

# Gebäudeintegration semitransparenter Dünnschichtmodule

## - praktische und experimentelle Erfahrungen -

\*\*Nicole Römer, \*Wolfgang Köhler, \*\*Klaus Brinkmann



\* Lehrgebiet Elektrische Energietechnik

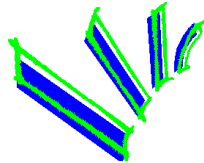
Prof. Dr.-Ing. Detlev Hackstein

Feithstraße 140, Philipp-Reis-Gebäude, D-58084 Hagen

Tel.: 0049-2331/ 987 1185, Fax.: 0049-2331/987 357

E-Mail: wolfgang.koehler@fernuni-hagen.de

Internet: www.fernuni-hagen.de



Prof. Dr.-Ing. Klaus Brinkmann

\*\* Umwelt-Campus Birkenfeld

Automatisierungstechnik und Energiesystemtechnik

Umweltplanung / Umwelttechnik

Postfach: 1380, D-55761 Birkenfeld, Fax.: 0049-6782-17 1454

E-Mail: brinkmann@umwelt-campus.de

Internet: www.umwelt-campus.de

## 1. Einleitung

Die Multifunktionalität gebäudeintegrierter Photovoltaikmodule lässt sich durch die Verwendung semitransparenter Module um einige weitere Vorteile ergänzen. So können nicht nur opake Solarmodule als Teile der Gebäudehülle Strom erzeugen, sondern auch lichtdurchlässige. Deren Lichtdurchlässigkeitsgrad wird durch die Absorption zur Stromproduktion zwar gemindert, keinesfalls wird aber die Durchsicht verzerrt oder die Farbqualität verfälscht. Hinzu kommen die positiven solarthermischen Eigenschaften des Glasträgers, wie sie bereits in der ‚solaren‘ Baurtechnik geschätzt werden. Die Herausforderung bei der bautechnischen Planung von Fassaden aus semitransparenten Solarmodulen besteht darin, Stromerzeugung, behagliche Wärme und optische Reize harmonisch aufeinander abzustimmen, im Interesse der Nutzer eines derartig ausgestatteten Gebäudes.

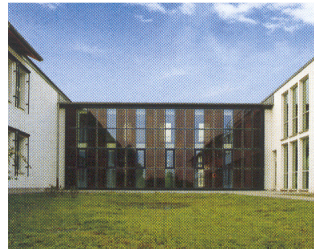
Im Folgenden soll über praktische Erfahrungen und experimentelle Erkenntnisse berichtet werden, die anhand konkreter Projekte zur Gebäudeintegration semitransparenter amorpher Siliziummodule gemacht werden konnten.

## 2. Projektbeschreibungen

In Zusammenarbeit mit dem Umweltcampus Birkenfeld, der Berchumer Initiative für Solare Energien e.V. (BINSE e.V.) und der FernUniversität in Hagen wurden folgende drei Projekte zur Gebäudeintegration von semitransparenten Solarmodulen realisiert.

### Fassadenintegration am Umwelt-Campus Birkenfeld (eine von 15 PV-Flächen)

Anzahl der Module:	60
Leistung:	1740 Wp
Inbetriebnahme:	um 2001
Ertrag 2003:	ca. 850 kWh



### Solarmarkise an der Grundschule Berchum – Garenfeld in Hagen

Anzahl der Module:	76
Leistung:	2000 Wp
Inbetriebnahme:	18.12.2002
Ertrag 2003:	ca. 1990 kWh



### Experimentelle Flachdachmontage an der FernUniversität in Hagen

Anzahl der Module:	48
Leistung:	1296 Wp
Inbetriebnahme:	4.4.2003
Ertrag 2003:	ca. 1250 kWh



### **3. Ziele**

Bei der Verwirklichung dieser drei exemplarischen Projekte war es u.a. ein Ziel, Erfahrungen und Einblicke bezüglich des Aufbaus und der Montage verschiedener Arten der Gebäudeintegration zu bekommen. Sowohl die Fernuniversität Hagen, als auch der Umwelt-Campus Birkenfeld verfügen über etliche photovoltaische Aufbauten unterschiedlichster Arten und Typen.

Während bei der Fernuniversität Hagen die PV-Anlagen auf dem Dach nachträglich als Versuchsanlagen des Lehrgebiets für Elektrische Energietechnik montiert wurden, ist die Photovoltaik (neben solarthermischen Anlagen und transparenten Gebäudehüllen u.ä.) bewusst in den verschiedensten Formen direkt in das Gebäude architektonisch integriert worden, die meisten als Fassaden. Bei Schulen gibt es schon seit etlichen Jahren Förderprogramme zur Installation von Photovoltaikanlagen. Regionale Initiativen werden dabei sowohl von der FernUniversität Hagen, als auch vom Umwelt-Campus unterstützt. Alle drei genannten Projekte übernehmen vor allem durch direktes Einbinden in Forschung und Lehre eine Multiplikatorenrolle. Im Rahmen der Einbeziehung in Lehre und Forschung werden Untersuchungen durchgeführt, z.B. in Form von Projekt- und Diplomarbeiten. Gegenstand der Untersuchungen sind u.a. die Bewertung des Ertrages, der Photodegradation, der Transmission, der Wirtschaftlichkeit und der Einbindung in eine Gebäudeautomation.

### **4. Untersuchungen und bisherige Ergebnisse**

#### Ertragsvergleich zur Beurteilung der Photodegradation amorpher Module

Zellen aus amorphem Silizium unterliegen einer Photodegradation, d.h. einer lichtinduzierten Abnahme der elektrischen Leistung. Unter STC stellt sich nach 1000 Stunden ein stabilisierter Wirkungsgrad der amorphen Siliziumzellen ein, was bei praktischem Einsatz der Module einem Jahr entsprechen soll. Um diese lichtinduzierte Leistungsabnahme auch an einer sich in Betrieb befindlichen Anlage nachvollziehen zu können, wurde die zur Peakleistung prozentuale Leistung eines Generators aus semitransparenten amorphen Siliziumzellen mit der zur Peakleistung

prozentualen Leistung eines Generator aus opaken monokristallinen Siliziumzellen ähnlicher Größe und Ausrichtung verglichen.

Für diese Untersuchungen wurden im Rahmen einer Diplomarbeit die benachbart aufgestellten PV-Anlagen auf dem Dach des Philipp-Reis-Gebäudes der Fernuniversität in Hagen genutzt. Die Photodegradation amorpher Zellen ist bei dem untersuchten Generator deutlich zu erkennen; eine abschließende Beurteilung der Stabilisation ist noch nicht möglich, da diese noch nicht vollständig eingetreten ist.

#### Beobachtung der Transmission in Abhängigkeit von der Einstrahlungsintensität

Das auf Photovoltaikzellen treffende Licht wird anteilig absorbiert, reflektiert und transmittiert, gemäß der Formel  $\alpha + \rho + \tau = 1$  ( $\alpha$ =Absorptionsgrad,  $\rho$ =Reflexionsgrad,  $\tau$ =Transmissionsgrad).

Um experimentell zu erfahren, wie sich die ins Gebäude einfallende Lichtmenge in Abhängigkeit von der Lichteinstrahlung verhält, wurden bei verschiedenen Strahlungsintensitäten Lux-Messungen vor und hinter einem semitransparenten amorphen Siliziummodul durchgeführt. Im Zusammenhang mit den Ergebnissen der Untersuchungen zur Photodegradation wurde eine leichte Abnahme der Transmission mit zunehmender Intensität beobachtet.

#### Wirtschaftlichkeit einer Solarmarkise im Vergleich zu einer herkömmlichen Markise

Bei der Gebäudeintegration photovoltaischer Elemente wird, im Gegensatz zu manch anderen baulichen Investitionen, sehr oft intensiver nach der Wirtschaftlichkeit gefragt.

Beispielhaft bei dem Projekt der Solarmarkise an der Grundschule Berchum - Garenfeld in Hagen wurde deshalb die Investition mit statischen und dynamischen Investitions-Rechnungen untersucht und mit einer herkömmlichen Markise verglichen. Sowohl statische als auch die wesentlich aussagekräftigeren dynamischen Investitionsrechenmethoden erwiesen, dass in diesem konkreten Fall eine Wirtschaftlichkeit nicht gegeben ist.

Bei PV-Fassaden, lassen sich in der Praxis jedoch etliche Beispiele finden, die einen gewissen wirtschaftliche Vorteile gegenüber anderen Elementen wie z.B. Marmor u.ä. belegen.

## Gebäudeautomation

Die Verknüpfungen solarer Bauweise und anderer regenerativer Energiewandlung, sowohl bzgl. Strom als auch Wärme, mit den Technologien zur Gebäudeautomation sind am Umwelt-Campus Birkenfeld stark ausgeprägt. Die Liegenschaft des Umwelt-Campus Birkenfeld hat bis 1992 als Standort für ein Reservelazarett der amerikanischen Streitkräfte in Deutschland gedient. 1993 entschloss sich das Land Rheinland-Pfalz an diesem Standort eine neue Hochschule zu gründen, die nach den wesentlichen Umbau-Arbeiten im Wintersemester 1996/97 mit fünf Studiengängen gleichzeitig startete, unter dem Rahmenaspekt des umweltverträglichen Stoffkreislaufes. Um dem Leitbild ‚Umwelt‘ auch bei der Gebäudegestaltung gerecht zu werden, ist eine komplett regenerative Energieversorgung mit einer Vielzahl von Energiewandlungen, sowohl aktiver als auch passiver, ausgestattet worden, welche über ein Gebäude-Leit-System (Prozessdaten-Erfassung und Gebäudeautomation) miteinander verflochten sind. Die endgültige Abnahme und vollständige Inbetriebnahme steht derzeit noch aus, was sich aufgrund der überaus komplexen, und zum Teil neuartigen Konzepte, als langwierig und teilweise auch problematisch erweist. Um hier eine für die Studierenden lehrreiche Übersicht zu erhalten, wird das Gesamtsystem derzeit einer umfangreichen und kritischen Analyse zur Bestandsaufnahme und Bewertung in Form von Projekt- und Diplomarbeiten unterzogen. Ein großer Teilbereich der Gebäudeausstattung dient der Raumklimatisierung, denen auch die transparenten und semitransparenten Fassaden und Gebäudehüllen zuzuordnen sind.

## **5. Zusammenfassung**

Durch die hier vorgestellten drei PV-Projekte am Umweltcampus Birkenfeld, der FernUniversität in Hagen und der Grundschule Berchum – Garenfeld in Hagen zur Gebäudeintegration semitransparenter amorpher Siliziumzellen konnte ein exemplarischer Überblick über verschiedene Arten der Gebäudeintegration gegeben werden. Untersuchungen zur Bewertung des Ertrages bzw. der Photodegradation, der Transmission, der Wirtschaftlichkeit und der Gebäudeautomation konnten realisiert und aussagekräftig in die Lehre einbezogen werden.

# Building Integration of Semi-transparent Thin-Film-Modules - Practical and Experimental Experiences -

\*\*Nicole Römer, \*Wolfgang Köhler, \*\*Klaus Brinkmann



\* Chair of Electrical Power Engineering

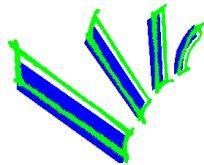
Prof. Dr.-Ing. Detlev Hackstein

Feithstraße 140, Philipp-Reis-Gebäude, D-58084 Hagen

Tel.: 0049-2331/ 987 1185, Fax.: 0049-2331/987 357

E-Mail: wolfgang.koehler@fernuni-hagen.de

Internet: www.fernuni-hagen.de



Prof. Dr.-Ing. Klaus Brinkmann

\*\* Umwelt-Campus Birkenfeld

Automation and Energy Systems

Umweltplanung / Umwelttechnik

P.O. Box 1380, D-55761 Birkenfeld, Fax.: 0049-6782-17 1454

E-Mail: brinkmann@umwelt-campus.de

Internet: www.umwelt-campus.de

**Abstract:** Semi-transparent Thin-Film-Modules are multifunctional elements for building integration, even with economical advantages. This paper presents three exemplary projects with investigations and experiences, which were realised and done essentially by the University of Hagen at the Chair of Electrical Power Engineering and the University of Applied Science at Birkenfeld at the Department of Automation and Energy Systems, both in Germany. A review of the main activities and experiences is given, and shows a real good example of an efficient integration in education and research, even in public schools.