



Initiative für Bauwerkintegrierte Photovoltaik-Anlagen in Baden-Württemberg

BIPV-LEITFADEN BADEN-WÜRTTEMBERG MIT PRAXISBEISPIELEN

Inhalt, Aufbau, Zugänglichkeit

Sophie Luz M.Sc.
Architektenkammer Baden-Württemberg (AKBW)

BIPV-Roadshow Baden-Württemberg

Konstanz

Zweite Station der Roadshow. Über 200 an BIPV Interessierte hatten am 28. Juni den Weg in das Bodenseum Konstanz gefunden. Begrüßt wurden die Teilnehmenden vom Baubürgermeister der Stadt Konstanz, Karl Langenstetter-Schönborn. Er betonte die Wichtigkeit von bauverknüpfter Photovoltaik, und wies auf das Potenzial dieser nachhaltigen Form der Stromerzeugung, die in der gesamten Gebäudehülle miteinzufließen sei. Die Vorträge der Initiative vermittelten einen Überblick über das ganze Spektrum der Bauverknüpferten Photovoltaik, um bauliche Möglichkeiten und technischen Herausforderungen allen Zuhörern näher zu bringen.



Abbildung 4: Schemaseum Konstanz, Begrüßung durch Karl Langenstetter-Schönborn
Quelle: © BIPV Konstanz, Johannes Klemmle

Podiumsdiskussion

Für die Podiumsdiskussion hatten wir Architekt Tilmann Weber aus dem Büro Ruff/Wieber Architekten, Michael Simon von Sunny Solar Technik GmbH, Dr. Kristian Peter, Geschäftsführer Energiesysteme bei SEC Konstanz, sowie Gordon Appel von den Stadtwerken Konstanz geladen.



Abbildung 5: Podiumsdiskussion (Tilmann Weber, Dr. Kristian Peter, Gordon Appel, Michael Simon und Prof. Thomas Stark, v.l.n.r.)
Quelle: © BIPV Konstanz, Johannes Klemmle

Die Präsentation zum regionalen Beitrag – BIPV in Konstanz – steht hier zum Download bereit:

Ein unverzichtbarer Briefing in die Umgebung

[BIPV in Konstanz und Umgebung](#)

Freiburg

Der vorletzte Halt der Roadshow. Das Thema Photovoltaik und natürlich auch die bauverknüpfte Photovoltaik ist an vielen Orten präsent, besonders aber in der „Green City“ Freiburg mit dem Sitz des größten Forschungsinstituts für Solarenergie in Europa, dem Fraunhofer ISE. Dieses begleitete bereits die Anfänge der bauverknüpften Photovoltaik mit einem der ersten Projekte dieser Art bei einer Wohnanlage in München von Thomas Herzog und Bernard Schilling. In Freiburg entstand die erste Siedlung mit durchgeplanter Photovoltaik von Rolf Dösch Architekten, die seit über 20 Jahren Strom aus der Sonne gewinnt und damit als erste zusammenhängende Plusenergie-Siedlung realisiert werden konnte.



Abbildung 6: Im-Bücher Eggen referiert zu Photovoltaik und Klimaschutz
Quelle: © BIPV Konstanz, Johannes Klemmle

Best-Practice Bericht

Wir konnten rund 180 Teilnehmenden in Freiburg begrüßen, die als letzten Beitrag der Veranstaltung unseren regionalen Gastvortrag durch Architektin Manuella Rieder vom Hochbauamt der Stadt Freiburg hörten. Der halbstündige Bericht stellte den ersten Baubestand des Neubauvorhabens „Rathaus im Stöckinger“ vor. Für dieses wurde bereits in der Ausschreibung eine Vielzahl an Nachhaltigkeitsaspekten beachtet. Bevor die Photovoltaikmodule in der Fassade realisiert wurden, entstand ein 1:1-Muster-Höck, um die Konstruktion und die Verknüpfung zu beurteilen und die Details abzurufen. Für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit wurden die Photovoltaikanlagen von Dach und Fassaden als Gesamtwert über 25 Jahre dargestellt. Mit dem Hochbau der Rathauses im Stöckinger entstand ein Leuchtturmprojekt für die gesamte Region, das inzwischen auch vielfach ausgezeichnet wurde.



Abbildung 7: Manuella Rieder: Best-Practice
Quelle: © BIPV Konstanz, Johannes Klemmle



Grußworte des Staatssekretärs Dr. André Baumann zum Auftakt der BIPV Roadshow am 1. Juni 2022
Foto: Leif Piechowski

LEITFADEN

Hauptgliederung:



Auszug Startseite der Website: www.bipv-bw.de

LEITFADEN: TEIL A – WARUM BIPV?

A1

**Klimawandel und
Energiewende**

Direkt zu

[A1 Einleitung »](#)

A2

**Flächenbedarf
Photovoltaik**

Direkt zu

[A2 Einleitung »](#)

A3

**Bedeutung der
BIPV**

Direkt zu

[A3 Einleitung »](#)

Gliederung Teil A (Auszug): www.bipv-bw.de

LEITFADEN: Teil A – Warum BIPV? – A2 Flächenbedarf für Photovoltaik (Auszug)



Warum BIPV

Architektur mit Photovoltaik

BIPV im Planungsprozess

Anhang

Über Uns

Suche

Photovoltaikausbau

Die photovoltaische Solarenergie gilt als **Schlüsseltechnologie** für die Energiewende in Baden-Württemberg. Stand 2020 sind im Land bereits rund 7 GWp an Photovoltaikleistung installiert (1). Laut der [Studie Baden-Württemberg Klimaneutral 2040 \(PDF\)](#) wird der zukünftig erforderliche Ausbau – selbst bei konservativer Schätzung – eine Leistung von rund 40 GWp an installierter Leistung hervorrufen (2). Betrachtet man diese Entwicklung nicht wie üblich in Leistungskennwerten oder als prozentualer Anteil an der Energieerzeugung, sondern auf die erforderliche Fläche bezogen, so werden hierfür in den nächsten 20 Jahren zusätzliche Flächen in der Größenordnung von rund **230 Millionen Quadratmeter** benötigt. Da die Photovoltaik eine in der Regel sichtbare Technologie ist, hat dies zur Folge, dass die Photovoltaik unsere Umwelt zukünftig wesentlich umfangreicher prägen wird als bisher und die Bedeutung der Akzeptanz in der Bevölkerung für diese Technologie entsprechend steigt. Aus diesem Grund hat die synergetische Nutzung bereits vorhandener und neu zu erstellender Flächen der baulichen Infrastruktur (üblicherweise als Bauwerkintegrierte Photovoltaik „BIPV“ bezeichnet) eine sehr hohe Relevanz ([siehe hierzu Kapitel A3 Bedeutung der BIPV](#)).

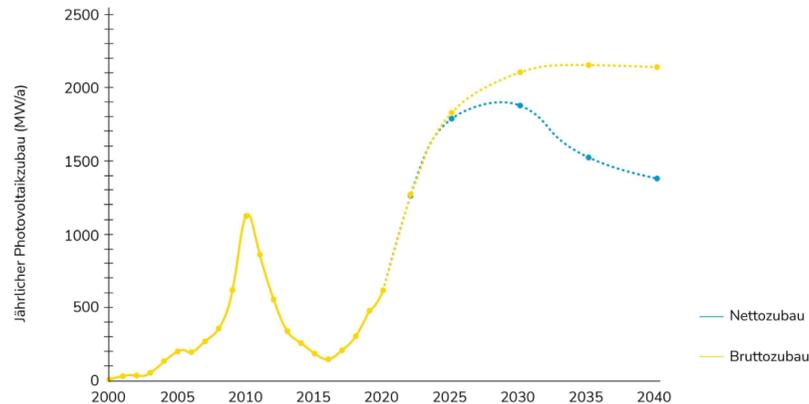


Abbildung 2: Jährlicher Zubau von Photovoltaik in Baden-Württemberg seit 2000 und im Szenario Klimaneutral 2040
Quelle: Baden-Württemberg Klimaneutral 2040: Erforderlicher Ausbau der erneuerbaren Energie, Plattform Erneuerbare Energien Baden-Württemberg 2021

LEITFADEN: TEIL A – WARUM BIPV?

Startseite / A – Warum BIPV? Chancen der Bauwerk-integrierten Photovoltaik / A1. Klimawandel und Energiewende: Das Energiesystem der Zukunft

A1 Klimawandel und Energiewende

Infos zur CO₂-Neutralität

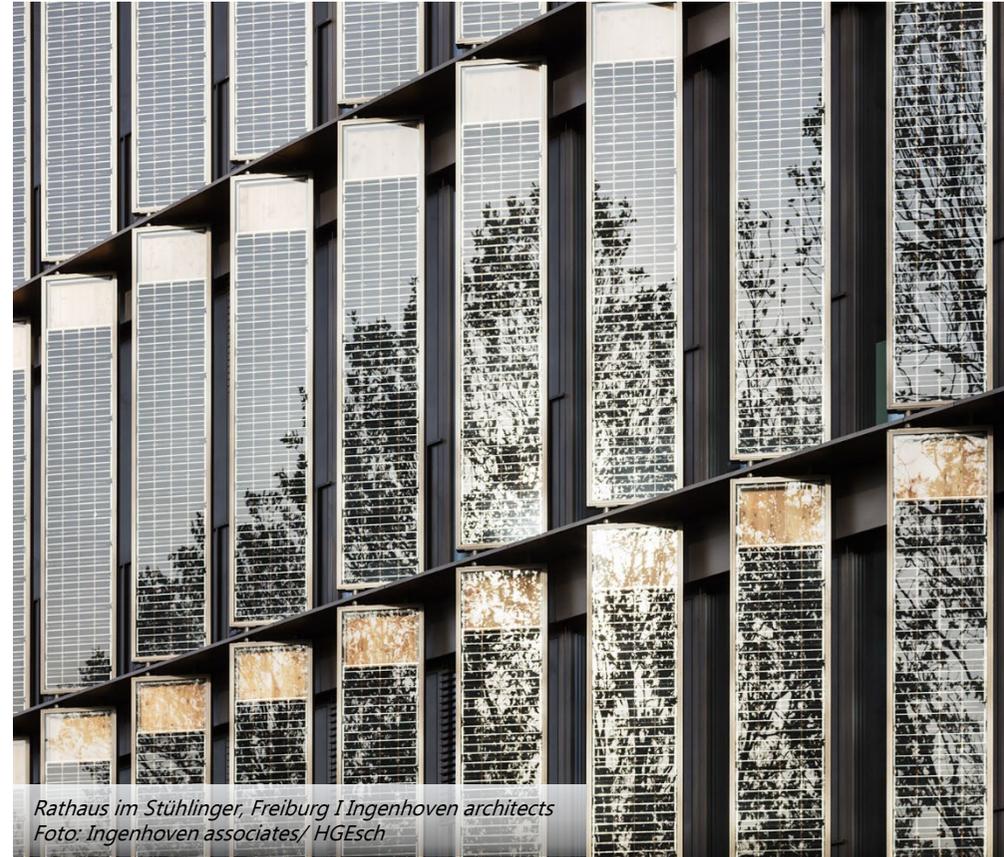
Elektrifizierung der Sektoren



Abbildung 1: In Holzlamellen integrierte PV-Module des Technischen Rathauses Freiburg | Br. Quelle: ingenhoven associates / HGEsch

CO₂-Neutralität

Die wesentliche Reaktion auf den durch CO₂-Emissionen verursachten Klimawandel ist die für Deutschland beschlossene Energiewende. Das bisher dominierende fossil-atomare Energiesystem muss in Zukunft vollständig durch erneuerbare Energie ersetzt werden. In den meisten Studien gelten Windkraft- und vor allem Photovoltaikanlagen als Schlüsseltechnologien der zukünftigen Energieerzeugung (siehe Abb. 2).



Rathaus im Stühlinger, Freiburg | ingenhoven architects
Foto: ingenhoven associates / HGEsch

LEITFADEN: TEIL A – WARUM BIPV?

Startseite / A – Warum BIPV? Chancen der Bauwerk-integrierten Photovoltaik / A3: Bedeutung der BIPV

A3 Bedeutung der BIPV



Abbildung 1: Beispiel für eine gestalterische und funktionale Integration von Photovoltaik in ein Schrägdach: energieplus schwarzwaldhaus.

Quelle: Schaller-Sternagel Architekten, Allensbach

Als Bundesland mit hoher Bevölkerungsdichte bilden die Freiflächen in Baden-Württemberg eine stark begrenzte Ressource. So deckt bereits heute die Agrarproduktion auf den verfügbaren Ackerflächen nicht länger die Nachfrage innerhalb Baden-Württembergs. Ein sehr weitgehender Ausbau der Energieerzeugung auf Freiflächen würde den Nutzungskonflikt erheblich verschärfen und auch die Akzeptanz in der Bevölkerung negativ beeinflussen. Die nachhaltigste Form der Integration dieser Technologie ist daher die solare Aktivierung von baulicher Infrastruktur, die dadurch eine zusätzliche Funktion erhält. Die übliche Bezeichnung für diesen Ansatz ist das Kürzel



Foto: Schaller Sternagel Architekten



Foto: BMI Group | Braas PV Premium

LEITFADEN – TEIL B – ARCHITEKTUR MIT PHOTOVOLTAIK

B1

Geeignete Flächen

Direkt zu

[B1 Geeignete Flächen](#) »

B2

**Ausrichtung und
Verschattung**

Direkt zu

[B2 Einleitung](#) »

B3

Gestaltungsvielfalt

Direkt zu

[B3 Einleitung](#) »

B4 – Exkurs

**Photovoltaik und
Dachbegrünung**

Direkt zu

[B4 Einleitung](#) »

B5 – Exkurs

**BIPV im
Gebäudeumfeld**

Direkt zu

[B5 Einleitung](#) »

Gliederung Teil B (Auszug): www.bipv-bw.de

LEITFADEN: Teil B – Architektur mit Photovoltaik – B2 Ausrichtung und Verschattung (Auszug)

- Bei **geneigten Dächern** können Photovoltaikmodule direkt als wasserführende Schicht verwendet werden und ersetzen dadurch konventionelle Materialien wie z. B. Dachziegel (siehe Abb. 3 und 4). Als besonders geeignet erweisen sich **südgeneigte Pultdächer** oder Sheddächer. Weitere Informationen siehe Kapitel **B3 Gestaltungsvielfalt**.



Abbildung 3: Haus B, Stuttgart
Quelle: Yonder Architektur und Design / Brigida González

Abbildung 4: Haus B, Stuttgart
Quelle: Yonder Architektur und Design, Landschaft: Behrnsch Architekten / David Matthies

- Bei **Flachdächern** besteht die Möglichkeit, eine freie Anordnung der Module analog zur Montage auf einer Wiese zu installieren. Auch eine Kombination mit Dachbegrünung ist möglich (siehe Abb. 5 und 6, sowie Kapitel **B5 Exkurs Kombination mit Begrünung**). Dies ermöglicht auch unterschiedliche Ausrichtungen, die je nach Gesamtkonzept optimiert werden können. Unverschattete Flachdächer sind daher die variabelsten Flächentypologien.



Abbildung 5: BioCube Leipzig, Beispiel für die Kombination von Gründach mit PV.
Quelle: ZinCo GmbH

Abbildung 6: BioCube Leipzig, Beispiel für die Kombination von Gründach mit PV.
Quelle: ZinCo GmbH

- Fassadenflächen** stellen ein weiteres, vielfältiges Potenzial für die aktive Solarenergienutzung dar. Auf vertikale Flächen trifft zwar eine geringere Einstrahlung als auf geneigte. Im Gegenzug bieten sich bei Fassaden jedoch erhebliche energetische und wirtschaftliche Potenziale, wenn konventionelle hochwertige Bauteile wie beispielsweise Metallpaneele oder Natursteine durch Photovoltaikmodule ersetzt werden. Ihre Verwendung als gestalterisch prägendes Element und die Übernahme von Mehrfachfunktionen einschließlich der Energieerzeugung rechtfertigen ihren Einsatz in Fassaden, auch wenn sie nicht die maximale Effizienz erreichen (siehe Abb. 7 und 8). Weitere Informationen siehe Kapitel **B4 Fassadenintegration**.



Abbildung 7: MFH Alleestraße Romanshorn
Quelle: Viridén & Partner Zürich

Abbildung 8: MFH Alleestraße Romanshorn
Quelle: Viridén & Partner Zürich

- Verschattungselemente** sind aufgrund ihrer Funktion in der Regel einer direkten Solarstrahlung ausgesetzt und eignen sich daher besonders für eine Photovoltaikintegration. Dies gilt sowohl für starre wie bewegliche Elemente, bei denen Solarmodule opake oder teiltransparente Materialien wie z. B. Metallpaneele oder bedruckte Gläser ersetzen (siehe Abb. 9 und 10).

Neben den Oberflächen an Gebäuden bieten vielfach auch im Umfeld vorhandene oder neu zu entwerfende Infrastrukturbauten attraktive Potenziale für eine Integration von Photovoltaik. Darunter fallen typische Bauelemente wie Carport-Überdachungen, Schallschutzwände, Wartebereiche, Einfriedungen etc. (siehe Kapitel **B5 Exkurs BIPV im Gebäudeumfeld**)



Abbildung 9: Beispiel für die Integration von PV als Sonnenschutz an der Fassade.
Quelle: ingenhoven associates / HGEsch

Abbildung 10: Beispiel für die Integration von PV als Sonnenschutz an der Fassade.
Quelle: ingenhoven associates / HGEsch



Foto: MFH Romanshorn (CH) © Viridén & Partner Zürich (CH)

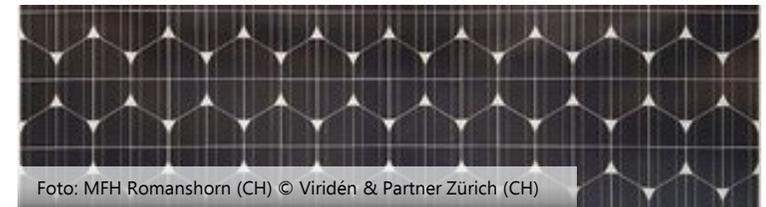


Foto: MFH Romanshorn (CH) © Viridén & Partner Zürich (CH)

LEITFADEN: Teil B – Architektur mit Photovoltaik – B2 Ausrichtung und Verschattung (Auszug)

Die Dachanlage hat ein deutliches Ertragsmaximum im Sommer, die Fassaden weisen relativ betrachtet auch im Winter höhere Erträge auf. Die NW-Fassade trägt im Sommer ebenfalls merklich zum Ertrag bei, allerdings erzielt sie im Winter aufgrund der Orientierung nur geringe Erträge, da sie wegen des frühen Sonnenuntergangs keine direkte Sonneneinstrahlung erhält. Die Leistung liegt dann im Bereich von 10 % der Nominalleistung (Abb. 2). Damit sinkt der flächenspezifische Jahresertrag von derartigen PV-Fassadenorientierungen auf 50-25 % gegenüber ganzjährig besonnten PV-Fassadenflächen.

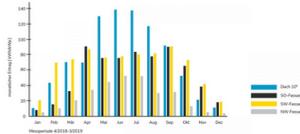


Abbildung 3: Veränderung des jahreszeitlichen Ertragsprofils durch unterschiedliche Ausrichtungen am Beispiel der verschiedenen Anlagen des BIPV Systems am ZSW in Stuttgart.
Quelle: ZSW

Verschattung von PV-Modulen

In jeder PV-Anlage wächst der Ertrag mit der Einstrahlung. Verschattung wirkt daher immer ertragsmindernd. Wenn PV-Anlagen teilweise verschattet werden, kommen zusätzliche Effekte hinzu, die überproportional großen Verlusten führen können. Die einzelnen Solarzellen in einem Modul sowie mehrere Module in einem Strang werden in der Regel in Reihe verschattet. Diese Reihenschaltung führt dazu, dass der Strom in jedem Element der Reihenschaltung gleich sein muss. Wird also ein Element (z. B. eine Solarzelle) verschattet, die anderen Elemente aber nicht, so wird dennoch der Strom in der gesamten Reihenschaltung limitiert. Daher erfordern teilverschattete PV-Anlagen eine sorgfältige Planung und elektrische Auslegung. Neben einer sinnvollen Auswahl geeigneter Flächen mit möglichst homogener Einstrahlung gibt es verschiedene technische Möglichkeiten, die Auswirkungen durch Teilverschattung zu reduzieren. Sehr weit verbreitet (bei nahezu allen Standardmodulen, auch aus Sicherheitsgründen zur Vermeidung von Hotspots) ist der Einsatz von Bypassdioden, häufig drei pro Modul. Diese führen dazu, dass jeweils ein Drittel des Moduls kurzgeschlossen und somit überbrückt werden kann, wenn es dort zu Teilverschattung kommt. Wann es zu dieser Überbrückung kommt, hängt im Detail an der Situation im gesamten Strang und der Regelung des Wechselrichters. Bei einer Strangverschaltung von Modulen mit Bypassdioden kommt der Wahl der Module, die man in einem Strang miteinander in Reihe schaltet, eine große Bedeutung zu. Durch eine gute Strangaufteilung können Verluste durch Teilverschattung minimiert werden. Weitere technische Möglichkeiten bestehen in der Nutzung von Leistungselektronik auf Modulebene, z. B. Leistungsoptimierern oder Modulwechselrichtern. Die Vor- und Nachteile einzelner technischer Maßnahmen müssen im Einzelfall im Rahmen der Anlagenplanung gegeneinander abgewogen werden. Auch bei regelmäßig (teil-)verschatteten Flächen gibt es häufig Möglichkeiten, durch ein angepasstes Anlagendesign eine technisch und ökonomisch sinnvolle BIPV-Anlage zu realisieren.



Abbildung 4: Institutgebäude des ZSW in Stuttgart, das auf drei Seiten eine PV-Fassadenanlage sowie eine PV-Dachanlage besitzt.
Quelle: Jens Wilbrand Photographie



Abbildung 5: Wohnhaus Solaris, Zürich. Alle Dach- und Fassadenorientierungen wurden mit BIPV gestaltet.
Quelle: Huggenbergerfries Architekten | Beat Bühler



Foto: Wohnhaus Solaris, Zürich | Huggenbergerfries Architekten | Beat Bühler

LEITFADEN: Teil B – Architektur mit Photovoltaik – B3 Gestaltungsvielfalt (Auszug)

Solare Dachgestaltung

Dachflächen bieten insgesamt das größte Potenzial in der Gebäudehülle, da sie in der Regel als opake Flächen eine gute Ausrichtung und Verschattungsfreiheit aufweisen. Die am weitesten verbreitete Integrationsart ist hier die sogenannte „Aufdachmontage“, bei der die PV-Module über eine separate Unterkonstruktion über der wasserführenden Schicht – meist Dachziegel – angebracht werden (siehe Kapitel **C3.3 Konstruktive Details**). Abbildung 2 zeigt hierfür eine Lösung, bei der Standardmodule gestalterisch in das Gebäudekonzept eingebunden sind. Dies gelingt durch folgende planerische Maßnahmen:

- Die PV-Anlage ist so dimensioniert, dass sie die gesamte (Süd-)Dachfläche umfasst.
- Die Anlage ist analog der Schottenstruktur des Gebäudes in zwei Teilflächen aufgeteilt.
- Die Teilflächen weisen keine Unterbrechungen auf.
- Die Fugen zwischen den Modulen sind auf das Fassadenraster abgestimmt.

Hierdurch entsteht ein in der Gesamtwirkung homogenes Erscheinungsbild, die PV-Module sind zwar nicht baukonstruktiv, jedoch gestalterisch in das Gebäude integriert. Ein weiteres sehr gutes Beispiel für diesen Ansatz zeigen die Abbildungen 3 und 4: Die PV-Standardmodule wurden ebenfalls durch variable Fugenbreiten vollständig über die gesamten Dachflächen (Nord und Süd) verteilt. Durch eine Verlängerung von Ortsgang und Traufe bis auf die Oberkante der Module entsteht ein sehr angenehmer kubischer Eindruck.

Eine additive Montage ist üblicherweise auch bei Flachdächern die Regel. Wurden die Module früher analog zu Freiflächenanlagen in Reihen mit Südorientierung und 30°-Neigung mit entsprechenden Abständen angeordnet, ist heute eine enge Belegung in Ost/West-Ausrichtung und 10°-Neigung die Regel. Die aus wirtschaftlichen Gründen möglichst flach über der Dachhaut liegende Aufständerrung hat meist große Abstände von der Attika sowie zahlreiche Aussparungen bei den Dachaufbauten zur Folge. Sehr oft bleiben dadurch rund 50 % der Dachfläche ungenutzt. PV-Module können auf Flachdächern jedoch auch vollständig und bündig integriert werden. Abbildung 5 zeigt hierfür ein gutes Beispiel mit zwei unterschiedlichen Ansätzen: Im linken Gebäude wurde das Dach als sehr flach geneigtes Puttdach realisiert, im rechten sind die Module dachparallel und bündig mit den Außenkanten in einem optimierten Layout verlegt.

Um das volle Potenzial an Synergieeffekten zu nutzen, ist die optimale Lösung, die PV-Module direkt als wasserführende Schicht zu integrieren. Sie werden damit notwendiger Bestandteil der Gebäudehülle mit entsprechender Einsparung an konventionellen



Abbildung 2: Einfamilienhaus Kreuzlingen
Quelle: Aussen / Jörg Zimmermann



Abbildung 3: Halle Design 5 in Pullingen
Quelle: Deppisch Architekten, Freising / Sebastian Schels



Abbildung 4: Halle Design 5 in Pullingen
Quelle: Deppisch Architekten, Freising / Sebastian Schels



Abbildung 5: Plusenergie – Überbauung, Zentrum Tobel (CH)
Quelle: Giuseppe Fendt



Abbildung 6: Einfamilienhaus im Schwarzwald
Quelle: Schaller-Sternagel Architekten



LEITFADEN: Teil B – Architektur mit Photovoltaik – B3 Gestaltungsvielfalt (Auszug)

deren Ersatz durch PV ein entsprechendes Einsparpotenzial im Hinblick auf Ressourcen und Kosten bietet.

- Die Fassadengestaltung ist prägend für die Außenwirkung eines Gebäudes, eine PV-Fassade kann hierbei eine positive Wirkung im Sinne des Nachhaltigen Bauens entfalten.
- Die vertikale Orientierung kann das Ertragsprofil der Dachflächen ideal ergänzen und den Direktverbrauch im Gebäude über den Tages- und Jahreszyklus positiv beeinflussen.
- Schließlich bilden sie einen wichtigen Baustein für den erforderlichen PV-Ausbau im Sinne der Energiewende (siehe hierzu Kapitel [A.2 Flächenbedarf für Photovoltaik](#)).

So vielfältig wie die Fassadengestaltung insgesamt, so viele funktionale und gestalterische Integrationsmöglichkeiten bietet sie für die Photovoltaik. Da PV-Module für die Fassade in der Regel als Verbundglas zum Einsatz kommen, sind prinzipiell alle für flächige Bauteile konzipierten Montagesysteme auch für die BIPV geeignet. Die Abbildungen 10 und 11 zeigen beispielhaft eine Montage mit punktueller Klammerung. Die vordere Scheibe des horizontalen Schiebesystems ist stets unverschattet und daher bestens geeignet für eine Ausführung als aktives PV-Element.

Vielfach als BIPV-Variante umgesetzt sind klassische hinterlüftete Kaltfassaden. Abbildung 12 zeigt dies am Beispiel eines Bürogebäudes. Zum Einsatz kamen kleinteilige Dünnstichtmodule und ein Montagesystem ohne sichtbare Befestigung (siehe hierzu Kapitel [C.3 Konstruktive Details](#)). Prägend ist die schwarze Farbe der Dünnstichtzellen sowie der gegenüber z. B. Aluminium hohe Reflexionsanteil der Frontglasscheibe. Eine alternative Variante ist in den Abbildungen 13 und 14 dargestellt. Hier wurden die Frontgläser mit einer speziellen Beschichtung versehen, sodass ein eher matter, bronzefarbiger visueller Eindruck entsteht. Prinzipiell können PV-Module mit allen möglichen Farben oder Muster gestaltet werden. Je nach Variante ist dies allerdings mit unterschiedlich hohen Verlusten im Wirkungsgrad und mit höheren Kosten verbunden (siehe hierzu auch Kapitel [C.3.1 Information zu verfügbaren Produkten](#)). Bei solchen Modulen sind die Solarzellen nicht oder kaum sichtbar, im Resultat kommt die Erscheinung der Fassade eher konventionellen Lösungen nahe. Ein weiteres Beispiel hierfür ist das Mehrfamilienhaus in den Abbildungen 15 und 16. Der matt-graue Farbton wird durch eine Bedruckung der Frontglasscheibe hervorgerufen. Das für PV-Module eher untypische kleinteilige Format und das geschuppte Montageprinzip erzeugen eine spannende Fassadenlösung, deren Solartechnik von außen nicht erkennbar ist. Durch einen großen Randabstand der Solarzellen zu den Modulrändern können die Elemente mit einem recht flexiblen Überlappungsgrad an die Gebäudegeometrie angepasst werden, ohne die Solarzellen zu verschatten (siehe hierzu Kapitel [C.3.3 Konstruktive Details](#)).

Eine weitere Kategorie der funktionalen Integration ist die



Abbildung 12: Empfangs- und Bürogebäude der Sto SE & Co KG AG in Stühlingen
Quelle: Martin Bainger



Abbildung 13: Bürogebäude Westspitze Tübingen
Quelle: Albrecht Voss / Avancis



Abbildung 14: Bürogebäude Westspitze Tübingen
Quelle: Albrecht Voss / Avancis



Abbildung 15: Mehrfamilienhaus mit Energiekautschuk, Zürich (CH)
Quelle: René Schmid Architekten AG, Beat Bühler



Abbildung 16: Mehrfamilienhaus mit Energiekautschuk, Zürich (CH)
Quelle: René Schmid Architekten AG, Beat Bühler

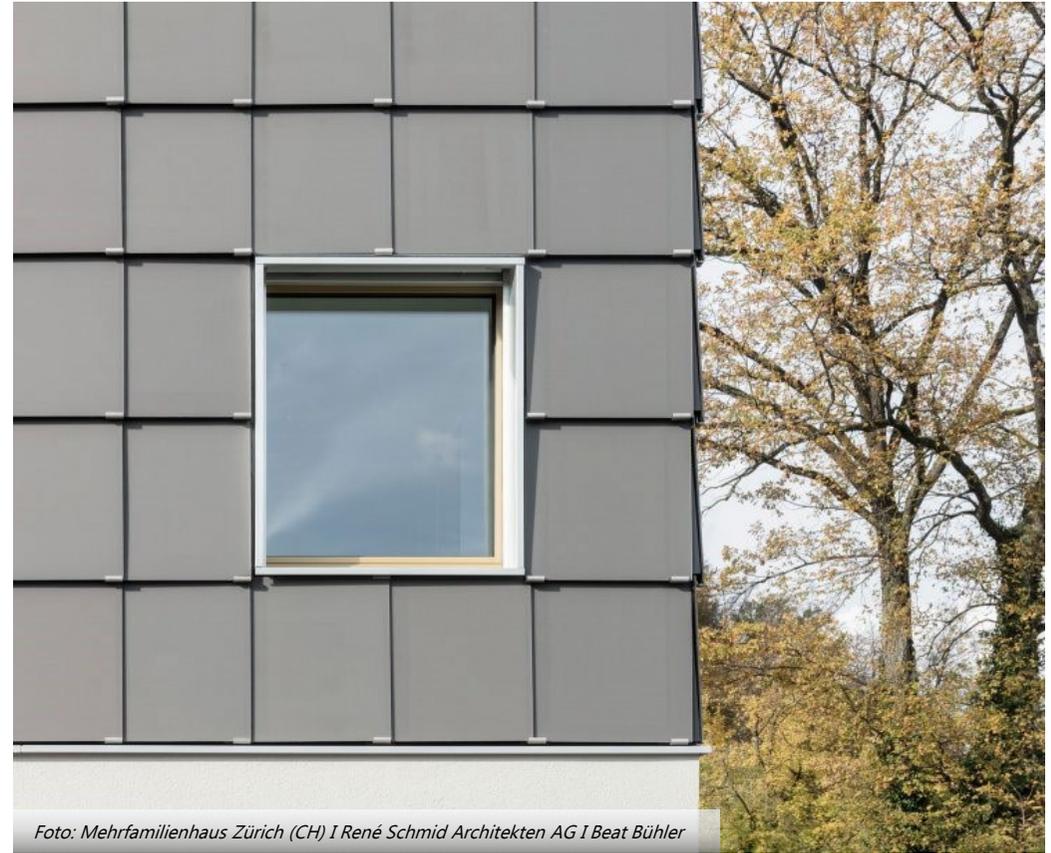


Foto: Mehrfamilienhaus Zürich (CH) I René Schmid Architekten AG I Beat Bühler

LEITFADEN: Teil B – Architektur mit Photovoltaik – B4 Exkurs: Kombination mit Begrünung (Auszug)

Umsetzungsmöglichkeiten im und am Dach

Einige Kombinationsmöglichkeiten von Photovoltaik und Begrünung im Dachbereich sollen anhand der folgenden Beispiele vorgestellt und erläutert werden.

Extensive Gründächer eignen sich sehr gut für die Kombination mit einer solartechnischen Anlage, da diese mit wenigen Zentimetern Bodenaufbau auskommen und mit widerstandsfähigen, niederschwüchigen Pflanzen besetzt werden. Dadurch entstehen sowohl ein verhältnismäßig kleinerer Pflegeaufwand als auch ein vergleichsweise geringes Flächengewicht durch die niedrigere Aufbauhöhe im Gegensatz zur intensiven Dachbegrünung mit mindestens 25 cm Bodenaufbau.³ Bei einem aufgeständerten Solar-Gründach bei Flachdächern muss auf die Vermeidung der Verschattung der Solar-Module zueinander geachtet werden, entsprechend den verwendeten Systemen, auf die Neigung der Module und die Abstände der Modulreihen zueinander. Ebenso ist die Verschattung durch den Pflanzenwuchs zu bedenken, die durch die Pflanzenauswahl und Pflege gesteuert werden kann (siehe Abb. 4).

Bifaziale Solarzellen sind beidseitig lichtempfindlich, dadurch können sie Licht der Vorder- und der Rückseite in Strom umwandeln. Bei Modul-Aufstellungen auf Flachdächern, die ausreichend vom Boden abgesetzt sind, ist ebenso das Miteinander von Dachbegrünung und Photovoltaik umgesetzt worden. Ein Projekt in Winterthur (siehe Abb. 4 und 5), bei dem 20-zellige Sondermodule auf dem Gründach eines Seniorenheimes installiert wurden, bietet hierzu ein anschauliches Beispiel. Dabei wurde eine schmale Ausföhrung der Module gewählt, um die Windlast zu reduzieren, und damit eine leichtere Unterkonstruktion zu gewährleisten.⁴ Im Hinblick auf die Pflege der Begrünung und der Wartung der Anlage ist eine gute Zugänglichkeit gegeben.

Beim Neubau eines Produktions- und Verwaltungsgebäudes, dem Headquarter der Solon SE in Berlin Adlershof (siehe Abb. 6 und 7), sind die Dachflächen aufgeteilt. Das große geschwungene Dach ist an den Randbereichen, an seinen Überständen, mit einer integrierten Photovoltaikanlage belegt und bietet im Inneren ein begrüntes und teils begehbare Dach zur Erholung der Mitarbeiter.

Eine klare Aufteilung der Flächen findet auch beim Floating Office in Rotterdam statt (siehe Abb. 8 und 9). Das Satteldach wurde südseitig vollflächig mit einer etwa 900 m² großen Photovoltaik belegt und die Nordseite wurde komplett begrünt.

Eine weitere Variante für die Umsetzung von Photovoltaik und Gründach zeigt das österreichische Konzept eines stromerzeugenden Dachgartens. Dort wurden drei Nutzungen zusammengeführt: Energieproduktion, Grünraumfunktion und die Nutzung durch den Menschen. Dabei funktioniert der PV-Dachgarten als erweiterter Lebensraum für Menschen und Tiere.⁵

Quellenangaben

- OpGrün International AG, Begrünungsarten: Extensive und intensive Dachbegrünung, 2022.
- Dr. Nussbaumer H., Dr. Klenk M.: Vertikale bifaziale Module auf Dächern, September 2020.
- BOUKU Universität für Bodenkultur Wien: PV-Dachgarten Planungshandbuch, Februar 2018.

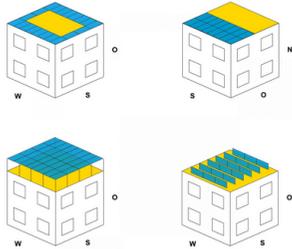


Abbildung 2: Möglichkeiten zur Kombination von Photovoltaik und Begrünung
Quelle: BIPV-initiative



Abbildung 4: Grün und Photovoltaik auf dem Dach der Residenz Eichgut / ZHAW Forschungsanlage Winterthur (CH)
Quelle: Energie und Umweltforum, Verein SolarGart, Hegason



Abbildung 6: Solon SE
Quelle: Solon SE, Manfred Jarisch



Abbildung 7: Solon SE
Quelle: Solon SE, Manfred Jarisch



Abbildung 8: Floating Office Rotterdam
Quelle: Powerhouse Company / Sebastian van Damme, Marcel IJzerman



Abbildung 10: PV-Dachgarten
Quelle: Bocu, Irene Zluwa, Trebersburg und Partner Architekten

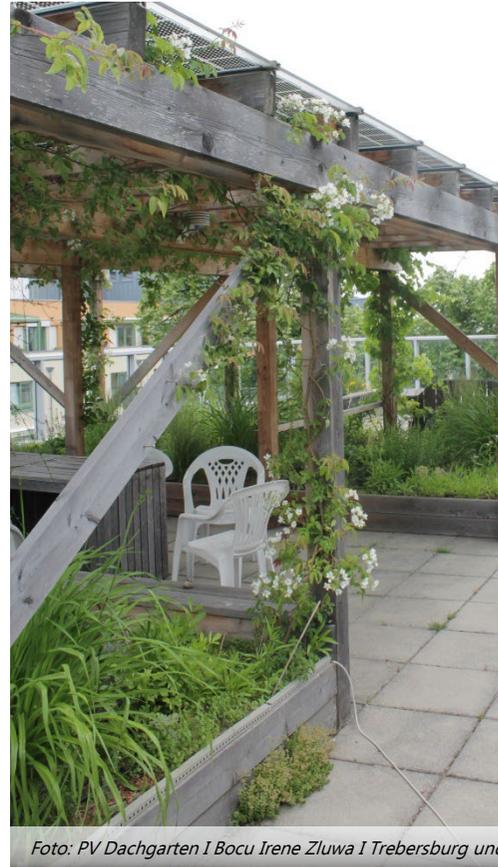
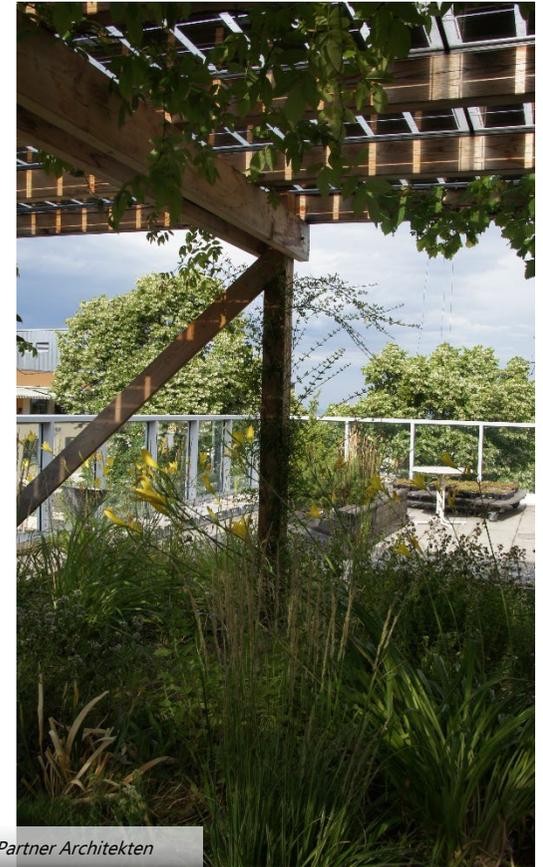


Foto: PV Dachgarten I Bocu Irene Zluwa I Trebersburg und Partner Architekten



LEITFADEN – GLIEDERUNG – TEIL C

C1 Planungsaspekte nach Leistungsphasen

- C1.1 Flächenpotenziale
- C1.2 Übersicht nach HOAI

C2 Bauherr

- C2.1 Betreibermodelle
- C2.2 Wirtschaftlichkeit
- C2.3 Fakten gegen Mythen
- C2.4 Förderung und Forderung

C3 Architektur

- C3.1 Information zu verfügbaren Produkten
- C3.2 Bauordnungsrechtliche Grundlagen
- C3.3 Konstruktive Details und Anwendungsbeispiele

C4 Fachplanung Energie und Nachhaltigkeit

- C4.1 Leistung und Ertragsprognosen
- C4.2 Einbindung in das Energiekonzept
- C4.3 Technische Details (U-Werte, G-Werte)
- C4.4 Ökobilanz

C5 Fachplanung Elektro und Gebäudetechnik

- C5.1 Komponenten einer PV-Anlage
- C5.2 Systemkomponenten und Kabelführung
- C5.3 Elektrotechnische Details und Sicherheit
- C6.4 Anlagenüberwachung

C6 Fachplanung Konstruktion Statik und Brandschutz

- C6.1 Konstruktive Anforderung bei der Integration
- C6.2 Statische Dimensionierung der BIPV-Elemente
- C6.3 Bemessung des Montagesystems
- C6.4 Bauordnungsrechtliche Anforderungen an das Brandverhalten von BIPV-Anlagen

LEITFADEN: Teil C – BIPV im Planungsprozess – C3.1 Verfügbare Produkte (Auszug)

Warum BIPV | Architektur mit Photovoltaik | BIPV im Planungsprozess | Anhang | Über Uns

Suche

« Zum vorherigen Kapitel | Zum nächsten Kapitel »

Startseite / C – BIPV im Planungsprozess / C3.1: Information zu verfügbaren PV-Produkten

C3.1 Verfügbare Produkte

PV-Modultechnologien und Aufbau | Modulformate | Bedeutung der Datenblattangaben

Modultechnologien und Aufbau

Kommerziell in bedeutenden Mengen erhältlich sind derzeit PV-Module mit kristallinen Siliziumsolarzellen (c-Si-Solarzellen) und Dünnschichtmodule in CIGS-Technologie. Deren Aufbau wird hier näher beschrieben.

PV-Module weisen einen mehrlagigen Aufbau auf. In der Regel ist die sonnenzugewandte Seite eine Glasscheibe, gefolgt von einer Verkapselungsschicht aus Kunststoff oberhalb der Solarzellen. Bei PV-Modulen mit kristallinen Siliziumsolarzellen sind diese durch Metallstreifen oder -drähte elektrisch miteinander verbunden. Dahinter liegt eine weitere Verkapselungsschicht, gefolgt von einer weiteren Glasscheibe (sogenannte Glas-Glas-Module) oder einer Rückseitenfolie aus Kunststoff (sogenannte Glas-Folien-Module).

Bei Dünnschichtmodulen in CIGS-Technologie entfällt die rückseitige Verkapselungsschicht, da die Solarzellen direkt auf einer Glasscheibe aufgebracht sind. Hier sind Front- und Rückseite aus Glas.

Dieser mehrlagige Aufbau wird durch einen Vernetzungsprozess der Kunststofflagen, meist unter Druck und Wärme, zu einer langzeitbeständigen Einheit verbunden, welche die Solarzellen vor Umwelteinflüssen schützt und die elektrische Isolation zur Umgebung herstellt.

Bei allen Zelltechnologien sind auf der Modulrückseite oder an der Modulante eine oder mehrere Anschlussdosen angebracht, aus welchen die Solarkabel mit Steckverbindern geführt werden.

Außerdem kann das Modul mit einem Rahmen aus Aluminium eingefasst sein. Dieser erleichtert die Handhabung der PV-Module und die mechanische Befestigung.

Für PV-Module, die in Fassaden oder in Dächern eingesetzt werden, empfiehlt es sich aus Gründen der Lebensdauer und der erschwerten Zugänglichkeit auf PV-Module mit einem Glas-Glas-Aufbau (d. h. Vorder- und Rückseite bestehen aus einer Glasscheibe) zurückzugreifen.

Für diese Produkte werden längere Produkt- und elektrische Leistungsgarantien angeboten als für die größtenteils eingesetzten Module mit Glasvorderseite und Folie auf der Rückseite.

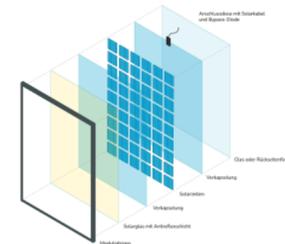


Abbildung 1: Aufbau eines c-Si-Moduls mit Vollzellen
Quelle: ZSW

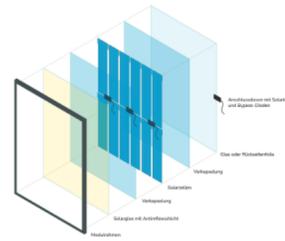
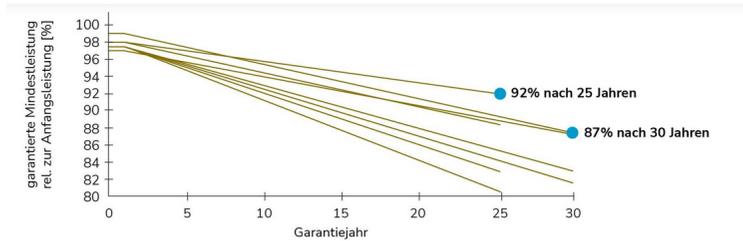


Abbildung 2: Aufbau eines c-Si-Moduls mit Halfcut-Technologie
Quelle: ZSW

LEITFADEN: Teil C – BIPV im Planungsprozess – C2.2 Wirtschaftlichkeit (Auszug)



- Produktgarantien 12 bis 30 Jahre
- Leistungsgarantie 20 bis 30 Jahre nach Jahr 1: -1%...-3%
übrige Jahre: lineare jährliche Degradation(-0,25...-0,7%/Jahr) bezogen auf die Anfangsleistung

Abbildung 2: Typische Verläufe von Leistungsgarantien für PV-Module verschiedener Hersteller und Zelltechnologien und Modulaufbauten.
Quelle: ZSW

Investitionskosten

Die geringsten Investitionskosten verursachen PV-Aufdachanlagen. Häufig werden diese unter gestalterischen Gesichtspunkten abgelehnt, dabei sind aber auch architektonisch gut gestaltete Aufdachanlagen mit Standardmodulen möglich (Abbildung 3).

Die Investitionskosten für PV-Fassaden- oder PV-Indachanlagen liegen über denen von PV-Aufdachanlagen, da aus Sicherheitsgründen spezielle baurechtliche Bestimmungen für die PV-Module und für das Montagesystem erfüllt sein müssen, welche für Aufdachanlagen nicht zutreffen.

Weiterhin können zusätzliche Planungskosten für die meist individuelle Fassadenausführung, statische Prüfungen und zusätzlicher Koordinationsaufwand für die einzelnen Gewerke Fassadenbauer, Solarteure bzw. Elektriker und Gerüstbauer anfallen. Außerdem führen in der Fassade die notwendigen Kabeltängen (siehe Kapitel PV-Systeme CS2) aufgrund der meist räumlich verteilten Anordnung der Module zu Mehrkosten. Dafür entfällt der Einsatz der entsprechenden konventionellen Bauteile (z. B. Module anstelle von Dachziegeln).



Abbildung 3: Halle Design S1 in Pullingen
Quelle: Deppisch Architekten, Freising / Sebastian Schels

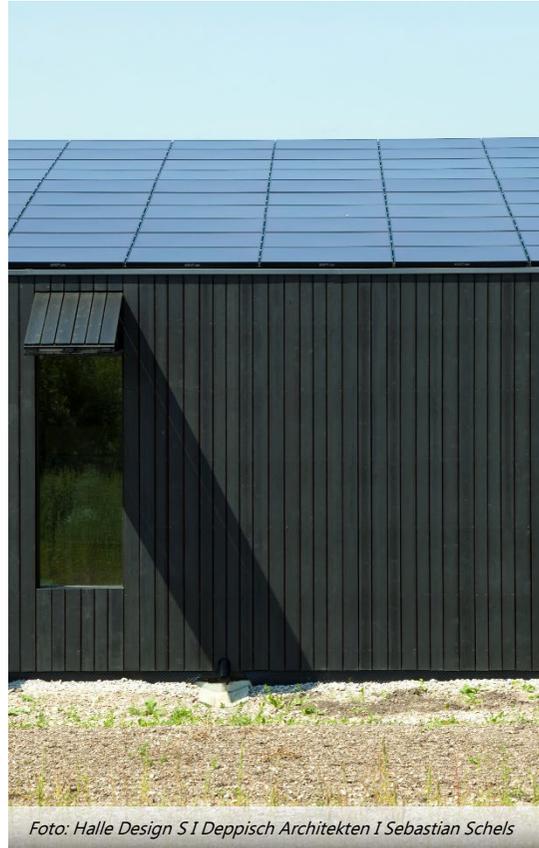


Foto: Halle Design S1 Deppisch Architekten | Sebastian Schels



Foto: Halle Design S1 Deppisch Architekten | Sebastian Schels

LEITFADEN: Teil C – BIPV im Planungsprozess – C3.3 Konstruktive Details (Auszug)

Neben der Kombination mit klassischen Ziegeln gibt es Systeme, die vom Ziegelmaß unabhängige Solarmodule mit regendichten Randbereichen verwenden. Ein solches PV-Ziegelsystem kam bei dem Wohnhaus B in Stuttgart (2016) von Yonder Architekten zum Einsatz (siehe Abb. 9). Das integrierte Solardachsystem der Firma Sunstyle verwendet Solarplatten, die mit verschiedenen Oberflächen verfügbar sind. Die schuppenartige Erscheinung der Solarziegel erinnert durch die Drehung um 45° an traditionellen Schiefer- und Schindeldächer und ermöglicht durch ihr Verlegungsprinzip eine optimale Dichtheit und Stabilität des Daches. Die quadratischen Ziegel mit Abmessungen von 870 mm x 870 mm werden überlappend auf der kreuzweise montierten Holzlattung verlegt und verschraubt (siehe Abb. 10). Die elektrische Verbindung erfolgt wie bei allen Systemen über einfache Stecker. Um eine homogene Dachansicht zu erhalten, werden Teilstücke oder inaktive Flächen mit Metallelementen ausgeführt, die vor Ort zugeschnitten werden können.



Abbildung 9: Außenperspektive von Haus B in Stuttgart
Quelle: Brígida González, Yonder Architekten



Abbildung 10: Montage des SunStyle Solardachsystem
Quelle: Thomas Stark



Abbildung 11: Blick auf das Flachdach vom Biocube in Leipzig |
Grunddach mit Solarsystem
Quelle: ZinCo GmbH

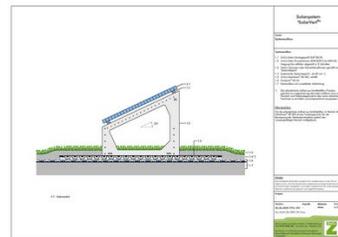


Abbildung 12: Aufbau Solarsystem „SolarVert“
Quelle: ZinCo GmbH



Foto: Waldorfschule Stuttgart I Behnisch Architekten



Foto: Waldorfschule Stuttgart I Behnisch Architekten



Foto: Waldorfschule Stuttgart I Behnisch Architekten

LEITFADEN: Teil C – BIPV im Planungsprozess – C3.3 Konstruktive Details (Auszug)

Fassadensysteme

Das Bestreben, möglichst viele Flächen eines Gebäudes für die Energiegewinnung nutzen zu können, bringt verstärkt die Fassadenflächen für die Integration von Photovoltaik ins Blickfeld. Zudem haben Fassadenflächen aufgrund ihrer Ausrichtung und ihres daraus resultierenden Ertragsprofils oftmals Vorteile für die Eigennutzung des Solarstroms im Gebäude. Die dafür verwendbaren Fassadensysteme unterscheiden sich grundsätzlich nicht von herkömmlichen Montagearten für die Befestigung von Gläsern oder plattenförmigen Fassadenelementen.

Ein Projekt, das die Integration von PV-Modulen in die Fassaden mit sehr hohem ästhetischem Anspruch umgesetzt hat, ist das Gebäude „Westspitze“ in Tübingen (2020) von ackermann + raff Architekten (siehe Abb. 13). Aufgrund des Ziels einer homogenen Fassadengestaltung wurde das PV-Modul SKALA des Herstellers Avancis ausgewählt. Dieses ist rahmenlos und weist als Dünnschichtmodul keine sichtbaren Zellstrukturen auf [C3.1 Informationen zu verfügbaren Produkten]. Das Montagesystem von Avancis verfügt über rückseitig verklebte Schienen (Backrail), die eine nicht sichtbare Befestigung als vorgehängt-hinterlüftete Fassaden ermöglichen und gleichzeitig eine nahtlose Integration des Moduls in die Gebäudehülle fördern (siehe Abb. 14). Die verwendeten Module sind eingebunden in eine Aluminiumfassade im Bronzeton. Um eine einheitliche Wirkung zu erzielen, wurden auch die Glasoberflächen der Module in diesem Farbton beschichtet, sodass diese je nach Lichteinfall dunkelbraun bis golden schimmern (siehe Abb. 15). Insgesamt sind 634 Solarmodule in die Fassade integriert und erreichen damit eine Fläche von 659 m² sowie eine Anlageneistung von 82,42 kWp.

Ein weiteres Beispiel für eine gelungene Fassadenintegration ist das PlusEnergie-Mehrfamilienhaus Oeschger in Zürich (2019) von dem Architekturbüro Patrick Pfister, Pfister + Koller (siehe Abb. 16). Durch die neben der Dachfläche zusätzliche Nutzung der Fassade für die Stromgewinnung kann das Gebäude komplett mit CO₂-freiem Solarstrom versorgt werden. Alle vier Gebäudesseiten sind vollständig mit PV-Modulen in Carbon-Optik bestückt. Hierbei kamen die Solarmodule „Fine Art“ des Herstellers Megasol zum Einsatz, bei denen es sich um monokristalline PV-Module handelt, deren Glasoberflächen nach Wunsch beschichtet werden können (siehe Abb. 17). Die Montage der Module erfolgt ebenfalls mittels Backrails, welche auf der Rückseite der Module verklebt sind und in Horizontalprofile eingelegt werden.



Abbildung 16: Ansicht MFH Oeschger in Zürich
Quelle: Megasol Energie AG / Pfister + Koller



Abbildung 17: Solarmodul „Fine Art“ von Megasol, Oeschger in Zürich
Quelle: Megasol Energie AG / Pfister + Koller



Abbildung 13: Frontansicht der Westspitze Tübingen
Quelle: Albrecht Voss, Avancis



Abbildung 14: Detailsicht der Westspitze Tübingen
Quelle: Albrecht Voss, Avancis

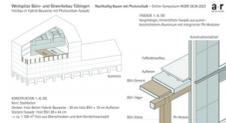


Abbildung 15: Isometrie der Konstruktion, Fassade Westspitze Tübingen
Quelle: a+r Architekten



Foto: Westspitze Tübingen | a+r Architekten | Brigida González



Foto: Brigida González



Foto: Albrecht Voss / Avancis

Quellenangaben

1. https://www.svvtue.de/fileadmin/user_upload/4/Unternehmen/TueWeit/2020_10_TueWeit_web.pdf
2. https://www.kalaidarade.com/en-content/uploads/2020/11/24/CA_A-Referenz_Westspitze-Tuebingen_DE.pdf
3. <https://www.urdesign.ch/en-content/uploads/2019/10/Solarziele-Segantstrasse.pdf>
4. <https://megasol.ch/referenzen/mehrfamilienhaus-segantstrasse-zuerich/>

LEITFADEN – TEIL D - ANHANG

D1

Informationsportale

Direkt zu

[D1 Einleitung](#) »

D2

**Übersicht
Modulhersteller**

Direkt zu

[D2 Einleitung](#) »

D3

FAQs

Direkt zu

[D3 Einleitung](#) »

D4

Glossar

Direkt zu

[D4 Einleitung](#) »

Gliederung Anhang (Auszug): www.bipv-bw.de

LEITFADEN: Teil D – Anhang – D2 Übersicht Modulhersteller (Auszug)

Hersteller	Referenzobjekt Foto	Referenzobjekt Urheber	IN-Dach-Module	Fassaden-Module	Solar-Ziegelt	Module			Farbvarianten	Transparenz	Bauordnungs-relevante Aspekte	Elektrotechnische Aspekte	Land	Kontaktinformationen		
						Standard	Kunden spezifisch	Max. Größe bzw. Größe des Standardmoduls [mm x mm]						Website	E-Mail	Telefon
3S Solarplus		MegaSlate Gstaader Chalet 3S Solar Plus AG	ja	ja	nein	ja	nein	1800 x 1100	nein	nein	DIN 18008, Brandprüfung	IEC 61730, IEC 61215	CH	www.3s-solarplus.ch	info@3s-solarplus.ch	+41 322 242 500
A2 Solar		Rethaus Freiburg ingenhoven associates/ HG&Sch	ja	ja	nein	nein	ja	4000 x 2000	nein	nein	abP	-	DE	www.a2-solar.com	s.wemhoener@a2-solar.com	+49 361 518 049 20
ACTIV/GLASS ISSOL		SolarTerra Ecuvillens (CH)	ja	ja	ja	nein	ja	4200 x 2000	ja	ja	Brandklasse B s1 d0 nach EN13501	IEC 61730, IEC 61215	CH / IT	www.activ-glass.com	pvglazing@activ-glass.com	+41 768 28 11 98
Aleosolar	-	-	ja	ja	nein	ja	nein	1600 x 950	nein	ja	DIN18008, DIBt Zertifizierung	IEC 61730, IEC 61215, Brandklasse C nach IEC 61730-2	DE	www.aleo-solar.de	info@aleo-solar.de	+49 398 482 280
Autarq		Autarq GmbH Solarziegel in roter Variante	nein	nein	ja	ja	nein	1000 x 500	ja	nein	-	IEC 61730, IEC 61215	DE	www.autarq.com	marketing@autarq.com	+49 398 471 989 28
Avancis		Westspitze Tübingen Albrecht Voss	ja	ja	nein	ja	nein	1587 x 664	ja	nein	AbZ/BG Z-70.1-224	IEC 61730, IEC 61215, IEC 61701, Brandklasse C nach ANSI/UL 790:2004	DE	www.avancis.de	info@avancis.de	+49 342 173 880
Axsun	-	-	ja	nein	nein	ja	nein	1800 x 350	nein	ja	-	IEC 61730, IEC 61215, Brandklasse C nach IEC 61730-2	DE	www.axsun.de	info@axsun.de	+49 739 296 968 54
Braas		PB Braas Premium BMI Group	ja	nein	nein	ja	nein	1743 x 1025	ja	nein	-	IEC 61730, IEC 61215	DE	www.bmigroup.com	Solarberatung.de@bmigroup.com	+49 610 480 010 00
CS Wismar	-	-	ja	ja	nein	ja	nein	1700 x 1000	nein	nein	Brandklasse E nach DIN EN 12501-1, abP mit Montagesystem SolRif XL/DIN, BROOF (t1) nach EN12501-5) (Modul Excellent mit Montagesystem Renusol ISSE)	IEC 61730, IEC 61215	DE	www.sonnenstromfabrik.com	sales@sonnenstromfabrik.com	+49 384 130 492 00
DAS Energy		DAS Energy Gebäude DAS Energy GmbH	ja	ja	nein	ja	nein	5000 x 1000	ja	nein	-	IEC 61730, IEC 61215, IEC 61701, IEC 62716, IEC TS 62941	AT	www.das-energy.com/de/home	office@das-energy.com	+43 262 235 035
Dyaqua	-	-	nein	nein	ja	ja	nein	-	ja	nein	-	nein	IT	www.dyaqua.it	invisible solar@dyaqua.it	-

ARGUMENTE FÜR GEBÄUDEINTEGRATION VON PHOTOVOLTAIK

Durch die zusätzliche Nutzung ohnehin erforderlicher bzw. vorhandener Fläche entsteht ein hohes Maß an Synergie (Steigerung der Flächeneffizienz).

Das Solarelement kann Funktionen von Dach- und Fassadenbauteilen übernehmen und ermöglicht somit eine Einsparung von Ressourcen für die Herstellung konventioneller Baumaterialien (Steigerung der Material- und Energieeffizienz).

Photovoltaik beeinflusst als sichtbare Technologie zunehmend unsere gebaute Umwelt.

Sie wandelt sich vom reinen Baustein der Energieerzeugung sukzessive zu einem Element der Baukultur, die es gemeinsam für das solare Zeitalter zu gestalten gilt.

BIPV-LEITFADEN

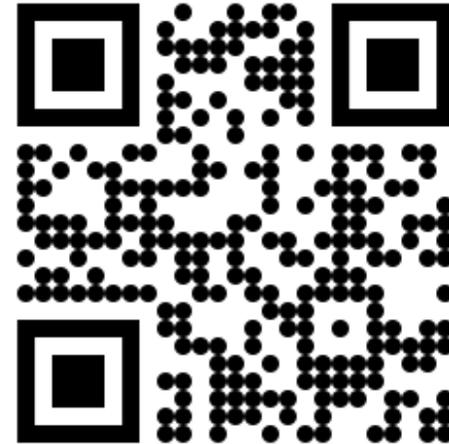
Jetzt online.

Hier gehts zur Website:

www.bipv-bw.de



bipv-bw@akbw.de



SCAN ME



Initiative für Bauwerkintegrierte Photovoltaik-Anlagen in Baden-Württemberg

1. Architektenkammer Baden-Württemberg (AKBW)

Dipl.-Ing. Jochen Stoiber, Sophie Luz, M.Sc.

Danneckerstr. 54, 70182 Stuttgart

2. Hochschule Konstanz – Technik, Wirtschaft und Gestaltung (HTWG)

Prof. Dr.-Ing. Thomas Stark, Johannes Kimmerle M.A.

Architektur und Gestaltung, Fachgebiet Energieeffizientes Bauen - Konstanz

3. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Dr.-Ing. Frank Ensslen, Dr.-Ing. Jan-Blicke Eggers

Abteilung Energieeffiziente Gebäude, Gruppe Solare Gebäudehüllen - Freiburg

4. Zentrum für Sonnenenergie und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)

Dipl.-Ing. Dieter Geyer, Dennis Huschenhöfer, M.Sc.

Fachgebiet Photovoltaik - Module Systeme Anwendungen (MSA) - Stuttgart