

# **Entwicklung eines Befestigungssystems für Photovoltaikmodule**

Development of a mounting system for PV-Modules

An der Fakultät Bauingenieurwesen  
der Technischen Universität Dresden  
zur Erlangung des akademischen Grades  
eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.) genehmigte

## **Dissertation**

vorgelegt von

Dipl.-Ing. Lutz Tautenhahn

geboren am 08.07.1979 in Karl-Marx-Stadt

Erster Gutachter	Prof. Dr.-Ing. Bernhard Weller Technische Universität Dresden
Zweiter Gutachter	Prof. Dr.-Ing. Frank Wellershoff HafenCity Universität Hamburg
Tag der Verteidigung	30.01.2015

**Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek**

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Lutz Tautenhahn

**Entwicklung eines Befestigungssystems für Photovoltaikmodule**

Dissertation. Dresden: Technische Universität, 2015

Weitere Informationen sowie den Volltext dieser Publikation stellt die Sächsische Landesbibliothek - Staats- und Universitätsbibliothek Dresden (SLUB) unter <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-161367> bereit.

© 2015 Lutz Tautenhahn

Technische Universität Dresden  
Fakultät Bauingenieurwesen  
Institut für Baukonstruktion  
D-01062 Dresden

Telefon +49 351 463 34845

Telefax +49 351 463 35039

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

## **Kurzfassung**

Der derzeitige technische Fortschritt stützt sich maßgeblich auf die Nutzung von elektrischem Strom. Der Anteil der Stromerzeugung aus Sonnenlicht hat mittlerweile in Deutschland den der Wasserkraft überschritten, der 1990 noch der größte regenerative Energielieferant war. Die Technologie der Photovoltaik (PV) wandelt die hochenergetische Strahlung der Sonne in elektrischen Strom um und nutzt dabei häufig Glasplatten als tragende Struktur.

Der Hauptanspruch dieser Arbeit liegt in der Entwicklung und Untersuchung eines Befestigungssystems mit einer höher- oder hochmoduligen Klebverbindung zum gläsernen PV-Modul sowie einer möglichst universell einsetzbaren Fügeverbindung zur Unterkonstruktion.

Die systematische Entwicklung der Fügeverbindung zum PV-Modul basiert auf dem Ansatz eines flexiblen, stützenden Ringes für das Fügeelement (Halter), um die durch eine mechanische Belastung der Module induzierten Zugspannungen im Glas über der Fügeelementkante zu reduzieren. Eine neuartige, kombinierte Klammer-Keil-Verbindung sichert die Befestigung auf einer von ihr unabhängigen Unterkonstruktion sowohl quer als auch längs zur Schienenrichtung.

Experimentelle Arbeiten charakterisieren die eingesetzte Klebverbindung unter verschiedenen Beanspruchungsszenarien, um sowohl konstruktions- als auch klebstoffbedingte Möglichkeiten und Grenzen der Fügeverbindung für die vorliegende Anwendung zu identifizieren. Die Untersuchungen weisen zudem geeignete Vorbehandlungsmaßnahmen der Aluminiumoberflächen aus.

Sowohl numerische Simulationen als auch die neuartig eingesetzte Nahbereichsphotogrammetrie bestätigen in Bauteiluntersuchungen die vorteilige Wirkung des flexiblen, höhermodulig geklebten Ringes. Die vorliegende Arbeit setzt sich hierbei auch kritisch mit unterschiedlichen Einflüssen auf die Ergebnisse auseinander, die einerseits durch verschiedene Prüfstände hervorgerufen werden können und andererseits auch den verwendeten Methoden zugrunde liegen.

## **Abstract**

Today much of technical advances are due to the usage of electricity. The contribution of solar power to the production of electricity in Germany currently surpasses water powered electricity which was in 1990 the almost exclusive renewable energy source. The technology of photovoltaic systems based on high-powered sun radiation, often utilizes glass plates as a supporting structure.

This dissertation primarily focuses on the research and development of a mounting system with a higher or high modulus adhesively bonded joint to the PV-module as well as an all-purpose connection to the substructure.

The systematical development process of the connection to the PV-module is based on the approach of a flexible supporting ring-shaped mounting element. This reduces the tension within the glass surface at the edge of the mounting element when mechanically loading the PV-module. A novel connection using a clamp-wedge combination ensures the ability to mount the PV-module horizontally or vertically to the rail substructure.

Through the development process, the bonded joint is exposed to various scenarios where the construction as well as the adhesive possibilities and limitations under each scenario are analyzed. Research outcomes yield recommendations for appropriate pre-treatment of the aluminum surfaces.

Numerical simulations as well as the novel use of the near-field photogrammetry method confirmed beneficial action of the flexible ring-shaped mounting element within assembly testing of large glass specimens. This dissertation discusses how different variables can have a considerable effect on results when introduced through the testing device and through monitoring methods.