuelle Randbedingungen die Erträge von PV-Anlagen maßgebend beeinflussen, sind zu Beginn Untersuchungen sowie Simulationen zu Standort und Gebäude durchzuführen. Danach sind die Systemkomponenten zu dimensionieren, Typen zu wählen und aufeinander abzustimmen. Speziell die Integration der Module in die Fassade stellt einen weiteren maßgeblichen Kernpunkt des Planungsprozesses dar. Hier sind Schnittstellen zwischen Fassaden- und PV-Planung – wie z. B. Festlegungen zur Kabelführung – zu vereinen. Weiterhin müssen bauliche und technische Vorschriften sowie Haftungs- und Versicherungsaspekte berücksichtigt werden.

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

Bei der gebäudeintegrierten PV-Anlage muss aufgrund der komplexeren Anforderungen von einem erhöhten Planungs- und Koordinationsaufwand ausgegangen werden [DGS].

Bei der Simulation wurden die Planungskosten der Referenzfassade mit 50 % der Planungskosten der PV-VH-Fassade berücksichtigt, da sämtliche Planungsabläufe zur PV-Anlage inklusive Schnittstellenkoordination hier entfallen.

### Betriebskosten

Im Vergleich zu den Investitionskosten sind die Betriebskosten für PV-Anlagen sehr gering. Nach [Haselhuhn] zählen zu den Betriebskosten:

- Versicherung,
- Zählermiete bzw. regelmäßige Eichung der Zähler,
- Rückstellungen für Reparaturen,
- Wartung und Instandhaltung,
- ggf. Betriebsdatenüberwachung und Betriebsführung,
- ggf. Verwaltung und Abrechnung,
- ggf. Flächennutzung.

In der Literatur wird von jährlichen Betriebskosten in Höhe von 1 bis 2 % ausgegangen [Haselhuhn], [Seltmann]. Dass diese Angaben realistische Werte darstellen, beweisen die Untersuchungen im Abschnitt 5.5. Darin wurden jährliche Wartungskosten von 0,2 bis 0,3 % der Investitionskosten festgehalten. Die durchschnittlichen Versicherungsbeiträge belaufen sich für die Allgefahren-Versicherung mit integrierter Betriebsausfallversicherung auf 16,62 € je kW<sub>p</sub> und für die Betreiberhaftpflicht im Durchschnitt auf 72,43 € im Jahr. Im Vergleich zu 5 bis 7-stelligen Investitionskosten sind diese Beiträge verschwindend gering.

Da die Reinigung für beide Fassadensysteme gleich ist, wurde diese aus den Betrachtungen zu den Betriebskosten ausgeschlossen.

Die Kosten für die Zählermiete sind abhängig von der Zählerart (Mengenzähler oder Lastgangzähler) – hier bedarf es einer Abstimmung mit dem regionalen Netzbetreiber. Die Kosten für die Zählermiete schwanken zwischen 0 und 20 € pro Jahr. Zusätzlich fallen noch ca. 10 bis 15 € Abrechnungsgebühren im

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

Jahr auch bei eigenem Zähler an [Photovoltaikforum]. Insgesamt sind auch diese Kosten gemessen an den Investitionskosten sehr gering.

Für die Simulation wurden für die Betriebskosten jährliche Kosten in Höhe von 1 % der Investitionskosten angesetzt. Im vorliegenden Fall wurden die Kosten gleichmäßig auf den Betrachtungszeitraum verteilt. Ebenso denkbar wäre eine jahresweise Zuordnung der anfallenden Kosten in Abhängigkeit konkreter Ereignisse gewesen.

Für die VH-Referenzfassade werden die Betriebskosten in der Simulation ebenfalls mit 1 % der Investitionskosten angesetzt, da vorgehängte hinterlüftete Fassaden als System mit geringer Schadensanfälligkeit und geringen Wartungs- und Instandhaltungskosten gelten. Die Langlebigkeit resultiert im Wesentlichen aus den energetischen Möglichkeiten und den bauphysikalischen Vorteilen dieses Systems, begründet in der konstruktiven Trennung von Dämmung und Bekleidung und dem Hinterlüftungsraum dazwischen [FVHF]. Der Wert wird daher als realistisch betrachtet.

### Simulation von unterschiedlichen Szenarien

Unter Berücksichtigung der recherchierten LC-Ansätze wurden exemplarisch verschiedene Szenarien simuliert, um daraus Praxisempfehlungen ableiten zu können. Ausgangspunkt für die Untersuchung waren folgende Eingangsparameter.

#### Eingangsparameter Ausgangslage

Standort:	München
Ausrichtung:	Süd
Minderung Verschattung:	0 %
Anlagenleistung:	5 kW <sub>p</sub>
Performance Ratio:	75 %
Degradation:	0,4 % p. a.
Leistung Standardmodul:	80 W <sub>p</sub>
Farbe:	blau, Farbstufe (FS) 3
Inbetriebnahme:	Januar 2008-
Kostendifferenz Material und Montage	300 €/m <sup>2</sup> (PV- zu Referenzfassade)
spezifischer Kostenfaktor	0,60 €/W <sub>p</sub>
Planungskosten:	2900 €
Finanzierung:	vollständig über Eigenkapital

Für diese Ausgangssituation rentiert sich das PV-System für den betrachteten Zeitraum über 20 Jahre. Die Gegenüberstellung der Liquiditäten nach Steuern von PV-Fassade zu Refe-

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

renzfassade weist einen positiven Differenzbetrag in Höhe von 11.964,49 € auf.

In den nächsten Teilabschnitten soll unter Veränderung einzelner Parameter der Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit untersucht und ausgewertet werden.

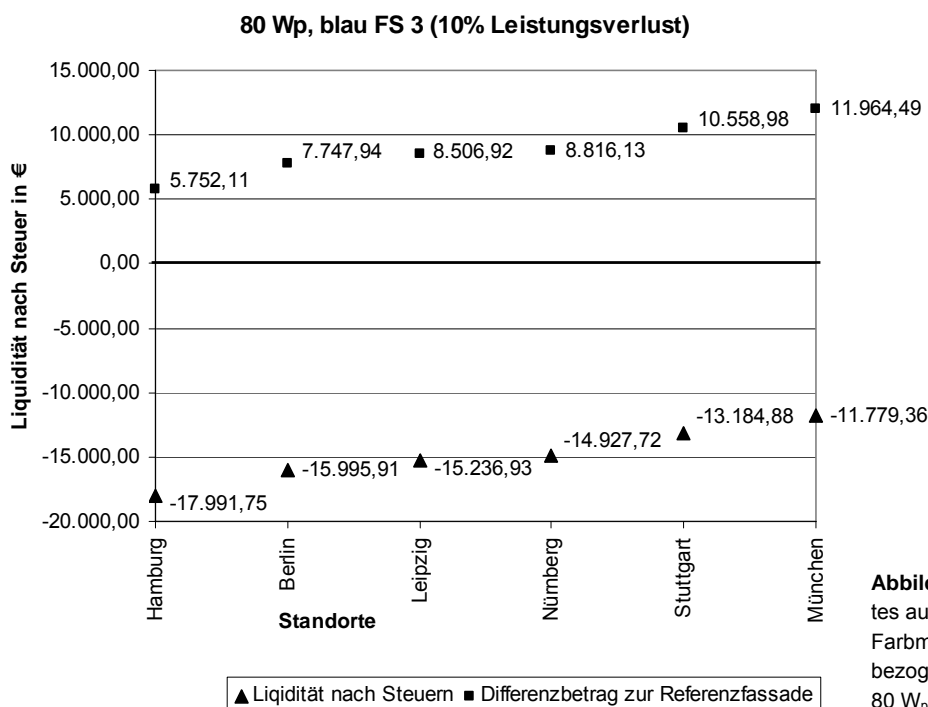
### Standort

Ausgangsparameter sind die zuvor beschriebenen Werte; nur der Standort soll verändert werden. Tabelle 9 zeigt das Nord-Süd-Gefälle bezüglich Einstrahlung und Jahreserträgen für eine 5 kW<sub>p</sub> Anlage in Deutschland. Demnach liegt in Hamburg der niedrigste und in München der höchste Jahresertrag vor.

Standort	Einstrahlung G <sub>horizontal</sub>	Jahresertrag
Hamburg	947 kWh/m <sup>2</sup>	2.859,53 kWh/a
Berlin	1010 kWh/m <sup>2</sup>	3.048,56 kWh/a
Leipzig	1031 kWh/m <sup>2</sup>	3.120,45 kWh/a
Nürnberg	1058 kWh/m <sup>2</sup>	3.149,74 kWh/a
Stuttgart	1102 kWh/m <sup>2</sup>	3.314,81 kWh/a
München	1150 kWh/m <sup>2</sup>	3.447,94 kWh/a

**Tabelle 9** Einstrahlung und Jahresertrag in Abhängigkeit des Standortes

Die Ergebnisse der Simulation sind für die ausgewählten Standorte in Abbildung 37 grafisch aufbereitet.

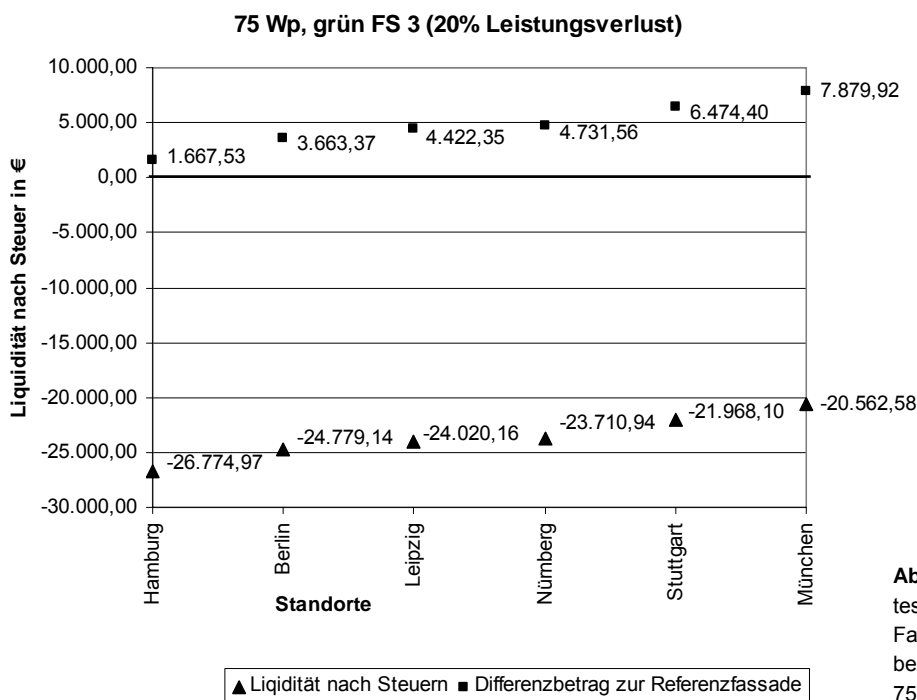


**Abbildung 37** Einfluss des Standortes auf die Wirtschaftlichkeit für ein Farbmodul mit 10 % Leistungsverlust bezogen auf ein Standardmodul mit 80 W<sub>p</sub>

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

Die Abbildung zeigt zunächst, dass alle untersuchten Standorte nach der Laufzeit von 20 Jahren einen Verlust aufweisen. Die Kostenspanne reicht von -11.779,36 € für den Standort München bis -17.991,75 € für den Standort Hamburg. Die Gegenüberstellung mit der Referenzfassade relativiert diese Ergebnisse. Demnach rentiert sich eine 5 kW<sub>p</sub>-Anlage mit optimaler Südausrichtung über den betrachteten Zeitraum von 20 Jahren für alle Standorte.

Die gleiche Untersuchung wurde anschließend als Worst-Case-Szenario für ein Farbmodul mit 20 % Leistungsverlust bezogen auf ein Standardmodul mit 75 W<sub>p</sub> durchgeführt. Die Ergebnisse der Simulation sind in Abbildung 38 dargestellt.



**Abbildung 38** Einfluss des Standortes auf die Wirtschaftlichkeit für ein Farbmodul mit 20 % Leistungsverlust bezogen auf ein Standardmodul mit 75 W<sub>p</sub>

Aufgrund der nunmehr größeren benötigten Fläche fallen die Verluste mit einer Spanne zwischen -20.562,58 € und -26.774,97 € deutlich höher aus. Nach der Gegenüberstellung zur Referenzfassade zeigt sich aber auch hier ein positives Ergebnis bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung über den Zeitraum von 20 Jahren.

Die Ergebnisse beruhen derzeit auf einer optimalen Südausrichtung und damit verbundenen minimalen Einstrahlungsver-



## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

lusten. Aus diesem Grund soll nachfolgend der Einfluss der Ausrichtung der PV-VH-Fassade untersucht werden.

### Ausrichtung

Ausgangspunkt für die Untersuchung ist das leistungsmäßig schlechtere PV-Modul mit 20 % Leistungsverlust bezogen auf ein 75 W<sub>p</sub>-Standardmodul. Für die bereits untersuchten sechs Standorte sollen in 30°-Schritten exemplarisch die Wirtschaftlichkeit einer 5 kW<sub>p</sub>-Anlage ermittelt werden. Die restlichen Eingangsparameter bleiben entsprechend der definierten Ausgangslage konstant.

Die untersuchten Ausrichtungen mit den verbundenen Einstrahlungsverlusten sind in Tabelle 10 dargestellt. Der Jahresertrag bezieht sich auf eine 5 kW<sub>p</sub>-Anlage und ist als Spanne für die Standorte Hamburg und München angegeben.

Ausrichtung	Einstrahlungsverlust	Jahresertrag in kWh/a
S + 0°	71 %	2.859,53 ... 3.447,94
SW/SO +/- 30°	69 %	2.778,98 ... 3.350,81
SW/SO +/- 60°	61 %	2.456,78 ... 2.962,31
W/O +/- 90°	51 %	2.054,03 ... 2.476,69
NW/NO +/- 120°	41 %	1.651,28 ... 1.991,06
NW/NO +/- 150°	33 %	1.329,08 ... 1.602,56
N + 180°	30 %	1.208,25 ... 1.456,88

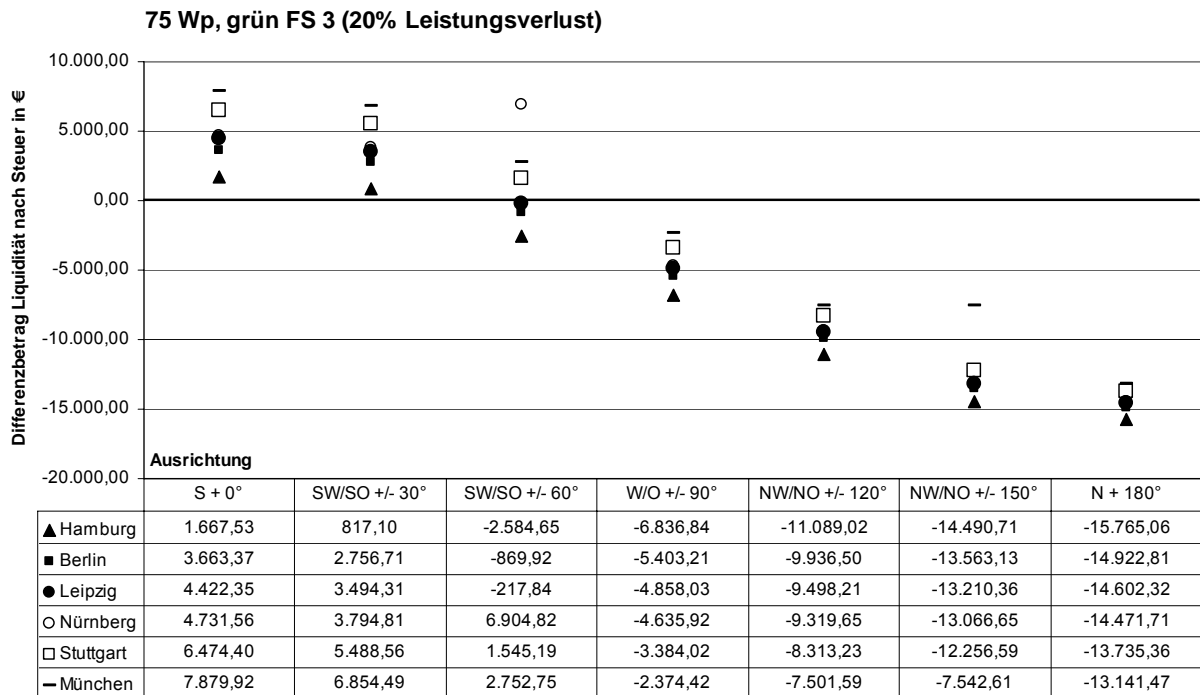
**Tabelle 10** Jahresertrag in Abhängigkeit von Ausrichtung und Standort

Die Tabelle zeigt, dass die Jahreserträge mit zunehmender Orientierung nach Norden sinken. Die gleichen Abhängigkeiten zeigen sich auch in den Ergebnissen der Simulation, wie in Abbildung 39 dargestellt.

Demnach sind für die sechs untersuchten Standorte bei einer 5 kW<sub>p</sub>-Anlage Ausrichtungen zwischen SW +30° und SO -30° wirtschaftlich rentabel. Für die Standorte Nürnberg, Stuttgart und München rentieren sich außerdem Ausrichtungen zwischen SW +60° und SO -60°. Durch Wahl eines Standardmoduls mit 80 W<sub>p</sub> Leistung und einer Farbwahl mit geringeren Leistungsverlusten verbessert sich das Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung aufgrund des höheren Jahresertrages und damit verbundenen höheren Einnahmen aus der Vergütung weiter. Bei besonders ertragsreichen Standorten rentieren sich damit sogar reine Ost-/Westausrichtungen. So

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

beträgt der Differenzbetrag nach Steuern für das PV-Modul mit 10 % Leistungsverlust bezogen auf ein 80 W<sub>p</sub>-Standardmodul für die Ausrichtung O/W +/-90° am Standort München noch 1.710,15 € und am Standort Stuttgart immerhin noch 700,56 € über die betrachtete Laufzeit.



**Abbildung 39** Einfluss von Standort und Ausrichtung auf die Wirtschaftlichkeit am Beispiel einer 5 kW<sub>p</sub>-Anlage

### Anlagengröße

Ausgangspunkt für die Untersuchung ist erneut das leistungsmäßig schlechtere PV-Modul mit 20 % Leistungsverlust bezogen auf ein 75 W<sub>p</sub>-Standardmodul. Für die bereits untersuchten sechs Standorte soll für verschiedene Anlagengrößen die Wirtschaftlichkeit ermittelt werden. Mit zunehmender Anlagengröße erhöhen sich sowohl die Vergütung aus der Einspeisung, aber auch die Kosten für das Fassadensystem. Die Eingangsparameter definieren sich wie folgt:

Ausrichtung:	Süd
Minderung Verschattung:	0 %
Performance Ratio:	75 %
Degradation:	0,4 % p. a.
Leistung Standardmodul:	75 W <sub>p</sub>
Farbe:	grün, Farbstufe (FS) 3

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

Inbetriebnahme:	Januar 2008
Kostendifferenz Material und Montage	300 €/m <sup>2</sup> (PV- zu Referenzfassade)
spezifischer Kostenfaktor	0,60 €/W <sub>p</sub>
Finanzierung:	vollständig über Eigenkapital

Die untersuchten Anlagengrößen mit zugehöriger Modulfläche und entsprechendem Vergütungssatz sind in Tabelle 11 dargestellt. Der Jahresertrag ist als Spanne für die Standorte Hamburg und München angegeben.

Anlagengröße	Modulfläche [m <sup>2</sup> ]	Vergütungssatz [Cent]	Jahresertrag [kWh/a]
3,0 kW <sub>p</sub>	36,00	51,75	1.715,72 ... 2.068,76
5,0 kW <sub>p</sub>	60,00	51,75	2.859,53 ... 3.447,94
10,0 kW <sub>p</sub>	120,00	51,75	5.719,05 ... 6.895,88
20,0 kW <sub>p</sub>	240,00	51,75	11.438,10 ... 13.791,75
30,0 kW <sub>p</sub>	330,00	51,75	17.157,15 ... 20.687,63
50,0 kW <sub>p</sub>	600,00	50,84	28.595,25 ... 34.479,38

**Tabelle 11** Jahreserträge für verschiedene Standorte in Abhängigkeit von der Anlagengröße

Demnach erhöhen sich die Modulfläche und der Jahresertrag proportional mit steigender Anlagengröße. Für die Anlagengröße von 50 kW<sub>p</sub> sinkt der Vergütungssatz auf 50,84 Cent/kWh.

Im Vergleich zu den vorangegangenen Untersuchungen zu Standort und Ausrichtung ergibt die Auswertung eine indirekte Proportionalität zwischen Liquidität nach Steuern und dem Differenzbetrag zur Referenzfassade. Die Liquiditätswerte sind allesamt im negativen Bereich. Sie sinken aufgrund steigender Kosten mit zunehmender Anlagengröße. Nach Gegenüberstellung mit der Referenzfassade ergeben sich allerdings durchweg positive Ergebnisse, die mit zunehmender Anlagengröße steigen, wie in Abbildung 40 dargestellt. Hintergrund sind die erhöhten Fassadenflächen, die bei ähnlichen Vergütungssätzen zu hohen Gewinnen auf Seiten der PV-Fassade führen und gleichzeitig beträchtliche Kosten auf Seiten der Referenzfassade hervorrufen.

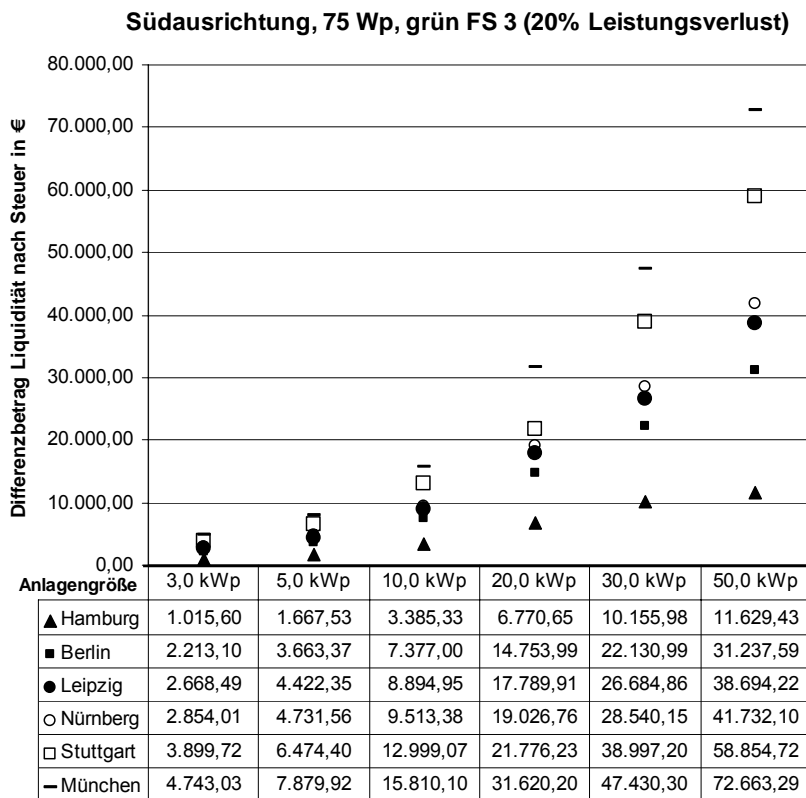
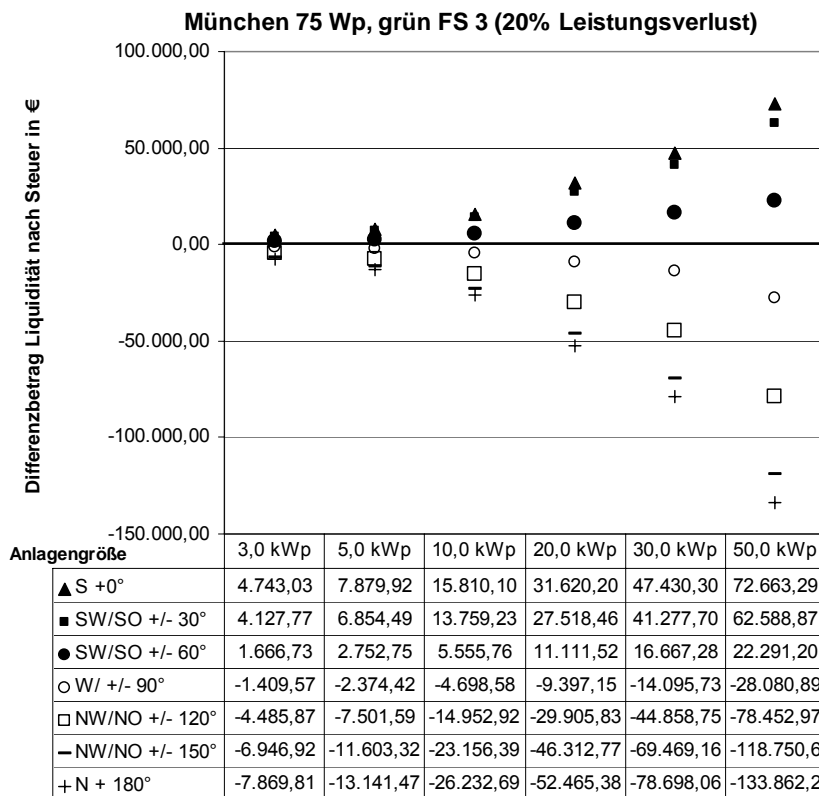


Abbildung 40 Einfluss von Standort und Anlagengröße auf die Wirtschaftlichkeit

Für eine optimale Südausrichtung bleibt demnach festzuhalten, dass unter oben definierten Rahmenbedingungen die Rentabilität mit zunehmender Anlagengröße unabhängig vom Standort steigt.

Für den Standort München wurde exemplarisch untersucht, welchen Einfluss die Anlagengröße in Abhängigkeit von der Ausrichtung auf die Wirtschaftlichkeit besitzt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 41 dargestellt.

Die Abbildung zeigt, dass für die untersuchten Anlagengrößen die Wirtschaftlichkeit für Ausrichtungen zwischen SW +60° und SO -60° über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren gegeben ist. Für diese Ausrichtungen steigt die Rentabilität mit Anlagengröße. Auffällig ist eine Umkehrung ab reinen Ost- oder West-Ausrichtungen, bei denen die Rentabilität mit der Anlagengröße sinkt. Hier reichen die mit der Anlagengröße steigenden Einnahmen nicht mehr aus, um die gleichzeitig anfallenden höheren Kosten zu kompensieren.



**Abbildung 41** Einfluss von Ausrichtung und Anlagengröße auf die Wirtschaftlichkeit

## Finanzierung

Bislang beruhen alle Untersuchungen auf der Annahme, dass die PV-Anlage vollständig über Eigenkapital finanziert wird. Nachfolgend soll deshalb untersucht werden, inwieweit eine Erhöhung des Fremdkapitalanteils die Wirtschaftlichkeit beeinflusst.

Ausgangspunkt für die Untersuchung ist erneut das leistungsmäßig schlechtere PV-Modul mit 20 % Leistungsverlust bezogen auf ein 75 W<sub>p</sub>-Standardmodul. Für die bereits untersuchten sechs Standorte soll für verschiedene prozentuale Fremdkapitalanteile die Wirtschaftlichkeit einer 5 kW<sub>p</sub>-Anlage ermittelt werden. Für die Untersuchung wird unterstellt, dass für die Finanzierung der Referenzfassade durch die Hausbank ein Darlehen zu gleichen Konditionen hinsichtlich Laufzeit, Zinsbindung und Zinssatz gewährt werden kann. Lediglich Auszahlung und tilgungsfreie Zeit unterscheiden sich. Die Eingangsparameter definieren sich wie folgt:

<b>PV-Fassade:</b>	
Ausrichtung:	Süd
Minderung Verschattung:	0 %
Performance Ratio:	75 %

# Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

Degradation: 0,4 % p. a.  
 Leistung Standardmodul: 75 W<sub>p</sub>  
 Farbe: grün, Farbstufe (FS) 3  
 Inbetriebnahme: Januar 2008  
 Kostendifferenz Material und Montage: 300 €/m<sup>2</sup> (PV-zu Referenzfassade)  
 spezifischer Kostenfaktor: 0,60 €/W<sub>p</sub>

### Finanzierung PV-Fassade:

Auszahlung: 96 %  
 Kreditlaufzeit: 10 Jahre  
 Tilgungsfreie Zeit: 2 Jahre  
 Zinssatz: 4,25 %  
 Zinsbindung: 10 Jahre

### Finanzierung Referenzfassade:

Auszahlung: 100 %  
 Kreditlaufzeit: 10 Jahre  
 Tilgungsfreie Zeit: 0 Jahre  
 Zinssatz: 4,25 %  
 Zinsbindung: 10 Jahre

Für eine optimale Südausrichtung wurde untersucht, welchen Einfluss Fremdkapitalanteil in Abhängigkeit vom Standort auf die Wirtschaftlichkeit besitzt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 42 dargestellt.

### Südausrichtung, 75 W<sub>p</sub>, grün FS 3 (20% Leistungsverlust)

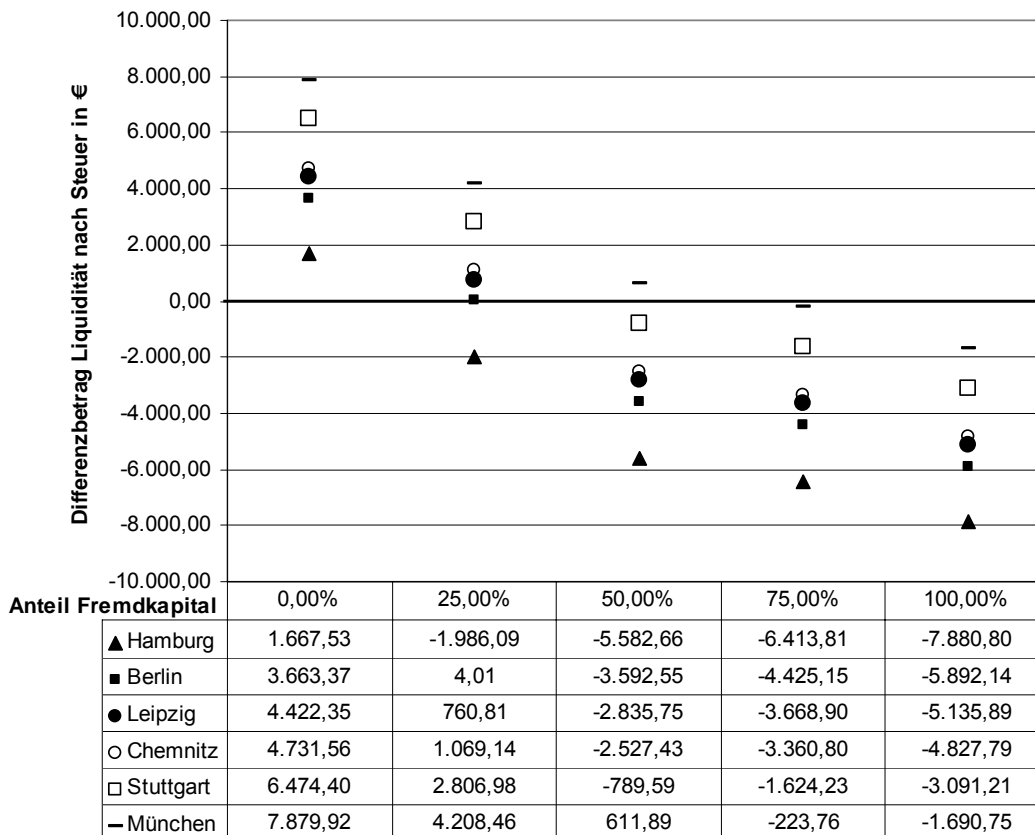


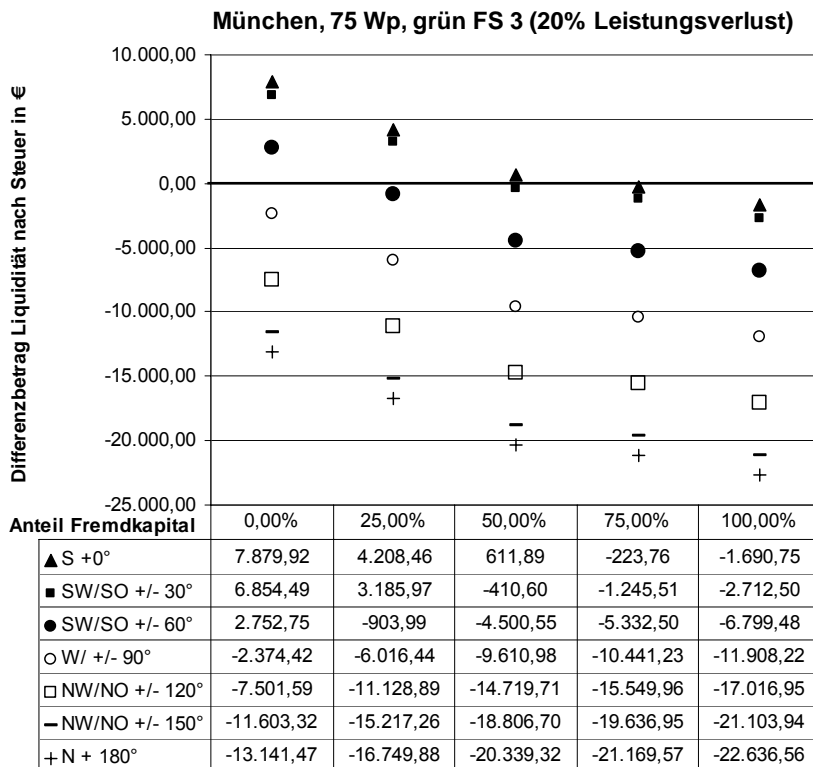
Abbildung 42 Einfluss von Standort und Fremdkapitalanteil auf die Wirtschaftlichkeit

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

Erwartungsgemäß sinkt die Rentabilität mit Zunahme des Fremdkapitalanteils. Für die oben definierten Ausgangsparameter ergeben sich lediglich bis zu einem Fremdkapitalanteil von 25 % wirtschaftliche Ergebnisse. Durch Wahl eines Standardmoduls mit 80 W<sub>p</sub> Leistung und einer Farbwahl mit geringeren Leistungsverlusten verbessert sich jedoch das Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung. Bei besonders ertragsreichen Standorten rentieren sich damit sogar reine Fremdfinanzierungen. So beträgt der Differenzbetrag nach Steuern für das PV-Modul mit 10 % Leistungsverlust bezogen auf ein 80 W<sub>p</sub>-Standardmodul für die Ausrichtung am Standort München noch 1.711,31 € und am Standort Stuttgart immerhin noch 310,34 € über die betrachtete Laufzeit.

Für eine optimale Südausrichtung bleibt demnach festzuhalten, dass unter oben definierten Rahmenbedingungen abhängig von der Anlagengröße, von der Leistungsfähigkeit des Moduls und den Finanzierungsbedingungen auch zu 100 % fremdfinanzierte Anlagen über die Laufzeit von 20 Jahren sich wirtschaftlich rentieren können.

Für den Standort München wurde abschließend exemplarisch untersucht, welchen Einfluss der Fremdkapitalanteil in Abhängigkeit von der Ausrichtung auf die Wirtschaftlichkeit besitzt.



**Abbildung 43** Einfluss von Ausrichtung und Fremdkapitalanteil auf die Wirtschaftlichkeit

## **Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden**

Die Abbildung 43 zeigt zunächst, dass unter den definierten Rahmenbedingungen für reine Südausrichtungen Fremdkapitalanteile bis zu 50 % und für Ausrichtungen zwischen SW +30° und SO -30° Fremdkapitalanteile bis zu 25 % wirtschaftlich rentabel sind. Für Fremdkapitalanteile bis zu 100 % liegen die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nur knapp im negativen Bereich. Bei Wahl eines blauen Moduls mit höherer Leistungsfähigkeit ergeben sich jedoch auch für 100 %-ige Fremdfinanzierungen und Ausrichtungen zwischen SW +30° und SO -30° wirtschaftliche Ergebnisse. So beträgt der Differenzbetrag nach Steuern in diesem Fall 689,20 €.

### **Fazit**

Für die Berechnungen wurde insgesamt eher von schlechten Eingangsparametern insbesondere im Hinblick auf das PV-Modul ausgegangen. Für die Einflussfaktoren Ausrichtung und Finanzierung wurde exemplarisch aufgezeigt, dass sich mit Wahl eines leistungsstärkeren Moduls (geringere Leistungsverluste aufgrund anderer Farbwahl, 80 W<sub>p</sub> Standardmodul) die Ergebnisse weiter verbessern.

Die Simulationen haben gezeigt, dass bei 100 %-igen Eigenfinanzierungen wirtschaftliche Ergebnisse bis zu reinen Ost- oder Westausrichtungen in Abhängigkeit von Standort, Anlagengröße und Leistungsfähigkeit des Moduls möglich sind. Für 100 %-ige Fremdfinanzierungen sind unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten SW/SO-Ausrichtungen bis zu +/- 30° rentabel. Die Ergebnisse sind jedoch abhängig von Standort, Anlagengröße, Leistungsfähigkeit des Moduls und vor allem den jeweiligen Finanzierungsbedingungen.

Bei der Vielzahl an variablen Eingangsgrößen bleibt die Wirtschaftlichkeit demnach im Einzelfall zu prüfen.

## **6.2 Einsatzpotenziale – Visualisierung**

### **Anwendungsmöglichkeiten**

Grundsätzlich ist eine Anwendung eines PV-VH-Fassadensystems sowohl bei Neubauvorhaben als auch bei der Sanierung oder Modernisierung von Altbauten denkbar.

Der Einsatz ist jedoch von vornherein auf die ertragsreicheren Südost- bis Südwest-Fassadenflächen beschränkt. Je nach Randbedingungen kommen unter Umständen auch reine



## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

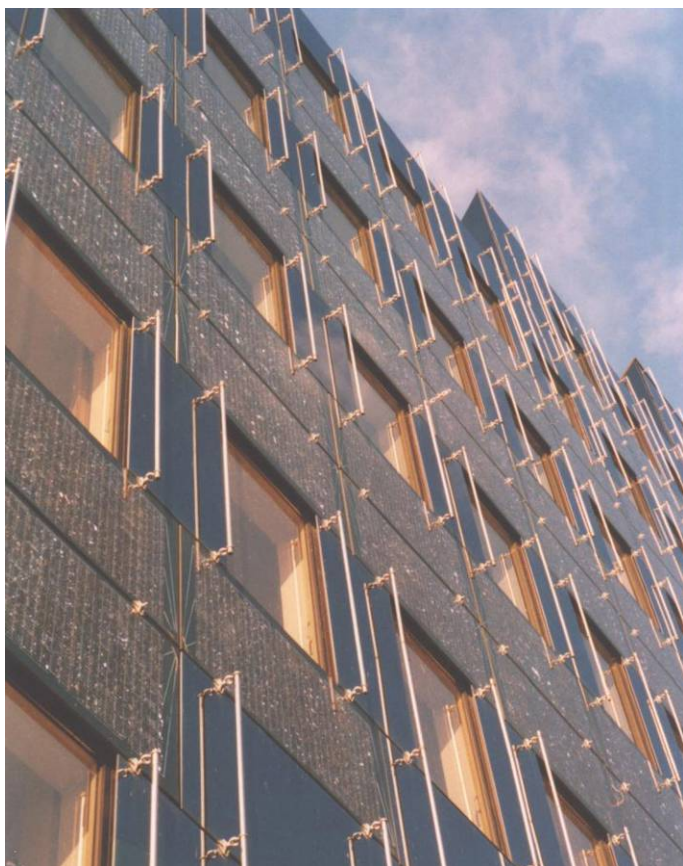
Ost/West-Ausrichtungen für die Anwendung in Betracht. Hauptgrund dafür ist die Einstrahlungsminderungen infolge der senkrechten Integration der PV-Module in die Fassadenfläche (90° Neigung der Module).

Die gebauten Beispiele in den Abbildungen 44 bis 47 zeigen das Gestaltungspotenzial von PV-VH-Fassaden mit konventionellen PV-Modulen. Ähnliche Modulationen in Farbe und Oberfläche, wie sie bisher nur durch die Auswahl bestimmter Solarzellentypen und des rückseitigen Glas- oder Folienmaterials sowie durch die Kombination mit anderen Bekleidungs-elementen möglich waren, lassen sich in dem neuen System mit einer Zell- und Modultechnologie umsetzen. Darüber hinaus ist die Trägerplatte mit den unterschiedlichsten Oberflächen wie Glas, Putz, Naturwerkstein oder Keramik ausführbar und erlaubt eine Vielzahl an Kombinationsmöglichkeiten im selben Fassadensystem.



**Abbildung 44** PV-VH-Fassade am Wohnhochhaus Helene-Weigel-Platz in Berlin mit polykristallinen PV-Modulen. Die auf der Vorderseite sichtbaren Glashalteleisten als linienförmige Befestigung und die breiten weißen Modulränder bewirken eine auffällige Rasterung der PV-Fläche.

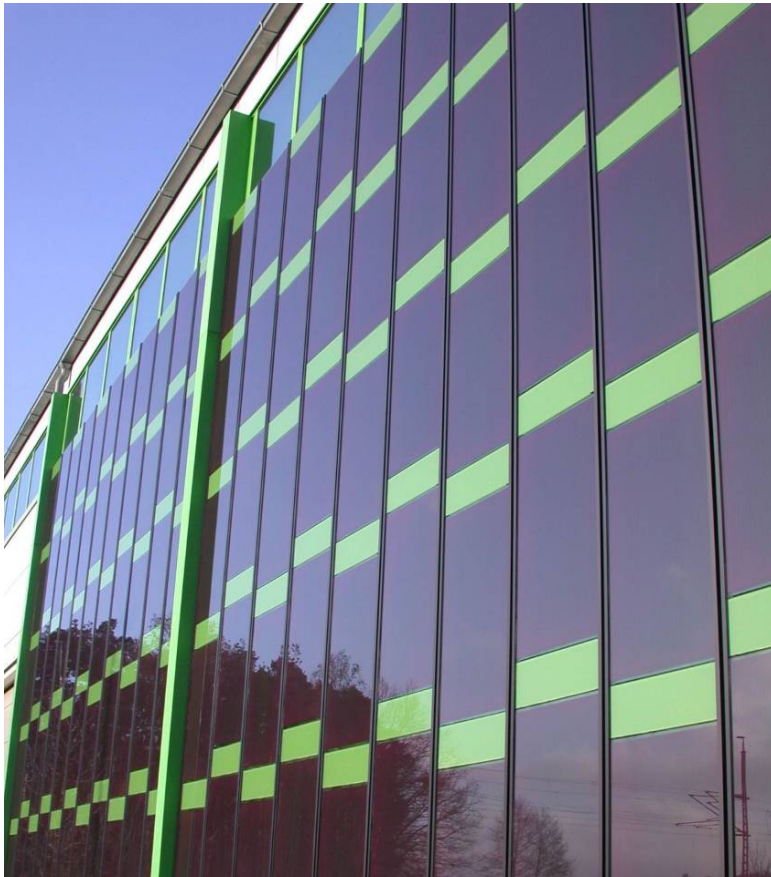
## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden



**Abbildung 45** Klammt AG in Berlin: polykristalline PV-Module mit verspiegeltem Rückseitenglas und verspiegelte Glaspaneele in der VH-Fassade



**Abbildung 46** Üstra Verkehrsbetriebe Hannover: Schwarze PV-Module in Kombination mit Alu- und Eternitbekleidungen



**Abbildung 47** VH-Fassade mit Standardmodulen aus amorphen Dünnschichtsolarzelle in Kombination mit Farbtafeln

Eine VH-Fassade mit Kompositelementen aus einer Trägerplatte und einem PV-Dünnschicht-Modul erweitert durch die neue Produkt- und Farbpalette das Repertoire der gestalterischen Ausdrucksmöglichkeiten, bietet einen robusten und dauerhaften Witterungsschutz und produziert zudem noch Strom.

Die Rentabilität des PV-VH-Fassadensystems ist in Abhängigkeit der verschiedenen Einflussfaktoren im Einzelfall zu prüfen. In einigen Fällen wird dabei keine Wirtschaftlichkeit des Systems festgestellt werden können.

Neben rein monetären Aspekten spielt aber noch eine Vielzahl anderer Faktoren eine wichtige Rolle. So stellt der Einsatz eines solch innovativen Fassadensystems ein klares Bekenntnis zu erneuerbaren Energien und Umweltschutz dar und setzt ein Zeichen in Richtung Zukunftsorientierung. Weitere Faktoren wie Imagegewinn, Qualität oder Flexibilität lassen sich jedoch schwer in Zahlen ausdrücken.

Von großer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang die Erhöhung der Anzahl an Demonstrationsobjekten, um damit die

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

Marktakzeptanz zu verbessern. In den Köpfen der Planer und Architekten, aber auch potenzieller Kunden kann somit die Erkenntnis reifen, dass es sich bei einer solchen PV-Fassadenintegration „nicht um eingeschränkte Gestaltungsmöglichkeiten, sondern vielmehr um eine ästhetisch, technologisch innovative und zukunftsorientierte Bereicherung des Gesamteindrucks und des Gebäudes“<sup>7</sup> handelt.

Als potenzielle Kunden kommen sowohl private, als auch öffentliche Bauherren bzw. gewerbliche Auftraggeber in Betracht, da nicht ausschließlich die Wirtschaftlichkeit des Systems im Vordergrund stehen muss. Der Private handelt dabei in erster Linie aus Überzeugung und Umweltbewusstsein heraus. Aufgrund seiner begrenzten finanziellen Mittel ist der Innovationsschub, der mit dem Bau kleinerer Anlagen ausgeht, jedoch relativ gering. Bei öffentlichen oder gewerblichen Auftraggebern gestaltet sich die Lage anders. Einerseits unterliegen sie zwar einer strengeren Kostenplanung, andererseits besitzen sie die Möglichkeit einer erweiterten Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, mit der auch nicht monetär quantifizierbare Faktoren berücksichtigt werden. Dies eröffnet die Möglichkeit, auch größere Anlagen zu finanzieren [Hagemann I].

Für die öffentlichen Bauherren ist diese Möglichkeit vor dem Hintergrund der leeren Haushaltskassen begrenzt; allerdings auch nicht gänzlich unmöglich, wenn die Anbringung einer solchen PV-VH-Fassade politisch gewollt ist. Hinzu kommt, dass der öffentliche Bauherr wesentlich günstigere Kredite in Anspruch nehmen kann.

Gezielte Förderungen für den Einsatz einer gebäudeintegrierten Photovoltaikanlage verbessern zudem die Marktchancen. So stellt beispielsweise das Land Nordrhein-Westfalen über das Programm „progres.NRW“ für so genannte Multiplikator-Anlagen<sup>8</sup> mit einer Größe von 2 bis 10 kW<sub>p</sub> Zuschüsse in Höhe von 500 €/kW<sub>p</sub> bereit. Die STAWAG, Stadtwerke Aachen Aktiengesellschaft, fördert Anlagen von 1 bis 5 kW<sub>p</sub>, die in senkrechte Fassaden integriert sind, mit einem Zuschuss von 400 €/kW<sub>p</sub>.<sup>9</sup>

---

<sup>7</sup> Zitat entnommen aus [Krawietz], Seite 42.

<sup>8</sup> Darunter werden besonders vorbildliche oder öffentliche wirksame Anlagen verstanden.

<sup>9</sup> Voraussetzung hierfür ist, dass der Antragsteller auch Stromkunde der STAWAG ist.



### Visualisierung

Am Beispiel der PV-Fassade am Wohnhochhaus Helene-Weigel-Platz in Berlin aus Abbildung 44 sollen die Vorzüge des PV-VH-Systems visualisiert werden. Während die polykristallinen Module mit ihrer typischen Eisblumenstruktur und Rasterung – innerhalb eines Moduls durch die quadratischen Einzelzellen und innerhalb der Fassadenfläche durch die hellen Modulränder – das Erscheinungsbild expressiv prägen, entsteht mit den neu entwickelten Dünnschichtmodulen eine homogene Fassadenfläche ohne sichtbaren Randstreifen. Die PV-Kompositelemente unterscheiden sich optisch kaum von den Glas-VHF-Elementen und haben dieselben Formate. Dem Architekten steht nun frei, die PV-Fläche als Akzent zu den restlichen „normalen“ Fassadenflächen oder integriert in das Gesamtbild der Fassade zu planen.



**Abbildung 48** Visualisierung der PV-VH-Fassade am Wohnhochhaus Helene-Weigel-Platz in Berlin mit blauen CIS-Kompositpaneelen.



**Abbildung 49** Visualisierung mit gelben CIS-Kompositpaneelen.

### 6.3 Wirtschaftlichkeit

Die Simulation von unterschiedlichsten Szenarien im Abschnitt 6.1 hat gezeigt, dass die Wirtschaftlichkeit der PV-VH-Fassade von einer Vielzahl von Einflussfaktoren abhängt. Wesentliche Einflussfaktoren stellen dabei

- die Farbstufe des PV-Moduls und der damit verbundene Leistungsverlust,
- die Ausrichtung der Fassade,
- der Standort,
- die Verschattung,
- die Finanzierung
- sowie die Art und Qualität der Referenzfassade dar.

Die Vergleichsrechnung zur Referenzfassade lässt sich positiv beeinflussen durch

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

- die Wahl einer Farbstufe mit geringeren Leistungsverlusten,
- eine südliche Ausrichtung der Fassade,
- die Wahl eines einstrahlungsreichen Standortes (z.B. im Süden Deutschlands),
- eine möglichst geringe Verschattung und
- einen hohen Eigenfinanzierungsanteil.

Außerdem sind die Ergebnisse stark abhängig von den Kosten der Referenzfassade. Je höher diese Kosten sind, desto positiver fällt die Vergleichsbetrachtung unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten aus.

Daraus lässt sich die Schlussfolgerung ziehen, dass sich das PV-VH-Fassadensystem derzeit lediglich für repräsentative Gebäude mit hochwertigen Fassaden wirtschaftlich rentieren kann.

Maßgebend für den Erfolg am Markt und einen breiten Einsatz wird die künftige Entwicklung der Kosten sein. Erhebliche Kostensenkungspotenziale lassen sich dabei im Bereich der Herstellungsprozesse durch die Verringerung der eingesetzten Energien, durch gesteigerte Produktionsmengen und durch eine automatisierte Serienfertigung erzielen. Da die CIS-Technologie hinsichtlich ihrer Produkteigenschaften und Produktionstechnologien auch auf lange Sicht Entwicklungspotenzial besitzt, können weitere Kostensenkungen in den nächsten Jahren unterstellt werden.

Ein Blick auf die PV-Branche belegt, dass zukünftige Kostenreduzierungen nicht Visionen sind, sondern tatsächlich möglich sind. Ein Beleg dafür ist die Preis-Erfahrungskurve der globalen PV-Branche in der Abbildung 50. Demnach ist in der Vergangenheit mit einer Verdoppelung der produzierten Modulmenge eine 20 %-ige Preisreduzierung einhergegangen. Für die Zukunft wird der Anstieg der relativen Materialkosten an den Gesamtkosten mit zunehmenden Einsparungen durch Massenproduktion in einem Lernfaktor berücksichtigt, welcher sich immerhin noch zwischen 15 % und 18 % bewegt.

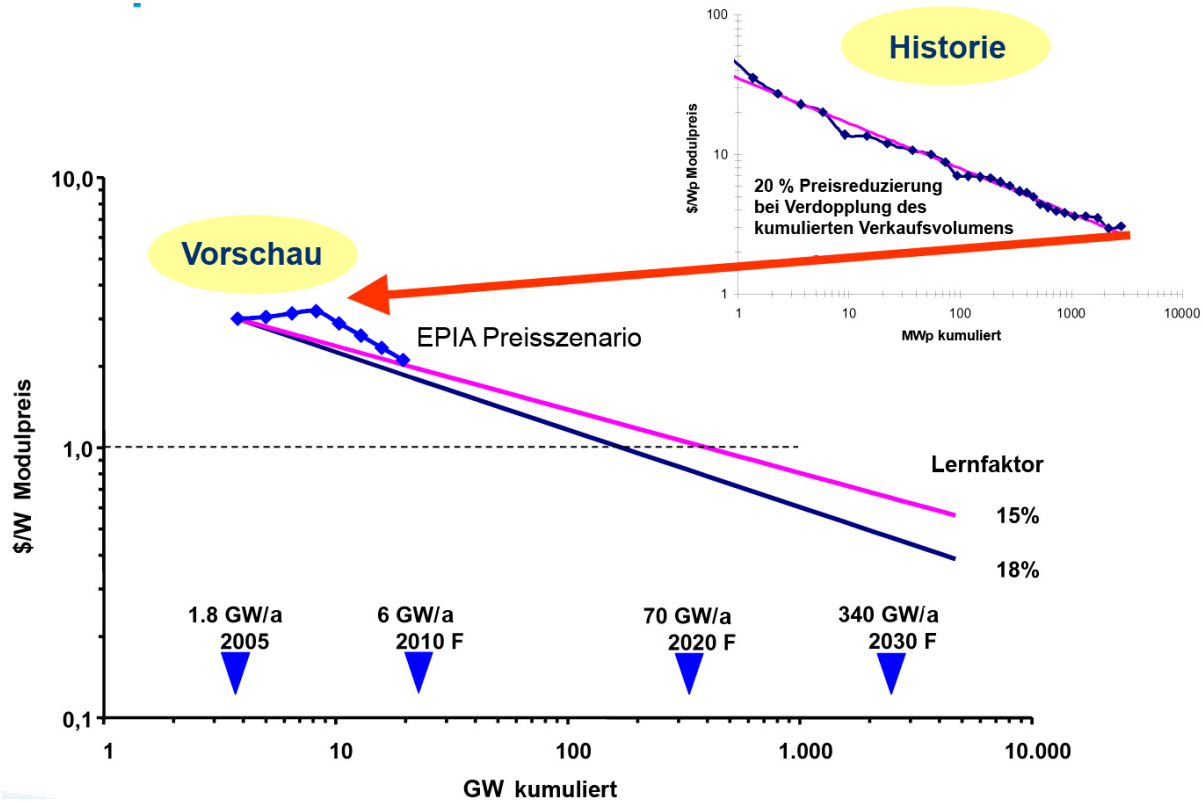


Abbildung 50 Preiserfahrungskurve für PV-Module [Hoffmann]



### **7 Fazit**

#### **7.1 Empfehlungen an die Praxis**

##### **Allgemeine Betrachtungen**

Um die Einsatzmöglichkeit fassadenintegrierter PV-Module in Form von hinterlüfteten Vorhangfassaden bekannt zu machen, ist es nötig, interessierten Planern und Bauherren Einsatzmöglichkeiten aufzuzeigen. Das wird am einfachsten dadurch erreicht, schon fertig gestellte Gebäude vorzustellen oder geeignete Beispielprojekte in ansprechender Form darzustellen und Möglichkeiten anschaulich zu machen.

Des Weiteren ist eine vereinfachte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung hilfreich, potenziellen Nutzern aufzuzeigen in welchem Maß die Anwendung der PV-Fassaden in Frage kommt und von welchen Faktoren die Wirtschaftlichkeit abhängt. Ob PV-Fassaden zukünftig in der breiten Anwendung wirtschaftlich darstellbar sind, hängt wesentlich von der weiteren Reduzierung der Anschaffungskosten für PV-Module und Systemtechnik ab.

In der Praxis hat sich gezeigt, dass der Fassadenbonus bei der Einspeisevergütung nach EEG in Höhe von 5 Cent/kWh derzeit nicht ausreicht, um die Mehrkosten und die geringeren Erträge gegenüber Standardanlagen auf Dächern und Freiflächen auszugleichen. Eine vorübergehende Anhebung des Fassadenzuschlags zur Unterstützung der Markteinführung gebäudeintegrierter Photovoltaik wäre daher wünschenswert.

Die vielfältigen Gestaltungsmöglichkeiten können unter anderem in Kombination mit existierenden VH-Systemen genutzt werden. Dazu müssen Hersteller und Planer konstruktive Ausführungen ausarbeiten und anbieten. Eine verstärkte baukonstruktive Standardisierung ist ein weiterer Erfolgsfaktor für den PV-Einsatz in der Gebäudehülle.

Das Äußere eines Gebäudes wird nicht zuletzt durch seine Fassadenausrichtung, seine Farblichkeit und seiner Oberflächengestaltung geprägt. Wenn PV-Technologie bei einem Bauvorhaben wirtschaftlich und zugleich architektonisch ansprechend eingesetzt werden soll, ist es nötig, dies schon in den ersten Phasen der Planung mit einzubeziehen.

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

Bezüglich des ästhetischen, konstruktiven und elektrischen Langzeitverhaltens der neuen Kompositelemente, aber auch generell von PV-Modulen in der Fassade, insbesondere bei Dünnschichtmodulen, fehlen langjährige Erfahrungen und Studien. Hier ist weitere Forschungs- und Aufklärungsarbeit vonnöten, um die Innovationsfreudigkeit nicht wegen des Haftungsrisikos für Planer, Bauausführende und Bauüberwachende sowie des Investitionsrisikos des Bauherrn zu bremsen.

### Reinigung

Unabhängig vom spezifischen Ertragswert, der derzeit mit CIS-Modulen in Deutschland erreicht werden kann, rentiert sich eine zusätzliche Reinigung der PV-Fassade bei normaler Verschmutzung nicht.

Für normale Verschmutzungen und den damit zu erwartenden Ertragseinbußen von maximal 2 % ist eine Fassadenreinigung im üblichen Reinigungszyklus von 2 bis 4 Mal pro Jahr aus wirtschaftlichen Gründen vollkommen ausreichend. Für Fassaden, die keiner regelmäßigen Reinigung unterzogen werden, liegen derzeit keine konkreten Erkenntnisse vor.

Für starke Verschmutzung und Ertragseinbußen ab 3,1 % in Abhängigkeit von der Anlagengröße und des Jahres der Inbetriebnahme rentiert sich unter Umständen eine zusätzliche Reinigung. Für die Ermittlung der tatsächlichen Ertragseinbußen infolge Verschmutzung bedarf es jedoch entsprechender Vergleichswerte aus der Anlagenüberwachung.

Analog zur normalen Fassadenreinigung sind Vorkehrungen zur Ermöglichung der Modulreinigung zu treffen. Um maximale Erträge zu erzielen empfiehlt sich, eine Fassadenreinigung zum Start der Photovoltaik-Saison am Jahresbeginn durchzuführen. Zudem sind folgende Hinweise für die Reinigung der Module zu beachten:

- Reinigung möglichst in den frühen Morgenstunden oder Abendstunden (Temperaturunterschiede PV-Modul / Wasser → Gefahr des Bruchs der Glasscheibe);
- Reinigung mit sauberem Regenwasser oder Leitungswasser mit geeigneten Reinigungsmitteln (Kalkrückstände);

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

- bei starker Verschmutzung nach dem Abspritzen Einsatz eines weichen Reinigungsgerätes, z. B. Schwamm oder Lappen;
- keine Trockenreinigung, um Zerkratzung der Oberfläche zu vermeiden; [SFV I], [Haselhuhn]

### Wartung und Instandsetzung

Ein Wartungsvertrag ist – nicht zuletzt wegen dem Ausschluss der Gewähr- bzw. Garantieleistung – für jeden Anlagenbetreiber ratsam, da eventuelle Störungen immer mit Ertragsminderungen verbunden sind. Je schneller die Störungen entdeckt werden, desto früher können sie auch beseitigt werden.

Auch der absehbare Ausfall des Wechselrichters spricht für einen Wartungs- und Servicevertrag. In diesen Verträgen werden in der Regel Ersatzlieferungen und Austausch innerhalb 48 h nach Schadensfeststellung garantiert. Ein Austausch kann damit deutlich schneller erfolgen als bei einer separaten Beauftragung.

Die Jahresinspektion empfiehlt sich auf der Nordhalbkugel vorzugsweise zu Jahresbeginn, um Störungen und Ausfällen mitten in der Photovoltaikaison vorzubeugen.

Bei bestehenden Reinigungsverträgen der übrigen Gebäudefassade wird empfohlen, auch die regelmäßige Oberflächenreinigung der PV-Module in diesen Vertrag zu integrieren und aus dem speziellen Wartungsvertrag der PV-Anlage herauszunehmen.

Einfache Wartungsaufgaben, wie beispielsweise die Anlagenüberwachung, können auch durch den Anlagenbetreiber selbst durchgeführt werden. Die Wahl der Eigen- oder Fremdüberwachung, ist neben der Frage nach den Kosten auch eine Frage nach dem zeitlichen Aufwand. Die Pflege, Sicherung und Aufbereitung der Daten ist mit der notwendigen Sorgfalt auszuführen und deshalb mit einem nicht zu unterschätzenden Aufwand verbunden.

Bei der eigenen manuellen Datenerfassung, d. h. Aus- oder Ablesen der Zähler, besteht zudem die Gefahr der Nachlässigkeit beim Ablesezyklus. Dies führt bei Störungen oder Modulausfällen vor allem bei größeren Anlagen dann zu höheren Vergütungsverlusten infolge der verspäteten Fehler-

## **Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden**

erkennung. Die Störungsanzeige des Wechselrichters sollte möglichst täglich geprüft werden und die Betriebsdaten sollten mindestens einmal im Monat abgelesen, notiert und kontrolliert werden [Haselhuhn].

Die automatische Datenerfassung bietet den Vorteil, sich Störungen – z. B. in Abhängigkeit bestimmter prozentualer Abweichungen vom Soll-Wert – über akustische oder visuelle Alarmsignale anzeigen zu lassen. Bei der Fernüberwachung wird der Anlagenbetreiber dabei ebenfalls automatisch informiert. Für die internetbasierte Fremdüberwachung hat der Betreiber zudem die Möglichkeit, jederzeit und überall die aktuellen Ertragsdaten seiner Anlage per Internet abzufragen.

### **Versicherungen**

Bevor eine zusätzliche Versicherung abgeschlossen wird, sollte zunächst geprüft werden, inwieweit eine Integration in bestehende Versicherungsverträge möglich ist oder die zu versichernden Risiken ohnehin schon gedeckt sind.

So kann eine gebäudeintegrierte PV-Anlage, wie im vorliegenden Forschungsprojekt, bereits in die Gebäudeversicherung integriert werden. Damit sind in der Regel die Risiken

- Feuer (Brand, Blitzschlag, Explosion),
- Leitungswasser sowie
- Sturm/Hagel versichert.

Ob, gegen welche Sachschäden und in welcher Höhe die PV-Anlage über die Gebäudeversicherung abgesichert ist, sollte unbedingt mit der Versicherung schriftlich abgeklärt werden. Für die Nachrüstung mit Solartechnik, z.B. im Rahmen einer Sanierung, sollte der Deckungsbeitrag um die Mehrkosten der PV-Investitionskosten erweitert werden, damit eine Unterversicherung auszuschließen ist. Zu beachten ist jedoch, dass mit einer Gebäudeversicherung im Gegensatz zur Allgefahren-Sachversicherung Schäden durch Vandalismus, Diebstahl oder Bedienungsfehler in der Regel nicht abgedeckt sind [SFV II].

Es ist aus wirtschaftlichen Gründen aber nicht sinnvoll, die möglichen festgestellten Deckungslücken im Zusammenhang mit einer Gebäudeversicherung über eine zusätzliche Allgefahren-Sachversicherung mit Ausschluss der bereits versi-

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

cherten Risiken (z.B. Sturm, Hagel, Blitzschlag) zu schließen. Eine solche Versicherungskombination ist am Ende teurer als der Abschluss einer geeigneten Allgefahren-Sachversicherung [Photovoltaikservice].

Anzuführen ist, dass über eine Gebäudeversicherung kein Ertragsausfall bei Stillstand der Anlage erstattet wird. Es ist aber auch im Einzelfall zu prüfen und zu entscheiden, ob sich eine zusätzliche Versicherungsprämie im Verhältnis zu den erwartenden Ertragsausfällen überhaupt rentiert oder aber ein Ertragsausfall finanziell verkraftet werden kann.

Im Vergleich zu den Sachschäden, die maximal den Wert der PV-Anlage ausmachen und damit relativ kalkulierbar bleiben, können Schäden, die einem Dritten im Zusammenhang mit der Errichtung und dem Betrieb der PV-Anlage zugefügt werden, zu unüberschaubaren Schadenersatzansprüchen führen. Dieses Risiko sollte unbedingt über eine entsprechende Haftpflichtversicherung abgedeckt werden.

Im privaten Bereich wird dieses Risiko – zumindest bis zu einer bestimmten Anlagengröße – meist über die Privathaftpflicht bzw. über eine Haus- und Grundbesitzerhaftpflicht gedeckt. Voraussetzung hierfür ist, dass die PV-Anlage am eigenen Gebäude installiert ist. In diesem Zusammenhang sollte jedoch unbedingt bei Versicherer schriftlich erfragt werden, inwieweit das Haftungsrisiko durch das Einleiten von Strom in das Versorgungsnetz mitversichert ist bzw. mitversichert werden kann. Gemäß § 6 Haftung bei Versorgungsstörungen AVBEltV haftet der Betreiber nämlich auch für Schäden durch schädigende Rückwirkungen auf das Eigentum des Netzbetreibers bzw. des Energieversorgungsunternehmens und den Stromkunden [Bernhard].

Mit der gewerblichen Stromeinspeisung ins Netz können sich die Versicherungsvoraussetzungen ändern. Nach Auffassung einiger Versicherer hat man als Gewerbetreibender dann eine Betreiberhaftpflicht abzuschließen. Maßgebend ist dabei auch der Installationsort der Anlage. Wird eine PV-Anlage an einem Gebäude des eigenen Unternehmens installiert, ist die Betreiberhaftpflicht im Normalfall über die Betriebshaftpflichtversicherung bei integriertem Haus- und Grundbesitzhaftungsrisiko mitversichert.

Eine spezielle Betreiberhaftpflicht sollte in jedem Fall abgeschlossen werden, wenn die PV-Anlage auf einem fremden

## **Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden**

Grundstück oder Gebäude installiert ist. Hier ist insbesondere auf die zusätzliche Absicherung von Allmählichkeitsschäden zu achten. Ein Allmählichkeitsschaden liegt beispielsweise dann vor, wenn aufgrund eines Montagefehlers beim Einbau der PV-Anlage Feuchtigkeit eindringt und Monate später einen Sachschaden verursacht [SFV II].

### **7.2 Weiterführende Fragestellungen**

Im Verlauf des vorliegenden Forschungsprojekts PV-VH-Fassaden konnten wesentliche Fragen im Bezug auf baurechtliche, konstruktive und technologische Problemstellungen bei der Integration von PV-Technologie in vorgehängte Fassadenelemente geklärt werden. Auf andere wesentliche Dinge konnte während der Arbeiten nicht eingegangen werden, oder es ergaben sich aus den gefundenen Lösungen neue Fragestellungen.

Für die Ausführung einer PV-VH-Fassade muss zum Beispiel eine optimale Leitungsführung im Fassadenelement gefunden und standardisiert werden.

Des Weiteren muss aus den schon vorhandenen Systemen eine Fassaden-Befestigungstechnik entwickelt werden, die auf die Belange der Photovoltaik-Fassadenelemente abgestimmt ist, auf der Baustelle aber keine sonderlichen Änderungen im bekannten Bauablauf hervorruft.

Kommt die Verwendung von dichroitischen Gläsern in Betracht (vgl. 4.3), so sind umfassende Tests zum Langzeitverhalten (Salzsprühnebeltests) erforderlich.

Um die gestalterischen Aspekte farbiger Module auszuschöpfen und dennoch die PV-Module ausschließlich wirtschaftlich anzuordnen, ohne einen Bruch in dem architektonischen Konzept hervorzurufen, ist die Entwicklung von Blind-Modulen ("Dummies") mit gleicher Farbe und Oberfläche wie die der aktiven PV-Module anzustreben.

Die gestalterischen Möglichkeiten bei vorgehängten hinterlüfteten Fassaden sind vielfältig, darum wird zum einen auf die Untersuchung von Möglichkeiten verwiesen, den physikalisch und elektrotechnisch nötigen umlaufenden Rand im PV-Modul visuell dem Fassadenelement anzupassen. Zum anderen auf die Untersuchung der Anwendungspotenziale adhäsiver Verbindungen zur Nutzung der technologischen und wirt-

## **Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden**

schaftlichen Vorteile im Glasbau allgemein und in Zusammenhang mit PV-Dünnschichttechnologie im speziellen. Die gestalterischen Freiheiten könnten durch zufriedenstellende Ergebnisse noch erhöht werden.

Für Glaskonstruktionen für Vertikal- und Überkopfverglasungen sowie für Absturzsicherungen müssen entsprechende Vorschriften eingehalten werden, um keine Zustimmung im Einzelfall zu benötigen. Dies erfordert die Verwendung definierter und geregelter Glasprodukte aus Verbundsicherheitsglas (VSG). Um VSG-Qualität zu erreichen, muss eine bauaufsichtlich zugelassene Folie auf oder unter das Photovoltaikmodul zusammen mit einem Spiegelglas laminiert werden. Für dieses Produkt ist dann eine bauaufsichtliche Zulassung vom DIBt erforderlich. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit von Untersuchungen zum Klebeverhalten von PV-Modul-Laminatfolien.

### **8 Verbreitung der Ergebnisse**

Um die Akzeptanz von PV-Elementen als gleichwertiges Bauprodukt mit zusätzlichem Mehrwert der Stromerzeugung zu etablieren, muss die Wissenslücke bei potenziellen Bauherren, Architekten und Planern zur Forschungsebene geschlossen werden. Dazu bedarf es eines verstärkten Know-how Transfers und leicht zugänglichen Fachinformationen. Im Projektzeitraum und darüber hinaus wurden und werden daher die Ergebnisse auf einschlägigen Messen und Konferenzen in den Bereichen Bauwesen wie Photovoltaik vorgestellt und vielseitig publiziert.

#### **8.1 Publikationen**

Weller, Bernhard und Rexroth, Susanne: Entwicklung von Photovoltaikmodulen zur Fassadenintegration - neue Methoden, neue Produkte. In: VDI-Bericht 1970. Düsseldorf: VDI Verlag 2007. Seite 59-67.

Weller, Bernhard und Rexroth, Susanne: Forschung und Innovation. In: Tagungsband; glasbau2007; Fügen und Verbinden; Institut für Baukonstruktion der Technischen Universität Dresden; Dresden, 2007. Seite 55-74.

Weller, Bernhard; Rexroth, Susanne und Hemmerle, Claudia: Solare Potenziale. Solarenergienutzung - Teil 1: Photovoltaik

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

zur Stromerzeugung. In: db deutsche bauzeitung. Heft 08/2007. Seite 62-67.

Weller, Bernhard und Rexroth, Susanne: Die Fassade als Energiequelle. In: Innovative Fassadentechnik. Ernst und Sohn Spezial. Heft 04/2007. Seite 98-102.

Weller, Bernhard; Rexroth, Susanne et al.: Vorgehängte hinterlüftete Fassaden mit Photovoltaikmodulen in Dünnschicht. In: VDI-Jahrbuch 2008 Bautechnik. Düsseldorf: VDI Verlag, 2007. Seite 205-214.

Weller, Bernhard und Rexroth, Susanne: Konstruktiver Glasbau: Forschung und Innovation. In: Wissenschaftliche Zeitschrift der technischen Universität Dresden, Heft 3 – 4. Dresden 2007. Seite 151-154.

Weller, Bernhard; Rexroth, Susanne et al.: The Use of Coloured Thin-Film PV Modules as a Basis for the Transformation of PV-Composite Elements in Curtain Wall Facades. In: Tagungsband; 22<sup>nd</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition; Milan 2007

### 8.2 Veranstaltungen

Termin	Veranstaltung	Art der Publikation
15. – 20. 01.07	Bau – München	Poster am Messestand Forschungsinitiative Zukunft Bau – BBR
25.01.07	Seminar der Ingenieurkammer Sachsen-Anhalt	Vortrag: Glasbau - Konstruieren und Bemessen
02.02.07	Weiterbildungsangebot der Architektenkammer Sachsen: Konstruktiver Glasbau	Vortrag: Glas im Bauwesen
19. – 20. 03.2007	VDI-Fachtagung „Bauen mit innovativen Werkstoffen“	Vortrag: Entwicklung von Photovoltaikmodulen zur Fassadenintegration Neue Methoden, neue Produkte
23.03.07	Glasbau 2007 – Fügen und Verbinden	Vortrag: Adaption und Weiterentwicklung der Photovoltaik- Dünnschichttechnologie für Kompositpaneele mit teils farbigem Glas für den Einsatz in vorgehängten, hinterlüfteten Fassaden
26. – 27. 04.07	VDI Wissensforum	Vortrag: Konstruktiver Glasbau Grundlagen, Berechnung, Konstruktion
10.05.07	5. Innovationstag "Alternative Energien in der modernen Architektur" RSB Rudolstädter Systembau GmbH	Vortrag: Die Fassade als Energiequelle
25.05.07	Energieeffiziente Sanierung von Baudenkmalen und Nichtwohngebäuden	Atmosphären – subjektiv und objektiv: Maßnahmen und Techniken zur Energieeinsparung am Baudenkmal



## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

05. – 06. 06.07	Woche der Umwelt 2007 – Berlin	Messestand
03. – 07. 09.07	22nd European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Milan	Poster: The Use of Coloured Thin-Film PV Modules as a Basis for the Transformation of PV-Composite Elements in Curtain Wall Facades
12. – 13. 09.07	3. Thüringer Grenz- und Oberflächentage	Vortrag: Adhäsive Verbindungen im Konstruktiven Glasbau
26. – 28. 09.07	Engineered Transparency Glass in Architecture and Structural Engineering	Vortrag: Solar Vision
05.10.07	10. Informationstag des Instituts für Konstruktiven Ingenieurbau (IKI) an der Bauhaus-Universität Weimar	Vortrag: Konstruktiver Glasbau
19.10.07	Seminar der Ingenieurakademie Baden-Württemberg	Vortrag: Glasbau – Bemessung und Konstruktion
25.10.07	KAP Energie-Symposium	Vortrag: Gestaltungselemente Photovoltaik-Modul
23.11.07	Weiterbildung der Firma Bauconcept Glasbau – Konstruktion und Bemessung	Vortrag: Glasbau – Bemessung und Konstruktion
30.11.07	Seminar der Ingenieurkammer Sachsen	Vortrag: Glasbau - Bemessung und Konstruktion
09.01.2008	Messe „DEUBAU“, Essen	Vortrag: Einsatz von farbiger (PV-) Dünnschichttechnologie in hinterlüfteten Fassaden; vier Poster und Exponat

**Tabelle 12** Bisherige Veröffentlichungen und Präsentationen zur Verbreitung der Ergebnisse

### 8.3 Geplante Veröffentlichungen und Präsentationen

22. – 23.04.08, VDI-Kongress „Fassaden – Blick in die Zukunft“, Düsseldorf: Vortrag „Fassaden für das 21. Jahrhundert: Architektur und Photovoltaik“

01. – 05.09.08, 23<sup>rd</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Valencia, Konferenzbeitrag “Building Envelopes for the 21st Century – Thin Film Technology in Architecture”

Rexroth, Susanne; Weller, Bernhard: Solarvision. Berlin: Jovis Verlag 2008

## 9 Quellen

### 9.1 Literatur

[AG Solar I] Becker, Herbert: Abschlussbericht zum Forschungsprojekt „Systemanalyse von Photovoltaik-Fassadenanlagen“. AG Solar NRW, 2003

[AG Solar II] Landesinitiative Zukunftsenergien NRW (Hrsg.): Photovoltaik in der Gebäudegestaltung, Broschüre zum AG Solar-Projekt "Systemanalyse von Photovoltaik-Fassadenanlagen", Düsseldorf 2004

[Antony] Antony, Falk; Dürschner, Christian; Remmers, Karl-Heinz: Photovoltaik für Profis, Berlin: Solarpraxis Verlag, 2005

[BBR] Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung: Umbau – Über die Zukunft des Baubestandes. Tübingen, Berlin: Wasmuth, 1999

[Becker] Becker, Gerd: „Photovoltaikanlagen“. Präsentation im Rahmen des Juniorentreffens des Verbandes der Bayerischen Ziegelindustrie in Garmisch-Partenkirchen am 04.02.2006

[Bernhard] Bernhard, Dieter: Haftung bei Photovoltaikanlagen und Versicherungsunternehmen. Vortrag auf der Energie und Umweltmesse RENEXPO; 2006

[DGS] Haselhuhn, R.; Hemmerle, C. et al: Photovoltaische Anlagen: Leitfaden für Elektriker, Dachdecker, Fachplaner, Architekten und Bauherren. Herausgegeben von Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie. 3. Auflage. Berlin, Frankfurt am Main: VWEW Energieverlag, 2005.

[FVHF] FVHF-Imagebroschüre. Hrsg: Fachverband Baustoffe und Bauteile für vorgehängte hinterlüftete Fassaden e.V., Berlin

[Hagemann I] Hagemann, Ingo B.: „Photovoltaik und Architektur: Positiver Imageträger und innovative Technik für das zukunftsorientierte Bauen“. Beitrag zur Fachveranstaltung „Außenwand spezial“, Infoservice altbau plus, Aachen 2007

[Hagemann II] Hagemann, Ingo B.: Gebäudeintegrierte Photovoltaik. Architektonische Integration der Photovoltaik in die Gebäudehülle, Köln: Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, 2002

[Häberlin] Häberlin, Heinrich; Renken, Christian: Allmähliche Reduktion des Energieertrages netzgekoppelter Photovoltaikanlagen infolge permanenter Verschmutzung. Tagungsbeitrag zum 14. Symposium Photovoltaische Solarenergie, Regensburg 1999

[Haselhuhn] Haselhuhn, Ralf: Photovoltaik – Gebäude liefern Strom; 5. Auflage, Köln: TÜV-Verlag, 2005

[Hassler I] Hassler, Uta; Kohler, Niklaus; Wang, Wilfried (Hrsg.): Umbau – Über die Zukunft des Baubestandes. Tübingen, Berlin: Wasmuth, 1999

[Hassler II] Hassler, Uta: Über die Risiken des Verschwindens und Chancen intelligenter Schrumpfung. In: Detail 10/2002, S. 1212-1218.

[Hoffmann] Hoffmann, Winfried: Der Photovoltaik-Markt – Stand und Perspektiven. Tagungsbeitrag zum 4. Workshop „Photovoltaik-Modultechnik“, EnergieAgentur.NRW, Köln 2007

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

[IBKr] Weller, Bernhard; Härth, Kristina; Wunsch, Jan: Materialgerechtes Konstruieren. Regelwerke, Prüfung und Überwachung im Konstruktiven Glasbau. In: Der Prüflingenieur 32, Oktober 2007.

[Kielinski] Kielinski, Kai: Einfluss der Fassadenwahl und –gestaltung auf die Betriebskosten. Diplomarbeit IBBW

[Krause] Krause, Robert: Ursachen und Beeinflussbarkeit der Baukosten von Glasfassaden. Diplomarbeit. Dresden: Technische Universität Dresden, 2005

[Krawietz] Krawietz, Silke: Gebäudeintegration von Photovoltaik (GIPV) in Europa. Dissertation. Darmstadt: TU Darmstadt, 2003

[Mai] Mai, Alexander: Life-Cycle-Cost-Betrachtungen für vorgehängte Solarfassaden. Diplomarbeit. Dresden: Technische Universität Dresden, 2007

[Reise] Reise, Christian: Maximale Erträge bei Solarstromanlagen... wie geht das? Vortrag Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE Freiburg

[Rexroth] Rexroth, Susanne (Hrsg.): Gestalten mit Solarzellen – Photovoltaik in der Gebäudehülle. Heidelberg: C.F. Müller-Verlag, 2002.

[Seltmann] Seltmann, Thomas: Photovoltaik: Strom ohne Ende. Berlin: Solarpraxis Verlag, 2. Auflage 2005

[ZSW] Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW): Jahresbericht 2003. Stuttgart: 2004

### 9.2 Internet

[AG Solar III] EnergieAgentur.NRW: Strahlungskarten NRW (Shockwave / Flash)  
< <http://www.energieagentur.nrw.de/database/data/datainfopool/solaratlas.swf> >

[KfW] KfW Förderbank: Aktuelle Zinskonditionen. Der Konditionenanzeiger, Frankfurt am Main. < [http://www.kfw-foerderbank.de/DE\\_Home/Service/Zinsstze.jsp](http://www.kfw-foerderbank.de/DE_Home/Service/Zinsstze.jsp) >

[Photovoltaikforum] Internetplattform Jürgen SK Haar, Kirchdorf (20.08.2007)  
< <http://www.photovoltaikforum.com> >

[Photovoltaikservice] Photovoltaikservice Ronny Kiesewetter, Niederwiesa (2007)  
< <http://www.photovoltaik-versicherungen.de> >

[Progres] Land Nordrhein-Westfalen, Programm für Rationelle Energieverwendung, regenerative Energien und Energiesparen – progres.NRW (06.12.2007)  
< <http://www.progres.nrw.de> >

[SFV I] Hörstmann-Jungemann, Petra: „Staub auf Solarmodulen. Praktische Tipps, um Ertragseinbußen zu vermeiden“. (21.06.2006). Solarenergie-Förderverein Deutschland e.V. (SFV) < <http://newser.servicehoster.de/index.php?id=ec26df5255> >

[SFV II] Hörstmann-Jungemann, Petra: „Photovoltaik extra versichern?“ (01.07.2003). Solarenergie-Förderverein Deutschland e.V. (SFV)  
< <http://www.sfv.de/lokal/mails/phj/vers1.htm> >

[SFV III] Solarenergie-Fördervereins Deutschland e.V. (SFV): Stromertragsdatenbank. (13.08.2007). < <http://www.pv-ertraege.de> >

[Stawag] Stadtwerke Aachen (AG 06.12.2007). < <http://www.stawag.de> >

## 9.3 Gesetze, Normen und technische Regeln

Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz EEG) vom 21. Juli 2004

DIN 1055, Ausgabe: März 2005, Einwirkungen auf Tragwerke Teil 4: Windlasten. Deutsche Norm. Berlin: Beuth 2005

DIN V 11535-1, Ausgabe: 1998-02, Gewächshäuser - Teil 1: Ausführung und Berechnung. Deutsche Norm. Vornorm. Berlin: Beuth 1998.

DIN 18516-1, Ausgabe: Dezember 1999, Außenwandbekleidungen, hinterlüftet - Teil 1: Anforderungen, Prüfungsätze. Deutsche Norm. Berlin: Beuth, 1999.

DIN 18516-4, Ausgabe: Februar 1990, Außenwandbekleidungen, hinterlüftet - Teil 4: Einscheiben-Sicherheitsglas, Anforderungen, Bemessung. Deutsche Norm. Berlin: Beuth, 1990.

DIN EN 61646, Ausgabe: März 1998, Terrestrische Dünnschicht-Photovoltaik-(PV)Module – Bauarteignung und Bauartzulassung. Deutsche Fassung. Berlin: Beuth 1998

DIN 1249-10, Ausgabe: 1990-08, Flachglas im Bauwesen - Teil 10: Chemische und physikalische Eigenschaften. Deutsche Norm. Berlin: Beuth 1990.

DIN EN 572-1, Ausgabe: 2004-09, Glas im Bauwesen – Basiserzeugnisse aus Kalk-Natronsilicatglas – Teil 1: Definitionen und allgemeine physikalische und mechanische Eigenschaften. Deutsche Fassung EN 572-1:2004. Deutsche Norm. Berlin: Beuth 2004.

DIN EN 1288-5, Ausgabe: 2000-09, Glas im Bauwesen – Bestimmung der Biegefestigkeit von Glas – Teil 5: Doppelring-Biegeversuch an plattenförmigen Proben mit kleinen Prüfflächen, Deutsche Fassung EN 1288-5: 2000. Deutsche Norm. Berlin: Beuth 2000.

DIN EN 2243-2, Ausgabe 2005, Luft- und Raumfahrt –Nichtmetallische Werkstoffe - Strukturelle Klebstoffsysteme – Prüfverfahren – Teil 2: Rollen-Schälversuch Metall-Metall; Deutsche Fassung und Englische Fassung:2005. Berlin: Beuth 2005.

Bauregelliste A, Bauregelliste B und Liste C. Ausgabe: 2007/1. DIBt Mitteilungen, Sonderheft Nr. 34. Berlin: Ernst & Sohn 2007.

Grundlagen zur Beurteilung von Baustoffen, Bauteilen und Bauarten im Prüfzeichen- und Zulassungsverfahren. Fassung Mai 1986. Berlin: DIBt 1986.

Technische Regeln für die Verwendung von absturzsichernden Verglasungen (TRAV). Fassung Januar 2003. In: DIBt Mitteilungen, Ausgabe 2/2003. Berlin: Ernst und Sohn 2003.

Technische Regeln für die Verwendung von linienförmig gelagerten Verglasungen (TRLV). Fassung August 2006. In: DIBt Mitteilungen, Ausgabe 3/2007. Berlin: Ernst und Sohn 2007.

ETAG Nr. 004, Leitlinie für Europäische Technische Zulassungen für außenseitige Wärmedämm-Verbundsysteme mit Putzschicht (ETAG 004). Berlin: Bundesanzeiger, 2001.

## 10 Verzeichnisse

### 10.1 Abbildungen

- Abbildung 1** Aufbau der vorgehängten hinterlüfteten Fassade (VHF). Bild: BWM Dübel + Montagetechnik
- Abbildung 2** VH-Fassade mit irisierenden Glas-Kompositelementen (rückseitig befestigt) am Dienstleistungs- und Service-Center der GEWOGE, LUWOGÉ BASF GmbH in Ludwigshafen.
- Abbildung 3** "Colorium" in Düsseldorf von Alsop Architekten
- Abbildung 4** IDEA-Store in London von David Adjaye
- Abbildung 5** Musac Kulturzentrum in Leon von den Architekten Mansilla & Tunon
- Abbildung 6** Polizei- und Feuerwache in Berlin von Sauerbruch Hutton
- Abbildung 7** Vergleich von konventionellem Modul und optisch entkoppeltem Modul
- Abbildung 8** Verschiedene optisch entkoppelte Module mit sichtbarem Randbereich (hier mit transparentem Doppelklebeband als Abstandshalter)
- Abbildung 9** Eingedrungene Feuchtigkeit als sichtbarer Niederschlag im Randbereich nach 500 h im Feuchte-Wärme-Test
- Abbildung 10** Korrosionserscheinungen auf dem Halbleiter durch eingedrungene Feuchtigkeit im Randbereich nach 500 h im Feuchte-Wärme-Test als irisierende Streifen parallel zur Außenkante sichtbar
- Abbildung 11** Zwei Modulmuster mit flächig laminiertem farbigem Deckglas. Die im Bild jeweils obere Hälfte ist mit einer höherbrechenden Zinkoxidschicht beschichtet. Dort ist die Farbe des Deckglases gut wahrzunehmen.
- Abbildung 12** Modulmuster mit dichroitisch beschichtetem Deckglas NARIMA Blau/Gold unter verschiedenen Betrachtungswinkeln.
- Abbildung 13** Deckglas NARIMA Blau/Gold, Detail Ecke.
- Abbildung 14** Deckglas NARIMA Blau/grün.
- Abbildung 15** Deckglas NARIMA Grün.
- Abbildung 16** Deckglas NARIMA Grün, Randdetail.
- Abbildung 17** Deckglas MIRONA.
- Abbildung 18** hergestellte Prototypen der farbigen Dünnschicht-PV-Module für VH-Fassaden
- Abbildung 19** Vergleich der Leistungsverluste verschieden farbiger Module mit einem schwarzen Referenzmodul
- Abbildung 20** Prototypen der VH-Fassaden-Elemente mit Dünnschicht-PV-Modul neben herkömmlichen VH-Fassaden-Elementen in verschiedenen Farben
- Abbildung 21** Systematischer Schnitt (Prinzipiskizze) durch die Fassadenkonstruktion
- Abbildung 22** Doppelingbiegeversuch nach DIN EN 1288-5; rechts Vorschädigung der unbeschichteten Seite durch Berieselung mit Korund nach BRL A
- Abbildung 23** Vorbereiteter Probekörper mit beidseitig aufgeklebten Metallzylindern, rechts eingespannt in die Temperierkammer der Universalprüfmaschine

## Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

- Abbildung 24** Probe in Temperierkammer der Universalprüfmaschine; rechts beidseitiges Versagen einer exemplarischen Probe bei Temperaturen von 85 °C
- Abbildung 25** Probekörper Floatglas mit CIS-Beschichtung, ohne Beschichtung und mit farbiger Beschichtung
- Abbildung 26** Probekörper mit eingeschnittener Folie in der Temperierkammer der Universalprüfmaschine
- Abbildung 27** Fassadenelement aus vier farbigen PV-Modulen vor der Bewitterung nach ETAG-Zyklus 004
- Abbildung 28** Befestigung mittels Aluminium Schienensystem, verschraubt mit dem mineralisch verputzten Porenbetonmauerwerk
- Abbildung 29** Befestigungssystem nach der Bewitterung
- Abbildung 30** PV-Element nach der Bewitterung; rechts: optische Trübung der Folie im Kantenbereich
- Abbildung 31** Rückseite mit Anschlussdosen und Unterkonstruktion des PV-Elements nach der Bewitterung
- Abbildung 32** Jährlicher Einnahmeverlust infolge normaler Verschmutzung
- Abbildung 33** Globalstrahlung in Deutschland, mittlere Jahressummen im Zeitraum 1981 bis 2000 in kWh/m<sup>2</sup>
- Abbildung 34** Jährliche Ertragseinbuße infolge stärkerer Verschmutzung
- Abbildung 35** Ermittlung Solareinstrahlung in Abhängigkeit von Ausrichtung und Neigung
- Abbildung 36** Durchschnittlich erzielbarer spezifischer Ertrag nach Postleitzahlen [Antony]
- Abbildung 39** Einfluss von Standort und Ausrichtung auf die Wirtschaftlichkeit am Beispiel einer 5 kW<sub>p</sub>-Anlage
- Abbildung 40** Einfluss von Standort und Anlagengröße auf die Wirtschaftlichkeit
- Abbildung 41** Einfluss von Ausrichtung und Anlagengröße auf die Wirtschaftlichkeit
- Abbildung 42** Einfluss von Standort und Fremdkapitalanteil auf die Wirtschaftlichkeit
- Abbildung 43** Einfluss von Ausrichtung und Fremdkapitalanteil auf die Wirtschaftlichkeit
- Abbildung 44** PV-VH-Fassade am Wohnhochhaus Helene-Weigel-Platz in Berlin mit polykristallinen PV-Modulen. Die auf der Vorderseite sichtbaren Glashalteleisten als linienförmige Befestigung und die breiten weißen Modulränder bewirken eine auffällige Rasterung der PV-Fläche.
- Abbildung 45** Klammt AG in Berlin: polykristalline PV-Module mit verspiegeltem Rückseitenglas und verspiegelte Glaspaneele in der VH-Fassade
- Abbildung 46** Üstra Verkehrsbetriebe Hannover: Schwarze PV-Module in Kombination mit Alu- und Eternitbekleidungen
- Abbildung 47** VH-Fassade mit Standardmodulen aus amorphen Dünnschichtsolarzelle in Kombination mit Farbtafeln
- Abbildung 48** Visualisierung der PV-VH-Fassade am Wohnhochhaus Helene-Weigel-Platz in Berlin mit blauen CIS-Kompositpaneelen.
- Abbildung 49** Visualisierung mit gelben CIS-Kompositpaneelen.
- Abbildung 50** Preiserfahrungskurve für PV-Module [Hoffmann]

# Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden

## 10.2 Tabellen

<b>Tabelle 1</b>	PV-VH-Fassaden Arbeits- und Zeitplan
<b>Tabelle 2</b>	PV-VH-Fassaden Projekttreffen
<b>Tabelle 3</b>	Verwendete Gläser von SCHOTT und zugeordnete Transmission bezogen auf die CIS Spektralempfindlichkeit.
<b>Tabelle 4</b>	Datenblattangaben unterschiedlich farbiger CIS-Dünnschichtmodule
<b>Tabelle 5</b>	Ergebnisse der künstlichen Bewitterung
<b>Tabelle 6</b>	Theoretisch notwendige Globalstrahlung bei zusätzlicher Reinigung
<b>Tabelle 7</b>	Vergütung für Strom aus solarer Strahlungsenergie nach § 11 EEG
<b>Tabelle 8</b>	Kennwerte Herstellkosten VH- und PV-VH-Fassaden
<b>Tabelle 9</b>	Einstrahlung und Jahresertrag in Abhängigkeit des Standortes
<b>Tabelle 10</b>	Jahresertrag in Abhängigkeit von Ausrichtung und Standort
<b>Tabelle 11</b>	Jahreserträge für verschiedene Standorte in Abhängigkeit von der Anlagengröße
<b>Tabelle 12</b>	Bisherige Veröffentlichungen und Präsentationen zur Verbreitung der Ergebnisse

## 10.3 Abkürzungen

abZ	allgemeine bauaufsichtliche Zulassung
AM	Airmass (äquivalente Luftmasse)
BIPV	Building Integrated Photovoltaics
CIS	Kupfer-Indium-Diselenid
DC	Direct Current (Gleichstrom)
EEG	Erneuerbare Energien Gesetz
EnEV	Energieeinsparverordnung
ETAG	European technical approval guideline (Leitlinie für europäische technische Zulassungen)
FM	Facility Management
LCA	Life-Cycle-Analysis
MPP	Maximum Power Point (Punkt maximaler Leistung)
PV	Photovoltaik
STC	Standard Test Conditions (Standardtestbedingungen)
VG	Verbundglas
VHF	vorgehängte hinterlüftete Fassade
VSG	Verbundsicherheitsglas
ZiE	Zustimmung im Einzelfall

**Anhang**

<b>Anhang 1</b>	Recherche des Fraunhofer-Informationszentrums Raum und Bau IRB zu Forschungsvorhaben und Veröffentlichungen	112
<b>Anhang 2</b>	Patentrecherche – erste Ergebnisse Internet-Recherche	130
<b>Anhang 3</b>	Patentrecherche – Ergebnisse Patentinformationszentrum Dresden	135
<b>Anhang 4</b>	Marktrecherche PV-Fassaden	139
<b>Anhang 5</b>	Übersicht Förderprogramme auf Bundesebene	143



## Anhang 1 Recherche des Fraunhofer-Informationszentrums Raum und Bau IRB zu Forschungsvorhaben und Veröffentlichungen

- 1 Koenemann, Detlef  
Solaranlagen im Vergleich. Solarstrom

Um der Sache auf den Grund zu gehen, rüstete die Paderborner Biohaus PV Handels GmbH den im Jahre 2004 errichteten Neubau des Bürogebäudes mit mehreren PV-Anlagen aus. Sie repräsentieren in etwa die gesamte Bandbreite der Installationsmöglichkeiten. Außerdem stehen unterschiedliche Solarzellen im Wettbewerb. Aus aktuellem Anlass (Verknappung des Siliziums) ist die Frage interessant, wie gut sich die Dünnschicht-Technologie behaupten kann. Die Bilanz des ersten Betriebsjahres wird ausführlich behandelt.

Schlagwörter zum Inhalt: Versorgung; Marktübersicht; Photovoltaik; Gebäudehülle; Integration; Anlage; Typ; Energiebilanz; Photovoltaikanlage; Solarmodul; Stromerzeugung; Planung; Verschattung; Orientierung; Dach; Aufständigung; Architektur; Solarfassade; Neigungswinkel; Modul; Wechselrichter; Solarzelle;

in Fachzeitschrift: SONNE WIND & WÄRME, Jg. 30 (2006), Nr.7, S.78-80, Abb., Tab.  
ISSN: 1861-938X

- 2 Iken, Jörn  
Unter Architekten. Solarstrom

Eine derartige Resonanz ist in der Bauschaffenden Branche keine Selbstverständlichkeit: Etwa 150 Architekten waren Ende März der Einladung der Hamburger Architektenkammer sowie der Unternehmen Sharp und Suntechnics zum "Fachform solares Bauen und Planen ins Hotel Hafen Hamburg gefolgt. Sie stellten damit eindeutig die Mehrheit unter den rund 200 Teilnehmern. Dach- und Fassadenflächen für Photovoltaik-Anwendungen gibt es genug in Deutschland. Um sie zu nutzen, muss die Solarbranche mit den Bauplanern reden und sich, wenn's auch manchmal schwer fällt, mit den kritischen Anmerkungen auseinander setzen.

Schlagwörter zum Inhalt: Versorgung; Photovoltaik; Stromerzeugung; Solarstrom; Solargenerator; Innovation; Solarmodul; Fassade; Dach; Solaranlage; Solardach; Wirtschaftlichkeit; Solararchitektur; Solarfassade; Sanierung; Fensterladen;

in Fachzeitschrift: SONNE WIND & WÄRME, Jg. 30 (2006), Nr.5, S.68-70, Abb.  
ISSN: 1861-938X

- 3 Löwenstein, Volko  
Ergiebige Aussichten

Schlagwörter zum Inhalt: Baubiologie; Solartechnik; Fotovoltaik; Solarfassade; Sonnenenergienutzung; Solarmodul; Fassadenelement; Fassadengestaltung; Fassadenbau; Metallbauarbeit; Fassadenkonstruktion;

in Fachzeitschrift: M & T METALLHANDWERK, Jg. 108 (2006), Sondernr., S.62-65, Abb.  
ISSN: 1436-0446

- 4 Fachinformationszentrum Karlsruhe, Gesellschaft für Wissenschaftlich-Technische Information mbH, Eggenstein-Leopoldshafen (Herausgeber)

Haselhuhn, Ralf  
Photovoltaik. Gebäude liefern Strom. 5., völlig überarbeitete Auflage

Das Informationspaket stellt die praxisrelevanten Aspekte für Planung, Montage und Betrieb einer Photovoltaik-Anlage in der kompakten Form eines Leitfadens vor. Im Fokus stehen netzgekoppelte Anlagen an Gebäuden und die verschiedenen Möglichkeiten der Fassaden- und Gebäudeintegration. Hinweise auf technische Normen und baurechtliche Gesichtspunkte sowie zur ökologischen Bewertung und dem Langzeitverhalten runden das Thema ab.

Schlagwörter zum Inhalt: Versorgung; Fotovoltaik; Stromerzeugung; Technologie; Solarzelle; Sonnenenergienutzung; Ökologie; Nachhaltigkeit; Fassadengestaltung; Solarmodul; Integration;

Köln (Deutschland, Bundesrepublik): TÜV Verlag 2005, 154 S., Abb., Tab., Lit.  
 Serie: BINE-Informationspaket  
 ISBN: 3-8249-0854-9

- 5 Horschig, Jola  
 Autarke Unterkunft. Die Krinner-Kofler-Hütte aus der Vereiner Alm

Die neue Hütte ist als Niedrigenergiehaus mit baubiologisch unbedenklichen Materialien auf einem Keller aus Stahlbeton errichtet. Deren Hauptnutzfläche ist rund 210 qm, die Nebennutzfläche 54 qm groß. Wand- und Deckenkonstruktion in Holzbauweise sind näher beschrieben. Das Pfettendach ist wegen hoher Schneelasten mit langlebiger harter Titanzinkblech-Bedachung in Stehfalzdeckung ausgeführt. Die Hütte ist wegen der Lage in unwegsamem Gelände mit autark funktionierender Haustechnik ausgestattet. Bei der Insellage bot sich das Photovoltaik-System der Rhein-zink an, das sich durch flachen Aufbau und geringes Flächengewicht auszeichnet. Die leistungsfähigen Dünnschicht- Photovoltaik-Module sind werksseitig auf den Blechtafeln aufgebracht und benötigen keine zusätzliche Befestigung. Die Module müssen deshalb auch nicht wie aufgeständerte Elemente im Winter demontiert werden. Stromertrag und Stromumformung sind näher beschrieben.

Schlagwörter zum Inhalt: Architektur; Berghütte; Wiederaufbau; Lawinenschutz; Baubeschreibung; Flächendaten; Niedrigenergiehaus; Standort; Neubau; Holzhaus; Holzkonstruktion; Holzständerbau; Wärmedämmung(außen); Holzfassade; Fassade(hinterlüftet); Holzwerkstoff; OSB-Platte; Fußbodenaufbau; Holzfaserdämmplatte; Pfettendach; Blechdach; Zwischensparrendämmung; Zinkblech; Titanzinkblech; Schneelast; Energiedach; Photovoltaik; Bewitterung(künstlich); Solarmodul; Wasseraufbereitung; Quellwasser; Kleinkläranlage; Dünnschicht; Solarenergienutzung(aktiv); Daten(technisch); Stehfalzdach; Stromerzeugung; Herstellerangabe; Brandschutz(vorbeugend); Holzler, - (Architekt); Hoiß, - (Architekt); Petersen, Erich (Ingenieur)  
 Mittenwald; Bayern; Deutschland, Bundesrepublik

in Fachzeitschrift: (Umrisse) Zeitschrift für Baukultur, (2005), Nr.6, S.40-43, Abb.  
 ISSN: 1437-2533

- 6 Knaupp, Werner  
 Doppelte Ernte

Seit wenigen Monaten hat die Solarstadt Ulm am nördlichen Eingang ein weithin sichtbares Wahrzeichen - einen Turm - erhalten. Auf dem Firmengelände der traditionsreichen Schapfenmühle entstand binnen weniger Monate Bauzeit einer der höchsten Getreidespeicher weltweit. Er wurde mit einer schwarzen Photovoltaikfassade in CIS-Dünnschichttechnologie ausgestattet.

Schlagwörter zum Inhalt: Versorgung; Solarstrom; Photovoltaik; Solarfassade; Getreidespeicher; Integration; Solarmodul; Dünnschicht; Technologie; Windkraft; Windsog; Statik; Statische Berechnung; Zustimmungsverfahren; Messung; Wirkungsgrad; Ulm; Baden-Württemberg; Deutschland, Bundesrepublik

in Fachzeitschrift: SONNE WIND & WÄRME, Jg. 29 (2005), Nr.9, S.56-58, Abb., Tab.  
 ISSN: 1861-938X

- 7 Berner, Joachim  
 Solarfassaden: Hausgemachter Nischenmarkt

Solarunternehmer drängen mit ihren Sonnenstrommodulen auf Dächer und Wiesen. Architektonisch interessante Solaraußenwände gehen u. a. unter bedingt durch die Skepsis gegenüber oder der Unkenntnis von den gestalterischen Möglichkeiten photovoltaischer Senkrechten. Auch fehlt den Investoren die nötige Planungssicherheit, weil Photovoltaiklösungen baurechtlich nicht genehmigt sind. Standardmodule sind bislang nicht als eigenständiges Bauprodukt in den Bauordnungen der Bundesländer gelistet und müssen deshalb projektbezogen neu genehmigt werden. Die Hersteller stoppen deshalb die Produktion von Fassadenmodulen; nur wenige Firmen bestätigen als Ausnahme die Regel.

Schlagwörter zum Inhalt: Versorgung; Solarstrom; Solarfassade; Solarmodul; Dach; Außenwand; Photovoltaik; Fassadenverkleidung; Stromerzeugung; Gebäude; Integration; Montagesystem; Nische; Markt; Vergleich; Bauordnung; Genehmigung; Situationsbericht;

in Fachzeitschrift: SONNE WIND & WÄRME, Jg. 29 (2005), Nr.9, S.50-52, Abb., Tab.  
 ISSN: 1861-938X

## 8 Ästhetische Fassadengestaltung mit Solarstromglas. Neues Photovoltaik-Fassadensystem Voltarlux-PV-F-Typ

Schlagwörter zum Inhalt: Bauteil; Fotovoltaik; Fassadensystem; Produktvorstellung; Solarfassade; Typprüfung; Unterkonstruktion; Solarmodul; Dünnschichtsolarzelle; Lichtdurchlässigkeit; Abmessung; Stromerzeugung; Einspeisevergütung; Hersteller; Neuentwicklung; Glaswerke Arnold (Hersteller)

in Fachzeitschrift: glasforum, (2005), Nr.2, S.5-6, Abb.  
(Beil. zu: GFF Zeitschrift für GLAS FENSTER FASSADE 2005(2) - ISSN: 1432-6264)

## 9 Fassadengestaltung mit Solarstromglas. Industriearchitektur

Schlagwörter zum Inhalt: Bauteil; Fotovoltaik; Fassadensystem; Solarfassade; Gebäudehülle; Dünnschichtsolarzelle; Glasart; Kosten; Einspeisevergütung; Anwendungsgebiet; Herstellerinformation; Bauaufsichtliche Zulassung; Glaswerke Arnold (Hersteller)

in Fachzeitschrift: baustofftechnik, Jg. 24 (2005), Nr.7, S.14, Abb.  
ISSN: 0721-7854

## 10 Zeitner, Joachim

Mehrwert unter Dach und Fach. Solarstrom

Licht- und Gebäudeschutz mit energetischem Zusatznutzen - das ist die Formel, die den Gestaltern und Nutzern von Gebäuden besondere architektonische Freiräume an der Fassade verschafft. Allerdings lassen sich die Designer nicht gerne auf das starre Raster von Standardsolarmodulen aufdrängen. Sie verlangen nach Sonderformaten, die jedoch die PV-verstärkten Zusatzelemente verteuern. Dass die Konstruktion gelingt und trotzdem nicht den Kostenrahmen sprengt, ist daher eine wichtige Aufgabe nicht nur von Planern, sondern auch von Zulieferern. Zukunftsmusik sind individuell gestaltete solare Fassaden mit PV-Zellen und Modulen nach Maß. Was technisch schon geht, wird erst mit dem Entstehen eines Massenmarktes auch wirtschaftlich interessant. Dann eröffnen sich dem Solararchitekten ungeahnte Freiräume.

Schlagwörter zum Inhalt: Bauteil; Solarstrom; Fassade; Fotovoltaik; Vordach; Fensterladen; Sonnenschutz; Gebäudehülle; Solarmodul; Solararchitektur; Lichtschutz; Gebäudeschutz; Sonderform; Gestaltung; Fassadengestaltung; Integration; Schiebeladen; Stromerzeugung; Balkonbrüstung;

in Fachzeitschrift: SONNE WIND & WÄRME, Jg. 29 (2005), Nr.4, S.70-74 (4 S.), Abb.  
ISSN: 0944-8772

## 11 Waldmann, Lars

Gebäudeintegration von Photovoltaik-Elementen. ASI Gläser als solarstromerzeugende Funktionsfassade

Für das solarstromerzeugende Funktionsglas wird im Dünnschicht-Verfahren auf eine Trägerglasplatte amorphes Silicium abgeschieden und mittels Laser so strukturiert, dass eine Solarzelle entsteht. Der erzeugte Gleichstrom wird über einen Wechselrichter geführt und ins Netz eingespeist. Als Beispiele für die Gebäudeintegration von Photovoltaik-elementen werden punktgehaltene Photovoltaik-elemente in den Fassaden eines Güterverkehrszentrums und semitransparente Photovoltaikmodule in der Dachverglasung einer Schule gezeigt. Die Gebäude werden beschrieben und Aufbau und Funktionsweise der Photovoltaik-elemente, sowie Stromerzeugung und -vergütung erläutert.

Schlagwörter zum Inhalt: Technischer Ausbau; Produktvorstellung; Funktionsglas; Photovoltaik; Element; Integration; Dünnschichtsolarzelle; Stromerzeugung; Netzeinspeisung; Vergütung; Beispiel; Güterverkehrszentrum; Raumprogramm; Energiekonzept; Erneuerbare Energie; Fassadensystem; Punkthalterung; Funktionsweise; Wirtschaftlichkeit; Zulassung; Neuentwicklung; Schule; Dachverglasung; Bauobjekt; Neubau; RWE SCHOTT Solar GmbH (Hersteller) Ingolstadt; Bayern; Deutschland, Bundesrepublik; München-Trudering

in Fachzeitschrift: GLAS Architektur und Technik, Jg. 11 (2005), Nr.2, S.49-52, Abb.  
ISSN: 0949-2720

## 12 Rosatzin-Strobel, Christa

Wenn die Fassade Strom liefert. Fünfte internationale Photovoltaik-Tagung

Schlagwörter zum Inhalt: Versorgung; Photovoltaik; Tagungsbericht; Stand Der Technik; Zukunftsaussicht; Integration; Gebäudehülle; Fassade; Sonnenschutzlamelle; Dachfläche; Solarmodul; Kreativität; Gestaltungselement; Beispiel; Investitionskosten; Förderung; Rentabilität; Wirtschaftlichkeit; Erneuerbare Energie; Zürich; Schweiz

in Fachzeitschrift: Architektur & Technik, Jg. 27 (2004), Nr.6, S.32-34, Abb.  
Konferenz: [Internationale Photovoltaik-Tagung, Nr.: 5](#), Zürich (Schweiz), März 2004.

- 13 Rosatzin Strobel, Christa  
Das Gebäude als Energielieferant. Innovatives Feld für die moderne Architektur

Schlagwörter zum Inhalt: Technischer Ausbau; Gebäude; Energieversorgung; Sonnenenergienutzung; Solarmodul; Photovoltaik; Einsatzmöglichkeit; Anwendungsmöglichkeit; Multifunktionalität; Positionierung; Dachhaut; Fassade; Solarstrom; Förderung; Wirtschaftlichkeit;

in Fachzeitschrift: HK GEBÄUDETECHNIK, Jg. 2 (2004), Nr.5, S.24-26, Abb.  
ISSN: 1016-5878

- 14 Weller, Bernhard; Pottgiesser, Uta  
Gebäudeintegrierte Photovoltaik auf der Basis von Dünnschichttechnologie

Im Rahmen des EU-Projektes BIPV-CIS werden gestalterische und konstruktive Fragen zur Gebäudeintegration solarer Energiesysteme untersucht mit dem Ziel, Akzeptanz und Verbreitung erneuerbarer Energien nachhaltig zu verbessern. Architekten, Ingenieure und Unternehmen erarbeiten gemeinsam neue Lösungen auf der Basis von Photovoltaik-Modulen in Dünnschichttechnologie, vorzugsweise für die Konstruktion von Vertikal- und Überkopfverglasungen. Neben den mechanischen Befestigungen werden in Anlehnung an das StructuralSealant-Glazing (SSG) auch linien- und punktförmige Glaslagerungen mit lastabtragender Klebung in Bauteilversuchen geprüft. Es wird davon ausgegangen, dass die Integration der solaren Energiegewinnung in übliche Konstruktionen der Gebäudehülle mit vertretbaren zusätzlichen Ausgaben möglich ist und damit kosteneffizient zu einer steigenden Nutzung von Photovoltaik beitragen kann.

Schlagwörter zum Inhalt: Versorgung; Sonnenenergienutzung(aktiv); Energie(regenerativ); Verglasung; Photovoltaik; Projektbeschreibung; Dünnschichtsolarzelle; Energiefassade; Integration; Befestigungsart; Gebäudehülle; Structural Glazing; Energiegewinnung; Herstellerangabe; Druck; Zielsetzung; Beschichtung; Produktion; Kostenreduktion; Herstellungskosten; Dachziegel; Technische Universität; Laminat; Kirchendach; Materialprüfanstalt; Denkmalschutz;

Chur; Schweiz; Burgwalde; Hessen; Berlin; Dresden; Sachsen; Stuttgart; Tübingen; Deutschland, Bundesrepublik

in Fachzeitschrift: Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Dresden, Jg. 53 (2004), Nr.1/2, S.105-108, Abb., Lit.  
ISSN: 0043-6925

- 15 Enz, Daniela  
Wenn die Gebäudehülle auch noch Strom liefert. Photovoltaik als probates architektonisches Gestaltungselement bei der Planung und Realisierung von Gebäuden

Vom Einfamilienhaus über das Mehrfamilienhaus bis zum öffentlichen Gebäude ist die integrierte Photovoltaik zunehmend ein Thema in der Architekturszene. Aus Solarzellen werden Balkon- und Fensterbrüstungen gestaltet. Schiebe- oder Klappläden ergeben interessante Licht- und Schattenspiele. Oberlichter und Fassaden werden mit in Glas eingebetteten Photovoltaik-elementen beschattet. Ein Wohn- und Atelierhaus sowie die photovoltaische Großanlage der Fortbildungsakademie Mont Cenis mit dem weltweit größten dachintegrierten Solarkraftwerk mit einer Modulfläche von 10000 qm sind beschrieben.

Schlagwörter zum Inhalt: Technischer Ausbau; Einfamilienhaus(freistehend); Mehrfamilienhaus; Photovoltaik; Energiefassade; Sonnenenergienutzung(aktiv); Solarzelle; Schiebeläden; Sonnenschutzanlage; Atelierhaus; Solarmodul; Montage; Publikationenliste; Wassererwärmung; Vakuumkollektor; Röhrenkollektor; Großanlage; Kollektorfläche; Glasdach; Brüstungsverkleidung; Fassadenelement; Daten(technisch); Amortisationszeit; Stromversorgung; Energiedach; Miloni, Reto (Bauherr); Jourda, Helene (Architekt); Perraudin, - (Architekt) Pratteln; Schweiz; Herne; Nordrhein-Westfalen; Deutschland, Bundesrepublik

in Fachzeitschrift: HAUS TECH, Jg. 17 (2004), Nr.4, S.34-37, Abb.

- 16 Decker, Burchard; Hennig, Carsten  
Schaufenster der Solartechnologie

Seit 1999 fördert das niedersächsische Umweltministerium die Errichtung innovativer PV-Anlagen. Die beiden Modellprojekte in Barsinghausen und Salzbergen zeigen eindrucksvoll, wie multifunktional der Einsatz von PV- Modulen sein kann, wenn die Solarstromanlagen frühzeitig bei der Planung berücksichtigt werden.

Schlagwörter zum Inhalt: Versorgung; Solarstrom; Photovoltaik; Solartechnologie; Modellprojekt; Solaranlage; Planung; Integration; Innovation; Gebäudeintegration; Solarmodul; EEG; Fördermittel; Schulzentrum; Solarenergienutzung; Tageslicht; Stromerzeugung; Solarzelle; Dachfläche; Fassade; Wechselrichter; Nordrhein-Westfalen; Deutschland, Bundesrepublik

in Fachzeitschrift: SONNE WIND & WÄRME, Jg. 28 (2004), Nr.1, S.50-54, Abb., Tab.  
ISSN: 0944-8772

- 17 Claus, Jürgen  
Freiburg lädt zur Sonnentour

Freiburg ist überschaubar, alles organisch gewachsen, die zahlreichen Neubauten stellen sich, ob sie wollen oder nicht, in den Dialog mit Altem und Älterem. Auf diese Traditionskette kann auch das solare Freiburg bauen. In keiner Stadt ist das solare Dialogsystem so überzeugend ausgebaut. Die Sonne steht günstig für Freiburg. Beim Spaziergang durch die badische Ökometropole trifft man auf interessante Beispiele zweckmäßiger Solararchitektur.

Schlagwörter zum Inhalt: Architektur; Solararchitektur; Wohngebäude; Bürogebäude; Forschungsinstitut; Fabrik; Niedrigenergiehaus; Heizenergie; Heizenergiebedarf; Solarsiedlung; Passivhaus; Solarhaus; Kollektor; Solarmodul; Photovoltaik; Erneuerbare Energie; Solarenergie; Pflanzenöl; BHKW; Solarfassade; Freiburg; Baden-Württemberg; Deutschland, Bundesrepublik

in Fachzeitschrift: SONNE WIND & WÄRME, Jg. 28 (2004), Nr.1, S.42-45, Abb.  
ISSN: 0944-8772

- 18 Schmidt, Christoph  
Photovoltaik-Fassade aus dem Baukasten

Bisher behinderten hohe Investitionskosten, aufwendige Genehmigungen, eingeschränkte Gestaltungsmöglichkeiten und der geringere Stromertrag den Bau von Photovoltaik-Fassaden. Das vorgestellte, hinterlüftete, typgeprüfte und bauaufsichtlich zugelassene Photovoltaik-Fassadensystem besteht aus Photovoltaik-Dünnschichtmodulen und einer Unterkonstruktion aus U-Haltern sowie vertikalen Trag- und hutförmigen Deckprofilen. Details der Befestigung und die Montage werden erläutert, und eine Wirtschaftlichkeitsberechnung unter Berücksichtigung der erhöhten Strom-Einspeisevergütung vorgestellt.

Schlagwörter zum Inhalt: Bauteil; Photovoltaik; Fassade; Nutzungspotential; Anwendung; Hindernis; Produktvorstellung; Fassadensystem; Solarmodul; Dünnschichtsolarmodul; Unterkonstruktion; Montageablauf; Wirtschaftlichkeitsberechnung; Detailausbildung; Zulassung; Glaswerke Arnold (Hersteller)

in Fachzeitschrift: Fassadentechnik, Jg. 10 (2004), Sondernr., S.26-28, Abb.  
ISSN: 0948-1214

- 19 Finger, Ullrich  
Solare Alleskönner. Solares Bauen mit Stahl

Schlagwörter zum Inhalt: Technischer Ausbau; Solararchitektur; Erneuerbare Energie; Photovoltaik; Wirtschaftlichkeit; Solarmodul; Wirkungsgrad; Nutzungsdauer; Amortisation; Integration; Glasfassade; Stahlpaneel; Tragsystem; Montage; Produktinformation; Hersteller; Anwendungsbeispiel; Bauobjekt; Produktionshalle; Solarfassade; Montageablauf; Reithalle; Baudenkmal; Solardach; Informationsstelle; Beekerswerth; Nordrhein-Westfalen; Deutschland, Bundesrepublik; Osnabrück; Niedersachsen

in Fachzeitschrift: Intelligente Architektur / AIT Spezial, (2003), Nr.41, S.60-61, Abb.  
ISSN: 0949-2356

## 20 Epp, Bärbel

## PV-Modul als Bauelement

Einen Meilenstein auf dem Weg zur solaren Architektur setzt RWE Schott Solar. Der Konzern erhielt Anfang November die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung durch das Deutsche Institut für Bautechnik für das semitransparente amorphe Solarmodul des Typs ASI Thru, das nun bundesweit bei Verglasungen im Überkopfbereich eingesetzt werden darf.

Schlagwörter zum Inhalt: Versorgung; Solarstrom; Solarmodul; Solartechnik; Solararchitektur; Photovoltaik; Transparenz; Bauelement; Integration; Gebäudeintegration; Verglasung; Sicherheitsglas; Verbundglas; Fertigung; Fertigungsablauf; Fassadenelement; Lichtdurchlässigkeit; Bauaufsichtliche Zulassung; Firmenbericht; Putzbrunn; Bayern; Deutschland, Bundesrepublik

in Fachzeitschrift: SONNE WIND & WÄRME, Jg. 27 (2003), Nr.1, S.46-47, Abb.  
ISSN: 0944-8772

## 21 Seltmann, Thomas

## Solare Ära im Industriebau

Schlagwörter zum Inhalt: Versorgung; Solarstrom; Photovoltaik; Stromerzeugung; Solaranlage; Fassade; Solarfassade; Farbgestaltung; Industriebau; Solartechnik; Solarzelle; Folie; Solarmodul;

in Fachzeitschrift: SONNE WIND & WÄRME, Jg. 27 (2003), Nr.1, S.40-41, Abb.  
ISSN: 0944-8772

## 22 Rexroth, Susanne

## Energiequelle und Fassadenmaterial. Die Varianten der Solartechnologie

Die Technik für Photovoltaikanlagen und Solarthermie hat sich in den vergangenen Jahren rasant entwickelt. Inzwischen ist eine Vielzahl von Anlagentypen auf dem Markt, wobei man zwischen integrierten und additive Lösungen unterscheidet.

Schlagwörter zum Inhalt: Technischer Ausbau; Photovoltaik; Solarthermie; Stand der Technik; Funktionsweise; Bauteil; Addition; Kollektor; Thermisch; Solarzelle; Dünnschicht; Technologie; Fassadenkonstruktion; Dachkonstruktion; Kosten; Wirtschaftlichkeit; Deutschland, Bundesrepublik

in Fachzeitschrift: industrieBau, Jg. 49 (2003), Nr.3, S.46-49, Abb.  
ISSN: 0935-2023

## 23 Europas größte Photo-Voltaik-Fassade aus tausend Dünnschicht-Solarmodulen in Betrieb

Schlagwörter zum Inhalt: Bauteil; Außenwand; Fabrikhalle; Solarfassade; Stahlblechfassade; Photovoltaik; Folie; Laminierverfahren; Solarzelle; Mehrschichtsystem; Dünnschicht; Energieausnutzung; Wirkungsgrad; Sandwichpaneel; Neuentwicklung; Produktbeschreibung; Garnier, Friedrich Ernst von (Designer)

in Fachzeitschrift: ARCONIS, Jg. 7 (2003), Nr.1, S.10, Abb.  
ISSN: 0949-7153

## 24 Photovoltaik. Dach und Fassade als Stromproduzenten

Schlagwörter zum Inhalt: Versorgung; Stromerzeugung; Solarmodul; Photovoltaik; Dach; Fassade; Solarenergie; Solarzelle; Modul; Isolierglas; Verschattung; Sonnenschutz; Transmission; Zertifizierung; Norm; Sicherheitsglas; EEG; Förderprogramm; Solaranlage; Globalstrahlung;

in Fachzeitschrift: metallbau, Jg. 14 (2003), Nr.7, S.28-29, Abb.  
ISSN: 0947-9430

## 25 Finger, Ullrich

Bauen mit der Sonne. Die Potenziale von Solarenergie und Stahl

Ein neues Jahrhundert bauen hieße wörtlich genommen, den ganzen Baubestand innerhalb von 100 Jahren durch Null-Emissions-Häuser zu ersetzen, in jedem Jahr also ein Prozent des Baubestandes. Unter dem Druck ökologischer Rahmenbedingungen wird sich auch die Architektur nachhaltig ändern. Die Zukunft gehört der aktiven solaren Gebäudehülle - technologisch längst mehr als eine Vision, in der praktischen Umsetzung ein enormes Marktpotential für vorausschauende Metallbauer.

Schlagwörter zum Inhalt: Bauplanung; Solarfassade; Solarstrom; Solarzelle; Solarmodul; Stromerzeugung; Photovoltaik; Gebäudehülle; Energieversorgung; Solarsystem; Solararchitektur; Solarbauteil; Farbgebung; Betriebsgebäude; Museum;

in Fachzeitschrift: metallbau, Jg. 14 (2003), Nr.7, S.08-15, Abb.  
ISSN: 0947-9430

## 26 Claus, Jürgen

Öcher Sonne für die Krönungsstadt

In unmittelbarer Nachbarschaft zum historischen Erbe der Stadt Aachen, dem Dom und dem Haus der Kohle, demonstriert die Photovoltaikanlage auf dem Dach der Mayerschen Buchhandlung die Energiewende. Auch stellt die Stadt Aachen Solarinteressenten für das Programm "Sonne für Aachener Schulen" kostenlos Dächer und Fassaden von Schulen über Betreibergesellschaften für Solaranlagen zur Verfügung. Über das Aachener Bonussystem profitieren die Schulen wie auch die Säckel der Stadtkämmerer an den Einnahmen aus der Stromvergütung.

Schlagwörter zum Inhalt: Architektur; Solararchitektur; Stromerzeugung; Solarenergie; Photovoltaik; Anlage; Solarmarkt; EEG; Solarfassade; Solarmodul; Solarzelle; Windpark; Windkraftanlage; Solarthermie; Buchhandlung; Schule; Aachen; Nordrhein-Westfalen; Deutschland, Bundesrepublik

in Fachzeitschrift: SONNE WIND & WÄRME, Jg. 27 (2003), Nr.10, S.46-48, Abb.  
ISSN: 0944-8772

## 27 Kraftwerk auf dem Dach

In dem Artikel werden verschiedene Objekte vorgestellt, deren Dächer und Fassadenflächen für die Stromerzeugung genutzt werden: die Neue Münchner Messe, die Shell Solarzellenfabrik in Gelsenkirchen, der üstra-Betriebshof in Leinhausen und das Kongresshaus Salzburg.

Schlagwörter zum Inhalt: Bauphysik/Bauchemie; Sonnenenergienutzung; Photovoltaik; Solarmodul; Stromerzeugung; Fassadenelement; Dachfläche; Energiedach; Produktbeschreibung;

in Fachzeitschrift: DACHBAU-MAGAZIN, Jg. 55 (2002), Nr.1, S.20-22, Abb.  
ISSN: 0340-3718

## 28 Epp, Bärbel

Der Sonne entgegen

Schlagwörter zum Inhalt: Versorgung; Photovoltaik; Solarstrom; Messezentrum; Solarfassade; Erneuerbare Energie; Ausstellung; Wettbewerb; Solarmodul; Wechselrichter; Solardach; Wels; Österreich

in Fachzeitschrift: SONNE WIND & WÄRME, Jg. 26 (2002), Nr.4, S.26-27, Abb.  
ISSN: 0944-8772

## 29 Anschauungsunterricht zum Thema "Erneuerbare Energien". Zentrum Zukunftsenergien Berlin

Das internationale Solarzentrum-Zentrum Zukunftsenergien nimmt mehr und mehr Gestalt an. Auf dem Gelände des ehemaligen Zentrallagers der städtischen Gaswerke entsteht ein anspruchsvolles, hochmodernes Gebäudeensemble, das Maßstäbe in Energieeffizienz und Mieterkomfort setzt. Es bietet Produktions- und Dienstleistungsunternehmen, Firmenvertretungen und wissenschaftlichen Einrichtungen aus dem Bereich der Energie und Umwelttechnik hervorragende

Arbeitsmöglichkeiten und dem Besucher die Möglichkeit, innovative Technik und Technologien in Aktion zu erleben. Das Forum nutzt den denkmalgeschützten Backsteinbau des ehemaligen Magazingebäudes, an den die L-förmigen Seitenflügel des Neubaus anschließen. Das eingebettete Atrium dient nicht nur als kommunikativer Mittelpunkt, sondern zugleich als thermische Pufferzone. Die Architektur hat immer auch eine energetische Funktion. Die NF des sechsgeschossigen Gebäudes beträgt rund 18500 qm, woran der Neubau mit rund drei Viertel beteiligt ist.

Schlagwörter zum Inhalt: Bauernhaltung; Solarenergie(aktiv); Flächendaten; Zentrum; Atrium; Magazin; Historisches Gebäude; Neunutzung; Energiebedarf; Wärmebedarf; Strombedarf; Bürogebäude; Produktionsgebäude; Backsteinbau; Solartechnik; Zukunftsentwicklung; Niedrigenergiehaus; BHKW; Daten(technisch); Bauphysik; Erdwärmenutzung; Betonkern; Aktivierung; Spezialglas; Photovoltaik; Brennstoffzelle; Energiefassade; Solarmodul; Energie(regenerativ); Denkmalschutz; Bothe, - (Architekt); Richter, - (Architekt); Teherani, - (Architekt)  
Berlin; Deutschland, Bundesrepublik

in Fachzeitschrift: WÄRME+VERSORGUNGSTECHNIK, Jg. 47 (2002), Nr.1/2, S.14-16 (2 S.), Abb.  
ISSN: 1617-9579

- 30 Heimann, Erich H.  
Dach- und Wandsysteme. Montagebasis für solares Bauen

Bei der solaren Stromerzeugung und Warmwasserbereitung müssen die Solarkollektoren und -module optimal ausgerichtet installiert werden, die statischen und dynamischen Kräfte sicher aufgenommen, und die Dichtheit von Dach und Fassade dauerhaft gewährleistet werden. Hier bieten mit Klemmelementen gehaltene Aufständersysteme eine kostengünstige und wettersichere Befestigungsmöglichkeit für Solaranlagen an Dach oder Fassade. Anhand von Referenzobjekten wird das Kalzip-Stehfalzsystem von Corus Bausysteme vorgestellt und Montage und Installation von Solarmodulen mit oder ohne Rahmen erläutert.

Schlagwörter zum Inhalt: Bauteil; Solarenergienutzung(aktiv); Photovoltaik; Solarkollektor; Integration; Baustruktur; Solararchitektur; Pilotprojekt; Messegebäude; Kongresszentrum; Fabrikgebäude; Dach; Fassade; Bogenform; Bekleidung; Aluminium; Solaranlage; Befestigung; Produktinformation; Montagesystem; Aufständersystem; Klemmverankerung; Anwendungsvorteil; Solarmodul; Montage; Installationsführung; Informationsstelle; Corus Bausysteme GmbH (Hersteller)  
München; Bayern; Gelsenkirchen; Nordrhein-Westfalen; Deutschland, Bundesrepublik; Salzburg; Österreich

in Fachzeitschrift: metallbau, Jg. 13 (2002), Nr.7, S.24-26, Abb.  
ISSN: 0947-9430

- 31 Baden-Württemberg, Landesgewerbeamt, Informationszentrum Energie -IE-, Stuttgart (Herausgeber)  
Energie - Photovoltaik. Architektonische Gebäudeintegration. 5. Auflage

Die Broschüre stellt anschaulich die große Palette konstruktiver Varianten der architektonischen Integration von Solarmodulen vor und erläutert, welche baurechtlichen Besonderheiten bei der Planung zu beachten sind.

Schlagwörter zum Inhalt: Technischer Ausbau; Sonnenenergienutzung; Solaranlage; Photovoltaik; Stromerzeugung; Solararchitektur; Fassadengestaltung; Dachgestaltung; Gestaltungsmöglichkeit; Produktübersicht; Hersteller; Einsatzbereich; Solarmodul; Dachaufbau; Wandaufbau; Gebäudehülle; Integration;

Stuttgart (Deutschland, Bundesrepublik): Selbstverlag 2002, 47 S., Abb., Tab.

- 32 Schneider, Astrid  
Farbige Solarmodule für die Fassade. Das BIMODE-Projekt

Schlagwörter zum Inhalt: Bauteil; Fassadenkonstruktion; Solarmodul; Fassadengestaltung; Solarfassade; Design; Photovoltaik;

in Fachzeitschrift: FASSADE, FACADE, (2002), Nr.2, S.13-17, Abb., Tab., Lit.

- 33 Traum, Eberhard  
Auszeichnung für einen "Leuchtturm"

Die erneuerbaren Energien fanden im Synergiepark im St. Galler Rheintal ein eindringliches Beispiel der Konzentration. In



einem Wohn- und Geschäftshaus wird die Solarenergie mit Solarthermie und Photovoltaik nach dem neuesten Stand der Technik genutzt. Das Gebäude wurde nach dem Schweizer Minergie Baustandard errichtet. Im Erdgeschoß dieses Synergieparks werden dem Besucher die Daten der Haustechnik über Anzeigetafeln präsentiert, so dass die Kraft der Sonne auf einen Blick erfasst werden kann.

Schlagwörter zum Inhalt: Architektur; Wohnbau; Gewerbebau; Photovoltaik; Geschäftshaus; Solaranlage; Solarthermie; Röhrenkollektor; Solarmodul; Solarstrom; Synergie; Minergie; Erneuerbare Energie; Solartechnik; Gasfüllung; Fenster; Wärmerückgewinnung; Flachkollektor; Solarfassade; Wärmepumpe; Erdwärme; Gams; Schweiz

in Fachzeitschrift: SONNE WIND & WÄRME, Jg. 26 (2002), Nr.5, S.40-41, Abb.  
ISSN: 0944-8772

#### 34 Mit der Sonne bauen. Solartechnik/Fotovoltaik

Seit die Nutzung erneuerbarer Energien staatlich gefördert wird, wächst der Markt für Photovoltaik- und Solarthermieanlagen. Die Förderprogramme werden vorgestellt und eine Photovoltaik-Anlage (der Sonne nachgeführte Photovoltaik-Sonnenschutz-Lamellen), ein Solarturm (Bekleidung aus Dünnschicht-Solarmodulen) sowie das Solardach über einer Eisarena (Dünnschicht-Zellen) in Aufbau, Funktionsweise, Energieertrag und Erscheinungsbild beschrieben. Eine Marktübersicht stellt Solarkollektoren und -heizungs-systeme, Photovoltaik-Elemente, Steuerungsanlagen, Tageslichtlenksysteme und ein Globalstrahlungsmessgerät vor.

Schlagwörter zum Inhalt: Bauphysik/Bauchemie; Solarenergienutzung(aktiv); Energiepolitik; Erneuerbare Energie; Förderprogramm; Marktanteil; Solartechnologie; Entwicklungsgeschichte; Photovoltaik; Stromerzeugung; Fassadengestaltung; Sonnenschutz; Solartechnik; Marktübersicht; Beispieldarstellung; Technikgebäude; Sonnenschutzanlage; Lamellenkonstruktion; Sonnenstand; Nachführung; Solarturm; Dünnschichtsolarelle; Modul; Abmessung; Eisbahn; Überdachung; Solardach; Aufbau; Verkabelung; Erscheinungsbild; Datenerfassung; Blitzschutz; Schmutzabweisung; Energiegewinn; Steuerungsanlage; Solarsystem; Tageslichtumlenkung; Solarheizung; Warmwasser; Flächenheizung; Solarkollektor; Flachkollektor; Röhrenkollektor; Komplettsystem; Globalstrahlung; Messgerät; Produktbeschreibung; Anbieter Emmerthal; Niedersachsen; Heilbronn; Baden-Württemberg; Deutschland, Bundesrepublik; St. Moritz; Schweiz

in Fachzeitschrift: Intelligente Architektur / AIT Spezial, (2001), Nr.29, S.16-23 (7 S.), Abb.  
ISSN: 0949-2356

#### 35 Krumbholz, Heidi

##### Solarmodule für Dächer und Fassaden

Eine eigene Solaranlage ist dank des jüngsten Gesetzes zur Förderung erneuerbarer Energien und des 100000 Dächer-Programmes der Bundesregierung schon fast zum Null-Tarif zu haben. Über das 100000-Dächer-Programm wird die Solaranlage mit Krediten finanziert. Von der Einspeisevergütung von 0,99 DM für jede nicht selbst verbrauchte Kilowattstunde ins öffentliche Netz zahlt man die Verbindlichkeiten zurück. Dieses Programm sieht vor, bis zum Jahr 2004 10000 Solaranlagen mit 300 MW Leistung zu fördern.

Schlagwörter zum Inhalt: Versorgung; Solarenergienutzung; Energieerzeugung; Sonnenkollektor; Photovoltaik; Wirkungsweise; Stromerzeugung; Solarmodul; Dachkollektor; Fassadenkollektor; Gestaltungselement;

in Fachzeitschrift: bauzeitung, Jg. 55 (2001), Nr.5, S.58-60, Abb.  
ISSN: 0005-6871

#### 36 Laukamp, Hermann; Voss, Karsten

##### Bauen mit Photovoltaik. Strom von der Sonne - Gebäude mit Solarzellen (Textgleich in allen Regionalausgaben des Dt. Architektenblatt)

Die Photovoltaik - die Technik der direkten Umwandlung von Licht in Strom - ist seit über 15 Jahren im Aufwind. Die Technik ist heute soweit ausgereift, dass sich damit bis zu 50 Prozent der jährlichen Nettostromproduktion erzeugen ließen. Der Beitrag beschäftigt sich mit den technischen Grundlagen von Solarmodulen und gibt Hinweise zur Gestaltung, Planung und Montage im Bereich des Bauwesens.

Schlagwörter zum Inhalt: Versorgung; Photovoltaik; Solarstrom; Solaranlage; Stromerzeugung; Dach; Fassade; Integration; Energiegewinn; Solarmodul; Absorption; Licht; Wechselrichter; Wirkungsweise; Anwendungsbeispiel;

in Fachzeitschrift: DAB DEUTSCHES ARCHITEKTENBLATT, Ausgabe Baden-Württemberg, Jg. 33 (2001), Nr.6, S.70-73, Abb.  
ISSN: 0012-1215

## 37 Epp, Bärbel

Ja, wohin wachsen sie denn? Solarstrom

Schlagwörter zum Inhalt: Versorgung; Solarstrom; Solarfassade; Fassade; Stromerzeugung; Solarmodul; Photovoltaik; Solarzelle; Wirkungsgrad; Firmenbericht;

in Fachzeitschrift: SONNE WIND & WÄRME, Jg. 25 (2001), Nr.9, S.36-37, Abb.  
ISSN: 0944-8772

## 38 Lehmann, Sven

Insellage. Servicegebäude für die Badeinsel im Steinhuder Meer

Der bogenförmige skulpturale Service-Pavillon auf der Badeinsel beherbergt im dreigeschossigen Kopfbau ein Cafe mit Aussichtsterrasse und in den einstöckigen Bereichen Boots-, Lager- und Sanitäräume. Die Fassaden des Holzbaus sind mit Holzpaneelen und transluzenten Platten bekleidet und von einer komplexen Dachlandschaft überdeckt. Die Energieversorgung nutzt eine netzgekoppelte Photovoltaik-Dachanlage zur Stromerzeugung, eine Vakuumröhrenkollektoranlage zur Brauchwassererwärmung, ein Biodiesel-BHKW für Bedarfsspitzen und umfassende Messdatenerfassungs- und Visualisierungstechniken. Solar-Freizeitboote ergänzen das innovative prämierte EXPO 2000 Projekt.

Schlagwörter zum Inhalt: Architektur; Binnensee; Insel; Strandbad; Dienstleistungsgebäude; Cafe; Bootshaus; Lager; Sanitärraum; Gebäudeform; organisch; Solitär; Flachbau; Turm; Grundrissgestaltung; Bogenform; Holzbau; Dachlandschaft; Pultdach; Tonnendach; Bogendach; Fassadengestaltung; Holzfassade; Fassadenplatte; Transluzenz; Energiekonzept; erneuerbare Energie; Solarenergienutzung; Vakuumkollektor; Warmwasserbereitung; Photovoltaik; Stromerzeugung; Leistung; Solarmodul; Rapsöl; Motor; Messergebnis; Erfassung; Investitionskosten; Innovation; Wettbewerb; Auszeichnung; Bauobjekt; Neubau;  
Stout, Randall (Architekt); Rullkötter, Hartwig (Architekt)  
Steinhuder Meer; Niedersachsen; Deutschland, Bundesrepublik

in Fachzeitschrift: Intelligente Architektur / AIT Spezial, (2000), Nr.24, S.54-59, Abb.  
ISSN: 0949-2356

## 39 Rolf, -; Hotz, -; Stahl, Wilhelm

Parkhaus mit Sonnendeck. Solargarage Vauban in Freiburg

Der Riegel der Solargarage zeigt ein Tragwerk aus verzinktem Profilstahl, in das vier Parkdecks aus farbbeschichtetem Stahlblech eingehängt sind. Die Rampen vor den Parkdecks sind mit vertikalen Holzlamellen bekleidet. Im EG schiebt sich ein Laden, ein Baukörper aus horizontal strukturierten Beton-Sandwich-Elementen, zwischen die Stahlkonstruktion. Eine 750 qm große Photovoltaikanlage überspannt das oberste Parkdeck. Sie besteht aus 780 PV-Modulen, montiert auf eine Sheddachkonstruktion aus 15 Fachwerkträgern und liefert 81 MWh im Jahr. Ihre Optimierung mittels Computersimulation wird erläutert.

Schlagwörter zum Inhalt: Architektur; Parkhaus; Riegel; Stahltragwerk; Nutzungsmischung; Einkaufszentrum; Mischkonstruktion; Beton; Sandwichelement; Rampe; Fassadenbekleidung; vertikal; Holz; Lamelle; Dach; Photovoltaik; Anlage; Solarstrom; Leistungsdaten; Computersimulation; Software; Solarmodul; Neigung; Verschattung; Unterkonstruktion; Shed; Fachwerkträger; Bauobjekt; Neubau; Solaranlage;  
Rolf, - (Architekt); Hotz, - (Architekt); Burkhardt, Daniela (Architekt); Deimel, - (Statiker); Stahl, Wilhelm (Sonderfachmann)  
Freiburg; Baden-Württemberg; Deutschland, Bundesrepublik

in Fachzeitschrift: Intelligente Architektur / AIT Spezial, (2000), Nr.22, S.60-63, Abb.  
ISSN: 0949-2356

## 40 NRW-Bauminister Dr. Michael Vesper: Start frei für Schüco-Solar-Systeme

Flexible, montagefreundliche Systeme, bei denen Komponenten zur Wärmebereitung (Solarkollektoren) und Stromerzeugung (Photovoltaik-Module) aufeinander abgestimmt sind.

Schlagwörter zum Inhalt: Bauteil; Fassade; Fassadenelement; Solarmodul; Solarthermie; Photovoltaik; Modulbauweise; Stromerzeugung; Warmwassererzeugung; Solaranlage; Dachkonstruktion; Integration; Einsatzbereich; Beispiel; Produktbeschreibung;

in Fachzeitschrift: DER ROLLADEN-JALOUSIEBAUER, Jg. 35 (2000), Nr.4, S.68-70, Abb.  
ISSN: 0344-8088

- 41 Hullmann, Heinz (Herausgeber)  
Photovoltaik in Gebäuden. Handbuch für Architekten und Ingenieure

Photovoltaik, integriert in Gebäude, geht weit über die Idee der Energieeinsparung hinaus. Als sauberer und eleganter Weg, direkt Strom zu erzeugen, verspricht sie durch die technische Entwicklung von einer Nischentechnologie zu einem der wichtigsten Energielieferanten des 21. Jahrhunderts zu werden. Dieses Handbuch ist das Ergebnis eines Fünf-Jahres-Forschungsprogrammes unter der Schirmherrschaft der Internationalen Energie Agentur IEA. Architekten und Solarexperten aus 13 Ländern zeigen die ganze Bandbreite ingenieurtechnischer und architektonischer Konzepte für eine erfolgreiche Integration von Photovoltaik in Gebäude. Der erste Teil stellt die architektonischen Entwurfsaspekte und gestalterischen Möglichkeiten für die Integration von Photovoltaikanlagen in die Fassaden- oder Dachkonstruktion heraus und gibt eine Anleitung für die übersichtliche Auslegung. Der zweite Teil behandelt die Detailplanung, Ausführung und Wartung photovoltaischer Systeme und dient damit auch dem Fachplaner bei der Konzeption und Beratung.

Schlagwörter zum Inhalt: Versorgung; Sonnenenergienutzung; Solarmodul; Stromerzeugung; Photovoltaik; Fassadenkonstruktion; Dachkonstruktion; Integration; Gestaltung; Gebäudehülle; Entwurfskonzept; Beispiel; Anlagenplanung; Planungshilfe; Montage; Installation; Betrieb; Wartung; Modulbauweise; Energiespeicherung;

Stuttgart (Deutschland, Bundesrepublik): Fraunhofer IRB Verlag 2000, 200 S., zahlreiche Abb. und Tab.  
ISBN: 3-8167-4716-7

- 42 Laukamp, Hermann  
Sonne satt! Strom satt? Fotovoltaik

Moderne Photovoltaik-Dachanlagen können 850 bis 900 kWh/kWp Strom erzeugen, Fassaden rund ein Drittel weniger. Der Einfluss der Ausrichtung, der Beschattung und der Modultemperaturen auf den Energiegewinn einer Solarstromanlage wird erläutert, ihre Hauptkomponenten vorgestellt, und Aufbau und Funktionsweise der Solarmodule sowie die Palette möglicher kundenspezifischer Modulentwicklungen (Größe, Lichtdurchlässigkeit, Farbe) beschrieben. PV-Module können in Pfosten-Riegel-Konstruktionen, punktgehaltene Konstruktionen und Structural Glazing integriert werden. Ihre Anwendung folgt der TRLV oder erfordert eine Einzelfallzustimmung.

Schlagwörter zum Inhalt: Technischer Ausbau; Photovoltaik; Solarstrom; Anlage; Dach; Fassade; Anwendungsvorteil; Stand der Technik; Energiegewinn; Einflussfaktor; Ausrichtung; Verschattung; Modul; Temperatur; Solarmodul; Funktionsweise; Aufbau; Abmessung; Sonderausführung; Farbgebung; Lichtdurchlässigkeit; Integration; Mehrscheibenverglasung; Fassadenbekleidung; Structural Glazing; Pfosten-Riegel-Bauweise; Klemmverbindung; Baugenehmigung; Einzelfallregelung; Literaturangabe;

in Fachzeitschrift: Fassadentechnik, Jg. 6 (2000), Nr.4, S.10-14, Abb., Lit.  
ISSN: 0948-1214

- 43 Tönges, Karl-Heinz; Schleiff, Günter  
Fassade als Solarkraftwerk. Fotovoltaik

Die Südfassade der Messehalle erhielt eine 139 m lange und 4,20 m hohe vorgeständerte Fotovoltaikfassade. Die 550 qm aktive Fotovoltaikfläche sind mit 678 amorphen Dünnschicht-Fotovoltaikmodulen (Glas-Glas-Laminat) mit einer Leistung von je 43 Wp bestückt, und werden etwa 14500 kWh pro Jahr liefern. Das Stahltragwerk aus vertikalen Rechteckrohren leitet die Fassadenlasten auf das Dach der vorgelagerten Halle. Sieben Quadratrohr-Pfetten dienen der Aufnahme der Linienbefestiger, die die Glas-Module aufnehmen. Die Vorteile der Dünnschichttechnologie werden erläutert.

Schlagwörter zum Inhalt: Bauteil; Solarfassade; Ausstellungshalle; EXPO 2000; Fassadenkonstruktion; Stahltragwerk; Lastabtragung; Photovoltaik; Modul; elektrisch; Leistung; Energiegewinn; Dünnschichtsolarzelle; Wirkungsgrad; Herstellungsverfahren; Anwendungsvorteil; Befestigung; Schraubverbindung; Einzelfall; Zulassung; Nachnutzung; Förderung; Bauobjekt; Fassadenerneuerung; Solarenergienutzung(aktiv);

Hannover; Niedersachsen; Deutschland, Bundesrepublik

in Fachzeitschrift: Fassadentechnik, Jg. 6 (2000), Nr.6, S.26-28, Abb.  
ISSN: 0948-1214

- 44 Brand, Markus; Koeppen, Christoph; Schleiff, Günter  
Messehalle ins Licht gesetzt

Schlagwörter zum Inhalt: Versorgung; Messehalle; Weltausstellung; Expo 2000; Photovoltaik; Gebäudehülle; Integration; Solarmodul; Stromerzeugung; Solarzelle; Solargenerator; Lichtband; Fassade; Neigungswinkel; Hallendach; Schaltung; Wechselrichter; Solarstrom; Netzeinspeisung; Energieerzeugung; Förderung;  
Hannover; Niedersachsen; Deutschland, Bundesrepublik

in Fachzeitschrift: SONNE WIND & WÄRME, Jg. 24 (2000), Nr.4, S.48-49, Abb., Tab.  
ISSN: 0944-8772

- 45 Erban, Christof  
Multifunktionalität von PV-Fassaden

Der Einsatz von gebäudeintegrierter Photovoltaik hat in den nunmehr acht Jahren seit dem Bau der ersten Solarfassade erhebliche Fortschritte gemacht. Eine zunehmend beachtete Möglichkeit stellen Photovoltaik-Elemente dar, die vor Ort dezentral und ohne störende Nebenwirkungen die Solarenergie direkt in Strom umwandeln und dabei die zusätzlichen Funktionen wie Wetterschutz oder Verschattung übernehmen. Die Vielzahl der Einsatz- und Kombinationsmöglichkeiten von Solar-Fassadenelementen ersetzen Planer und Architekten in die Lage, ihrer individuellen Idee einer gebäudeintegrierten Solaranlage Gestalt zu geben.

Schlagwörter zum Inhalt: Versorgung; Solarzelle; Solarmodul; Solarfassade; Fassadenelement; Multifunktionalität; Photovoltaik; Stromerzeugung; Solarstrom; Solarenergie; Energiegewinn; Solararchitektur; Orientierung; Windlast; Integration; Planer;

in Fachzeitschrift: SONNE WIND & WÄRME, Jg. 24 (2000), Nr.4, S.32-34, Abb., Tab.  
ISSN: 0944-8772

- 46 Baden-Württemberg, Landesgewerbeamt, Informationszentrum Energie -IE-, Stuttgart (Herausgeber)  
Energie - Photovoltaik. Architektonische Gebäudeintegration

Immer mehr Bauherren und Hausbesitzer möchten mit der Installation einer Photovoltaik-Anlage einen Beitrag zur umweltschonenden Stromerzeugung leisten und den Einsatz dieser Technologie unterstützen. Bisher wurde dabei das Augenmerk auf Installationssicherheit, weniger auf Ästhetik gerichtet. Die Industrie bietet inzwischen eine große Vielfalt an Gestaltungsmöglichkeiten für die Solarmodule selbst und deren Montage am Gebäude an. Die Broschüre stellt die große Palette konstruktiver Varianten vor und erläutert, welche baurechtlichen Besonderheiten bei der Planung zu beachten sind.

Schlagwörter zum Inhalt: Technischer Ausbau; Sonnenenergienutzung; Solaranlage; Photovoltaik; Stromerzeugung; Solararchitektur; Fassadengestaltung; Dachgestaltung; Gestaltungsmöglichkeit; Produktübersicht; Hersteller; Einsatzbereich; Solarmodul; Dachaufbau; Wandaufbau; Gebäudehülle; Integration;

Stuttgart (Deutschland, Bundesrepublik): Selbstverlag 2000, 47 S., Abb., Tab., Lit.

- 47 Architekten schreiben Einzellösung vor

Bei jedem Versuch Photovoltaik-Elemente oder stromerzeugende Baumaterialien in Büro- und Verwaltungsgebäude zu integrieren, stehen sich zwei Welten gegenüber, die sich eigentlich nicht einig werden können. Die Architekten wollen bei der Gestaltung der Außenflächen vollkommene Freiheit. Die Modulhersteller würden am liebsten von der Aufhängung über die Metallrastergrößen bis zum Modullayout alles standardisieren, um Kosten zu sparen. Ein wirklich schönes, das heißt architektonisch gut gestaltetes und gleichzeitig technisch ausgereiftes Projekt entsteht, wenn sich Architekt und Solarmodullieferant möglichst frühzeitig treffen.

Schlagwörter zum Inhalt: Versorgung; Modul; Solarmodul; Photovoltaik; Solarstrom; Stromerzeugung; Herstellung; Gestaltung; Layout; Bürogebäude; Verwaltungsgebäude; Integration; Architekt; Planung; Fassade; Isolierglas; Standardisierung; Warmfassade; Kaltfassade;

in Fachzeitschrift: SONNE WIND & WÄRME, Jg. 24 (2000), Nr.1, S.40-42, Abb.  
ISSN: 0944-8772

48 Hartmann, Stefan

Investitionen in Solaranlagen lohnen sich. Die zuverlässige Energiequelle Sonne wird immer wirtschaftlicher

Schlagwörter zum Inhalt: Architektur; Einfamilienhaus; Mehrfamilienhaus; Bürohaus; Solaranlage; Solararchitektur; Solarenergie(aktiv); Solarenergienutzung; Förderung; Photovoltaik; Solarmodul; Solarfassade; Hotel; Sonnenkollektor; Daten(technisch); Warmwasserbereitung; Volksabstimmung; Investitionsanreiz; Kostendaten; Schule; Energiepreis; Oberwinterthur; Spescha; Bleienbach; Schweiz; Gelsenkirchen; Nordrhein-Westfalen; Deutschland, Bundesrepublik

in Fachzeitschrift: HAUS TECH, Jg. 13 (2000), Nr.9, S.44-47, Abb.

49 Schmid, Jürgen; Bendel, Christian; Kregel, Uwe

Trends in der Energieversorgung von Gebäuden. Tl.2  
(Textgleich in allen Regionalausgaben des Dt. Architektenbl.)

Schwerpunkt des zweiten Teils ist die direkte Wandlung elektrischer Energie aus Sonnenlicht mit Photovoltaikmodulen sowie die dezentrale kombinierte Strom- und Wärmeproduktion.

Schlagwörter zum Inhalt: Versorgung; Energieversorgung; Gebäude; Photovoltaik; Integration; Energieerzeugung; Dach; Fassade; Modul; Kopplung; Solarmodul; Wechselrichter; Stromversorgung; Wärmeversorgung; Kombination;

in Fachzeitschrift: DAB DEUTSCHES ARCHITEKTENBLATT, Ausgabe Baden-Württemberg, Jg. 32 (2000), Nr.7, S.908-911 (3 S.), Abb.  
ISSN: 0012-1215

50 Lödel, Thomas

Der Sonne entgegen. Solarfassade in der Praxis

Vom Funktionsprinzip her gibt es zwei Gruppen aktiver Solarfassaden: thermische Sonnenkollektoren absorbieren Sonnenenergie, wandeln sie in Wärme um und leiten sie an ein Transportmedium, meist Wasser, weiter. Photovoltaikmodule wandeln die Sonnenenergie mittels Solarzellen in elektrische Gleichspannung, die, in Wechselspannung umgewandelt, ins Netz gespeist werden kann. Der Wirkungsgrad von Solarfassaden hängt von Standort und Ausrichtung ab, der von Photovoltaikmodulen zusätzlich von der Struktur der Siliciumzellen. Eine Photovoltaikfassade und die solarenergiegestützte Raumkonditionierung eines Dachgeschosses mittels fassadenintegrierten Sonnenkollektoren, Adsorptionskältemaschine und Kühldecken, sowie Aufbau und Funktionsweise der verschiedenen Solar- Fassadenelemente werden beschrieben.

Schlagwörter zum Inhalt: Bauteil; Solarfassade; Solarkollektor; Photovoltaik; Funktionsweise; Solarzelle; Aufbau; Wirkungsgrad; Silicium; Zelle; Kristallstruktur; Oberflächenstruktur; Farbwirkung; Beispieldarstellung; Versicherungsgebäude; Riegel; Bogenform; Reihung; Querhaus; Innenhof; Fassade(hinterlüftet); Fassadendetail; Dachgeschoss; Sonnenkollektor; Flachkollektor; Raumkonditionierung; Kühldecke; Adsorption; Kältemaschine; Funktionsbeschreibung; Sommerbetrieb; Winterbetrieb; Bauobjekt; Neubau; Literaturangabe; Lanz, Peter (Architekt); Lamatsch-Kämpfe, - (Architekt); Westrup, P. (Architekt) Unterföhring/München18); Bayern; Deutschland, Bundesrepublik; Dresden; Sachsen

in Fachzeitschrift: Intelligente Architektur / AIT Spezial, (1999), Nr.17, S.62-65, Abb., Lit.  
ISSN: 0949-2356

51 Fortbildungsakademie Mont Cenis in Herne

Der rechteckige Glasbau beherbergt in zwei frei eingestellten zwei- bis dreigeschossigen Zeilen Verwaltung, Bürgersaal, Freizeiteinrichtungen, Cafe, Casino, ein Hotel und den Kegelstumpf der Bibliothek. Die Glashalle bildet einen halböffentlichen Raum mit mediterranem Klima. Ihr Tragwerk besteht aus Holz-Rundstützen und -Fachwerkträgern, die Glasfassaden sind Holz-Pfosten-Riegel-Konstruktionen. Der Beton der Innengebäude wirkt als Temperaturspeicher, ihre weißen Fassaden sind großzügig verglast. Glasdach und Teile der Hallenfassade bilden ein Solarkraftwerk. Die verschieden dicht belegten Solarzellen in der Dachfläche wirken als Sonnenschutz. Integrierte holographisch-optische Elemente lenken Tageslicht in die Kegelstümpfe der Bibliothek und des Akademiefoyers, Light-shelves an den Brüstungen in die Büros. Das Hallentragwerk, das

Energiekonzept und das Solarkraftwerk werden beschrieben.

Schlagwörter zum Inhalt: Architektur; Glashaus; Rechteckform; Flachdach; Glasdach; Wettbewerbsentwurf; EU; Forschungsauftrag; Machbarkeitsstudie; Raumprogramm; Mischnutzung; Verwaltung; Casino; Saal; Freizeiteinrichtung; Hotel; Grundrissgestaltung; Riegel; Bibliothek; Kegelstumpf; Haus im Haus; Atrium; Klimapuffer; Holztragwerk; Rundstütze; Fachwerkträger; Glasfassade; Pfosten-Riegel-Bauweise; Nutzungsverteilung; Innenraumgestaltung; Materialwahl; Ökologisches Bauen; Tageslichtumlenkung; holographisch-optisches Element; Sonnenschutz; Solarkraftwerk; Solarzelle; Verteilung; Belegungsdichte; Fassadenkonstruktion; Dachkonstruktion; Detailausbildung; Klimatisierung; Sommerbetrieb; Winterbetrieb; Photovoltaik; Anlage; Leistungsfähigkeit; Solarmodul; Bauobjekt; Neubau  
Jourda, Françoise-Hélène (Architekt); Perraudin, Gilles (Architekt); Hegger, - (Architekt); Hegger, - (Architekt); Schleiff, - (Architekt); Arup, Ove (Statiker); Schlaich, - (Statiker); Bergemann, - (Statiker); Latz, - (Garten- und Landschaftsarchitekt); Riehl, - (Garten- und Lan  
Herne; Nordrhein-Westfalen; Deutschland, Bundesrepublik

in Fachzeitschrift: GLAS, Architektur und Technik, Jg. 5 (1999), Nr.6, S.9-18, Abb.

52 Bibliothek in Mataro, Spanien  
Library in Mataro, Spain

Die neue Bibliothek der katalanischen Stadt nahe Barcelona fällt zuerst durch das besondere Aussehen ihrer zu einer Grünfläche gelegenen Eingangsfassade ins Auge. Mit Hilfe dieser großformatigen, bläulich glitzernden Südfront aus polykristallinen Silizium-Solarzellen werden in neuartiger Kombination große Teile des Strom- und Heizwärmebedarfs des Gebäudes erzeugt. Die Fläche aus Glaspaneelen wurde über einer gemauerten Sockelzone angeordnet, die sich auch in der nördlichen Fassade wiederfindet. Dort sowie an den Schmalseiten des quaderförmigen Baukörpers besteht die Gebäudehülle aus Blechbahnen.

Schlagwörter zum Inhalt: Architektur; Bibliothek; Fassadenkonstruktion; Solarzelle; Solarmodul; Stromerzeugung; Wärmeerzeugung; Glaspaneel; Sockel; Fassadenbekleidung; Blech; Belichtung; Sheddach; Flachdach; Oberlichtband; Doppelfassade; Energiefassade; Fassadenschnitt; Detailplanung;  
Brullet i Tenas, Miquel (Architekt)  
Mataro; Spanien

in Fachzeitschrift: DETAIL, Jg. 39 (1999), Nr.3, S.418-421, Abb., Lageplan, horizontal  
ISSN: 0011-9571  
Textsprache: Deutsch; Englisch

53 Lödel, Thomas  
Hinterlüftete Solarmodule. Photovoltaikfassade

Das vier- bis fünfgeschossige Gebäude zeigt zwei parallele Spangen, die einen leichten Bogen beschreiben. Sechs Querriegel lassen fünf Innenhöfe entstehen. Über zwei verglasten Etagen folgt eine Kaltfassade aus hellgrauen Aluminium-Strangpressprofilen mit Fensterbändern. Kasino und Eingangshalle haben festverglaste, teilweise beheizte, schräg stehende Pfosten-Riegel-Fassaden. Vier südorientierte Gebäudeköpfe erhielten vorgehängte hinterlüftete Photovoltaik-Fassaden aus 550 Modulen, die mit je 68 polykristallinen silbergrauen Laminatzellen bestückt sind. Die quadratischen Zellen sind auf einem weißen Folienhintergrund angeordnet und mit ESG-Scheiben abgedeckt. Jedes Modul liefert ca. 70,3 Wp.

Schlagwörter zum Inhalt: Bauteil; Photovoltaik; Fassade; Fassade(hinterlüftet); Fassade(vorgehängt); Solarmodul; Solarzelle; Funktionsbeschreibung; Oberflächenstruktur; Detailausbildung; Wirkungsgrad; Bauobjekt; Neubau; Verwaltungsgebäude; Stahlbetonskelettbau; Gebäudebeschreibung; Fassadenkonstruktion; Glasfassade; Fensterband; Brüstung; Aluminium; Strangpressprofil; Vormontage; Schrägverglasung; Fassadenheizung; Literaturangabe;  
Lanz, Peter (Architekt)  
Unterföhring/München; Bayern; Deutschland, Bundesrepublik

in Fachzeitschrift: Fassadentechnik, Jg. 5 (1999), Nr.3, S.17-19, Abb., Lit.  
ISSN: 0948-1214

54 Benemann, Joachim; Chebab, Oussama  
Die Fassade als Energiequelle. Photovoltaik

Verfahren zur Einbettung von Solarzellen in hochtransparentes Gießharz zwischen Glasscheiben und die Weiterentwicklung zu

multifunktionalen Photovoltaik-Fassadenelementen bieten die Möglichkeit zur vollständigen Integration photovoltaischer Elemente in die Gebäudehülle. Sie ersetzen in Vorhang-, Kalt- oder Warmfassaden und auf Dächern Fassadenplatten, Isolierverglasungen und Dachbeläge. Der Elementaufbau photovoltaischer Verbundmodule, die Technologie, das Erscheinungsbild, Lebensdauer, Marktentwicklung und Energiepotential werden beschrieben.

Schlagwörter zum Inhalt: Bauphysik/Bauchemie; Photovoltaik; Fassadenelement; Multifunktionalität; Photozelle; Integration; Isolierglas; Nutzungsanforderung; Anwendungsbereich; Element; Aufbau; Verbundelement; Marktangebot; Marktentwicklung; Solarzelle; Technologie; Erscheinungsbild; Silicium; Dünnschichtsolarmodule; Herstellungsverfahren; Lebensdauer; Energieerzeugung; Einflussfaktor; Literaturangabe;

in Fachzeitschrift: Fassadentechnik, Jg. 4 (1998), Nr.6, S.50-53, Abb., Tab., Lit.  
ISSN: 0948-1214

#### 55 Solartechnologie und Fassadenarchitektur

Schlagwörter zum Inhalt: Bauteil; Solarfassade; Photovoltaik; Solarmodul; Fassadengestaltung;

in Fachzeitschrift: Metallhandwerk und Technik, Jg. 100 (1998), Nr.1, S.27-28, Abb.  
ISSN: 0343-012X

#### 56 Die Fassade als Energiespender

Neben Wind- und Wasserkraft gilt die Sonne als unerschöpfliche Energiequelle. Noch scheitert eine breit angelegte Nutzung an der Unwirtschaftlichkeit. Dach und Fassade werden in vielversprechende Entwicklungsergebnisse einbezogen.

Schlagwörter zum Inhalt: Bauteil; Solartechnik; Fassade; Energiegewinnung; Entwicklungsstand; Solarenergienutzung; Vorteil; Nachteil; Solarzelle; Solarmodul; Solaranlage; Photovoltaik;

in Fachzeitschrift: Metallhandwerk und Technik, Jg. 100 (1998), Nr.7, S.10-13, Abb.  
ISSN: 0343-012X

#### 57 Chebab, Oussama

Architektonische Gestaltungsmöglichkeiten mit Photovoltaikerelementen

Photovoltaische Elemente, eingebettet in den Glaszwischenraum von Verbundglasscheiben, sind mittlerweile vollständig in die Gebäudehülle integrierbar. Solche Fassadenelemente können in nahezu beliebigen Abmessungen geliefert und ohne zusätzliche Befestigungselemente als Vorhang-, Kalt- oder Warmfassade in die vorhandene Konstruktion eingebaut werden. Je nach Anforderung können PV-Zellarten mit verschiedenen Erscheinungsbildern und Energiebilanzen integriert werden. Multifunktionale PV-Elemente erfüllen mehrere Funktionen wie Sonnen-, Blend-, Schall- und Wärmeschutz. Die energetischen Erträge sind von vielen Faktoren abhängig, das technische Potential der Photovoltaik in der BRD könnte jedoch einen Großteil des Nettostromverbrauchs abdecken.

Schlagwörter zum Inhalt: Bauteil; Photovoltaik; Integration; Gebäudehülle; Solarfassade; Fassadenelement; Installation; Verbundelement; Aufbau; Solarmodul; Erscheinungsbild; Multifunktionalität; Energiegewinn; Energiepotential;

in Fachzeitschrift: GLAS, Architektur und Technik, Jg. 4 (1998), Nr.4, S.42-45 (3 S.), Abb.

#### 58 Hille, Georg; Staiss, Frithjof

Marktperspektive für netzgekoppelte Anlagen

Schlagwörter zum Inhalt: Versorgung; Photovoltaik; Netzeinspeisung; Fördermittel; Markt; Modul; Solarmodul; Wachstum; Stromerzeugung; Solarenergie; Fassade; Kosten; Standort;

in Fachzeitschrift: SONNE WIND & WÄRME, Jg. 22 (1998), Nr.6, S.44-45, Abb., Lit.  
ISSN: 0944-8772

#### 59 Mencke, Detlef

Sondermodule für Dach und Fassade

Schlagwörter zum Inhalt: Versorgung; Solarmodul; Solargenerator; Solarzelle; Photovoltaik; Stromerzeugung; Dach; Fassade; Verwaltungsgebäude; Solaranlage; Wartungsaufwand; Messtechnik; Hannover; Niedersachsen; Deutschland, Bundesrepublik

in Fachzeitschrift: SONNE WIND & WÄRME, Jg. 22 (1998), Nr.6, S.36-39, Abb., Tab.  
ISSN: 0944-8772

- 60 Knaupp, Werner  
PV-Fassaden mit Wechselstrom-Solarmodulen

Schlagwörter zum Inhalt: Bauphysik/Bauchemie; Energieversorgung; Photovoltaik; Fassade; Wechselstrom; Solarmodul; Anlagekonzept; Überwachung; Ausführung; Betrieb;

in Fachzeitschrift: GESUNDES BAUEN UND WOHNEN, (1997), Nr.1, S.18-27 (2 S.), Abb.

- 61 Hänel, Klaus; Ache, Robert  
Betriebsergebnisse einer fassadenintegrierten PV-Anlage

Drei in die Fassade des Umweltzentrums in Cottbus integrierte PV-Generatoren werden seit August 1995 vermessen. Das Umweltzentrum besitzt eine Doppelfassade mit solarthermischer (Luftkollektor) und photovoltaischer Nutzung. Die PV-Module sind vertikal in eine Riegel-Pfosten-Konstruktion eingebaut. Durch den Einfallswinkel der Solarstrahlung können bei vertikaler Fassadenintegration keine optimalen Wirkungsgrade der photovoltaischen Nutzung erreicht werden. Der ermittelte Energieertrag ist durch die Fassadenintegration niedriger als bei einer Integration in geneigte Dachflächen und hängt stark von der Orientierung ab.

Schlagwörter zum Inhalt: Versorgung; Fassade; Photovoltaik; Solarmodul; Stromerzeugung; Generator; Solargenerator; Solarenergienutzung; Orientierung; Luftkollektor; Wirkungsgrad; Solarstrahlung; Doppelfassade; Glasfassade; Messung; Verschattung; Solarzelle; Verlust; Temperatur; Einfluss; Gleichstrom; Netzeinspeisung; Solarthermie; Cottbus; Brandenburg; Deutschland, Bundesrepublik

in Fachzeitschrift: SONNE WIND & WÄRME, (1997), Nr.2, S.20-23 (3 S.), Abb.  
ISSN: 0944-8772

- 62 Humm, Othmar  
Photovoltaik und Architektur: Synergien an der Fassade

In den schweizerischen Städten St. Gallen und Winterthur sind sein einigen Monaten zwei Photovoltaikanlagen in Betrieb, die wegen ihrer Gestaltung viel Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Die Bauten bilden eine gelungene Synthese zwischen Technik und Architektur.

Schlagwörter zum Inhalt: Versorgung; Photovoltaik; Anlage; Solarmodul; Fassade; Solarenergienutzung; Solarstrom; Stromerzeugung; Solargenerator; Integration; Gebäudehülle; Substitution; Wetterschutz; Sonnenschutz; Schaltung; Wechselrichter; Netzeinspeisung; Gleichstrom; Wartung; Unterhalt; Reinigung; Schweiz

in Fachzeitschrift: SONNE WIND & WÄRME, (1997), Nr.2, S.12-15, Abb.  
ISSN: 0944-8772

- 63 Rekordverdächtig. Solarpreis

Schlagwörter zum Inhalt: Bauteil; Forschungszentrum; Photovoltaik; Energiefassade; Vorhangfassade; Hinterlüftung; Stromerzeugung; Fassadenelement; Dünnschicht; Demonstrationsprojekt; Preisträger;

in Fachzeitschrift: Das Architekten-Magazin, Jg. 9 (1996), Sondernr., S.14, Abb.  
ISSN: 0940-3124

- 64 Reichenbach, Wolf  
Unter heimischer Sonne. Spannweite 24 m - Motorenwerk in Stuttgart-Bad Cannstatt



Das Motorenwerk ist flächenmäßig ein gewaltiger Bau: 67000 größtenteils ebenerdig untergebrachte Quadratmeter wollen erst einmal stadtverträglich strukturiert sein, zumal die Lage im Neckartal gut einsehbar ist. Auch die sogenannte fünfte Fassade spielte also eine wichtige Rolle. Entlang der Gleise ist die eine Längsseite des etwa einen halben Kilometer langen Motorenwerks durch die Sheddach-Kontur stark rhythmisiert. Das Gebäude besteht aus einem eingeschossigen Stahlskelettbau mit fünf integrierten zweigeschossigen Technikzentralen. Das statische Grundprinzip besteht aus Haupt- und Nebenfachwerken der Dachkonstruktion, die auf eingespannten Stützen gelagert sind.

Schlagwörter zum Inhalt: Ingenieurhochbau; Standort; Sheddach; Produktionsanlage; Flachdachbegrünung; Werkhalle; Dachtragwerk; Integration; Tragwerk; Stahlskelettbau; Fachwerkträger; Hauptträger; Pylon; Dachdeckung; Trapezblech; Automobilindustrie; Photovoltaik; Gleichstrom; Umwandlung; Wechselstrom; Solarmodul; Konstruktionsbeschreibung; Technikzentrale; Stützenraster; Nebenträger; Stütze(eingespannt); Obergurt; Tonnendach; Fassadenverkleidung; Wellblech; Blechpaneel;

Lehmann, Frank (Architekt); Reichenbach, Wolf (Ingenieur)

Mercedes Benz AG, Werk Untertürkheim, Bauabteilung Teams 40 und 50 (Architekt); Ingenieurbüro Rückert, Heilbronn (Ingenieur)

Stuttgart-Bad Cannstatt; Baden-Württemberg; Deutschland, Bundesrepublik

in Fachzeitschrift: db deutsche bauzeitung, Jg. 130 (1996), Nr.9, S.90-97, Abb.

ISSN: 0721-1902

- 65 Europäischer Solarpreis 1995 - für die größte gebäudeintegrierte Photovoltaik-Energiefassade in Dünnschichttechnik aus amorphen Silizium-Solarzellen  
(Nach: Pressemitteilung der Flachglas Solartechnik GmbH, Köln, 24.Okt.1995.)

Schlagwörter zum Inhalt: Technischer Ausbau; Alternativenergie; Sonnenenergienutzung; Preis; Integration; Gebäude; Solarzelle; Solarkollektor; Großanlage; Photovoltaik; Dünnschicht; Energiefassade; Sonnenkollektor;

in Fachzeitschrift: Bauphysik, Jg. 18 (1996), Nr.2, S.53, Tab.

ISSN: 0171-5445

- 66 Umweltfreundliches Bauen mit "Synergie-Fassaden"

Schlagwörter zum Inhalt: Bauphysik/Bauchemie; Produktbeschreibung; Hersteller; Photovoltaik; Fassadensystem; Solarmodul; Modulsystem; Solarfassade;

in Fachzeitschrift: bauplan bauorga, Jg. 17 (1996), Nr.1, S.24, Abb.

ISSN: 0938-1694

- 67 Lippe, Bernd

Photovoltaik in der Architektur - ein ökologischer Zukunftstrend? Das emissionsfreie Solarkraftwerk in der Fassade

Beschreibung ausgeführter Beispiele mit Photovoltaik-Elementen.

Schlagwörter zum Inhalt: Bauteil; Fassadenelement; Sonnenenergienutzung; Photovoltaik; Solarmodul; Solarfassade; Ausführungsbeispiel;

in Fachzeitschrift: Element + BAU, Jg. 33 (1996), Nr.2, S.12-14, Abb.

ISSN: 0934-5914

- 68 Quaschnig, Volker; Hanitsch, Rolf

Höhere Erträge durch schattentolerante Photovoltaikanlagen

Abschattungen können den Ertrag einer Anlage zur Erzeugung von Solarstrom empfindlich mindern. Eine genaue Analyse ermöglicht die Abschätzung standortbedingter Abschattungsverluste. Zufällige Abschattungen durch Schnee, Laub, Vogelekrementen und andere Verschmutzungen können ebenfalls starke Leistungseinbußen verursachen. Ein besonderes Augenmerk muß auf Teilabschattungen gerichtet werden, durch die es zu überproportionalen Leistungseinbußen kommt. Bereits bei gering abgeschatteten Modulflächen entstehen hohe Verluste. Bei einem schattentoleranten Photovoltaik-System ist in jede Modulzelle eine Bypassdiode integriert, die bei Beschattung die Zelle überbrückt und damit andere Zellen nicht in Mitleidenschaft zieht. Durch den zusätzlichen Einsatz eines MPP-Trackers können die Einbußen bei Inselanlagen mit

Accumulatorspeicher weiter reduziert werden. Bei netzgekoppelten Anlagen ist die Anwendung von kleinen Wechselrichtern zur Optimierung der durch Abschattung auftretenden Verluste am sinnvollsten.

Schlagwörter zum Inhalt: Bauphysik/Bauchemie; Standort; Anlage; Verschmutzung; Solarstrom; Solarmodul; Solargenerator; Solarenergienutzung; Photovoltaik; Abschattung; Solarfassade; Leistungsminderung; Verlust; Verbesserung; Batterie; Wechselrichter; Inselbetrieb;

in Fachzeitschrift: SONNE WIND & WÄRME, (1996), Nr.4, S.30-33, Abb., Lit.  
ISSN: 0944-8772

69 Wirth, Jürg

Die Fassade als Kraftwerk

Beim Neubau des Büro- und Produktionsgebäudes der WASAG-Büstentechnologie in Oberentfelden(Schweiz) dient die Gebäudehülle nicht nur als Schutz gegen Witterungseinflüsse oder Wärmeverluste. Durch die neu entwickelte "Solarwall", die Solarstrom und Wärme produziert, übernimmt die Fassade eine tragende Rolle in der Energieversorgung.

Schlagwörter zum Inhalt: Versorgung; Fassade; Energieversorgung; Solaranlage; Wärmerückgewinnung; Abwärme; Photovoltaik; Solarstrom; Solargenerator; Gebäudehülle; Solarenergienutzung; Solarfassade; Solarmodul; Produktionsbetrieb;

in Fachzeitschrift: Baubiologie, (1996), Nr.2, S.7-10, Abb., Tab.  
ISSN: 1420-1895

70 Fassadenintegration macht Fortschritte

Ökologisches sinnvolles Bauen mit photovoltaischen Fassadenmodulen wird seit etwa 3 Jahren planmäßig umgesetzt. Der Ertrag an Solarstrom steht bei einer Renovierung oder dem Neubau eines Firmengebäudes nicht im Vordergrund. Eine PV-Fassade soll eine positive Einstellung zur solaren Stromerzeugung demonstrieren oder mit einer ungewöhnlichen Architektur für das Unternehmen werben. Neben der direkten Nutzung des erzeugten Stromes können die Solarmodule eine wasserdichte Fassaden - oder Dachfläche bilden und für den Sonnen- und Schallschutz eingesetzt werden. Die integrale Anwendung von Solarmodulen muß mit anderen Energiesystemen im Gebäude abgestimmt werden.

Schlagwörter zum Inhalt: Versorgung; Stromerzeugung; Solarzelle; Modul; Bauelement; Fassade; Integration; Montage; Architektur; Dachfläche; Sonnenschutz; Bürogebäude; Verwaltungsgebäude; Photovoltaik; Solarstrom; Solarmodul; Solarfassade; Gestaltung; Bauen(industriell);

in Fachzeitschrift: SONNE WIND & WÄRME, (1996), S.Nr.3 S.28-33, , Abb., Lit.  
ISSN: 0944-8772

71 Fiedler, Heike

PV-Fassade als Blickfang

Schlagwörter zum Inhalt: Bauteil; Fassadengestaltung; Modul; Bürogebäude; Solarfassade; Solarmodul; Photovoltaik; Gregori, Juan (Architekt); Rauch, Karl (Bauherr)  
Düsseldorf; Nordrhein-Westfalen; Deutschland, Bundesrepublik

in Fachzeitschrift: SONNE WIND & WÄRME, (1995), Nr.6, S.23, Abb.  
ISSN: 0944-8772

## Anhang 2 Patentrecherche – erste Ergebnisse Internet-Recherche

CC	DocNo	Titel	Datum	Auftraggeber
<i>Stichwort: SOLARMODULE</i>				
DE	4139753	Solarmodule	03.12.1991	Purfuerst, Hildegard
DE	10050613	Halterung für Solarmodule	12.10.2000	Dorma GmbH+Co.KG
DE	102004053942	Anschlusseinheit für Solarmodule	09.06.2006	Solarwatt Solar-Systeme GmbH
DE	202006009100	Trägerkonstruktion für Solarmodule	09.06.2006	Zaknartchenko, Serguei
DE	19531744	Tragkonstruktion für Plattenförmige Elemente, insbesondere Solarmodule	29.08.1995	Asbeck, Frank
DE	20014058	Tragprofile für Solarmodule	16.08.2000	Bauer Energietechnik
DE	20117398	Halter für Solarmodule	18.10.2001	Regen Energiesysteme GmbH
DE	10142383	Träger für Solarmodule	30.08.2001	ibc solar ag
DE	19651655	Verschaltete Solarzellen, insbesondere seriell verschaltete Dünnschicht-Solarmodule, und ...	12.12.1996	Angewandte Solarenergie - ASE
DE	10026014	Vorrichtung zur Verstärkung des Sonnenlichtes aus Solarmodule	25.05.2000	Schoenau, Peer
DE	20110459	Montagesystem für gerahmte Solarmodule	25.06.2001	Osmer, Klaus-Dieter
DE	4124075	Solarenergievorrichtung	19.07.1991	Austria Metall AG
DE	29714217	Verbindungsrahmen für standardisierte Solarmodule	11.08.1997	Wismeth, Wolfgang
DE	29517085	Klebbare Montagehalterung für Photovoltaik-Solarmodule zur Befestigung auf ebenen Flächen	28.10.1995	Buettner, Bernd
DE	59802768	Befestigung für Solarmodule	26.05.1998	Wismeth, Wolfgang
DE	29717449	Halterung für Solarmodule	30.09.1997	Wismeth, Wolfgang
DE	202006003475	Rahmen für Solarmodule	20.01.2006	Conergy AG
DE	10101770	Solarmodule mit Polyzrethaneinbettung und ein Verfahren zu deren Herstellung	17.01.2001	Bayer AG
DE	29804621	Schräg-, Flachdach- und Fassaden-Schnellmontage-System für Solarmodule	20.04.1998	Energiebiss solartechnik GmbH
DE	19922795	Flachdach-/Bogengestell, insbesondere für Solarmodule	18.05.1999	Donauer Solartechnik Vertriebs GmbH
DE	20117716	Rahmen für Solarmodule	23.10.2001	Wuerth Solar GmbH & Co.KG
DE	10025538	Solarmontagestein	23.05.2000	Juergens, Walter
DE	19602779	Photovoltaisch nutzbare Lärmschutzwand	26.01.1996	Wacon GmbH, Walter Consulting+Managing
DE	19927915	Glasscheiben mit Solarmodulen	18.06.1999	Hunsruecker Glasveredelung Wagener GmbH & Co.KG
DE	19912743	Solar-Dachkonstruktion	22.03.1999	Bock, Manfred
EP	0525225	Fastening of Frameless Solar Modules	24.07.1991	Siemens Solar GmbH
DE	20207855	Halte- und Einstellvorrichtung für Solarmodule	21.05.2002	Maeder, Wolfgang
DE	10047400	Photovoltaische Solarvorrichtung	26.09.2000	HNE Elektronik GmbH & Co.Sateliten-Empfangs-Technik KG
DE	10344201	Solarmodulbefestigung, Verfahren zum Montieren einer Solaranlage und Anordnung aus ...	22.09.2003	Müller, Gerald
DE	10145393	Solar module fixing device has holder arms fitted to coupling profile provided with ...	14.09.2001	Manet Glas-Systeme GmbH
DE	4007376	Laminiertes Solarmodul	08.03.1990	Siemens Solar GmbH
DE	2004010304	Structural element for metal roofs has angled rebate with two prefabricated profiled parts ...	08.07.2004	Schmid, Rudolf
DE	29517125	Kleb- und Schraubbare Eckprofile zur Befestigung von Photovoltaik-Solarmodulen auf ebenen ...	28.10.1995	Buettner, Bernd
DE	20319065	Solaranordnung mit einer Tragkonstruktion für ein oder mehrere Solarmodule	09.12.2003	Phoenix Sonnenstrom AG
DE	1005015346	Trageinrichtung	01.04.2005	f.ee GmbH automation
DE	10031326	Profile-section holder for attaching solar module to roof rafters has receiving profile connected ...	03.07.2000	Solar Betriebs- und Beteiligungsgesellschaft für Solaranlagen mbh
DE	20200735	Tragwanne für Flachdachmontage Solarmodule	18.01.2002	Boerboom, Uwe
DE	29808367	Solaranlage	08.05.1998	Esag Gesellschaft für Energie und Solaranlagen Gladbeck mbH
DE	4140682	Solarmodul in Plattenform, insbesondere zur Verwendung als Fassaden- oder Dachelement	10.12.1991	Flachglas-Solartechnik GmbH
WO	2005/074040	Photovoltaischer Solargenerator	28.01.2005	Altmann, Dirk
EP	1724842	Verblendung für eine Fläche, insbesondere für eine Gebäudefläche	05.05.2006	Goldbeck Solar GmbH
WO	2006/053518	Anordnung mit Solarzelle und integrierter Bypass-Diode	03.11.2005	Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V
DE	29922925	Gestell zum Aufstellen von Solarmodulen, insbesondere auf Flachdächern	22.12.1999	Regen Energiesysteme GmbH

DE	10129633	Vorrichtung zur Sonnennachführung von Solarmodulen	20.06.2001	Krell, Wolfgang
DE	202004014940	Grundaufständerung für Photovoltaikanlagen auf Holzpergolen und Holzgaragen	24.09.2004	Elektro Poseiner GmbH
DE	10059721	Selbsttätig wirkende Sonnenstandnachführeinrichtung	30.11.2000	Berger Solar Berger & Kroeter GmbH
DE	20304099	Dachpfanne mit Halterung für Solarmodule	14.03.2003	Fleck, Oskar
EP	1705434	Befestigungsvorrichtung zur Befestigung eines Montageprofils für Solarmodule oder ...	14.02.2006	ibc solar ag
DE	202005012798	Verblendung für eine Fläche, insbesondere für eine Gebäudefläche	11.08.2005	Goldbeck Solar GmbH
DE	10041271	Dachabdeckung oder Wandverkleidung aus selbsttragenden Metallblechpaneelen mit ...	23.08.2000	Thyssen Bausysteme GmbH
DE	202004008911	Photovoltaikanlage, welche von einer auf die gegenüberliegende Dachseite nachgeführt wird	04.06.2004	Lemo-Solar Lehnert Modellbau Solartechnik GmbH
DE	102004030411	Solarmodul als Verbundsicherheitsglas	23.06.2004	Kuraray Specialities Europe GmbH
DE	202005012993	Traganordnung für Solaranlagen, Modulträger für eine solche Traganordnung und Solaranlage	18.08.2005	Phoenix SonnenStrom AG
DE	19712747	Photovoltaisches Solarmodul in Plattenform	26.03.1997	Pilkington Solar international GmbH
DE	29503315	Befestigungsvorrichtung zur definierten Positionierung von Solarmodulen auf Flachdächern	14.02.1995	Energiebiss Gesellschaft für Sonnenenergienutzung mbH Berlin
EP	1597765	Befestigungselement für Solarmodule	20.01.2004	Soltion limited
DE	202098792	Anordnung zur Befestigung von Solarmodulen an Wänden und auf Dächern von Gebäuden	26.06.2002	Maeder, Wolfgang
DE	10227159	Verfahren und Vorrichtung zum Verbinden von Solarmodulen	18.06.2002	Sumitomo wiring systems
DE	29705911	Fassadenbekleidung mit Solarzellen	03.04.1997	Ehret, Thomas
DE	10109643	Dünnschicht-Photovoltaikmodul aus mehreren Teilmodulen und Herstellungsverfahren hierfür	27.02.2001	ZSW
DE	10049304	Verbindungsbrücke zur Verbindung von Solarmodulen mit einer Unterkonstruktion oder einer ...	02.10.2000	Dorma GmbH+Co.KG
DE	202006009678	Tragkonstruktion mit Solarmodulen	21.06.2006	Zimmerei Schwoerer GmbH
EP	1569279	Dachträger für Solarmodule	22.02.2005	Plambeck energiekonzept AG
DE	202005002411	Gestell zur Lagerung von Solarmodulen	14.02.2005	A&F Stahl- und Maschinenbau GmbH
DE	10017610	Verfahren zur Herstellung eines Solarmoduls mit integriert serienschalteten Dünnschicht-...	30.03.2000	Hanh-Meitner-Institut Berlin GmbH
DE	202005019945	Kristallines photovoltaisches Solarmodul	17.12.2005	Solarwatt AG
DE	10161480	Verfahren zum Betreiben eine photovoltaischen Solarmoduls	14.12.2001	Saint-Gobain glass Deutschland GmbH
DE	9109605	Bausatz eines Montagegerüsts zur Dachbefestigung von Solarmodulen	02.08.1991	Solar Energietechnik GmbH
DE	10152354	Montagebausatz zur Befestigung von Solarmodulen auf Schrägdächern	18.10.2001	RegEn Energiesysteme GmbH
DE	19611410	Klimastabile Elektrische Dünnschichtanordnung	22.03.1996	Siemens AG
DE	19508250	Solaranlage	08.03.1995	Dorf Müller Solaranlagen GmbH
DE	9401741	Vorrichtung zur mechanischen Befestigung eines photovoltaischen rahmenlosen Solarmoduls	03.02.1994	Deutsche Aerospace AG
DE	20214483	Einfassung als Bausatz zum Einbau von Solarmodulen o.dgl. In Steildächer	19.09.2002	Blechcenter Handelsgesellschaft mbH
DE	19916061	Siliciumformteile mit zeitlich stabiler elektronischer Oberflächenpassivierung	09.04.1999	Bayer AG
EP	1403649	Verfahren und Vorrichtung zur Diagnose von Photovoltaikanlagen	16.03.2003	Siemens Aktiengesellschaft
DE	20119629	Ständer, insbesondere Dachaufständer für Photovoltaik- und thermische Module	27.11.2001	abs - GmbH Storkow
DE	20023406	Dach- und Fassadenverkleidung	15.09.2000	Glaswerke Arnold GmbH&Co.KG
WO	03/102477	Selbsttätig wirkende Sonnenstandnachführeinrichtung	28.05.2002	Solar berger & Kroeter GmbH
DE	19837862	Solarmodul	20.08.1998	Solarc innovative Solarprodukte GmbH
DE	10304061	Flach-Wärmekollektor als Kühlplatte für Photovoltaik-Zellen, -Module und -Lamine	31.01.2003	UTI Holding + management AG
WO	2004/020912	Universal-Basisplatte zur solaren Strom- und Warmwassererzeugung, Wärmeverteilung und ...	31.08.2003	UTI Holding + management AG
<i>Stichwort: PHOTOVOLTAIK</i>				
DE	10106310	Photovoltaikmodule	12.02.2001	ibc solartechnik AG
DE	29602298	Befestigungssystem für Photovoltaikmodule	12.02.1996	Edelmann, Albert
DE	10106309	Photovoltaikmodule und Photovoltaikanlage	12.02.2001	ibc solartechnik ag
WO	2005/067060	Photovoltaik-Isolierglasscheibe	26.11.2004	Glaswerke Arnold GmbH&Co.KG
DE	102004055187	Profileleisten für Photovoltaikmodule	16.11.2004	blitzstrom GmbH
DE	19645683	Lärmschutz mit Solarmodulen	20.05.1996	Stewing beton- und fertigteilwerk GmbH & Co.K
DE	19923196	Rekuperatives selektives Flüssigkeitsfilter für Photovoltaikmodule	20.05.1999	Windbaum Forschungs- und Entwicklungs GmbH

DE	20113704	Aufzugsschacht mit Photovoltaikverglasung	18.08.2001	ed. Zueblin AG
DE	29900045	Dachdeckung oder Wandverkleidung aus tragenden rechteckigen Stahlpaneelen	05.01.1999	Thyssen Bausysteme GmbH
DE	9214266	Photovoltaisches Parkplatz-Überdachungs-System	22.10.1992	Solar Energy world canarias consult atlantis
DE	202004008499	Befestigungsvorrichtung für Solarkollektoren und/oder Photovoltaikmodule	28.05.2004	Wolf GmbH
DE	20103479	Vorrichtung zur Montage von Photovoltaikmodulen	28.02.2001	WESTFA Vertriebs- und Verwaltungs-GmbH
DE	10149207	Aluminium-Strangguß-Fassadenpaneel	02.10.2001	Hollerbeck, Klaus
DE	202005007855	Modultragesystem zur Befestigung von Photovoltaikmodulen auf Dachflächen ...	14.05.2005	Energiebau Solarstromsysteme AG
DE	10134045	Vorrichtung zur horizontalen und vertikalen Nachführung von Photovoltaikmodulen	12.07.2001	Friedmann, Walter
DE	20018360	Fassadenelement	26.10.2000	Eckle, Wolfgang
DE	19953466	Solardachstein	05.11.1999	sesol Gesellschaft für Solare systeme mbH
EP	1496550	Montagesystem für gerahmte Photovoltaikmodule	26.06.2004	Schueco international KG
DE	10021531	Elektrisches Dünnschichtbauelement, insbesondere Photovoltaikmodul	03.05.2000	ZSW
DE	20110896	Auflageleiste für Fassadenelemente und Anordnung von Fassadenelementen	04.07.2001	Heisterkamp, Andrea
DE	4302883	Beschattungsvorrichtung für mit einer Verglasung versehene Fassaden- oder Dachelemente	02.02.1993	Colt international holding AG
DE	10062697	Verfahren zum Aufstellen von Solarenergiemodulen auf nicht stabilisiertem Untergrund und ...	15.12.2000	ENBW energie Badenwürttemberg AG
DE	102004055186	Photovoltaikmodul mit Submodulen	16.11.2004	Beck Energie GmbH
DE	202005003750	Trägerkonstruktion für Solarmodule	09.03.2005	Stahlbau Seerhausen GmbH
DE	102005033272	Konzentrator-Photovoltaik-Einrichtung, daraus gebildetes PV-Konzentratormodul sowie ...	15.07.2005	SolarTEc AG
DE	102005027190	Photovoltaik-Schichtaufbau	06.06.2005	ZSW
DE	102005008064	Nachführungsvorrichtung für Solarkollektion sowie Verfahren zu deren Betrieb	22.02.2005	AHS Investitionsgesellschaft mbH & Co.KG
DE	102005003841	Photovoltaikanlagen, die aus einem nanostrukturierten Templat hergestellt werden	27.01.2005	Nanosolar
DE	102005002942	Farbstoffsolarzelle	19.01.2005	Friedrich-Schiller-Universität Jena
DE	102004053802	Solarenergiemodul	08.11.2004	Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.
DE	102004043893	Einkapselungsschicht für ein Photovoltaikmodul	10.09.2004	Dai Ninnon Printing Co
DE	20312641	Flachdach-Montagegestell für Photovoltaik-Module	16.08.2003	SBW SchahenSolar AG
DE	10361184	Photovoltaik-Isolierglasscheibe	24.12.2003	Glaswerke Arnold GmbH&Co.KG
DE	10350989	Dünnschichtsolarzelle	30.20.2003	Universität Leipzig
DE	10323304	Verbund aus einem Dünnschichtsubstrat einem Trägersubstrat m,it lösbarem Verbindungsmittel	21.05.2003	Schott AG
DE	10207852	Solar-Kollektor	16.02.2002	Vaillant GmbH
DE	10141104	Optische Frabgläser und ihr Verwendung	22.08.2001	Schott Glas
DE	4343577	Solardach und Solarfassade mit den Funktionen Photovoltaik-Module mit einer thermoplastischen Schmelzklebeschicht sowie ein Verfahren ...	21.12.1993	AKRO Verwaltungs-, Beteiligungs- und Betriebs GmbH
EP	1302988	Wärmedämmendes Metallblechpaneel mit Photovoltaik-Element für eine Dacheindeckung ...	30.09.2002	Bayer Aktiengesellschaft
EP	1234926	Photovoltaik-Module mit Verbundkörpern	21.02.2001	Thyssen Bausysteme GmbH
EP	1075709	Photovoltaik-Module mit Verbundkörpern	19.03.1999	Bayer AG
EP	1070354	Photovoltaik-Module mit Verbundfolien	22.03.1999	Bayer Ag
<i>Stichwort: GLASFASSE</i>				
DE	19635466	Gebäude mit vorgehängter Glasfassade	31.08.1996	FSL Fenster-System-Lüftung GmbH
DE	4140458	Glassfassade für vertikale, diagonale und horizontale Bausysteme	15.05.1991	Mannesmann AG
DE	4343964	Gebäudekonstruktion als Glasfassade oder Glasdach	22.12.1993	Seele GmbH
DE	10307866	Glasfassade aus rahmenlos verlegten Glastafeln	25.02.2003	Mayer, Walter
DE	10011970	Solarwand 2000, Transparente Glasfassade mit einer Dämm- und Speicherwand als ...	11.03.2000	Erdmann, Horst
DE	19834519	Zwei- oder mehrschaliges Gebäudeteil	31.07.1998	Seele GmbH & Co.KG
DE	202005010702	Sprengwirkungshemmende Glasfassade	07.07.2005	Seele GmbH & Co.KG
DE	9205103	Vorrichtung zum Befestigen einer Beschattungsanlage an dem Rahmenwerk einer ...	13.03.1992	Schueco international KG
EP	0525690	Element für eine Glaskonstruktion	25.07.1992	BGT Bischoff Glastechnik GmbH &Co.KG
DE	10000106	Anordnung zur Intergartion von Sonnenenergie umwandelnden Modulen	04.01.2000	Falke, Jutta
DE	10216425	Isolierverglasung mit Haltesystem	12.04.2002	Steindl Glas GmbH

DE	29803630	Holz/Aluverbundkonstruktion für Glasfassade	03.03.1998	Erbach GmbH
DE	202004010262	Vorgehängte und hinterlüftete. In Klammern punktgehöaltene Fassade aus Glas	01.07.2004	ATL Fassadentechnik GmbH
EP	1475487	Punktverbindungsbefestigung für Glasfassade	17.01.2003	Bai, Baokun
DE	10009531	Halterung zur Befestigung von plattenförmigem Material an einer Unterkonstruktion	29.02.2000	Fischerwerke Artur Fischer GmbH & Co.KG
DE	10300279	Gebäudeglaskonstruktion und Verbundglasscheibe dafür	08.01.2003	Seele GmbH & Co.KG
DE	202004016675	Glasstütze	28.10.2004	Seele GmbH & Co.KG
EP	1197609	Verglasungsscheiben einer Glasfassade	01.10.2001	Technal
<i>Stichwort: FASSADENELEMENTE</i>				
DE	10107463	Halteelement für Fassadenelemente	14.02.2001	Dorma GmbH+Co.KG
DE	202006009867	Bewegliche, verschiebbare Fenster- und Fassadenelemente mit horizontal und vertikal ...	22.06.2006	Renoplan mobilwände GmbH
DE	102004038868	Wärmedämmtes Profil für Fenster, Türen, Fassadenelemente und dergleichen	10.08.2004	Hydro Building Systems GmbH
DE	10011026	Halterung für Verglasungs- oder sonstige Fassadenelemente	07.03.2000	Pazen GmbH
DE	20105296	Lüftungsvorrichtung für Fenster, Türen, Fassadenelemente o.dgl.	27.03.2001	Schueco international KG
DE	20306408	Elektrochrome Profilglasmodule und daraus gebildete Fassadenelemente	24.03.2003	Institut für neue Materialien gem. GmbH
DE	4321347	Glasdach- und Glasfassadenkonstruktion	26.06.1993	Glasbau Seele GmbH
DE	102005014607	Fassade (-enelemente)	31.03.2005	Naomi rechte GmbH
DE	19532672	Unterkonstruktion zur Anbringung hinterlüfteter Fassaden	28.11.1998	Raico Bautechnik GmbH
DE	10025169	Verfahren und Vorrichtung zum Befestigen eines Fassadenprofies	24.05.2000	Raico Bautechnik GmbH
DE	10156873	Mögliche Kombinationen, Varianten und Ausführungen zur effektiven Nutzung der solaren ...	20.11.2001	Ludwig, Gerhard
DE	202004015136	Fassade (Pfosten-Riegel-Konstruktion mit Preßleiste)	27.09.2004	Raico Bautechnik GmbH
DE	10312244	Fassadenverkleidung aus Isolierglasscheiben	19.03.2003	Interpane Entwicklungs- und bEratungsgesellschaft mbH & Co.KG
DE	19536442	Hinterlüftet Fassade	29.09.1995	DL Fassadentechnik GmbH
DE	10011028	Profile zum Einsatz für die Halterung von Verglasungs- oder sonstigen Fassadenelementen	07.03.2000	Pazen GmbH
DE	20319978	Facade has pressure rail and insulating block constructed in one piece and form pressure ...	23.12.2003	Raico Bautechnik GmbH
DE	19616490	Fassadenpaneel und System zum Befestigen von flächigen Fassadenelementen	25.04.1996	Schmidt, Eberhard
DE	10157718	Vorrichtung zur montage von Plattenförmigen Bauelementen	24.11.2001	Wirth GmbH
EP	1452657	Fassade mit Dämmblock	26.02.2004	Raico Bautechnik GmbH
DE	20317310	Dichtung	07.11.2003	Raico Bautechnik GmbH
DE	20319975	Facade has insulating block and seal constructed in one piece and form unit which may be ...	23.12.2003	Raico Bautechnik GmbH
DE	2003018830	Aufsatzkonstruktion für Holz/Pfosten-Riegelemente	06.12.2004	Schindler GmbH & Co. Fenster-Fassaden-Innenausbau KG
DE	19902890	Fassadensystem	18.01.1999	Mannesmann AG
EP	1531228	Verbundprofil	11.11.2003	Technoform Caprano und brunnhofer GmbH & Co.KG
EP	1467157	Fassadenelement	11.02.2003	Karl Steiner AG
DE	29718406	Halteelement für plattenförmige Bauteile	16.10.1997	Pauli + Sohn GmbH
<i>Stichwort: GLASPANEELE</i>				
EP	1500771	Schnappverbindungsstruktur für einen Montagerahmen für Glaspaneele	22.07.2003	nan ya plastics corporation
EP	1549498	Glaspaneele teilweise mit Schichten aus keramischer Farbe in genauem Register bedruckt	29.09.2003	contra vision limited
<i>Stichwort: CIS-MODULE</i>				
EP	0977274	Rahmensystem für photovoltaische Module mit integrierten Leistungskanälen	14.07.1999	BP Solarex
EP	1672653	Strukturierte photovoltaische Zelle	16.12.2005	Konkarka Technologies
EP	10329917	Coated covering glass for photovoltaic modules comprises a substrate with a coating ...	02.07.2003	Schott AG
<i>Stichwort: WÜRTH</i>				
DE	10136989	Anordnung zur Stromversorgung	23.07.2001	Würth Solergy Würth Elektronik GmbH & Co.KG

DE	200117716	Rahmen für Solarmodule	23.10.2001	Würth Solar GmbH & Co.KG
DE	10259258	Verfahren zur Herstellung einer Verbindungshalbleiterschicht mit Alkalimetallzusatz	11.12.2002	Würth Solar GmbH & Co.KG
DE	10225140	Solarmodul	29.05.2003	Würth Solar GmbH & Co.KG
<i>Stichwort: STOVEROTEC GMBH</i>				
DE	0829593	Vorgehängte, hinterlüftete Außenwandbekleidung	12.09.1996	Sto Verotec GmbH
EP	182948	Vorgehängte, hinterlüftete Außenwandbekleidung	12.09.1996	Sto Verotec GmbH
AT	91094	Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von Leichtbauplatten	07.03.1990	StoVerotec GmbH
AT	9419446	Profilliertes Verkleidungselement für Fassaden	29.06.1994	StoVerotec GmbH
DE	9307530	Fassadenplatte	18.05.1993	StoVerotec GmbH
DE	4212930	Dämmelement für hinterlüftete Fassaden	18.04.1992	Sto Verotec GmbH
<i>Stichwort: STO AG, FASSADE</i>				
DE	19643618	Wärmedämmverbundsystem	22.10.1996	Sto AG
DE	19736435	Fassadenabdeckung	21.08.1997	Sto AG
DE	1039058	Verfahren zur Herstellung von Wärmedämmverbundsystemen mit Hilfe einer organischen ...	23.03.2000	Sto AG
<i>Stichwort: ZSW (Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoffforschung)</i>				
EP	19732217	Mehrfunktions-Verkapselungsschichtstruktur für photovoltaische Halbleiterbauelemente und ...	26.07.1997	ZSW
DE	19613683	Verwendung eines Materials für photoelektrisch aktive Halbleiterdünnschichten und ...	05.04.1996	ZSW
DE	19517813	Verfahren zur Regelung des wärmegeführten Betriebes von Brennstoffzellenanlagen	18.05.1995	ZSW
DE	10105718	Photovoltaikmodulverbund	05.02.2001	ZSW
DE	4440878	Verbindungshalbleiter-Dünnschichtszelle und Verfahren zu ihrer Herstellung	16.11.1994	ZSW
DE	4328511	Einschaltsteuerungsverfahren und -steuerung für einen Solargenerator an das Stromnetz ...	25.08.1993	ZSW
<i>Stichwort: DÜNNSCHICHTMODUL</i>				
DE	102005024516	Vorrichtung zur Gewinnung von Solarenergie	27.05.2005	Dittrich, Wolf-Peter; Schreiber, Rüdiger
DE	69819157	Einkapselungsmaterial für Solarzellenmodul und verbundglas	22.07.1998	Evergreen Solar
DE	20023094	Dach- und Fassadenschindel	15.09.2000	Glaswerke Arnold GmbH&Co.KG
DE	10137778	Verfahren zur Kontaktierung von Dünnschicht-Elektroden	02.08.2001	Siemens und Shell Solar GmbH
<i>Stichwort: VORHANGFASSADE (PHOTOVOLTAIK)</i>				
DE	102006024714	Kombiniertes Photovoltaikmodul für Vorhangfassadenglas	30.11.2006	Grättinger & Partner (GbR)
DE	4313572	Tragsystem mit integrierter Elektro-Verkabelung (Bypass-Modultechnik) der Solarzellen-Triagelmodule	11.08.1994	Mosko, Norbert
<i>RECHERCHEMATERIAL DES FRAUNHOFER ISE</i>				
DE	102004055225	Anordnung mit Solarzelle und integrierter Bypass-Diode	16.11.2004	Riesen, S.v.; Loeckenhoff, R.; Strobl, G.; Dietrich, R.; Koestler, W.
DE	102004054756	UV-stabilisierendes Halbleitermaterial, insbesondere für Solarzellen, sowie Verfahren zur Herstellung	12.11.2004	Kern, R.; Hinsch, A.; Hore, S.
DE	102004054757	Verfahren zur Herstellung der Photoelektrode einer Solarzelle	12.11.2004	Kern, R.; Hinsch, A.; Hore, S.
DE	19908532	Pastöse Massen mit anorganischen, flüssigen Leitern und daraus hergestellte Schichten und ...	20.10.1998	Birke, P.; Neumann, G.
DE	102004015769	Photoelektrochemisches Solarzellenmodul	31.03.2004	Hinsch, A.; Belledin, U.; Sastrawan, R.; Georg, A.
DE	10352423	Verfahren zur Verminderung der Reflexion an Halbleiteroberflächen	10.11.2003	Schneiderloechner, E.; Rentsch, J.; Preu, R.
DE	102004044709	Verfahren zur gleichzeitigen Rekristallisierung und Dotierung von Halbleiterschichten und nach ...	15.09.2004	Reber, S.
DE	19935179	Photologisch aktive Beschichtungsmasse und ihre Verbindung		

Quellen: [https://www.patentfamily.de/\(wu15y5554jq4zs551xnpmv45\)/index.aspx?lang=de](https://www.patentfamily.de/(wu15y5554jq4zs551xnpmv45)/index.aspx?lang=de)  
(SIP- Software for Intellectual Property GmbH)  
<http://depatisnet.dpma.de/DepatisNet/depatisnet?window=1&space=main&content=recherche&action=einsteiger&session=c23b66f230d971d1daad15284ad0a99ffe0f819d8462&stamp=22512>

## Anhang 3 Patentrecherche – Ergebnisse Patentinformationszentrum Dresden

Geprüfter Schriftenbereich:

<b>Schriftenbereich</b>	<b>geprüfter Zeitraum</b>
DE-Gebrauchsmuster	ab 1986 bis 06.06.2007
DE-Patent-Anmeldungen bzw. -Erstveröffentlichungen	ab 1986 bis 06.06.2007
EP-Schriften	ab 1986 bis 06.06.2007
WO-Anmeldungen	ab 1986 bis 07.06.2007
US-Patente	ab 1986 bis 29.05.2007
US-Patent-Anmeldungen	ab 15.03.2001 bis 24.05.2007

Einbezogene Klassen:

<b>Kurzbezeichnung</b>	<b>recherchierte Klassifikation</b>
B 41 M 1	Druck-, Vervielfältigungs-, Markierungs- oder Kopierverfahren; Farbdrucken Einfärben und Abdrucken einer Druckform
C 03 C 3	Chemische Zusammensetzungen für Gläser, Glasuren oder Emails; Oberflächenbehandlung von Glas; Oberflächenbehandlung von Fasern oder Fäden aus Glas, Mineralien oder Schlacken; Verbinden von Glas mit Glas oder anderen Stoffen - Glaszusammensetzungen
E 04 B 1	Allgemeine Baukonstruktionen; Wände, z.B. Trennwände; Dächer; Geschoßdecken; Unterdecken; Isolierungs- oder sonstige Schutzmaßnahmen bei Bauwerken - Baukonstruktionen allgemein; Baukonstruktionen, die weder auf Wände, z.B. Trennwände, noch auf Geschoßdecken, Unterdecken oder Dächer beschränkt sind
E 04 B 2	Allgemeine Baukonstruktionen; Wände, z.B. Trennwände; Dächer; Geschoßdecken; Unterdecken; Isolierungs- oder sonstige Schutzmaßnahmen bei Bauwerken - Wände, z.B. Trennwände für Bauwerke; Konstruktion der Wände im Hinblick auf Isolierung; in besonderer Weise für Wände ausgebildete Verbindungen
E 04 D 3	Dacheindeckungen; Dachoberlichte; Dachentwässerung; Dachdeckerwerkzeuge - Dacheindeckung aus flachen oder gebogenen Platten oder steifen Flächenelementen
E 04 D 13	Dacheindeckungen; Dachoberlichte; Dachentwässerung; Dachdeckerwerkzeuge - Besondere mit der Dacheindeckung in Verbindung stehende Anordnungen
E 04 F 13	Ausbau von Bauwerken, z.B. Treppen, Fußböden - Beläge oder Verkleidungen, z.B. für Wände oder Geschoßdeckenunterseiten
H 01 G 9	Kondensatoren; Kondensatoren, Gleichrichter, Detektoren, Schaltvorrichtungen, lichtempfindliche oder temperaturempfindliche Bauelemente des elektrolytischen Typs - Elektrolytische Kondensatoren, Gleichrichter, Detektoren, Schaltvorrichtungen, lichtempfindliche oder temperaturempfindliche Bauelemente; Verfahren zu ihrer Herstellung
H 01 L 31	Halbleiterbauelemente; elektrische Festkörperbauelemente, soweit nicht anderweitig vorgesehen - Halbleiterbauelemente, die auf Infrarot-Strahlung, Licht, elektromagnetische Strahlung kürzerer Wellenlänge als sichtbares Licht oder Korpuskularstrahlung ansprechen und entweder für die Umwandlung der Energie einer derartigen Strahlung in elektrische Energie oder für die Steuerung elektrischer Energie durch eine derartige Strahlung eingerichtet sind; Verfahren oder Vorrichtungen, die für die Herstellung oder Behandlung dieser Halbleiterbauelemente oder von Teilen hiervon charakteristisch sind; Einzelheiten dieser Halbleiterbauelemente






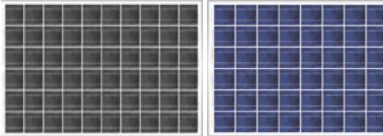
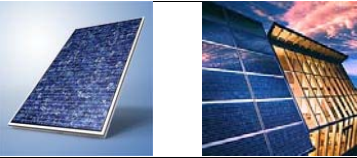





## Ergebnisse:

CC	DocNo	Titel	Datum	Auftraggeber	relevante Textpassage
DE	3125622 A1	Platte als Fassadenverkleidung oder Dachziegel	13.01.1983	Imchemie Kunststoff GmbH, 5632 Wermelskirchen, DE	S.2: „... eine Sonnenstrahlung durchlassende Glasscheibe, insbesondere aus Kunststoff..., in der ein fluoreszierender Farbstoff verteilt ist“ S.5: „Aufgabe der Erfindung ist es, ... Fassadenverkleidung zu schaffen, durch die elektrischer Strom erzeugbar ist...“
DE	3603489 A1	Solar-Systemfassade	06.08.1987	Erdmann, Horst, Dipl.-Ing., 7530 Pforzheim, DE	S.2: „Solar-Systemfassade vor massiven Speicherwänden mit Hinterlüftung,...“ (Pkt 1) “...die transparenten Plattenelemente auch anders als rechtwinklig sind.“ (Pkt 7) “... Fassadenmustern...“ (Pkt 9) “..., dass die transparenten Plattenelemente auf der Außenfläche farbig in Sprühtechnik hervorhebbar sind.“ (Pkt 10)
DE	3922583 A1	Fassadenelement aus einer Glasscheibe und einer Metallplatte	24.01.1991	Vegla Vereinigte Glaswerke GmbH, 5100 Aachen, DE	S.2: „...Fassadenelement ... mit einer beschichteten Außenscheibe... und einer hinter der Glasscheibe angeordneten Metallplatte...“ „Die Metallplatte ist bei diesem Fassadenelement auf der dem Luftzwischenraum zugewandten Seite unbeschichtet oder galvanisiert, oder sie ist mit einem undurchsichtigen und/oder pigmentierten oder eingefärbten Material beschichtet.“
DE	4122721 C1	Solarmodul, Verfahren zu seiner Herstellung und Verwendung	05.11.1991	Flachglas-Solartechnik GmbH, 5000 Köln, DE	S.1: „...ein Solarmodul mit einer nach dem Einbau der Sonneneinstrahlung zugewandten Außenscheibe aus klar transparentem Material, wie Silikatglas..., dadurch gekennzeichnet, dass an der Außenseite und/oder Innenseite eine Solarenergieumwandlungseinrichtung ... vorgesehen ist...“ S.2 (1.Sp,Z33): „... Solarzelle ... zumindest bereichsweise Farbbedruckung vorgesehen oder eine farbige oder mattierte Zwischenschicht verwendet wird.“
DE	4227860 A1	Photovoltaische Platte, insbesondere zum Einsatz als Fassadenplatte	01.04.1993	Aug. Guttendorfer GmbH & Co., 8800 Ansbach, DE	S.2 (2.Sp,Z40f): „... Bereiche der äußeren Glasscheibe (erhalten) eine Oberflächenbeschaffenheit – also Farbgebung und Struktur - ... Die erfindungsgemäße Platte hat also ein durchgehendes, einheitliches Erscheinungsbild...“
DE	Gebrauchsmuster G 9310759.5	Vorzugsweise als Fassaden- oder als Dachbauelement verwendbarer Solargenerator	07.10.1993	Deutsche Aerospace AG, 80804 München, DE	S.3 (Z10f): „ Die Neuerung liegt daher der Aufgabe zugrunde..., durch den ein einheitliches und damit homogenes äußeres Farbbild der Gesamtfassade sichergestellt wird. Die Aufgabe wird ... dadurch gelöst, dass die lichtseitenabgewandte Schmelzklebefolie eine Farbpigmentierung enthält...“
DE	19641008 A1	Außenwandaufbau für Gebäude, insbesondere Paneel	23.04.1998	Wicona Bausysteme GmbH, 89077 Ulm, DE	S.2: „Die Erfindung betrifft einen... Paneel, wobei zur Nutzung von Solarenergie zwischen einer innenseitigen... weitgehend transparenten außenseitigen Wandschale eine äußere Wärmedämmschicht angeordnet ist, die durch eine Solarstrahlung absorbierende Grenzfläche begrenzt ist.“ (Z1-5) „ die Grenzfläche (weist) eine farbliche und/oder strukturelle Gestaltung (auf),...“ (Z.29f)
DE	19654383 C1	Außenwandaufbau für Gebäude, insbesondere Paneel im Brüstungsbereich einer Gebäudewand	10.06.1998	Wicona Bausysteme GmbH, 89077 Ulm, DE	S.1: „Der Außenwandaufbau für Gebäude ... in Form eines Panells... dient zur Nutzung von Solarenergie.“ S.2 (Sp2,Z9f): „... Glasflächen der außenseitigen Wandschale eine dekorative Schicht in Form einer farblichen und/oder strukturellen Gestaltung aufweist...“
DE	10043507 A1	Solar-Dach- und Wandelement	14.03.2002	UTI Holding + Management AG, 60487 Frankfurt, DE	S.1: „Flächiges, außen und innen glattes Solar-Kollektorenelement jeder Größe, dessen äußere Struktur optisch hauptsächlich erst durch das durchströmende Fluid in Farbe ...“
DE	10154230 A1	Außenwandaufbau für Gebäude	22.05.2003	Wicona Bausysteme GmbH, 89077 Ulm, DE	S.1: „... Paneel...zur Nutzung von Solarenergie...“ „... außenseitige Schicht des Glaselements für Solarstrahlung zumindest teiltransparent ist.“
DE	20200501530 3 U1	Ökonomisches Fassadenelement mit	unbekannt	Kern, Richard, 84428 Buchbach, DE;	S.1: „Fassadenelement... aus einer transparenten Schicht..., die von Hohlräumen durchzogen ist, in



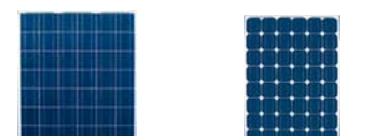
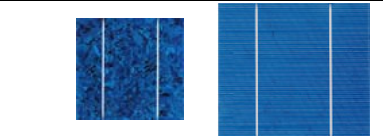


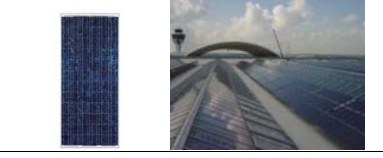



		Lichtdurchflusssteuerung		Scholz, Ulrich, 84428 Buchbach, DE	der eine Wärmeträgerflüssigkeit im Kreis geführt wird, der ein Stoff beigemischt werden kann, der gleichzeitig eine Verdunkelung des einfallenden Lichtes bewirkt.“
DE	2828170 A1	Solar-kollektor	03.01.1980	Ringer, Werner W., Ing., 8025 Unterhaching	S.3: „...Solar-Kollektoren...an der Fassade...“ S.4: „... Gehäuse des Fassadenkollektors...“
DE	2829523 A1	Fensterscheiben-Sonnenkollektor	17.01.1980	Ebert, Horst, 6400 Fulda	S.6. „...Fensterscheiben-Sonnenkollektor, die in vertikaler Lage...“
DE	2838422 A1	Sonnenkollektorfenster	20.03.1980	Köster, Helmut, Dipl.-Ing., 6000 Frankfurt	S.2: „Sonnenkollektordoppelfenster...durch Beschichtung oder Einfärbung einer Scheibe oder Folie...“
DE	2853975 A1	Fassaden-Sonnenkollektor-Platte	03.07.1980		S.3: „...Fassaden-Sonnenkollektor-Platte zur gleichzeitigen Kühlung, Aufheizung, Wärmespeicherung, Wärmeaustausch, Isolation und Witterungsschutz...“
US	5112693	6/275-FAMPAT- ©QUESTEL-ORBIT : Low reflectance, highly saturated colored coating for monolithic glazing		Gillery Frank Howard	"A transparent article for reflecting solar energy comprising a zinc/tin oxide film which exhibits color by interference effects and a reflective metal film preferably comprising chromium is disclosed along with a sputtering method for its production."
US	5092101	27/275-FAMPAT- ©QUESTEL-ORBIT: Wall, Window, and/or parapet element		Kunert, Heinz, Dr.	"8. A wall or window element according to claim 1, wherein said absorptive pane is a colored glass sheet." "9. A wall or window element according to claim 1, wherein said absorptive pane comprises a laminated glass of a colored glass sheet bonded to a clear glass sheet by means of an adhesive film."
US	4964963	42/275-FAMPAT- ©QUESTEL-ORBIT: Architectural coating with interference colors		Chriss Russell Caldwell	"A transparent article for reflecting solar energy comprising a metal oxide film which exhibits color by absorption and interference effects and a highly reflective metal film is disclosed along with a sputtering method for its production."
EP	0123091	65/275-FAMPAT- ©QUESTEL-ORBIT: Wall for absorption of the sun rays		Grimme, Friedrich Wilhelm Dr.; Melchior, Bernd; Heidrich, Wolfgang Dr.	"7. Wand nach einem der <RTI ID=10.3>Ansprüche</RTI> 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Aussenschicht (4) von einer lichtdurchlässigen Scheibe gebildet ist, die auf der Aussenseite durch Fugen (5), Nuten, Streifen, stellenweisen und/oder streifenförmigen Material- und/oder Farbauftrag architektonisch gestaltet ist."
US	20010054265	40/333-FAMPAT- ©QUESTEL-ORBIT: Facade system with a translucent prorous insulating material		Royar, Juergen; Geissels, Alexander; Kaspar, Franz-Joseph	"The insulating material has on the outside a colored layer for design... The colored layer can, moreover, be designed in such a way that it protrudes beyond the insulating layer along two board edges."
US	6093581	52/333-FAMPAT- ©QUESTEL-ORBIT: Installation method of solar cell modules		Takabayashi, Akiharu	"13. The method of producing a plurality of solar cell modules according to claim 11, wherein among different production lots of the solar cell modules, colors of the adhesive films are different from each other."
WO	9815786	80/333-FAMPAT- ©QUESTEL-ORBIT: Outer wall construction for a building, more particularly panel		Schulz, Harald Dr.	"... der aussenseitigen Wandschale (1) zugewandten und/oder anliegenden Oberfläche eine farbliche und/oder strukturelle Gestaltung aufweist ..."
EP	0764820	119/333-FAMPAT- ©QUESTEL-ORBIT: Outer wall construction for a building, more in particularly panel		Schulz, Harald Dr.	"... farbliche und/oder strukturelle Gestaltung durch eine Oberflächenveredelung der Grenzfläche (6) gebildet..." "... farbliche Gestaltung von monochromen oder polychromen Farbfeldern oder -bereichen..."
EP	0851182	425/468-FAMPAT- ©QUESTEL-ORBIT: Outer wall for building, more particularly wainscot panel for the breastwork area of a buiding wall		Schulz, Harald	"...die Grenzfläche (6) an ihrer der äusseren Wärmedämmschicht (5) zugekehrten Oberfläche eine farbliche und/oder strukturelle Gestaltung aufweist, ..."

Unternehmen	Adresse	Internet	Produktbezeichnung	Charakteristik	Anwendungsbereich	optischer Eindruck	Zulassung	Entwicklungsstand	PV-Technologie	Farbigkeit / Transparenz	Bemerkungen
1	StoVerotec Hans-Martin-Schleyer-Straße 1 D-89145 Lauingen/Donau	<a href="http://www.stoverotec.de">www.stoverotec.de</a>	StoVerotec Panel-Fassade	+ 6 mm + 20 mm + 120 ... 140 mm + ca. 150 mm	Vorgehängte Hinterlüftete Fassade		+ allgemeine bauaufsichtliche Zulassung 'StoVerotec Glas' Paneele zur Anwendung bei hinterlüfteten Außenwandbekleidungen Nr: Z-33.2-658				+ Trägerplatten aus Blähglasgranulat mit aufgeklebtem, rückseitig beschichteten farbigem ESG-Glas + Aluminium-Agraffenprofile + Wärmedämmung + Unterkonstruktion mit Aluminium-Tragprofilen und Wandhaltern
2	Würth Solar GmbH & Co. KG Alfred-Leikam-Str. 25 D-74523 Schwäbisch Hall	<a href="http://www.wuerth-solar.de">www.wuerth-solar.de</a>	CIS-PV-Module + Standardmodule + projektspezifische Sondermodule	+ Frontglas als Floatglas + mehrschichtige CIS-Solarzellen (Kupfer-Indium-Diselenid) + im Glas / Glasverbund mit / ohne Rahmen (ggf. dunkel emalliert) + Abmessungen 120 x 120 mm bis 600 x 1.200 mm + Moduldicke 5,5 ... 6 mm	Standardanwendungen (Solarparks, Aufdach) und Architekturwendungen (Dach- und Fassadenintegration, semitransparente Lichtdächer)			anwendungsreif mehrere Referenzprojekte	CIS-Dünnschicht	Standard schwarz opak, gemusterte oder semitransparente Oberflächenmuster sowie farbige Hinterlegung und/oder Bedruckung möglich	+ Standardmodule mit unterschiedlichen Abmessungen + Anschlussdosen oder Anschlussknöpfe mit Kabeln
3	ThyssenKrupp-Solartec Essener Str. 59 D-46047 Oberhausen	<a href="http://www.thyssen-solartec.com">www.thyssen-solartec.com</a>	ThyssenKrupp-Solartec®	+ einschalige Dach- und Fassadenelemente sowie Sandwichmodule + Trägerelement aus Edelstahl + d = 76 mm oder 115 mm + Länge bis zu 24 m	Dachelemente auf Konterlattung und Dachstuhl Fassadenelemente auf Konterlattung		Prüfzeugnisse: + IEC 61646 (ISPR-Prüfung) + Schutzklasse II (TÜV Rheinland) + Baustoffklasse B2	anwendungsreif mehrere Referenzprojekte	Dreischicht-Dünnschichttechnologie	opake blaue PV-Zellen	+ einschalige Dach-/Fassadenelemente mit integriertem Solarmodul auf der Basis einer monokristallinen Dreischicht-Dünnschichttechnologie der Fa. UNI-SOLAR® (Triple-Junction-Zelle) + im Roll-to-Roll-Verfahren 9 auflamierte, nanokristalline siliziumlegierte Dünnschichten O9 auf einem Trägermaterial aus Edelstahl + ohne Glasabdeckung + konstanter Wirkungsgrad von 8 %
4	RHEINZINK GmbH & Co KG Bahnhofstr. 90 D-45711 Datteln	<a href="http://www.rhein-zink.de/58.aspx">http://www.rhein-zink.de/58.aspx</a>	RHEINZINK®-Solar PV Stehfalz RHEINZINK®-Solar PV Klick-Leiste	+ werkseitig vorgefertigte RHEINZINK-Schar als Dach-/Fassadenelemente mit integriertem Solarmodul + Trägerelement aus Zinkblech + flexible, vollflächig auf einzelne RHEIN-ZINK®-Schar aufgeklebte Dreischicht-Dünnschichtsolarmodule von Uni-Solar® (Triple Junction Technologie) + zusätzlich mechanische Fixierung der UNI-SOLAR®-Dünnschichtmodule durch werkseitige Nietbefestigungen + ohne zusätzliche Befestigungselemente durch Klick-Leistentechnik oder RHEINZINK®-Falztechniken wie Doppel- bzw. Winkelstehfalzsystem	Dachelemente und Fassadenelemente auf Konterlattung		+ IEC 61646 (CEC 701) + Schutzklasse 2 (TÜV Rheinland)	anwendungsreif mehrere Referenzprojekte	Dreischicht-Dünnschichttechnologie	opake blaue PV-Zellen	+ im Roll-to-Roll-Verfahren 9 auflamierte, nanokristalline siliziumlegierte Dünnschichten auf einem Trägermaterial aus Edelstahl + ohne Glasabdeckung + hohe Festigkeit und gute Feuchte-/Medienbetändigkeit + Nennleistung 68 Wp ± 10 % + konstanter Wirkungsgrad von 8 % + RHEINZINK®-Solar PV Stehfalz: Abmessungen 430 mm x 4000 mm + RHEINZINK®-Solar PV Klick-Leiste: Abmessungen 475 mm x 4000 mm + PV-Modul: 394 mm x 2848 mm + geringes Flächengewicht
5	Schott Solar GmbH Phototronics Hermann-Oberth-Str. 11 D-85640 Putzbrunn	<a href="http://www.schott.com/solar">www.schott.com/solar</a>	ASITHRU® Color ASI® Glas (verschiedene Typen) ASI® F ASE Module	+ Frontglasscheibe + PVB-Folie (ASI®-Stapelzellen) + teilvorgespanntes Rückglas + Variationen: opak (weiß, kreativ, elegant) und semitransparent + teilweise Rahmenlos + kristallin, mit EFG oder MAIN-Zellen	Verbundglas, Isolierglas und Überkopfverglasung für Dach, Kaltfassade und Warmfassade Posten-Riegel-Fassade oder Unterkonstruktion		+ allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (DIBT) für ASITHRU und ASIOPAK für Fassaden und Überkopfverglasungen + CE-Konformität + IEC 61646 zertifiziert	anwendungsreif mehrere Referenzprojekte ein Projekt mit farbigen PV-Modulen in Spanien	Silizium-Dünnschicht	FARBIGE, transparente Module (in Spanien) weiße opake Module nicht transparente schwarze Module transparente Module mit schwarzen Zellen	+ ASITHRU® Color: semitransparentes, farbiges PV-Modul als Kombination aus ASITHRU® und Schott-Imera®-Farbglas als Isolierglasverbund + ASI®F Solarzellen mit eingebetteten Verbundfolien aus amorphem Silizium in Dünnschichttechnologie (Stapelzellen) + ASI® Glasmodule in unterschiedlichen opaken oder semitransparenten Design + als Verbundglaselemente oder Isolierglaselemente + Modulgrößen bis 2,40 x 1,20 m + Nennleistung: ASIOPAK® 32 W, ASITHRU® 27 W + MC®-Multi-Contact-Steckverbindungen ohne
6A	Glaswerke Arnold GmbH & Co. KG Alfred-Klinge-Str. 15 D-73630 Remshalden	<a href="http://www.voltarlux.de">www.voltarlux.de</a>	Voltarlux® Solarstrom-Module	+ amorphe Silicium-Dünnschicht-Stapelzellen mit ASI®THRU / ASI®Opak Rohmodulen von Schott Solar + Glas-Glas-Solarmodule oder Glas-Laminat-Module mit PVB-Folien + Laminat, Isoliergläser, Standardmodule	vorgehängte Kaltfassade, Isolierfassade, Überkopfverglasung		+ zertifiziert nach IEC 61646 + Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (DIBT: Nr. Z-70.3-72), u. a. als Überkopfverglasung oder zur Verwendung als Photovoltaik-Fassadenverkleidung (siehe "Fassadensystem") geeignet	anwendungsreif mehrere Referenzprojekte	Silizium-Dünnschicht	semitransparente, dunkelbraune Glasfläche opake dunkelbraune Glasfläche	+ konventionelle Paneel-Glasflächen + Standard-Modulgröße: 576 x 976 mm
6B	Glaswerke Arnold GmbH & Co. KG Alfred-Klinge-Str. 15 D-73630 Remshalden	<a href="http://www.voltarlux.de">www.voltarlux.de</a>	Voltarlux® PV-F-Typ	+ amorphe Silicium-Dünnschicht-Stapelzellen mit ASI®THRU / ASI®Opak von Schott Solar + PVB-Glas-Laminat-Module (Voltarlux® Standard) + bis 100m Höhe einbaubar + Aluminium-Unterkonstruktion	vorgehängte, hinterlüftete Kaltfassade und Warmfassade		+ zertifiziert nach IEC 61646 + Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (DIBT: Nr. Z-70.3-72)	anwendungsreif mehrere Referenzprojekte	Silizium-Dünnschicht	farbige und gemusterte Gestaltung (Voltarlux® design) der PV-Moduloberfläche zum Patent angemeldet	+ konventionelle Isolierglas- oder Paneel-Glasflächen + aufgedampfte Silizium-Schicht wird mit Laser bearbeitet + 10 ... 20%ige Transparenz + typgeprüfte, leicht modifizierte, handelsübliche Unterkonstruktion aus U-Haltern und vertikalen Tragprofilen von BWM + Standard-Modulgröße: 576 x 976 mm, Standard-Sondermodul bis 1300 x 2500 mm + Vermarktung auch über Isolator Glas Beratungen GmbH ( <a href="http://www.isolar.de">www.isolar.de</a> ) + Leistung 50 Wp/m² (entspricht 40 kWh/m²a an
7A	Sharp Electronics (Europe) GmbH Sonninstr. 3 D-20097 Hamburg	<a href="http://www.sharp-solar.de">www.sharp-solar.de</a>	Solarmodule ND-/NE-....Serie	+ Aufbau Glas-Laminat-Module: + Vorderseite vergütetes Weißglas + Einbettung Solarzellen EVA-Kunststoff und Witterungsschutzfolie + Aluminium-Rahmen	vorgehängte Module für Dach und Fassade		+ zertifiziert nach IEC 61215 + geprüft von TÜV Rheinland	anwendungsreif mehrere Referenzprojekte	Monokristalline / Polykristalline Siliziumzellen	opake blaue bis schwarze Oberflächen	+ verschiedene mono- und polykristalline Silicium-PV-Module + mit Bypass-Dioden + 16 oder 24 Solarzellen in Reihe
7B			NA-801 WP / NA-851 WP	+ Dünnschichtmodule mit amorphem Silizium + mikrokristallinem Silizium und schwarz eloxierter Aluminiumrahmen + vergütetes Weißglas, EVA-Kunststoff und Witterungsschutzfolie + schwarze CIS mit Tandemzellstruktur, max. 80 W / 85 W + Wirkungsgrad bei 7,6% / 8%	vorgehängte Module für Dach und Fassade			anwendungsreif Referenzprojekt	CIS-Dünnschicht	opake / semitransparente schwarze Module	+ durch besondere Zellstruktur hohe Transparenz + Größe: 1129 x 934 x 46 mm, Gewicht: 18kg + erste Anwendung 2005 beim CIS Solar Tower in Manchester mit 5.000 multikristallinen Modulen + blaue Module, Tandem-Struktur (höherer Wirkungsgrad, lichtdurchlässig, fassadengeeignet)

Unternehmen	Adresse	Internet	Produktbezeichnung	Charakteristik	Anwendungsbereich	optischer Eindruck	Zulassung	Entwicklungsstand	PV-Technologie	Farbigkeit / Transparenz	Bemerkungen
8	SULFURCELL Solartechnik GmbH Barbara-McClintock-Str.11 D-12489 Berlin	<a href="http://www.sulfurcell.de">www.sulfurcell.de</a>	Solarmodule SCG-HV und SCG-LV	+ Aufbau Glas-Laminat-Module: + Deckglasscheibe + CIS-Solarzellen-Matrix in EVA-Folie + schwarz eloxierter Alu-Rahmen	vorgehängte Module für Fassade		+ zertifiziert nach IEC 61646 in Vorbereitung + Schutzklasse II bis 1000 V in Vorbereitung	anwendungsreif mehrere Referenzprojekte	CIS-Dünnschicht	opake / semitransparente schwarze Module	+ Gesellschafter sind u.a. Vattenfall Europe Venture und M+W Zander + CIS-Solarmodule mit Dünnschichttechnologie
9A	Sun Technics Ankelmannstrasse 1 D-20537 Hamburg	<a href="http://www.suntechnics.de">www.suntechnics.de</a>	Silizium-Solarmodule STM 210 FBS/FSW STM 220 FWS	+ Aufbau: Albarino Glas mit Antireflex-Schicht schwarze, monokristalline Siliziumzellen Tedlar-Folie als Versiegelung schwarz eloxierter Alu-Rahmen + Solarmodule mit 210 bis 220W	Dach und Fassade		+ zertifiziert durch den TÜV Rheinland	anwendungsreif mehrere Referenzprojekte	Monokristalline Siliziumzellen	opake blaue Module mit silberfarbenem Rahmen	+ Mehrertrag gegenüber anderen Solarmodulen von 25 bis 30% + homogen schwarz durch Rückseitenkontakt-Solarzelle (von SunPOWER)
9B			CdTe-Dünnschicht-Solarmodule	+ Solarmodule mit 210 bis 220W	keine Angaben		+ zertifiziert durch den TÜV Rheinland	keine Angaben	CdTe-Dünnschicht	opake farbige und schwarze Module mit schwarzem Rahmen	+ Mehrertrag gegenüber anderen Solarmodulen von 25 bis 30% + homogen schwarz durch Rückseitenkontakt-Solarzelle (von SunPOWER)
10A	Axitec GmbH Alemannenstr. 8 D-71269 Heimsheim	<a href="http://www.axitec.de">www.axitec.de</a>	verschiedene Solarmodule AC-205M/156-50S	+ Glas-EVA-Laminat-Module mit monokristallinem Silizium + 36 - 55 WP bei einem Wirkungsgrad bis zu 6,68% + 42 - 52 WP bei einem Wirkungsgrad bis zu 6,31%	keine Angaben		+ regelmäßige Überwachung durch den TÜV Rheinland	anwendungsreif keine Angaben zu Referenzen	Monokristalline / Polykristalline Siliziumzellen	opake blaue und schwarze Module mit silberfarbenem Rahmen	+ ausgeführt in Kombination mit Tragsystem MSP von Hilti (auf Dach) + jeweils Angebot von 3 Modulen + Ansicht fast als einheitliche graue Fläche, keine typischen Rechtecke
10B			CIS HV CIS LV	+ CIS-Dünnschichtmodule mit schwarzem eloxiertem Rahmen	keine Angaben		anwendungsreif keine Angaben zu Referenzen	CIS-Dünnschicht	schwarze Module mit schwarzem Rahmen		
11A	ErSol Solar Energy AG Wilhelm-Wolff-Strasse 23 D-99099 Erfurt	<a href="http://www.ersol.de">www.ersol.de</a>	E6 Blue Power E6M Black Power E6M Black 3 Busbar	+ monokristalline und polykristalline Silizium-Solarmodule + blaue Marmorfärbung bzw. homogen schwarz + Busbar dünner als Power	keine Angaben		+ UL/CE-Zertifizierung angemeldet + Klassifizierung nach IEC 60904	anwendungsreif keine Angaben zu Referenzen	Monokristalline / Polykristalline Siliziumzellen	opake farbige und schwarze Module mit silberfarbenem Rahmen	+ Format Zellen: 156 x 156 mm + Wirkungsgrade bis 17% + Farben: Bronze, Gold und Silber + Handel über Tochter Aixem-Solar GmbH
11B			Thin Film	+ Produktion von Dünnschichtmodulen	noch keine Angaben	noch keine Angaben	noch keine Angaben	noch keine Angaben	Dünnschicht	noch keine Angaben	
12A	Schüco International AG Karolinenstrasse 1-15 D-33609 Bielefeld	<a href="http://www.schueco.de">www.schueco.de</a>	ProSol ALB Glas/Glas-PV-Module Premium-Modul	+ Silizium-Solarmodule + Standardmodul, z.T. bifaciale Module (lichtdurchlässig) + Großlamellenelement zur Beschattung + blickdicht nach innen, freie Sicht nach außen + 15,8% Zellwirkungsgrad, eingerahmt, bis 340 Wp	Kaltfassade, Warmfassade, Überkopferverglasung, Verschattung als Isolierglas und Verbundglas		keine Angaben	anwendungsreif mehrere Referenzprojekte	Monokristalline / Polykristalline Siliziumzellen	opake/semitransparente farbige und schwarze Module mit/ohne Rahmen	+ durch Scheibenzwischenräume hervorragende Ug-Werte + breite Farbpalette + Module durch Glas-Tedlar-Laminat gegen extreme Witterungsbedingungen geschützt + Möglichkeit Module verschiedenster Hersteller einzubauen
12B			Dünnschicht-Module	+ Dünnschicht-Module mit schwarz eloxiertem Rahmen	keine Angaben		anwendungsreif	Dünnschicht	opake/semitransparente blaue Module mit schwarzem Rahmen		
13	Johanna Solar Technology GmbH Münstersche Strasse 24 D-14772 Brandenburg an der Havel	<a href="http://www.johanna-solar.com">www.johanna-solar.com</a>	OEM Solarmodule	+ basierend auf CIS Module + CIGSSe-Technologie	noch keine Angaben	noch keine Angaben	noch keine Angaben	noch keine Angaben	CIGSSe-Dünnschicht	noch keine Angaben	+ relativ neues Unternehmen, Februar 2007 neues Werk eröffnet + Technologievermarktung der CIGSSe-Technologie
14	Odersun AG Im Technologiepark 7 15236 Frankfurt(Oder)	<a href="http://www.odersun.de">http://www.odersun.de/</a>	SOLAR4U SOLAR4POWER	+ kupferbandbasierten Dünnschichtsolazelle und -module + CISCuT-Technologie	noch keine Angaben	noch keine Angaben	noch keine Angaben	noch keine Angaben	CISCuT-Dünnschicht	noch keine Angaben	+ Eröffnung Produktionsstandort in Frankfurt/Oder im April 2007 + weltweit patentiertes Verfahren
15	First Solar Vertrieb Europa Rheinstrasse 4N D-55116 Mainz	<a href="http://www.firstsolar.com/de">www.firstsolar.com/de</a>	Serie FS2XX	+ CdTe-Dünnschichtmodule + hohe Energieerträge, gutes Schwachlichtverhalten + rahmenloses Laminat, recycelbar	Solarparks und Großanlagen auf Freiflächen und gewerblichen bzw. landwirtschaftlichen Dächern, keine Gebäude-integration (nur eine Bauart in unterschiedlichen Leistungsklassen)		+ TÜV Sicherheitsklasse II nach TÜV Rheinland + zertifiziert nach IEC 61646 + CE -Kennzeichnung und UL 1703	anwendungsreif	CdTe-Dünnschicht	opake graue Module ohne Rahmen	+ theoretisch für alles zu verwenden, GIPV ist aber kein Zielmarkt + grau bis schwarz, je nach Lichteinfall auch Grünstich
16	alfasolar Vetriebs-gesellschaft mbH Ahrensburger Str. 4-6 D-30659 Hannover	<a href="http://www.alfasolar.de">www.alfasolar.de</a>	alfasolar 120P-6 alfasolar Pyramid 180PQ6L Trinasolar TSM-Serie	+ polykristalline Großsolarzellen + bis zu 3% Leistungsdifferenz + sehr stabil	Dach, Fassade		+ zertifiziert nach IEC 61215, ISO 9001:2000 und ISO 114001:2004	anwendungsreif mehrere Referenzprojekte	Monokristalline / Polykristalline Siliziumzellen	opake blaue und schwarze Module mit silberfarbenem Rahmen	+ Referenzen im Bereich Fassadenbau



Unternehmen	Adresse	Internet	Produktbezeichnung	Charakteristik	Anwendungsbereich	optischer Eindruck	Zulassung	Entwicklungsstand	PV-Technologie	Farbigkeit / Transparenz	Bemerkungen
17	ANTEC Solar Energy International AG Emil-Paßburg-Strasse 1 D-99310 Arnstadt	<a href="http://www.antec-solar.de">www.antec-solar.de</a>	ATF 43 ATF 50	+ Advanced Thin Film-Dünnschichtverfahren + Nennleistung 43 oder 50W	Dach, Fassade		+ Zertifikat nach IEC 61215 beantragt (für Kleinmodule 30'60 cm² vorhanden) und Schutzklasse II	anwendungsreif Referenzprojekte	CdTe-Dünnschicht	opake blaue Module ohne Rahmen dunkelgrünes Metallic-Design	+ Herstellung nach dem Cadiumtellurid-Dünnschichttechnik + recyclingfähig + Kleinmodule (30x60cm) + einige Modell noch zur Überprüfung bei TÜV Rheinland
18	CSG Solar AG Sonnenalle 1-5 D-06766 Thalheim	<a href="http://www.csgsolar.de">www.csgsolar.de</a>	CSG 80 CSG 100	+ hergestellt nach der CTS- oder CSG-Technologie (bessere Haltbarkeit, geringer Siliziumbedarf) + hohe Widerstandsfähigkeit gegenüber Umwelteinflüssen + aus polykristallinem Silicium	Dach, Solarparks		+ zertifiziert nach IEC 61215/IEC 61646, IEC 61730 + TÜV Schutzklasse II (beantragt)	anwendungsreif mehrere Referenzprojekte	CdTe-Dünnschicht	opake dunkle Module ohne Rahmen	+ Q-Cells besitzt Anteile + Vertrieb u.a. über Blitzstrom GmbH + geeignet für mittlere bis große Anlagen + deutsch-australische Forschung + hohe Stabilität der Leistung (erst nach 12 Jahren 10% Minderung erreicht)
19A	ertex Solartechnik GmbH Dieselstraße 6 A-3362 Amstetten/Mauer	<a href="http://www.ertex-solar.at">www.ertex-solar.at</a>	ertex Solarmodule: Glas-Folien-Module VSG-Iso	+ mono- und polykristalline Siliziumsolarzellen mittels PVB-Folie zwischen zwei gehärteten Glasplatten (ESG) + ertex VSG-Solarmodule + ertex VSG-Isolierglasmodule	Fassaden, Brüstungen, Überkopferglasungen, Vorhangfassade, Warmfassade als Verbundglas und Isolierglas		+ Zertifizierung nach IEC 61215 und Schutzklasse II	anwendungsreif mehrere Referenzprojekte	Monokristalline / Polykristalline Siliziumzellen	opake/semitransparente blaue bis schwarze Module mit silberfarbenem/schwarzem Rahmen	+ Glas-Folien-Module (Laminare): Außenseite mit ESG-Weißglas, PV-Zellen zwischen zwei EVA-Folien und Tedlar Verbundfolien als Rückseite + Glas-Glas-Module: Außenseite mit ESG-Weißglas, PV-Zellen zwischen zwei PVB-Folien und ESG-Scheibe als Rückseite + Glas-Isolierglas-Module: Außenseite mit ESG-Weißglas, PV-Zellen zwischen zwei PVB-Folien und ESG-Scheibe als Rückseite - Scheibenzwischenraum 16 mm, Isolierglas-Randverbund + elektrische Anschlüsse mit Anschlussboxen und
19B			ertex Solarmodule: VSG-aSi	+ amorphe Siliziumsolarzellen in Dünnschichttechnik + mittels PVB-Folie zwischen zwei gehärteten Glasplatten (ESG) gekapselt + Frontscheibe aus hochtransparentem Weißglas	Fassaden, Brüstungen, Überkopferglasungen, Vorhangfassade, Warmfassade als Verbundglas		anwendungsreif	Silizium-Dünnschicht	opake/semitransparente Module	+ Großflächenmodule bis 2,44 x 5,1 m + Herstellung ertex VSG-aSi-Module in Kooperation mit SchottSolar + Nennleistung: VSG-aSi 104 / 122 W	
20	Scheuten Solar Technology GmbH Scheuten-Solar-Straße 2 D-45881 Gelsenkirchen	<a href="http://www.scheutensolar.de">www.scheutensolar.de</a>	Optisol®-Solarelemente Multisol®-Standard-Solarelemente	+ Doppelglasmodule: zwischen zwei Gläsern eingebettete Solarzellen (je 125 x 125 mm) + Größe der Solarelemente bis 2.000 x 3.000 mm + Zellen in Giesharz + silbereloxierter Alu-Rahmen	Dach, Kaltfassade, Warmfassade, Überkopferglasungen und Solarparks		+ zertifiziert nach IEC 61215 (TÜV Rheinland) + Qualitätsmanagement nach ISO 9001 + umweltfreundliche Produktion nach ISO 14001	anwendungsreif mehrere Referenzprojekte	Polykristalline Siliziumzellen	opake / semitransparente blaue/grüne bis schwarze Module mit silberfarbenem Alu-Rahmen	+ Referenz: Hauptbahnhof Berlin + nimmt alte Module zurück (Recycling) + kombinierbar mit vielen gängigen Glasaufbauten + in Entwicklung: Beschichtung winziger Kügelchen mit Kupfer-Indium-Disulfid mit nachfolgender Verarbeitung in einer perforierten Metallfolie
21A	3S Swiss Solar Systems AG Schachenweg 24 CH-3250 Lyss	<a href="http://www.3-s.ch">www.3-s.ch</a>	MegaSlate® Solardach	+ Aufbau Glas-Laminat-Module / Glas-Glas-Module: + Vorderseite Glasscheibe + Solarzellen-Matrix und Rückwandfolie zur Kapselung	Dach		+ zertifiziert nach IEC 61215 (TÜV Rheinland)	anwendungsreif mehrere Referenzprojekte	CIS-Dünnschicht	opake blaue bis schwarze Module	
21B			Solarmodule Fassade	+ Aufbau Glas-Laminat-Module / Glas-Glas-Module: + Vorderseite Glasscheibe mit EVA-Folie + Solarzellen-Matrix und Folie zur Kapselung + Tedlarfolie oder Gegenglas	Fassade		+ zertifiziert nach IEC 61215 (TÜV Rheinland)	anwendungsreif Referenzprojekt	Monokristalline / Polykristalline Siliziumzellen	opake / semitransparente farbige bis schwarze Module	+ Forschungspartner + Fraunhofer Institut Solare Energiesysteme + Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung + auch farbige Module
22	Solon AG Ederstrasse 16 D-12059 Berlin	<a href="http://www.solonag.de">www.solonag.de</a>	verschiedene Standard-Modultypen + P 130/6+ + P 180/6+ + P 220/6+ + M 230/6+	+ poly- und monokristalline Solarelemente + Größe: ca. 1.500 mm x 650 mm, Gewicht: ca. 17 kg	Dach, vorgehängte Fassadenkonstruktionen		+ zertifiziert nach IEC 61215 (TÜV Rheinland) + SKL II zugelassen	anwendungsreif mehrere Referenzprojekte	Monokristalline Siliziumzellen	opake blaue und schwarze Module mit silberfarbenem Rahmen	+ größter Hersteller von Solarmodulen in Deutschland
23	Solarwatt AG Maria-Reiche-Straße 8 D-01109 Dresden	<a href="http://www.solarwatt.de">www.solarwatt.de</a>	Standard-Module Module für BIPV, darunter Fassadenmodule, die speziell auf das Halterungssystem von Längle Glas abgestimmt sind	+ vorgehängte, hinterlüftete PV-Einzelmodule + Module mit mono- und polykristalline Siliziumzellen + gerahmt oder rahmenlos, semitransparent oder opak, Glas-Glas oder Glas-Folie + Befestigung mit Längle Glas-System	Fassade, Verschattungen, Brüstungen, Überdachungen, Dach		+ zertifiziert nach DIN EN ISO 9001 und 14001	anwendungsreif mehrere Referenzprojekte	Monokristalline / Polykristalline Siliziumzellen	opake/semitransparente blaue bis schwarze Module mit /ohne silberfarbenem/schwarzem Rahmen	+ schuppenartig, vorgehängte Fassaden-Module + Haltesystem AL-Wall der Längle Glas GmbH bis 20 m Gebäudehöhe
24	Solarnova Produktions- und Vertriebs-gesellschaft mbH Am Marienhof 6 D-22880 Wedel	<a href="http://www.solarnova.de">www.solarnova.de</a>	Solarmodule SOL Solarmodule für Solarfassaden und Lichtdächer, maßgenau nach Vorgaben von Architekten und Bauherren	+ Aufbau Glas-Laminat-Module: + Vorderseite Weißglas TVG (d = 3 ... 12 mm) + Einbettung Solarzellen zwischen zwei EVA-Schmelzklebefolien (d = 1,5 mm) + Rückseite Floatglas TVG (klar, beschichtet, durchgefärbt) (d = 4 ... 12 mm) + Für den Einsatz in Warmfassaden und Lichtdächern auch als Isolierglas	Fassade, Verschattungen, Brüstungen, Überdachungen, Dach als Verbundglas und Isolierglas		+ Für den beschriebenen Modulaufbau liegt ein Prüfzeugnis des Materialprüf-amtes NRW vor, dass aufgrund der durchgeführten Versuche diese Module als VSG einzuordnen sind und somit im Überkopfbereich eingesetzt werden können.	anwendungsreif mehrere Referenzprojekte	Monokristalline / Polykristalline Siliziumzellen	opake/semitransparente blaue/schwarze/grüne/grau Module mit /ohne silberfarbenem/schwarzem Rahmen	+ verschiedene Solarfassaden-Module + Glas-Laminat-Module + Größe bis 2.000 x 3.000 mm + Solarzellen monokristallin / polykristallin in verschiedenen Farben

Unternehmen	Adresse	Internet	Produktbezeichnung	Charakteristik	Anwendungsbereich	optischer Eindruck	Zulassung	Entwicklungsstand	PV-Technologie	Farbigkeit / Transparenz	Bemerkungen
25	Sunways AG Macairestr. 3-5 D-78467 Konstanz	<a href="http://www.sunways.de">www.sunways.de</a>	Solarmodule Sm	+ Aufbau Glas-Laminat-Module: + Vorderseite Solarglas (d = 4 mm) + Einbettung Solarzellen zwischen PVF-Verbundfolie + Alurahmen (d = 50 mm)	Fassade, Dach		+ zertifiziert nach IEC 61215, Schutzklasse II	anwendungsreif mehrere Referenzprojekte	Monokristalline / Polykristalline Siliziumzellen	opake/transparente schwarze und farbige Module mit silberfarbenem Rahmen	+ verschiedene Solarmodule (auch farbige: grau, rot, braun, gelb, grün) + transparente, monokristalline Solarzellen (100 x 100 mm) + homogene Farben
26	Solarworld AG Kurt-Schumacher-Straße 12-14 D-53113 Bonn	<a href="http://www.solarworld.de">www.solarworld.de</a>	Sunmodule® mit 5"- oder 6"-Zellen	+ Aufbau Glas-Laminat-Module: + Schutzglasscheibe + Solarzellen-Matrix in EVA-Folie + Tedlarfolie zur Versiegelung + Alu-Rahmen	Fassade, Dach		+ Zertifizierung nach ISO 9001:2000	anwendungsreif mehrere Referenzprojekte	Monokristalline / Polykristalline Siliziumzellen	opake blaue und schwarze Module mit silberfarbenem Rahmen	+ mono-/polykristalline Solarzellen + patentierte Anschlussdosen für wasserdichten, UV- und witterungsbeständigen Anschluss sowie Hochleistungsbypassdioden auf Rückseite
27	Conergy AG Ankermannstrasse 1 D-20537 Hamburg	<a href="http://www.conergy.de">www.conergy.de</a>	Conergy C 162P Conergy C 175M Conergy C 180M Conergy C 185M	+ max. 162 bis 185W + P...polykristallin und M...monokristallin Silizium-Solarmodule	Dach, Solarpark		+ zertifiziert nach IEC 61215 und Schutzklasse II	anwendungsreif mehrere Referenzprojekte	Monokristalline / Polykristalline Siliziumzellen	opake blaue und schwarze Module mit silberfarbenem Rahmen	+ Farbe: "dark blue", herstellbar für Sonderprojekte und Großanlagen + Solarsicherheitsglas auf Vorderseite und wetterfeste bzw. wasserdichte Folie auf Rückseite + umlaufender Aluminiumrahmen
28	Q-Cells Guardianstrasse 16 D-06766 Thalheim	<a href="http://www.qcells.de">www.qcells.de</a>	Q6 Q8	+ Solarzellen auf Siliziumbasis (keine Module) + erste Hochleistungszelle (150x150mm)	keine Angaben		+ zertifiziert durch TÜV Rheinland (DIN EN ISO 9001)	anwendungsreif mehrere Vertriebsunternehmen	Monokristalline / Polykristalline Siliziumzellen	opake blaue bis schwarze Zellen	+ wenig Informationen (wie technische Daten) über Zellen + Partner: Aleo Solar, IBC Solar, Scheuten, Tenesol, Naps Systems, etc.
29	Aleo Solar AG Gewerbegebiet Nord D-17291 Prenzlau	<a href="http://www.aleo-solar.de">www.aleo-solar.de</a>	aleo S 16 aleo S 18 (polykristallin) aleo S 17 aleo S 03	+ 4 bis 8inch große Siliziumzellen + polykristalline mit Leistung zwischen 165W und 230W + monokristallin 155W bis 190W + leicht montierbar	keine Angaben		+ VDE geprüft + zertifiziert nach IEC 61215	anwendungsreif	Monokristalline / Polykristalline Siliziumzellen	opake blaue und schwarze Module	+ auf einige Bestnote Stiftung Warentest + polykristallin, monokristallin + gerahmt oder Laminat, Großmodule oder Normalmaße + Dicke gesamt beträgt etwa 5cm -> CIS?
30	Sunpower SunPower Corp. Regional Office Germany Wiesenstr. 5 D-60385 Frankfurt a.M.	<a href="http://www.sunpower.de">www.sunpower.de</a>	A-300 Zelle SPR 90/205/210/95/215/220	+ im Vergleich wohl höchsten Wirkungsgrad + vorne: schwarz, hinten: weiß + Zelle aus monokristallines Silizium + von 95W bis 220W + Standard-Maße (46mm dick)	Dach, Fassade, Solarparks		+ UL 1703, Brandschutzklasse C + zertifiziert durch TÜV Rheinland nach IEC 61215; Sicherheitsklasse II	anwendungsreif mehrere Referenzprojekte	Monokristalline Siliziumzellen	opake schwarze Module mit silberfarbenem Rahmen	+ homogeneres Erscheinungsbild, da Metallkontakte oder Leiterbahnen auf Vorderseite nicht zu sehen sind; dennoch auf Modul Kacheln erkennbar + Vertrieb über die Firmen SolarNed und SunTechnics + neben neuer Modulgeneration mit höchsten Wirkungsgraden, auch "normale" Hocheffizienz-Solarmodule + Standard: Dachmontage
31	BP Solar Deutsche BP Aktiengesellschaft Geschäftsbereich BP Solar Max-Born-Strasse 2 D-22761 Hamburg	<a href="http://www.deutschebp.de/genericsection.do?categoryId=370&amp;contentId=2000104">http://www.deutschebp.de/genericsection.do?categoryId=370&amp;contentId=2000104</a>	Saturn 7-Serie Mono 4-Serie Poly 3-Serie	+ Solarmodule mit mono- und polykristallinen Siliziumzellen + Leistung von 95W bis 175W	Dach, Fassade, Solarparks		+ zertifiziert nach ISO 9001 und 14003, sowie nach IEC 61215 + Richtlinien 89/33/EEC, 73/23/EEC, 93/68/EEC + TÜV Rheinland vergab Schutzklasse II (IEC 60364) für Module bis zu 1000V	anwendungsreif mehrere Referenzprojekte	Monokristalline / Polykristalline Siliziumzellen	opake blaue bis schwarze Module mit silberfarbenem Rahmen	+ mehrere Rückrufe + Referenzen liegen eher bei Großprojekten, wie Flughafen München
32	IBC-Solar AG Am Hochgericht 10 D-96231 Bad Staffelstein	<a href="http://www.abc-solar.com">www.abc-solar.com</a>	Vertrieb von folgenden Solarmodulen: IBC ... Kaneka ... Sanyo ...	+ Anwendung: Inselssystem 12V, 24V, 48V und Netzeinspeisung + Leistung: weniger als 100W bis über 200W + Technologie: mono-, polykristallin, Dünnschicht und Hybrid-Technologie	keine Angaben		+ zertifiziert nach IEC 61646 + Schutzklasse II	anwendungsreif	Dünnschicht	opake blaue bis schwarze Module mit schwarzem Rahmen	+ große Auswahl an Systemen + Hybrid-Technologie (HIT-Module) mit bisher größtem Wirkungsgrad + außer Dünnschicht (einheitliches Schwarz) Kachelmuster + eher Großprojekte, vereinzelt Dachkonstruktionen
33	Tenesol Deutschland GmbH Hermülheimer Strasse 10 D-50321 Brühl/Reinland	<a href="http://www.tenesol.de">www.tenesol.de</a>	TE1300-1700 TE 2000-2200 TE505-755 TE850	+ Leistung von 5Wc bis zu 200Wc + mono- und polykristalline Siliziumzellen + durch Modul-Struktur Glas/Tedlar geringes Gewicht und dauerhaft geschützt	Dach, Fassade		+ Prüfzeichen: CE	anwendungsreif mehrere Referenzprojekte	Monokristalline / Polykristalline Siliziumzellen	opake blaue bis schwarze Module mit silberfarbenem Rahmen	+ auf Nachfrage können Module auf Maß produziert werden + auch als Fassadenteile integrierbar
34	Photowatt International S.A.S 33, rue Saint-Honoré Z.I. Champfleuri F-38300 Bourgoin-Jallieu	<a href="http://www.photowatt.com">www.photowatt.com</a>	OEM-Produkte	+ in Glas/Tedlar (TW) oder Doppelglas (PWX)-Ausführung + 12-230W + multi- und monokristallin			+ Prüfzeichen: TÜV, ESTI, IECO, AFAQ, PV Quality Mark, UL und CE				+ in allen möglichen Kombinationen einbaufähig, Referenz Fassade vorhanden + Vertriebspartner weltweit
35	Bomin Solar GmbH Industriestraße 8-10 79541 Lörrach	<a href="http://www.bomin-solar.de">www.bomin-solar.de</a>	BOMIN GLPV	Glaslamellen mit integriert Photovoltaik	Dach		keine Angaben	keine Angaben	keine Angaben	transluzenter Sonnenschutz (bedruckte Glaslamellen) mit PV-Zellen	

**Anhang 5** Übersicht Förderprogramme auf Bundesebene

Die nachfolgend zusammengefassten Inhalte beruhen auf Angaben der KfW-Förderbank. ([www.kfw-forderbank.de](http://www.kfw-forderbank.de)) Details zum Zeitpunkt des Endes dieser Programme wurden von Seiten der KfW nicht angegeben. Es ist davon auszugehen, dass sie parallel zum EEG, mindestens bis 01.01.2015, angeboten werden.

**KfW-Programm „Solarstrom erzeugen“**

(ersetzt seit 01.01.2005 das CO2-Minderungsprogramm)

Kreditlaufzeit	10 oder max. 20 Jahre
Zinsbindung	5 oder 10 Jahre
Finanzierungsanteil	max. 100% der Investitionskosten
Fördermindestbetrag	mind. 0 Euro
Förderhöchstbetrag	max. 50.000 Euro, je Vorhaben
Auszahlung	96%
Tilungsfreiheit	abhängig von der Kreditlaufzeit, mind. 1 bis max. 3 tilungsfreie Anlaufjahre
Tilgung	vierteljährliche Annuitäten
Berechtigte	natürliche, juristische Personen und gewerbliche Unternehmen, (z.B. private und gemeinnützige Antragsteller, gewerbliche Antragsteller, Freiberufler, Landwirte)
Verwendungszweck	Errichtung, Erwerb oder Erweiterung von der PV- Anlage nach EEG, mit und ohne Gewerbeanmeldung, Finanzierung brutto oder netto, Kumulationsverbot

**KfW-Umweltprogramm**

Kreditlaufzeit	10, 12 oder max. 20 Jahre
Zinsbindung	10, 12 oder max. 20 Jahre
Finanzierungsanteil	max. 75% der Investitionskosten
Fördermindestbetrag	mind. 50.000 Euro
Förderhöchstbetrag	max. 10 Mio. Euro, je Vorhaben
Auszahlung	96%
Tilungsfreiheit	abhängig von Kreditlaufzeit, bis max. 3 tilungsfreie Anlaufjahre
Tilgung	gleich hohe halbjährliche Raten
Berechtigte	für Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft (Gewerbeanmeldung erforderlich)
Verwendungszweck	Errichtung, Erwerb oder Erweiterung von größeren PV-Anlagen (nach EEG)

**ERP-Umwelt und Energiesparprogramm**

Kreditlaufzeit	alte Bundesländer: max. 10 Jahre (15 Jahre bei Bauvorhaben) neue Bundesländer: max. 15 Jahre (20 Jahre bei Bauvorhaben)
Zinsbindung	10 Jahre, danach ERP-Zinssatz für Neuzusagen
Finanzierungsanteil	bis zu 50% der Investitionskosten, bei kleinen und mittleren Unternehmen: bis zu 75% der Investitionskosten
Fördermindestbetrag	mind. 50.000 Euro
Förderhöchstbetrag	alte Bundesländer: 500.000 Euro neue Bundesländer: 1.000.000 Euro
Auszahlung	100%
Tilgungsfreiheit	abhängig von Kreditlaufzeit, alte Bundesländer: bis max. 2 tilgungsfreie Anlaufjahre neue Bundesländer: bis max. 5 tilgungsfreie Anlaufjahre
Tilgung	gleich hohe halbjährliche Raten
Berechtigte	für Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft (Gewerbeanmeldung erforderlich)
Verwendungszweck	Errichtung, Erwerb oder Erweiterung von größeren PV-Anlagen (nach EEG)

**BMU-Programm Demonstrationsprogramm**

Kreditlaufzeit	max. 30 Jahre
Zinsbindung	von Laufzeit abhängig
Finanzierungsanteil	bis zu 70% Zinszuschuss der Investitionskosten, bis zu 30% der Investitionskosten unter Begründung des nicht ausreichenden Zinszuschusses
Fördermindestbetrag	mind. 0 Euro
Förderhöchstbetrag	ohne Höchstbetrag
Auszahlung	100%
Tilgungsfreiheit	bis max. 5 tilgungsfreie Anlaufjahre
Tilgung	gleich hohe halbjährliche Raten
Berechtigte	natürliche, juristische Personen sowie gewerbliche Unternehmen, u. a., mit und ohne Gewerbeanmeldung
Verwendungszweck	bei umweltschonenden Produktionsverfahren zur Energieeinsparung, rationelle Energie- verwendung, Nutzung erneuerbarer Energien



## **Forschungsprojekt PV-VH-Fassaden**

**Technische Universität Dresden**

Fakultät Bauingenieurwesen

Institut für Baukonstruktion

Prof. Dr.-Ing. Bernhard Weller

D-01062 Dresden

T +49 351 463 34845

F +49 351 463 35039