

Abschlussbericht

BIPV-Fab4.0-Konzept, Teil 1

von

Dr. Holger Neuhaus

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Heidenhofstr. 2, 79110 Freiburg. Abteilung »Photovoltaische Module (PVM)«

Förderkennzeichen: L75 21116 – 21119

Laufzeit: 01.04.2021 – 30.09.2022

Die Arbeiten des Baden-Württemberg-Programms Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung (BWPLUS) werden mit Mitteln des Landes Baden-Württemberg gefördert

Dezember 2022



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

Forschungsberichtsblatt

BIPV-Fab4.0-Konzept, Teil 1

Vorhabenbezeichnung:

BIPV-Fab4.0-Konzept, Teil 1

Förderkennzeichen:

L75 21116 – 21119

(PTKA, Baden-Württemberg Programme)

Thema:

Analyse der Machbarkeit einer industriellen Fertigung und eines digitalen Planungsprozesses von kundenspezifischen BIPV-Modulen in Baden-Württemberg

Zuwendungsempfänger:

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Heidenhofstr. 2, 79110 Freiburg.

Arnold Zentralverwaltungsgesellschaft mbH, Alfred-Klingele-Str. 15, 73630 Remshalden.

arcon-dur Sicherheitsglas GmbH & Co. KG, Industriestraße 10, 91555 Feuchtwangen.

arcon Flachglas-Veredlung GmbH & Co. KG, Industriestraße 10, 91555 Feuchtwangen.

Laufzeit des Vorhabens:

01.04.2021 – 30.09.2022

Projektleiter:

Dr. Holger Neuhaus, Fraunhofer-ISE, Abteilung »Photovoltaische Module (PVM)«

Entsprechend der Förderrichtlinien des Ministeriums für Umwelt Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, beantworten wir in vorliegendem Schreiben, ergänzend zum Abschlussbericht vom 09.12.2022, die nachfolgend gelisteten Fragen.

1. Kurzbeschreibung der Forschungsergebnisse

In Deutschland soll die PV-Erzeugungskapazität rasant auf ca. 200 GW in 2030 und auf ca. 400 GW in 2040 ausgebaut werden. Gemessen an seinem Flächenanteil müssen in Baden-Württemberg zur Erreichung der Klimaziele mind. 4,33 Mio. m² oder 0,9 GW pro Jahr an Photovoltaik (PV) zugebaut werden.

Es ist wichtig, dass dieser Zubau mit hoher Nutzerakzeptanz und möglichst ohne zusätzlichen Flächenverbrauch erfolgt. Daher ist bauwerkintegrierte PV (engl. »Building-integrated PV«, BIPV) eine attraktive Möglichkeit zum flächenneutralen Ausbau der erneuerbaren Energien und gleichzeitig zur CO₂-Reduktion bei Gebäuden.

Die große Herausforderung für Fassadenelemente mit PV sind die vielen unterschiedlichen Formate, die bei einem Bauvorhaben sehr spezifisch und daher einzigartig sind. In herkömmlichen PV-Fertigungen wird aber ein in Form, Abmessungen und Aufbau immer gleiches Produkt in Dauerschleife produziert. Eine BIPV-Fertigung muss stattdessen bis zur »Losgröße 1« individuelle Produkte fertigen können, um auf die Bedürfnisse der Architekten einzugehen. Bisher wird diese Herausforderung durch einen hohen Anteil von Handarbeit gelöst, mit entsprechend hohen Kosten und einem daraus resultierenden sehr kleinen Markt.

Neben der Fertigung der benötigten Fassadenelemente, sind ganz wesentlich auch die Planung und Dimensionierung der BIPV-Module und -Anlagen und die Schnittstelle zwischen Planung und Herstellung zu berücksichtigen.

Neue Glas-Glas-Solarmodule auf der Basis von bewährten Silicium-Solarzellen mit innovativer und flexibler Schindelverschaltung sollen die Nutzung von bisher brachliegenden oder kaum genutzten Gebäudehüllflächen ermöglichen. Durch die innovative Verschaltung sind diese Produkte deutlich flexibler auslegbar als bisherige Lösungen, und besser automatisiert zu fertigen.

Im Rahmen des Projekts »BIPV-Fab4.0 – Konzept, Teil 1« wurden Ansätze für eine automatisierte, industrielle Planung und Herstellung von solchen kundenspezifischen BIPV-Modulen erforscht. Durch die hohe Automatisierung bei Beibehalten der Flexibilität und die Unterstützung durch geeignete digitale Werkzeuge von Vertrieb bis Produktion konnten signifikant gesenkte Herstellungskosten abgeleitet werden.

Für die Errichtung einer geeigneten Fabrik werden Investitionskosten von ca. 39 Mio € erwartet. Im Betrieb können bis zu 57 Mitarbeitende in der Fertigung beschäftigt werden. Eine solche Fabrik kann pro Jahr mehr als 100.000 m² Module fertigen, was einer Erzeugungskapazität von mehr als 19 MW entspricht. Durch im Projekt skizzierte zusätzliche Ausbaustufen lässt sich die Ausbringungsmenge auf über 58 MW erhöhen. Die Produkte der Fabrik haben mittlere Fertigungskosten von 196 €/m² und lassen sich daher deutlich attraktiver am Markt vertreiben als vergleichbare Produkte aus manueller Fertigung mit 300 €/m² Beschaffungspreis.

Eine solche Fertigung sollte also einen signifikanten Beitrag zur weiteren Etablierung des BIPV-Marktes leisten können. Anhand der vorgelegten Berechnungen erscheint ein langfristig wirtschaftlicher Betrieb als wahrscheinlich. Allerdings gibt es aufgrund des erst hochlaufenden Marktes noch erhebliche unternehmerische Risiken, so dass eine öffentliche Förderung von Pilotprojekten notwendige Anreize bieten sollte.

2. Welche Fortschritte ergeben sich für die Wissenschaft und/oder Technik durch die Forschungsergebnisse?

Für das Konzept einer höher als bislang üblich automatisierten Fertigung, bei gleichzeitiger flexibler Anpassungsfähigkeit von BIPV-Modulen, musste ein Fertigungskonzept erarbeitet und für die zeitnahe Umsetzung auf geeigneten Produktionsanlagen demonstriert werden. Die hierzu durchgeführten Arbeiten sind im Abschlussbericht näher erläutert.

Es konnte erfolgreich gezeigt werden, dass der Ansatz der Schindelverschaltung von Solarzellenstreifen konzeptionell eine höhere Flexibilität der Moduldimensionen ermöglicht, wie sie für die Anwendung in der BIPV vorteilhaft sind. Zugleich wurde evaluiert, dass am Markt verfügbare Produktionsanlagen geeignet sind, um diesen Ansatz kosteneffizient in geeigneten Produkten anzuwenden. Zudem konnte praktisch aufgezeigt werden, dass auch für den nachfolgenden Schritt der Einkapselung, mit der Vakuumlamination ein geeignetes Verfahren mit ausreichend hohem Produktionsdurchlauf verfügbar ist. Dies war insbesondere wichtig, da bisher in der Glasveredlung eingesetzte Verfahren wie der Autoklavprozess, nur bedingt einsatztauglich für PV-Produkte sind. Insbesondere konnte gezeigt werden, dass durch Optimierung der Prozessrezepte auch bei Einsatz von in der Glasveredlung etablierter Materialien wie PVB eine signifikante Steigerung der Produktivität möglich ist, obwohl hier bisher deutlich längere Prozesszeiten angesetzt waren.

Darüber hinaus wurde im Rahmen des Projekts das allgemeine Geschäftsmodell der BIPV-Produktion intensiv untersucht und der zugrundeliegende Planungsprozess systematisch aufgearbeitet. Durch den Abgleich mit bestehenden Konzepten aus der Gebäudeplanung (z.B. HOAI) wurde ein angepasster BIPV-Planungsprozess erarbeitet, der verschiedene Rollen und Aufgaben, sowie mögliche Akteure zur Ausübung einer Rolle, benennt. Durch den systematischen Aufbau dieser Beschreibung lässt sich der Planungsprozess insgesamt stärker vereinheitlichen und beschleunigt durchführen. Zugleich zeigt dies Akteuren am Markt klarere Handlungsoptionen und Geschäftsmodelle auf. Im konkreten Fall wurde darüber hinaus erarbeitet, welche Rollen und Aufgaben vorteilhaft durch die Betreiber einer hoch automatisierten BIPV-Fertigung abgedeckt werden können.

3. Nutzen, insbesondere praktische Verwertbarkeit der Ergebnisse und Erfahrungen

In den Ausarbeitungen wurde besonderer Wert darauf gelegt, die als vorteilhaft identifizierten Anlagen, Prozesse und Materialien konkret zu benennen, so dass der vorgelegte Abschlussbericht bereits Eigenschaften einer Anleitung zur Implementierung der Forschungsergebnisse durch Aufbau einer entsprechenden Fertigung besitzt.

Insbesondere sind das Fabrikkonzept inklusive möglicher Anlagenoptionen samt Anlagenherstellern, Überlegungen zum Ramp-Up der Fertigung und Optionen zur Gestaltung des Geschäftsmodells aufgezeigt. Dies inkludiert auch eine Skizzierung der weiteren Planungsinfrastruktur sowie durchzuführender Produktqualifizierungen.

Die hierbei entstehenden Kosten und mögliche Erträge sind ebenfalls bereits schematisch, auf Basis von Randbedingungen der am Projekt beteiligten Partner, berechnet und vorgestellt. Zudem wurden Markt-Perspektiven und aktuelle Wettbewerber erläutert.

Die Ergebnisse haben daher eine sehr hohe praktische Verwertbarkeit für potenzielle Markteinsteiger, auch wenn bei der Umsetzung spezifische Details (z.B. Standort, lokale Infrastruktur, Finanzierungsmöglichkeiten, etc.) natürlich noch berücksichtigt werden müssen.

4. Konzept zum Ergebnis- und Forschungstransfer auch in projektfremde Anwendungen und Branchen

Die im Rahmen des Projektes erarbeiteten Konzepte und Erkenntnisse sind am Fraunhofer ISE hinterlegt und bieten eine Basis zur weiteren Ausarbeitung kundenspezifischer Konzepte interessierter Partner. Als öffentliche Institution gewährleistet Fraunhofer im Allgemeinen nicht-exklusive Wissensweitergabe durch

Aus- und Weiterbildung von Personal, sowie durch Vertrags- und Auftragsforschung für private und öffentliche Geldgeber in Deutschland und Europa. Das zugrunde liegende und erarbeitete Wissen findet bereits heute (in Teilen) Einzug in Forschungsaufträge mit verwandten Fragestellungen. Insbesondere durch den interdisziplinären Charakter des Projekts, sowie die inhärente Vernetzung verschiedener Branchen im Themenfeld der „integrierten Photovoltaik“ (z.B. Photovoltaik-Technologie, Gebäudeplanung, Fassadenbau, etc.) findet dabei insbesondere auch ein Wissenstransfer in PV-fremde Branchen statt.