



1 Die integrierte Photovoltaik erschließt große Flächenpotenziale für die Erzeugung von Solarenergie.

INTEGRIERTE PHOTOVOLTAIK – FLÄCHEN WERDEN AKTIV

Integrierte Photovoltaik fügt sich in die Hülle von Gebäuden, Verkehrswegen und Fahrzeugen ein. Sie nutzt Flächen gemeinsam mit der Landwirtschaft oder belegt Wasserflächen in gefluteten Tagebauen. Die Integration von PV erschließt riesige Flächenpotenziale, allein die Bauwerksintegrierte Photovoltaik (BIPV) und die Agrophotovoltaik (APV) bieten zusammen Raum für mehrere 100 GW Leistung in Deutschland. Anstelle von Nutzungskonflikten treten Synergien, etwa Reichweitengewinne für Elektrofahrzeuge, ortsnahe Stromversorgung für Gebäude oder Lärmschutz an Straßen und Schienen.

Am Fraunhofer ISE entwickeln wir neue Anwendungen in folgenden Bereichen:

- Bauwerksintegrierte PV (BIPV)
- Agrophotovoltaik (APV)
- Vehicle Integrated PV (VIPV)
- Road Integrated PV (RIPV)
- Floating PV (FPV)

Hocheffiziente Technologien

Besonders fahrzeugintegrierte PV-Module müssen maximale Erträge auf knapper Fläche erwirtschaften. Bei PKWs sind zudem hohe ästhetische Ansprüche zu erfüllen. Wir entwickeln hocheffiziente, flexibel konfigurierbare Siliciumsolarzellen mit filigraner Metallisierung und Zellverbindung in Schindeltechnologie für anspruchsvolle Fahrzeug- oder Gebäudehüllen. Unsere Morpho-Beschichtung liefert brillante Farben bei nur geringfügigen Ertragseinbußen in der Größenordnung von 7 % relativ.

Unsere Zelltechnologie auf Basis von III-V-Halbleitern erreicht Wirkungsgrade über 35 % und kommt bisher vor allem in der Luft- und Raumfahrt zum Einsatz.

Anwendungsoptimierte Moduldesigns

Viele integrierte Anwendungen erfordern Moduldesigns, die multifunktionalen und ästhetischen Anforderungen gerecht werden. Wir unterstützen unsere Partner bei der Entwicklung spezieller Designs und der

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Heidenhofstr. 2
79110 Freiburg
Telefon +49 761 4588-0

Photovoltaische Module und Kraftwerke

Dr. Harry Wirth
Telefon +49 761 4588-5858
pvmod@ise.fraunhofer.de

www.ise.fraunhofer.de



Auswahl geeigneter Materialien. So lassen sich mit leitfähig geklebten Schindelverbindungen höchste Wirkungsgrade, gekrümmte Oberflächen und weitgehend unsichtbare Modulschaltkreise realisieren. Wir untersuchen glasfreie Aufbauten, um ein besonders geringes Flächengewicht für Leichtbauanwendungen in Nutzfahrzeugen oder für wenig tragfähige Dächer zu erreichen.

Dünne, leichte III-V-Solarzellen und folienbasierte organische Solarmodule lassen sich besonders gut in die gekrümmten Tragflächen von elektrisch betriebenen Flugzeugen integrieren. III-V-Solarzellen haben sich durch ihre hohe Strahlungsstabilität in der Raumfahrt bewährt. Organische Solarmodule ermöglichen partielle Durchsicht und spektral selektive Transmission, z.B. in photovoltaisch aktiven Fensterflächen.

Charakterisierung und Prüfung

In unseren akkreditierten Kalibrierlabors Callab PV Cells und PV Modules bestimmen wir die präzisen Leistungsdaten der Solarzellen und Module unter verschiedenen Betriebsbedingungen und schaffen so die Grundlage für Ertragssimulationen. Die Zuverlässigkeit innovativer Moduldesigns auf Basis neuer Materialien testen wir in unserem akkreditierten Prüflabor und bereiten die Produktzertifizierung vor. Abhängig von der Anwendung sind integrierte Module zudem erhöhten Belastungen ausgesetzt, beispielsweise im Lärmschutz an Straßen oder bei der Fahrzeugintegration. Wir analysieren spezifische Belastungen und übersetzen diese in äquivalente beschleunigte Laborprüfungen.

Präzise Ertragsanalyse

Integrierte Photovoltaik stellt besondere Anforderungen an die präzise Prognose ihrer Ertragspotenziale. Mit physikalisch exakten Modellen auf Basis von Raytracing und hochwertigen Wetterdaten können wir die kombinierte Landnutzung durch Agrophotovoltaik und die Performance von Bauwerkintegrierter PV (BIPV) im teilverschatteten Betrieb optimieren. Bifaziale Erträge lassen sich ebenso simulieren wie routenabhängige Erträge in mobilen Anwendungen. Unsere Ertragsmodelle werden durch Monitoring validiert. Auf Basis von Kosten- und Ertragsmodellen bieten wir umfassende Analysen zu Wirtschaftlichkeit und Stromgestehungskosten.

Vollautomatisierte, flexible Produktion und digitale Bauprozesse

Für die Gebäudeintegration wird eine Vielzahl von Modulvarianten benötigt, teilweise in kleinen Stückzahlen. In einem einzelnen Bauvorhaben können verschiedene Aufbauten, Formate, Farben und Motive zum Einsatz kommen. Wir unterstützen unsere Kunden bei der Entwicklung flexibler, vollautomatisierter Produktionslinien für die kostengünstige Herstellung individueller Kleinserien. Dazu gehört der Datenfluss von der Planung in die Produktion (Computer-Integrated Manufacturing, CIM). Planungsprozesse werden durch die Digitalisierung von Bauprozessen (Building Information Modeling, BIM) verschlankt und vereinfacht.

Systementwicklung

Mit der Integration von Photovoltaik geht häufig eine Anpassung und Optimierung des gesamten elektrischen Systems einher. In

- 1 **Vehicle Integrated PV (VIPV):** *Gewölbtes PKW-Panoramadach mit integrierten PV-Schindelzellen und Morpho-Farbbeschichtung.*
- 2 **Agrophotovoltaik (APV):** *Die APV-Anlage in Heggelbach ermöglicht doppelte Ernte.*
- 3 **Bauwerkintegrierte Photovoltaik (BIPV):** *BIPV-Module mit matter Oberfläche an einem Gebäude des Fraunhofer ISE.*

der Gebäudehülle müssen unterschiedliche Orientierungen und Verschattungseffekte ausgeglichen werden. Bei der Fahrzeugintegration von Photovoltaik-Modulen sind intelligente Batteriemanagementsysteme ebenso erforderlich wie kompakte und robuste Gleichstromwandler. Wir entwickeln für unsere Kunden ganzheitliche Lösungen von der Systemplanung bis hin zu Softwarelösungen und leistungselektronischen Wandlern.

Unsere FuE-Leistungen

- hocheffiziente PV-Technologien
- anwendungsoptimierte Zell- und Moduldesigns
- Morpho-Farbbeschichtungen
- Bemusterung im Vollformat auf industriellen Anlagen
- Modulcharakterisierung und Prüfung in akkreditierten Laboren
- Ertragssimulation und -monitoring
- Produktionslinien und digitale Prozesse
- Leistungselektronik und Systemintegration
- Potenzial-, Kosten- und Wirtschaftlichkeitsanalyse