

**Kurzbericht**  
**zu**  
**Verbundforschungsauftrag**

>> Solarkontakt – Modulkontaktierung  
für dünne und ultradünne Solarzellen aus Silizium<<

- durchgeführt im Auftrag des  
Wirtschaftsministeriums Baden-Württemberg  
mit Mitteln der Landesstiftung Baden-Württemberg –

Ansprechpartner:

Fraunhofer Institut  
für Produktionstechnik und Automatisierung IPA  
Dirk Schlenker  
Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart  
Tel.: 0711/9701508 / Fax: 0711/9701007  
E-Mail: [schlenker@ipa.fraunhofer.de](mailto:schlenker@ipa.fraunhofer.de)

In Kooperation mit:

Institut für Physikalische Elektronik  
Universität Stuttgart  
Pfaffenwaldring 47  
70569 Stuttgart

Förderkennzeichen: E11

## Ziel des Vorhabens

Das zuverlässige Handhaben und Kontaktieren der Solarzellen im Zuge der Herstellung von Photovoltaikmodulen ist für die Funktionalität und Qualität von entscheidender Bedeutung. Hierbei stellen die immer dünner werdenden Siliziumzellen eine große Herausforderung dar. Inhalt des Projektes war es, die String-Produktion und die damit verbundenen Prozesse grundlegend zu untersuchen und dabei aktuelle Entwicklungstrends auf Material- und Geometrieseite zu berücksichtigen. Es sollten neue Ansätze zur Optimierung der Kontaktierung und der Qualitätsprüfung entwickelt werden, um damit die Industrie in die Lage zu versetzen, mit neuen Produktionslösungen die automatisierte Herstellung von zukünftigen Solarmodulen zu beherrschen.

Das Ziel des Vorhabens war die Etablierung einer Forschungs- und Entwicklungsplattform zur Lösung produktionstechnischer Fragestellungen im Bereich der String- und Modulherstellung mit besonderem Fokus auf die Verarbeitung dünner Solarzellen. Die auf dem erarbeiteten Wissen und der verfügbaren Infrastruktur der Institute basierende Plattform, soll künftig als F&E-Dienstleistungszentrum genutzt werden können, und im Sinne der Ausschreibung die wissenschaftlich-technische Infrastruktur in Baden-Württemberg stärken.

## Projekinhalt und -durchführung

Die wesentlichen Arbeitspunkte (AP) im Projekt, die durch die Industriepartner unterstützt wurden, waren:

AP	Beschreibung	Industriebeitrag
1	<b>Aufbau einer Forschungs- und Entwicklungsplattform zur String- und Modul-Produktion</b> Analyse des Bedarfs gemeinsam mit der Industrie, Festlegung der Inhalte und Ableitung von Maßnahmen zur Umsetzung	Spezifikation
2	<b>Wissenschaftliche Untersuchung der Modulkontaktierung</b> Bestimmung der wesentlichen Einflussfaktoren und Ableitung von Untersuchungsschwerpunkten	Expertisen
3	<b>Entwicklung und Prototypenbau</b> Erarbeitung von produktionstechnischen Lösungsansätzen u.a. zur Handhabung von Zellen, Optimierung der Kontaktierung und zuverlässigen Charakterisierung	Versuchsmaterial u.a. Solarzellen / Prozesstechnik
4	<b>Validierung im produktionsnahen Umfeld</b> Untersuchung der Leistungsfähigkeit und industriellen Anwendbarkeit der Lösungen	Materialien / Geräte und Anlagentechnik
5	<b>Projektmanagement und Öffentlichkeitsarbeit / Ergebnisverwertung</b>	

## Erzielte Projektergebnisse

- Identifikation forschungsrelevanter Prozesse für die Modulproduktion:
  - Produktionsintegriertes selektives Vorkonditionieren der Kontaktflächen
  - Zuverlässiges Auftragen von Verbindungsmedien (Flussmittel, Lotpaste und Leitkleber)
  - Montage bzw. Legen des Kontaktbändchens
  - Qualitätsprüfung (elektrisch und mechanische Langzeitstabilität)
- Recherche themenrelevanter Veröffentlichungen, Forschungsaktivitäten und Standards

- Erkenntnisse über den Einfluss einer Vorkonditionierung der Kontaktflächen mit CO<sub>2</sub> bzw. atmosphärischem Plasma auf die elektrische und mechanische Verbindungsqualität und über die industrielle Anwendbarkeit der Verfahren. Beispielsweise konnte durch die Vorbehandlung des Busbar mit atmosphärischem Plasma vor der Montage des Bändchens eine Verbesserung der durch Abziehen ermittelten mechanischen Zugfestigkeit um bis zu 25% erzielt werden. Die Auswirkungen auf die elektrische Verbindungsqualität sind dagegen gering.

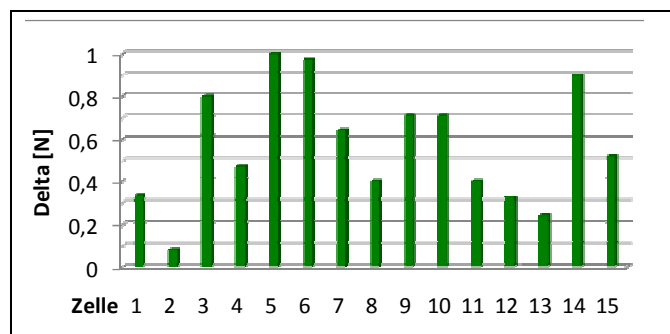


Bild 1: Verbesserung der Haftkraft durch eine Vorkonditionierung mit atmosphärischem Plasma

- Zerstörungsfreie Charakterisierung der elektrischen Eigenschaften der hergestellten Lötverbindung und Überprüfung auf eventuelle Solarzellenschädigung mittels kamerabasierter Elektrolumineszenz (Bild 2).
- Entwicklung eines abgewandelten Transfer-Längen-Verfahrens zur Bestimmung des Lötkontaktwiderstands (Bild 3)

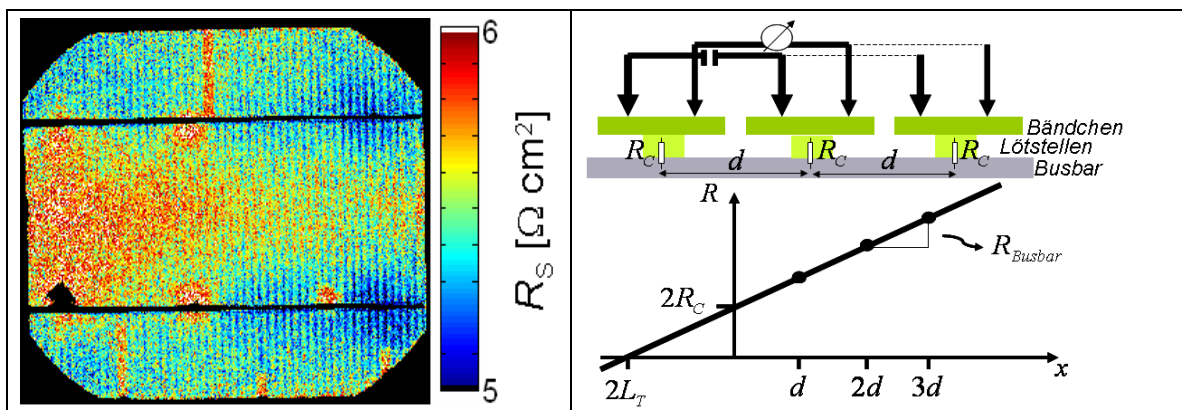


Bild 2: Lokale serielle Widerstände einer Solarzelle ermittelt aus Elektrolumineszenzmessung

Bild 3: Lötkontakt-Widerstandsbestimmung über abgewandeltes Transfer-Längen-Verfahren

- Erkenntnisse über die Anwendbarkeit des CO<sub>2</sub>-Reinigungsverfahrens zur Entfernung von Verschmutzungen, z. B. Flussmittelreste, auf den Bändchen zur Verbesserung der Kontaktierungsqualität. Zwar konnte eine Reinigungswirkung erzielt werden, jedoch zeigte sich das Verfahren aus wirtschaftlicher Sicht nur bedingt geeignet.
- Lösungsansatz zum präzisen Auftragen von Flussmittel auf die Busbars von Solarzellen zur Unterstützung einer optimalen Kontaktierung und des Erscheinungsbildes der Verbindungstelle aufgrund des begrenzten Auftrags. Realisiert wurde eine Versuchsvorrichtung zur Weiterentwicklung des Verfahrens und Anpassung an zukünftige dünne, folienartige Solarzellen (Bild 4).

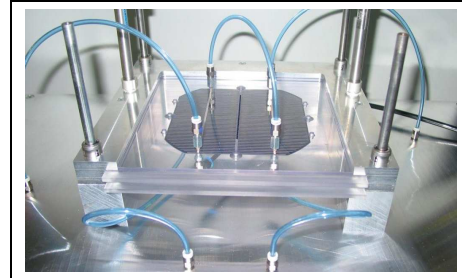


Bild 4: Vorrichtung zum Flussmittelauftragen

- Konzeptentwicklung und prototypenhafte Umsetzung eines Werkstückträgersystems bzw. Prozessträger zur Unterstützung der Herstellung von Strings, insbesondere bei der Kontaktierung, mittels Leitkleben (Bild 5)

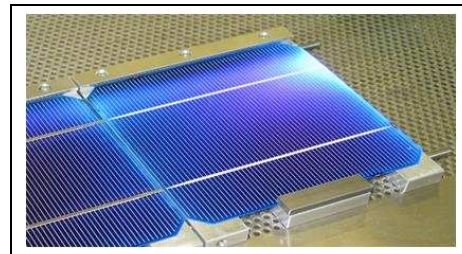


Bild 5: Werkstückträgersystem

- Erkenntnisse über das Verhalten und die Beanspruchung dünner Zellensubstrate bei der dynamischen Handhabung mittels Vakuumgreifer.
- Voruntersuchungen zum Vergleich der mechanischen und elektrischen Eigenschaften von gelöteten und über leitkleben kontaktierte Bändchen. Aufgrund der erforderlichen Anpassungen auf Materialseite konnten im Rahmen des Projektes keine belastbaren Ergebnisse erzielt werden.
- Aufbau einer Forschungs- und Entwicklungsplattform zur PV-Modulproduktion mit Internetpräsenz [www.solarproduktion.org](http://www.solarproduktion.org)
- Darstellung der Entwicklungen im Projekt auf Fachmessen, wie z.B. PHOTON Expo 2009 / München und EUPVSEC 2009 / Hamburg. Eine Veröffentlichung der Ergebnisse in Fachzeitschriften ist geplant.

## Mögliche Anwendungsfelder

Die Ergebnisse dienen zum einen der Optimierung heutiger Prozesse im Zusammenhang der Zellenkontaktierung bzw. Herstellung von Strings. Sie können sowohl auf Produktionsseite als auch auf Geräte- und Anlagenseite angewandt werden. Desweiteren stellen sie Lösungsansätze für zukünftige applikationsspezifische Entwicklungen zur Handhabung, Verbindung und Qualitätsprüfung dar. Eine Übertragung der Ergebnisse auf andere Bereiche mit ähnlichen Herausforderungen ist möglich. So können die Erkenntnisse zur Oberflächenkonditionierung und Prüfung beispielsweise in die Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik verwertet werden. Mit dem entwickelten Auftragsverfahren lassen sich u. a. Folien in der Verpackungsindustrie ortsselektiv beschichten bzw. bedrucken.