

Photovoltaik an denkmalgeschützten Gebäuden

Dr.-Ing. Jan-Bleicke Eggers
Online-Forum Photovoltaik auf Mehrfamilienhäusern
des Bauzentrums München
Online, 07.10.2025

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE



Fraunhofer-Institut für Solare
Energiesysteme ISE

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Forschen für die Energiewende seit 1981

Das Institut in Zahlen

Institutsleiter

Prof. Dr. Hans-Martin Henning

Prof. Dr. Andreas Bett

Mitarbeitende

rund 1400

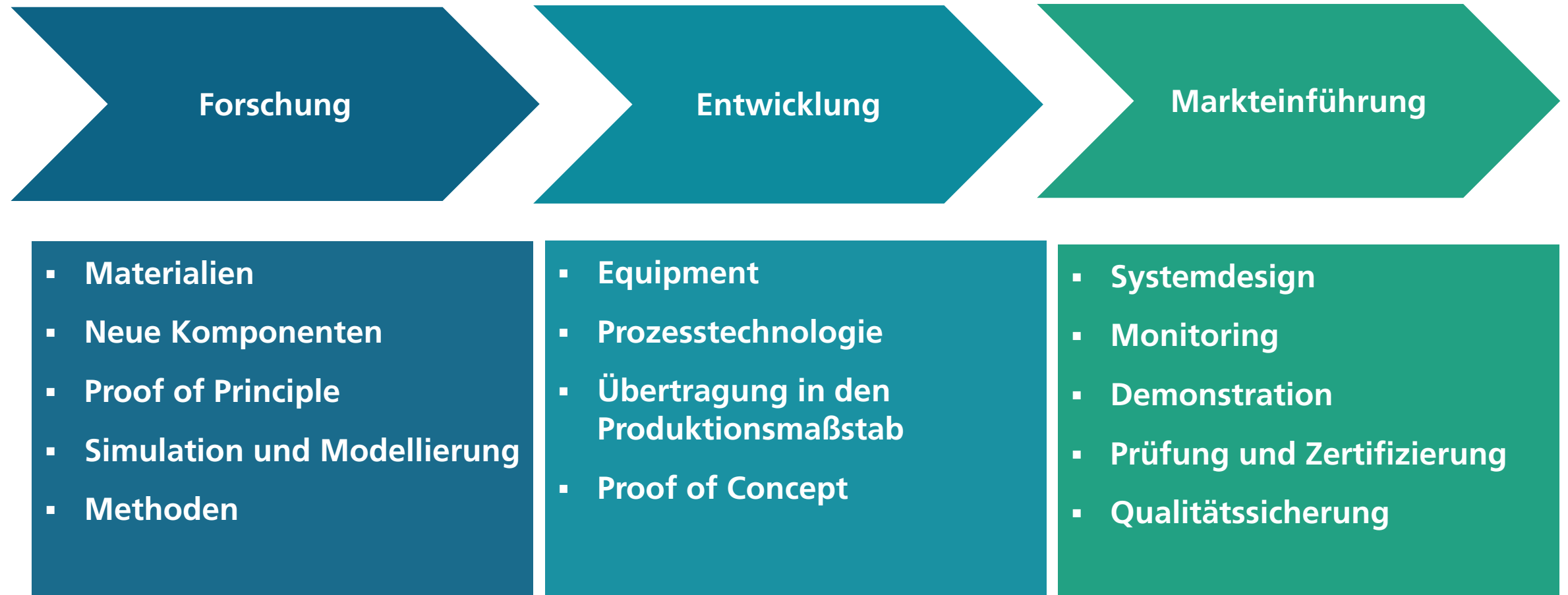
Gesamthaushalt 2024

157,77 Mio. EUR



Auftragsforschung für die Industrie und öffentlicher Hand

Effizienter und ressourcenschonender Technologie für die Energie-, Verkehrs- und Wärmewende



Forschungsschwerpunkte des Fraunhofer ISE

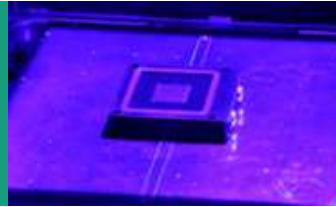
Das größte Solarforschungsinstitut in Europa



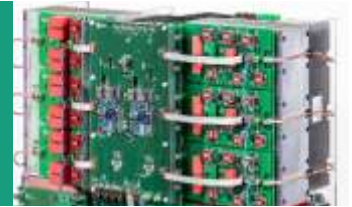
Außendarstellung des Fraunhofer ISE

Unsere Geschäftsfelder

Photovoltaik – Materialien,
Zellen, Module



Leistungselektronik und
Stromnetze



Photovoltaik – Produktions-
technologie und Transfer



Elektrische Energiespeicher



Solkraftwerke und
Integrierte Photovoltaik



Wasserstofftechnologien



Klimaneutrale Wärme und
Gebäude



Systemintegration



(1) ©Fraunhofer ISE/O. Fischer, (2-7) ©Fraunhofer ISE/Dirk Mahler

Unser Forschungsschwerpunkt

Solarisierung der Gebäudehülle



Zentrum für Höchsteffiziente Solarzellen ZhS des Fraunhofer ISE

Die beiden grünen Streifen in der Fassade bestehen aus farbiger BIPV mit MorphoColor®-Technologie.

1

Entwicklung von Gesamtlösungen

langjährige technologische Kompetenz sowie Kenntnisse in Bauplanung und Bauordnungsrecht.

2

Solarisierung

Verglasungen, Bekleidungen und Verbundelemente

3

Untersuchung und Prüfung

Experimentelle Untersuchungen von normgerechten bis hin zu individuellen Experimenten

→ BIPV als Standard im Bauwesen etablieren

Unser Leistungsangebot

Von der Planung u. Umsetzung von Bauprojekten bis zur Entwicklung u. Bewertung neuer BIPV-Systeme



**Unser Alleinstellungsmerkmal:
Abdeckung der gesamten BIPV-
Wertschöpfungskette**

1

Wissenschaftliche Beratung und Begleitung von Produktentwicklungen und -lösungen

bezogen auf Trägermaterialien, Unterkonstruktionen einschließlich Wärmedämmung, die Integration von Wechselrichtern und Verkabelung, funktionale Schichten und verschiedene Werkstoffe

2

TestLab Solar Façades

von normgerechten bis hin zu individuellen Experimenten

3

Detaillierte Analysen durch digitale Modelle

Einstrahlungs- und Ertragsanalysen vom Einzelgebäude bis zur Stadt, Gebäudesimulationen, Bewertung von Blendrisiken

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE



Photovoltaik an
denkmalgeschützten Gebäuden

Photovoltaik an denkmalgeschützten Gebäuden

Anforderungen des Denkmalschutzes und resultierende Herausforderungen für die (BI)PV-Nutzung

Aufgabe der Denkmalpflege

Erhalt von kulturell bedeutenden Gebäuden, möglichst nah an ihrem Originalzustand

Kernanforderungen

- Form-,
- Werk- und
- Materialgerechtigkeit sowie
- Erhalt des geschützten Erscheinungsbildes

→ Idealerweise keine Veränderungen

am Erscheinungsbild, an den verwendeten Bauteilen und den eingesetzten Materialien



Quellen: s. Folie 22

Photovoltaik an denkmalgeschützten Gebäuden

Gestaltungsoptionen bei der Installation und den (BI)PV-Modulen

Auswahl geeigneter Gebäudeflächen

- Zwei grundsätzliche Wege: Unsichtbares Einfügen der PV oder bewusste, harmonische Abgrenzung von Bestand
 - Dächer, Fassaden, Balustraden, Anbauten, Fenster/Oberlichter
 - Ausweichen auf benachbarte Gebäude ohne oder mit geringerem Denkmalschutzwert oder auf umliegende Freiflächen
 - Sichtbarkeit von der/den Hauptansichten
- Flächenauswahl bestimmt Anforderungen an Form, Farbe, Material, Oberflächenstruktur und Art der (BI)PV-Module



Photovoltaik an denkmalgeschützten Gebäuden

Gestaltungsoptionen bei der Installation und den (BI)PV-Modulen

Erste Solarertragsberechnung und Wirtschaftlichkeitsabschätzung

- Ermittlung der Einstrahlungssituation, z. B. mit PVGIS*
- Wirtschaftlichkeitsabschätzung unter Berücksichtigung des Eigenstromverbrauchs und/oder der Einspeisevergütung

Detailgestaltung der PV-Flächen

- Integrierte vs. aufgesetzte Lösung
- Reversibilität
- Aufgreifen der Strukturen, Linienführungen, Formen und Proportionen des Gebäudes
- Gestaltung der Übergänge PV-nicht PV und der Randabschlüsse
- Form, Abmessungen, Farbe, Materialien, Oberflächenstruktur und Art der (BI)PV-Module



Historische, aber nicht denkmalgeschützte Sporthalle in Eppingen mit farbigen MorphoColor-Solarmodulen als Dacheindeckung ©Fraunhofer ISE

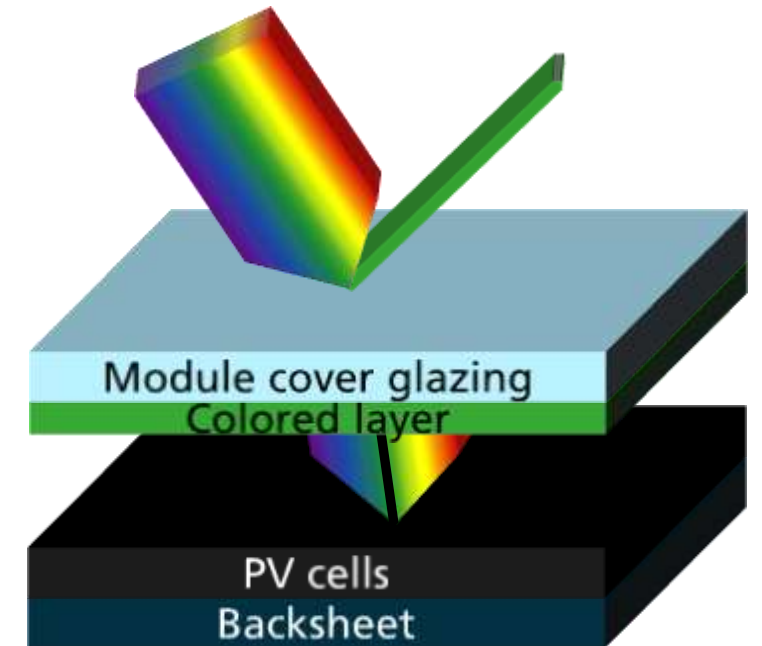
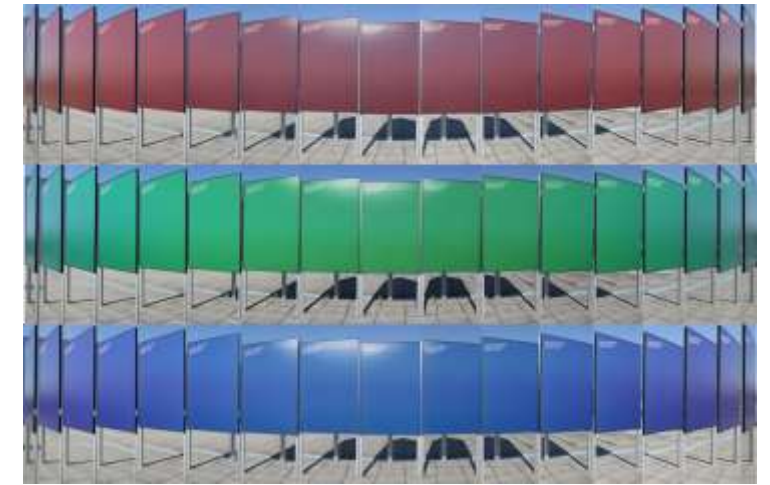
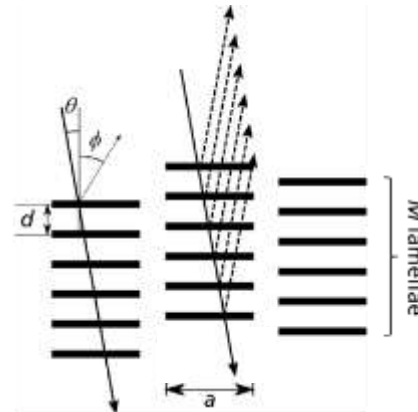
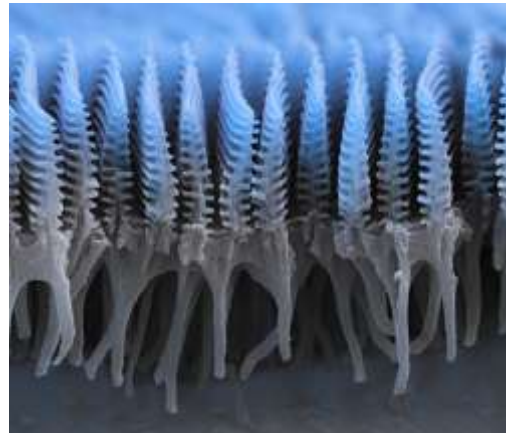
Photovoltaik an denkmalgeschützten Gebäuden

Farbige PV-Module: Interferenzbeschichtungen

- Farbige PV-Module mit MorphoColor®-Technologie
 - Kombination einer nanostrukturierten Oberfläche mit einer Interferenzschicht
 - Abscheidung sowohl auf Glas als auch Folie möglich
 - Leichte Integration in den Modulfertigungsprozess
 - Geringe Verluste von häufig unter 10% (farbabhängig)

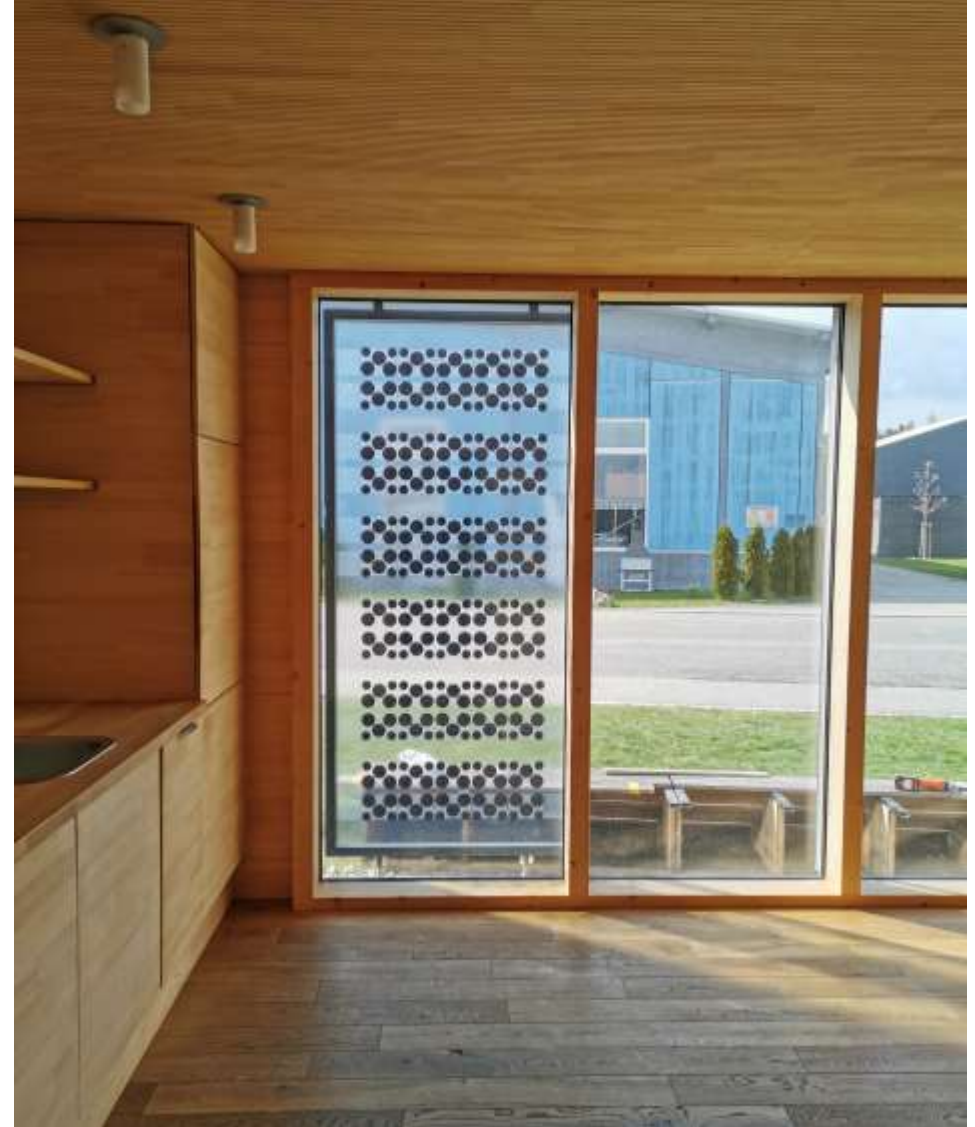


Inspiziert vom Morpho-Schmetterling



BIPV – Teiltransparente PV mit Muster, Projekt »Design2PV«

Pilotinstallation



Credits: Johannes Kimmerle
HTWG Konstanz

Photovoltaik an denkmalgeschützten Gebäuden

Terrassenhaussiedlung, Graz, Österreich



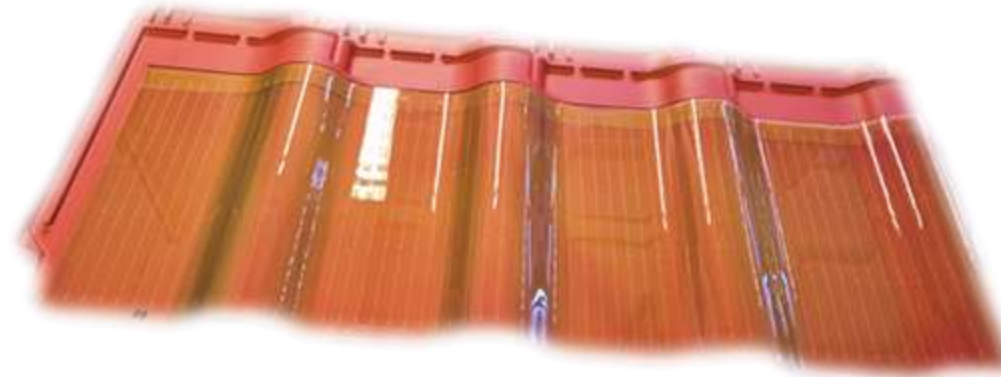
PV-Integration

- Balkonbrüstungen:
Ersatz der orangenen
Eternitplatten
- Hellgraue
Leichtbaufassaden:
Kombination von PV mit
biogener Wärme-
dämmung und
Mikrowärmepumpen
- Sichtbeton:
BIPV-Fassadenelement
mit biogener
Wärmedämmung



Baldachin-Module

Flache und gebogene farbige Dachsteine



SUNOVATION



- Große Farbvielfalt möglich
- Größere Elemente verringern den Installationsaufwand und erhöhen die Effizienz
- Spezieller elektrischer Stecker für die einfache elektrische Verschaltung

	Cells	Dimensions
Flache Module	PERC Matrixschindel	123cmx38cm
Gebogene Module	PERC M12 Halbzellen	112cmx48cm

Photovoltaik an denkmalgeschützten Gebäuden

Rahmenbedingungen der PV-Nutzung an Gebäuden

Architektur und Gestaltung

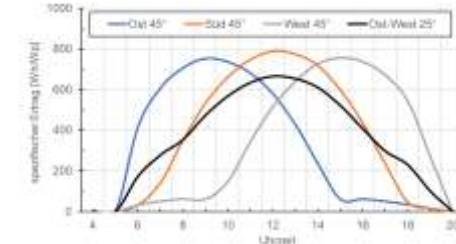
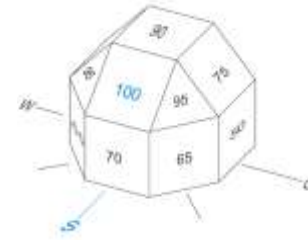
- S. vorangehende Folien
- Herstellerübersicht: <https://bipv-bw.de/d-anhang/d2-uebersicht-modulhersteller/>

Normative und rechtliche Vorgaben

- PV-Komponenten als **Bauprodukte** und deren Verwendung als **Bauart** („Bauwelt“)
- PV-Komponenten als **Elektrobauteile** („Elektrowelt“)
- Anforderungen der **Denkmalpflege**

Stromertrag

- Einstrahlungssituation inkl. Verschattung
- Anlagengüte (Modulwirkungsgrad und PR)



Wirtschaftlichkeit

- Investitionskosten als dominierende Kostenposition
- Einspeiseerlöse, z. B. nach EEG
- Ersparnis an Strombezugskosten durch Eigenstromnutzung

Quellen: s. Folie 22

PV an denkmalgeschützten Gebäuden

Bauwelt: Technische Baubestimmungen

ALLIANZ
BAUWERKINTEGRIERTE
PHOTOVOLTAIK **BIPV**



TECHNISCHE BAUBESTIMMUNGEN FÜR PV-MODULE ALS BAUPRODUKTE UND ZUR VERWENDUNG IN BAUARTEN

BAUORDNUNGSRECHTLICHE VORGABEN ZU
PRODUKT- UND ANWENDUNGSREGELN

Quelle: Hinweispapier Allianz BIPV e.V.: *Technische Baubestimmungen für PV-Module als Bauprodukte zur Verwendung in Bauarten*. Januar 2025

18

Tabelle 1: Technische Baubestimmungen für PV-Module zur Erfüllung der Grundanforderungen an Bauwerke nach Musterbauordnung (MBO). [MVV TB 2024/1. DIBt (Hrsg.), S. 86]

Lfd. Nr.	Bauprodukt	Maßgebende Harmonisierungsrechtsvorschriften	a: konkreter Verwendungszweck b: gemäß MBO' bestehende Grundanforderung, ggf. mit Konkretisierung c: fehlendes Wesentliches Merkmal
B 3.2.1.25	Photovoltaische Module mit mechanisch gehaltenen Glasdeckflächen mit einer maximalen Einzelglasfläche bis 3,0 m ² für die Verwendung: <ul style="list-style-type: none"> ■ im Dachbereich mit einem Neigungswinkel <math><75^\circ</math>² ■ bei gebäudeunabhängigen Solaranlagen im öffentlich unzugänglichen Bereich 	2014/35/EU	a: Stromerzeugung für Gebäude b: Brandschutz c: Brandverhalten der Bauteile, wenn schwerentflammbar oder nichtbrennbar gefordert
B 3.2.1.26	Photovoltaische Module ohne Glasdeckflächen für die Verwendung: <ul style="list-style-type: none"> ■ im Dachbereich ■ bei gebäudeunabhängigen Solaranlagen im öffentlich unzugänglichen Bereich 	2014/35/EU	a: Stromerzeugung für Gebäude b: Brandschutz c: Brandverhalten der Bauteile, wenn schwerentflammbar oder nichtbrennbar gefordert
B 3.2.1.27	Photovoltaische Module und deren Verwendung abweichend von B 3.2.1.25 oder B 3.2.1.26	2014/35/EU	a: Stromerzeugung für Gebäude b1: Mechanische Festigkeit und Standsicherheit b2: Brandschutz c1: Je nach Einbausituation sind die Bestimmungen von A 1.2.7 zu erfüllen c2: Brandverhalten der Bauteile, wenn schwerentflammbar oder nichtbrennbar gefordert

¹⁾ nach Landesrecht

²⁾ Hinweis: Bei Verwendung über Verkehrsflächen, die durch herabfallende Glasteile gefährdet werden können (Überkopfverglasung), sind die Bestimmungen von Lfd. Nr. A 1.2.7 zu beachten.

Photovoltaik an denkmalgeschützten Gebäuden

Elektrowelt: Regularien für BIPV-Komponenten als Elektrobauteile

Komponente	Norm	Hinweise
PV-Module	CE-Kennzeichnung nach der Niederspannungsrichtlinie (LVD) 2014/35/EU; IEC 61730-1 und IEC 61730-2 IEC 61215	Die Module müssen Schutzklasse II erfüllen oder die PV-Anlage in Schutzklasse III (Schutzkleinspannung) ausgeführt werden. Module sollten zusätzlich die IEC 61215 (Bauarteignung und Bauartzulassung) erfüllen. Nur in dieser Norm wird die Angabe der Modulleistung seitens des Modulherstellers gegenüber dem Kunden definiert.
	CE-Kennzeichnung, diese umfasst: DIN EN 50618, VDE 0283-618	Maßnahmen beim Hinwegführen von Bauteilen mit brennbaren Baustoffen siehe Kap 6.3. Die gleichstromseitigen Leitungsverluste sollten durch Verwendung entsprechender Kabelquerschnitte unter 1% liegen. Die Mindestbiegeradien für Kabel nach DIN VDE 0298 – Teil 3 bzw. nach Herstellerangaben müssen unbedingt eingehalten werden
Solarsteckverbinder	CE-Kennzeichnung, diese umfasst: DIN EN 50521	Solarsteckverbinderpaare (Stecker-Buchse) in der gesamten Installation jeweils von demselben Markenhersteller.
Wechselrichter	CE-Kennzeichnung, diese umfasst: EN 62109-1, EN 62109-2, EN 60529, IEC 61683, EN 50438, VDE 0126-1-1, VDE-AR-N 4105, IEC 61727, IEC 62116	Montage nur auf nicht brennbaren Materialien. Verwendung von PV-Wechselrichtern mit integrierter Isolationsüberwachung.
Blitz- und Überspannungsschutz	DIN EN 623053 (VDE 0185305-3) Beiblatt 5	Entscheidungshilfe, ob der Einbau eines Blitzschutzsystems erforderlich ist.
	DIN VDE 0100443 (VDE 0100443)	Ermittlung der Notwendigkeit von Überspannungsschutzmaßnahmen auf der Wechselstromseite des PV-Systems.

Photovoltaik an denkmalgeschützten Gebäuden

Praxisbeispiele

Unter den folgenden Links finden sich interessante Praxisbeispiele:

- IEA SHC Task 59
 - Einfamilienhaus, Gstaad, Schweiz: <https://hiberatlas.eurac.edu/de/single-family-house-gstaad-switzerland--2-220.html>
 - Doragno Castle, Rovio, Ticino, Schweiz: <https://hiberatlas.eurac.edu/de/doragno-castle-rovio-ticino-switzerland--2-28.html>
 - Villa Castelli, Italien: <https://hiberatlas.eurac.edu/de/villa-castelli--2-23.html>
 - Einfamilienhaus, Bern, Schweiz: <https://hiberatlas.eurac.edu/de/single-family-house-bern-switzerland--2-174.html>
- Plusenergie-Hof 8, Weikersheim: <https://www.klaerle.de/hof/geschichte/> bzw. <https://www.klaerle.de/hof/erneuerbare-energien/>
- Solarpreise
 - <https://www.eurosolar.de/deutscher-solarpreis/>
 - <https://www.solaragentur.ch/de/solarpreis/schweizer-solarpreis>
 - Solarenergie Förderverein: <https://www.sev-bayern.de> und dort nach «Architekturpreis Gebäudeintegrierte Solartechnik» schauen

Hinweis: Fraunhofer ISE übernimmt keine Haftung für die Inhalte externer Links. Für den Inhalt der verlinkten Seiten sind ausschließlich deren Betreiber verantwortlich.

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!

Dr.-Ing. Jan-Bleicke Eggers
jan-bleicke.eggerts@ise.fraunhofer.de

Photovoltaik an denkmalgeschützten Gebäuden

Literatur- und Bildquellen sowie Hinweise

Folie 5:

- Links: Roger Wollstadt - flickr: File:Telekom Innovation Laboratories Berlin.jpg, CC BY-SA 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=14778311>
- Oben rechts: Tony Castle - Eigenes Werk, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=12179232>
- Unten rechts: Tuxyso / Wikimedia Commons, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=43795147>

Folie 17:

- Oben links: Linke Grafik oben rechts: Anteil der jährlichen kumulierten Einstrahlung nach Ausrichtung und Neigung; normiert auf Maximalwert bei Süd, 30° Neigung, ohne Verschattung
- Oben rechts: Stromertragsprofile nach Ausrichtung und Neigung, berechnet mit https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools für einen überwiegend klaren Maitag am Standort Freiburg, unverschattet. Quelle: www.pv-fakten.de