

**Bauwerkintegrierte Photovoltaik (BIPV)**  
**Entwicklung und Bewertung von Fassadensystemen**

Building integrated Photovoltaics (BIPV)  
Development and evaluation of façade-systems

An der Fakultät Bauingenieurwesen  
der Technischen Universität Dresden  
zur Erlangung des akademischen Grades  
Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.) vorgelegte

**Dissertation**

von

Dipl.-Ing. Sebastian Horn

geboren am 29.11.1986 in Ebersdorf

## Kurzfassung

Die weltweite Energieversorgung befindet sich im Wandel mit dem Ziel einer Energiebedarfsdeckung aus zum größten Teil erneuerbarer Quellen. Der Hauptgrund dafür liegt in den Anstrengungen zur Reduktion der Treibhausgasemissionen, welche bei der Verbrennung fossiler Energieträger entstehen und als hauptverantwortlich für den fortschreitenden Klimawandel angesehen werden.

Vor diesem Hintergrund befinden sich auch Konstruktionsweisen und Energiekonzepte im Bauwesen im Wandel. Neben der Reduktion des Energiebedarfs auf der einen Seite rückt vermehrt die Energieerzeugung aus erneuerbaren Quellen auf der anderen Seite in den Fokus. Photovoltaik(PV)-Module können hier durch die Umwandlung von Sonnenlicht in elektrischen Strom einen entscheidenden Beitrag leisten. Für eine aktuell angestrebte Deckung des Eigenbedarfs über eine PV-Anlage reicht die bisher häufig genutzte Dachfläche vor allem bei Gebäuden mit vielen Etagen nicht aus. Hier werden zunehmend Fassadenflächen für die Integration von PV-Modulen interessant.

PV-Module in Fassaden entwickelt oft hohe Modultemperaturen, weil im Unterschied zu Dachanlagen eine Hinterlüftung nur eingeschränkt oder nicht möglich ist. Das wirkt sich negativ auf den Wirkungsgrad aus, da die elektrische Leistung von PV-Modulen mit zunehmender Modultemperatur abnimmt.

Im Rahmen dieser Arbeit werden Bauwerkintegrierte Photovoltaik(BIPV)-Fassadensysteme einem Langzeitmonitoring unterzogen, um den Einfluss des jeweiligen Fassadensystems auf die Leistungsfähigkeit der PV-Module detailliert und zeitlich aufgelöst betrachten und bewerten zu können. Daraus werden Empfehlungen sowohl hinsichtlich der Planung als auch hinsichtlich der normativen Berücksichtigung von BIPV-Fassaden abgeleitet, womit die vorliegende Arbeit zur Erweiterung der Einsatzmöglichkeiten von BIPV-Fassadensystemen beiträgt.

Aufbauend auf bisherigen Systemen wird ein neues BIPV-Fassadensystem mit einer höheren Leistungsfähigkeit entwickelt und für den Zeitraum von einem Jahr einem Freifeldmonitoring unterzogen. Bei dem Fassadensystem wird der

Anstieg der Modultemperatur und damit die Verringerung des Modulwirkungsgrades durch den Einsatz von Latentwärmespeichermaterialien (PCM: Phase Change Material) abgepuffert. Dies erfolgt, indem die thermische Energie der Sonne das PCM zum Schmelzen bringt, wodurch sich die Temperatur nicht erhöht. Die Menge an PCM sowie die Wahl des Schmelzpunktes stellen dabei eine entscheidende Variable dar.

Die Untersuchungen und Auswertungen dieser Arbeit bestätigen die Wirkungsweise der PCM-Integration, zeigen aber auch weiteren Handlungsbedarf hinsichtlich einer genaueren Berücksichtigung der rechnerischen Auslegung und Dimensionierung im Planungsprozess. Zudem wird aufgezeigt, dass die klimatischen Verhältnisse am Standort sowie die jeweilige Gebäudenutzung einen entscheidenden Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit von BIPV-Systemen haben.

## **Abstract**

The worldwide energy supply is changing in order to meet the energy demand using predominantly renewable sources. The main reason for this is the effort to reduce greenhouse gas emissions, which are caused by the combustion of fossil fuels. These emissions are considered as the primary cause for the progressing climate change.

Against this background, construction methods and energy concepts in the building industry are also changing. Alongside the endeavor to save energy, the energy production from renewable sources is gaining increased interest. Here, Photovoltaic (PV) modules can make a noticeable contribution by converting solar radiation into electrical power. Particularly in the case of multistory buildings, the roof area, which to date has often been used for the installation of PV modules, is not sufficient to fulfill the building's energy requirements. The potential capacity of façade areas is spotlighted in this respect.

In contrast to roof integration, PV modules in façades often reach high module temperatures due to inadequate or lack of rear ventilation. This negatively affects the efficiency, because the electrical output decreases with rising module temperatures.

In this work, various building-integrated (BIPV) façade systems were monitored over a long period. The aim is to analyze and evaluate the influence of the respective façade system on the efficiency of the PV modules. Based on the results, recommendations for planning and normative guidelines for BIPV façades were derived. Therefore, this work contributes to an expansion of possible BIPV applications in the future.

Based on previous systems, a new BIPV façade system with higher efficiency is developed and monitored at an open-air test site over the course of one year. The temperature rise of the façade system and the resulting decrease of module efficiency will be buffered using Phase Change Materials (PCM). The thermal energy of the solar radiation causes the PCM to melt, rather than increasing the module temperature. The main variables are the amount of PCM as well as the selection of the melting point.

The investigations and evaluations within the scope of this work confirm the effectiveness of PCM integration. They also show that further research is necessary regarding a detailed dimensioning and planning process. In addition, the climatic conditions at the building location as well as the respective type of occupancy have a major influence on the profitability of BIPV systems.