

Die Fassade als Kraftwerk

Whitepaper

Fassade



Die gebäudeintegrierte Photovoltaik-Fassade ist eine innovative Möglichkeit, Energiegewinnung in die Architektur miteinzubeziehen und gleichzeitig höchste ästhetische Ansprüche zu erfüllen.



Inhalt

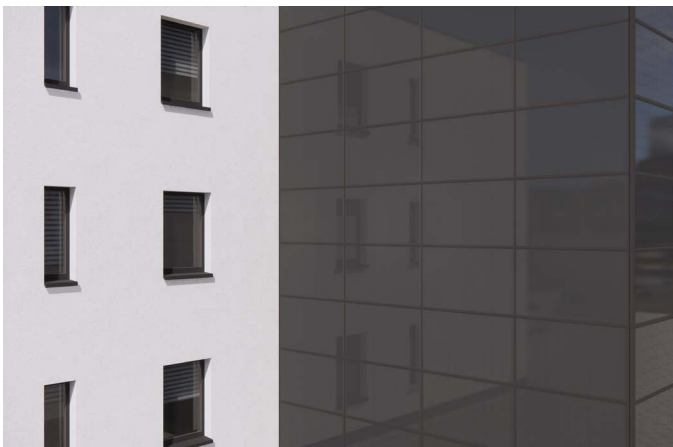


Grundlagen

[02 Einleitung](#)

[03 Wie funktioniert Photovoltaik?](#)

[04 Arten von Photovoltaik-Modulen](#)



Bauwerksintegrierte Photovoltaik (BIPV)

[05 Bauwerksintegrierte Photovoltaik \(BIPV\)](#)

[06 Berechnung des Energieeffizienz-Potenzials](#)

[07 Über Orientierung, Neigung und Verschattung](#)

[08 Die Kosten im Griff](#)

[09 Macht die Photovoltaik an der Fassade Sinn?](#)

Bei den nachfolgend in der Broschüre enthaltenen Angaben, Abbildungen, generellen technischen Aussagen und Zeichnungen ist darauf hinzuweisen, dass es sich hier nur um allgemeine Mustervorschläge und Details handelt, die diese Funktionsweise darstellen. Es ist keine Maßgenauigkeit gegeben. Anwendbarkeit und Vollständigkeit sind vom Verarbeiter / Kunden beim jeweiligen Bauvorhaben eigenverantwortlich zu prüfen. Angrenzende Gewerke sind nur schematisch dargestellt. Alle Vorgaben und Angaben sind auf die örtlichen Gegebenheiten anzupassen bzw. abzustimmen und stellen keine Wert-, Detail- oder Montageplanung dar. Die jeweiligen technischen Vorgaben und Angaben zu den Produkten in den Technischen Merkblättern und Systembeschreibungen / Zulassungen sind zwingend zu beachten.



Planung und Design

[10 Planung und Design](#)

[11 Projektbeispiele](#)

[12 StoVentec Photovoltaics Inlay](#)

[13 Doppelte Nachhaltigkeit durch Fassadenphotovoltaik?](#)

[14 Baurecht bei Photovoltaikanlagen](#)

[15 Wichtige Normenwerke](#)

[16 Case Study: Unternehmenszentrale](#)

[17 Interview mit DI Dieter Moor](#)

Einleitung

Bei einem hochrangigen Gipfeltreffen der Vereinten Nationen (United Nations, UN) vom 25. Bis 27. September 2015 wurde die „Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung“ unter dem Titel „Transformation unserer Welt: die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung“ beschlossen. Alle 193 Mitgliedstaaten der Vereinten Nationen verpflichten sich, auf die Umsetzung der Agenda 2030 mit ihren 17 nachhaltigen Entwicklungszielen (Sustainable Development Goals, SDGs) auf nationaler, regionaler und internationaler Ebene bis zum Jahr 2030 hinzuarbeiten. Fünf dieser Ziele richten sich an Gebäude. Das verdeutlicht die Relevanz von energieeffizienten Gebäuden.

Photovoltaik-Anlagen werden meist auf Dachflächen oder Freiflächen montiert. Es gibt aber auch Anlagen oberhalb von Wasserflächen (Floating PV), oberhalb von landwirtschaftlich genutzten Flächen (Agri PV) und sogar auf Dächern von LKWs (VIPV). In Österreich wurde die Gesamtleistung von Photovoltaik-Anlagen 2022 um 36 % gesteigert. Photovoltaik an der Fassade spielt am Markt noch eine untergeordnete Rolle.

Dieses Whitepaper geht auf die Möglichkeiten der bauwerksintegrierten Photovoltaik ein (BIPV), insbesondere auf Photovoltaik an der Fassade.

Wie funktioniert Photovoltaik?

Photovoltaik-Module

Wenn Sonnenlicht auf die Oberfläche der Solarzellen trifft, werden die Photonen (Lichtteilchen) von den Elektronen im halbleitenden Material absorbiert. Die absorbierten Photonen geben Energie an die Elektronen im Halbleitermaterial ab und erzeugen Elektronen-Loch-Paare. Elektronen werden durch diese Energie angeregt und können sich frei durch das Material bewegen.

Vom Gleichstrom zum Wechselstrom

Durch diese Bewegung wird Gleichstrom (DC) erzeugt. Dieser muss, durch einen Wechselrichter in Wechselstrom (AC) umgewandelt werden. Der Ertrag kann direkt verbraucht, in ein eigenes Energiespeichersystem oder in das öffentliche Netz eingespeist werden.

In der Solarzelle

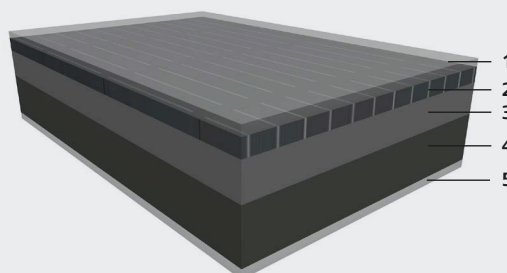
Durch Sonnenlicht wird in Form von elektromagnetischer Strahlung Energie zugeführt, die freie Ladungsträger erzeugt. Um aus diesen Ladungen elektrischen Strom zu erzeugen, werden die Ladungsträger von der negativen zur positiven Elektrode gelenkt.

Die Struktur von Solarzellen ist so angepasst, dass möglichst viel Licht eingefangen wird und in der aktiven Schicht freie Ladungsträger erzeugt werden können. Die negative Deckelektrode muss hierzu transparent sein, auf der Oberseite muss eine Antireflexionsschicht aufgetragen werden, gegebenenfalls wird die Rückseite auch verspiegelt. Die Antireflexionsschicht sorgt für die typisch bläuliche bzw. schwarze Färbung von Solarzellen.

Das Grundmaterial für Halbleiter-Solarzellen ist Silicium, wobei die handelsüblichen Photovoltaik-Module monokristalline Zellen zum Einsatz bringen. Im Gegensatz zu polychristallinen haben diese Module eine einfarbige Oberfläche.

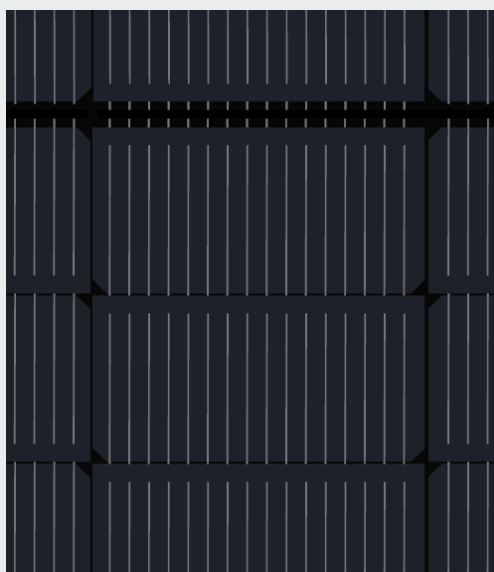


Bildquelle: arconsol, DI Dieter Moor



Systemaufbau (stark vereinfacht)

- 1 — Antireflexionsschicht
- 2 — Negative Elektrode
- 3 — Grenzsicht
- 4 — Silicium
- 5 — Positive Elektrode



Halbzellentechnologie (Frontansicht, Maßstab 1:2)

Gut sichtbar sind sogenannte Halbzellen (Format 182x91mm), die unter Standard-Testbedingungen 5 Watt Leistung erzeugen. Durch die "halben" Zellenformate wird eine optimierte Modulverschaltung in Hinblick auf Verschattung erreicht. Bis zu 120 Halbzellen werden in einem Modul zusammengeschaltet und erreichen so eine Leistung zwischen 380 und 470 Wp.

Abbildung: Sonnenkraft GmbH, St. Veit/Glan



Arten von Photovoltaik-Modulen

Es gibt im Wesentlichen zwei Arten, wie ein Photovoltaik-Modul aufgebaut wird: Glas-Folien-Module und Glas-Glas-Module.

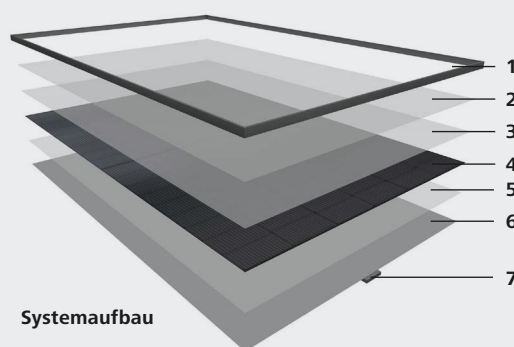
Glas-Folien-Module setzen sich aus einer Glasscheibe auf der Vorderseite des Solarmoduls zusammen. Auf der Rückseite wird eine Folie appliziert, nicht nur aus ästhetischen Gründen, sondern auch, um eine spezifische optische Erscheinung zu erzielen.

Diese Module bieten eine Gestaltung, bei der die Vorderseite durch die klare Glasscheibe besticht, während die Rückseite durch die aufgetragene Folie eine zusätzliche visuelle Dimension erhält. Dieses Design eröffnet Möglichkeiten für unterschiedliche ästhetische Ansprüche und passt sich harmonisch in verschiedene architektonische Umgebungen ein.

Glas-Glas-Module bestehen, wie der Name bereits vermuten lässt, aus jeweils einer Glasscheibe auf der Vorder- und Rückseite des Solarmoduls. Diese doppelte Glasstruktur umschließt die Solarzellen und bietet einen zuverlässigen Schutz vor äußeren Einflüssen wie extremer Hitze, starkem Wind und Hagel.

Die Verwendung von Glas auf beiden Seiten verleiht den Photovoltaik-Modulen nicht nur eine robuste Bauweise, sondern bietet auch klare Vorteile im Bereich des Brandschutzes. Die doppelte Glasschicht trägt dazu bei, die Ausbreitung von Feuer zu minimieren und macht diese Module zu einer sicheren und nachhaltigen Wahl.

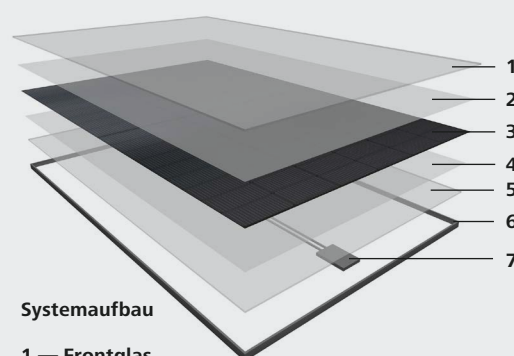
Glas-Folien-Module



Systemaufbau

- 1 — Rahmen
- 2 — Frontglas
- 3 — Einkapselungsfolie
- 4 — Solarzellen
- 5 — Einkapselungsfolie
- 6 — Rückseitenfolie
- 5 — Anschlussdose

Glas-Glas-Module



Systemaufbau

- 1 — Frontglas
- 2 — Einkapselungsfolie
- 3 — Solarzellen
- 4 — Einkapselungsfolie
- 5 — Rückglas
- 6 — Rahmen
- 5 — Anschlussdose

Bauwerksintegrierte Photovoltaik

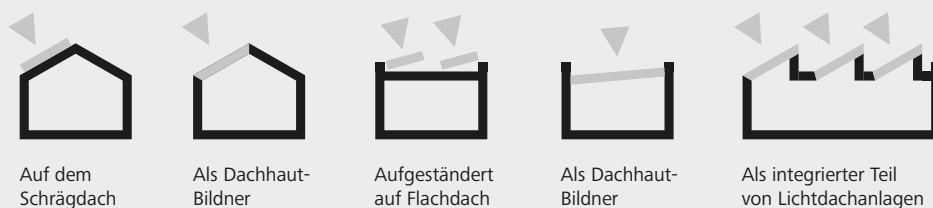
Die bauwerksintegrierte Photovoltaik (engl. Building Integrated PhotoVoltaic, BIPV) bietet vielfältige Möglichkeiten zur effizienten Nutzung von Solarenergie in verschiedenen Bauelementen. Auf schrägen Dächern können Photovoltaik-Module sowohl auf als auch im Dach integriert werden, was eine optimale Ausnutzung der verfügbaren Fläche ermöglicht. Ebenso können flache Dächer effektiv genutzt werden, indem Photovoltaik-Module darauf installiert oder in das Dach integriert.

Die Integration von Solarmodulen vor der Fassade eröffnet zusätzliche Gestaltungsmöglichkeiten und ermöglicht eine flexible Anpassung an die architektonischen Gegebenheiten. Sowohl Kaltfassaden als auch Warmfassaden können als Träger für Photovoltaik dienen und so zu einer nachhaltigen

Energieerzeugung beitragen. Des Weiteren können Lichtdächer und Sonnenschutzsysteme mit Photovoltaik ausgestattet werden, um nicht nur Schatten zu spenden, sondern auch elektrische Energie zu generieren. Insgesamt bieten die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten der BIPV eine ästhetische Integration erneuerbarer Energiequellen in die gebaute Umwelt.

Photovoltaik an der vorgehängten hinterlüfteten Fassade bietet neben der Energieerzeugung weitere Funktionen wie Wärmeschutz, Feuchteschutz, Witterungsschutz der Bausubstanz, Schallschutz durch Verbesserung des Schalldämmmaßes um bis zu 12 dB, gute Rückbaubarkeit bei modularem Systemaufbau.

Aufdachanlagen



Fassadenanlagen



Modelle der Gebäudeintegration

Die Integration von Solarmodulen vor der Fassade eröffnet zusätzliche Gestaltungsmöglichkeiten und ermöglicht eine flexible Anpassung an die architektonischen Gegebenheiten.



Berechnung des Energieeffizienz-Potenzials

Die Leistung von PV-Generatoren wird in Kilowatt Peak (kWp) gemessen. Der Ausdruck bezieht sich auf die Spitzenleistung der PV-Anlage, die normalerweise in Kilowatt (kW) gemessen wird. Je höher die kWp-Zahl, desto mehr Energie kann die Anlage unter optimalen Bedingungen erzeugen.

Um den Energieertrag der Photovoltaik-Anlage zu berechnen, wird die Nennleistung der PV-Anlage (in Kilowatt-Peak, kWp) in Relation zur verfügbaren Fläche gesetzt. Angenommen, man hat eine verfügbare Fassadenfläche von 30 m². Der spezifische Flächenbedarf kann je nach Art der Installation variieren. Für unser Beispiel nehmen wir an, dass für eine PV-Fassade etwa 4,7 m² pro kWp erforderlich sind.

Berechnung der installierten Leistung (kWp)

$$\frac{\text{Verfügbare Fläche [m}^2\text{]}}{\text{Spezifischer Flächenbedarf [m}^2 \text{ pro kWp]}} = \text{Installierte Leistung [kWp]}$$

Beispiel: $\frac{30 \text{ m}^2}{4,7 \text{ m}^2/\text{kWp}} = 6,4 \text{ kWp}$

Berechnung der jährlichen Energieproduktion

Die jährliche Energieproduktion hängt natürlich von Faktoren wie der Sonneneinstrahlung am Standort ab. Hier nehmen wir an, dass unsere Fassade in Wien im 22. Bezirk errichtet wird. An diesem Standort kann mit einem spezifischen Jahresertrag von 796 kWh pro installiertem kWp gerechnet werden.

Berechnung der jährlichen Energieproduktion (kWh)

$$\text{Installierte Leistung (kWp)} \times \text{Spezifische Ertragsfaktor (kWh/kWp)} = \text{Jährliche Energieproduktion [kWh]}$$

Beispiel: $6,4 \text{ kWp} \times 796 \text{ kWh/kWp} = 5094 \text{ kWh/Jahr}$



Die jährliche Energieproduktion ist standortabhängig
Wie hier in Wien im 22. Bezirk Donaustadt wäre ein spezifischer Jahresertrag pro installierter kWp anzunehmen.
Foto: TRFilm, adobestock

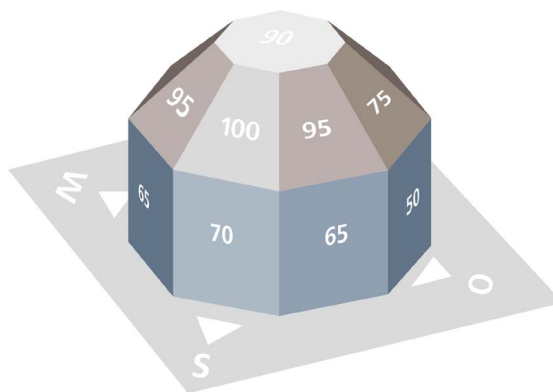
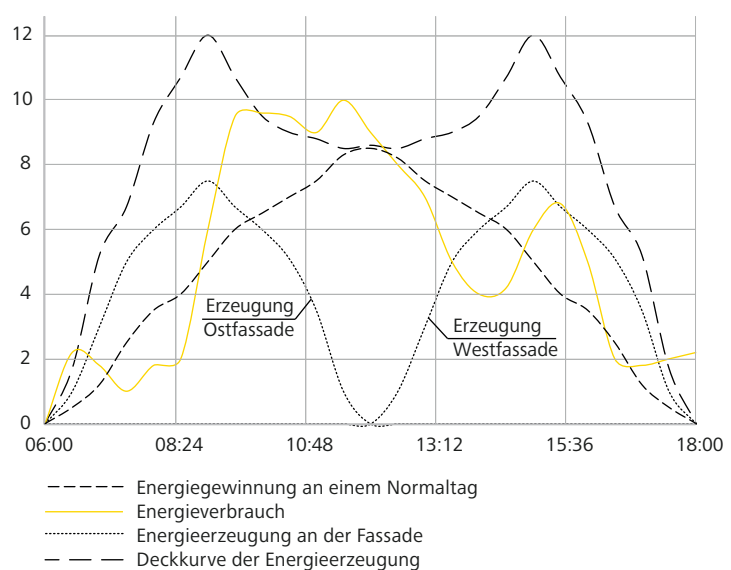
Über Orientierung, Neigung und Verschattung

Verschattungen durch Bäume, Gebäude oder andere Hindernisse können das Energiepotenzial erheblich reduzieren. Eine Verschattung ist aber in vielen Fällen unvermeidbar. Um dennoch eine hohe Effizienz zu gewährleisten und zu verhindern, dass die gesamte PV-Anlage betroffen ist, bietet es sich an, bei Verschattung mehrere Wechselrichter und Strings einzubauen. Durch diese gezielte Aufteilung kann sichergestellt werden, dass der Einfluss der Verschattung auf einzelne Teile der Anlage begrenzt bleibt, und somit die Gesamtleistung optimiert wird.

Ein weiterer wichtiger Aspekt bei der Installation von PV-Fassaden ist die Ausrichtung der Module. Die Ausrichtung nach Osten und Westen bietet den Vorteil, dass während der Randzeiten des Tages zusätzliches Tageslicht eingefangen werden kann. Das ermöglicht eine effizientere Nutzung der verfügbaren Sonnenenergie im Laufe des Tages im Vergleich zur reinen Ausrichtung nach Süden. So wird der Tagesverlauf der Sonne, beginnend bei Sonnenaufgang im Osten und Sonnenuntergang im Westen, und somit der auf die Fassade eingestrahelte Energie, bestmöglich genutzt.

Aufgrund der unterschiedlichen Neigung zur Sonne von Aufdach- und fassadenintegrierten PV-Modulen werden an der Fassade rund 30 % geringere Energieerträge als auf dem Dach erzielt. Allerdings liegt ein wesentlicher Vorteil darin, dass der monatlich erwirtschaftete Energieertrag besser zum tatsächlichen Bedarf im jahreszeitlichen Verlauf passt, weil durch die flacher stehende Sonne besonders in den kühleren Monaten an der Fassade mehr Energie erzeugt wird als auf dem Dach.

Stromerzeugung an der Fassade nach Bedarf
Quelle: arconsol, DI Dieter Moor



Prozentualer Energieertrag der Sonneneinstrahlung, abhängig von Ausrichtung und Neigung für Dach- und Fassadenintegration

Wie kann man dauerhaften Verschattungen, wie durch Fensterbänke oder einen Balkon entgegenwirken?

Fensterbänke müssen gewissen Normen entsprechen, sodass eine Verschattung nicht verhindert werden kann. Mit dem Einsatz von mehreren Wechselrichtern kann jedoch entgegengewirkt werden. Alternativ könnte auch einen Leistungsoptimierer pro Modul installiert werden, welcher die maximal mögliche Leistung pro Modul regelt.

Die Kosten im Griff

Die Kosten unterscheiden sich je nach gewählter Art der Solarzelle sowie des Modulaufbaus. Der Architekturmarkt ist hier nicht mit dem Massenmarkt vergleichbar. Im Massenmarkt stammen die verfügbaren Produkte oft standardisiert aus Asien. Im Gegensatz dazu bietet der Architekturmarkt für individuelle Projekte die Freiheit der Auswahl bei Farben und Formen für individuelle PV-Fassadenprojekte.

Werden Photovoltaik-Module in der bauwerkintegrierten Ausführung eingesetzt, muss man bei den Kosten zwischen den so genannten „Sowiesokosten“ der Fassade und dem Aufpreis für Photovoltaik unterscheiden. Der Fassadenaufbau, mit Ausnahme der Fassadenbekleidung, bleibt ident! Die Photovoltaik-Module ersetzen die Fassadenbekleidung, wie zum Beispiel Putz, Glas, Klinker oder Plattenmaterial. Es sollte also die Differenz zu diesen Materialien betrachtet werden. Dabei ist vor allem auch mit einzuberechnen, dass die Ausführung von Photovoltaik-Modulen in der Fassade, die einzige Fassadenausführung ist, die aktiv auch monetäre Erträge erwirtschaften kann.

Die für die Herstellung der PV-Module benötigte Energie amortisiert sich aber bereits in den Anfangsjahren ihrer Nutzung. Die Sto Ges.m.b.H nimmt PV-Module beispielsweise nach Ablauf ihrer Lebensdauer zurück und verwendet sie im Rahmen der Kreislaufwirtschaft für die Herstellung weiterer Produkte.



Überblick über Kosten und Nutzen

Quelle: arconsol, DI Dieter Moor

	Typ	Ausführung	Vorteil	Nachteil
	Low Budget	PV mit Standardformaten, die restliche Fläche wird mit konventionellen Materialien ausgefüllt	Niedrige Kosten, standardisierte Planung	Architektonische Qualität kann leiden, teilweise hoher Kontrast
	Medium	PV mit Standardformaten, aber mit angepassten Farben und/oder Oberflächen	Etwas höhere architektonische Akzeptanz, da nicht so kontrastreich	Geringfügig höhere Kosten, Lieferzeiten wegen Sonderlösungen
	High End	PV optimal auf die Gebäudegeometrie und Architektur angepasst hinsichtlich Format, Formen und Farbe	PV-Elemente können nahezu nahtlos in das Gebäude eingefügt werden, höchste architektonische Akzeptanz	Sehr hoher Planungsaufwand und sehr hohe Kosten, wenige Anbieter

Macht Photovoltaik an der Fassade Sinn?

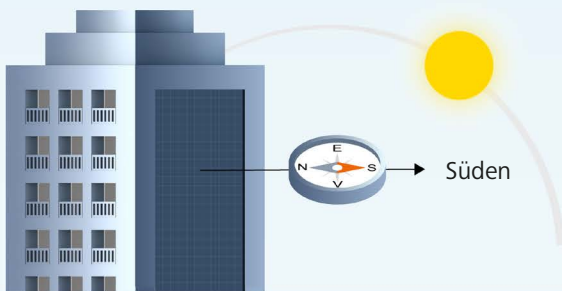
Photovoltaik-Anlagen kennen die meisten bisher nur auf dem Dach. Doch auch an der Fassade lassen sich PV-Module in die Gebäudehülle integrieren. Der jährliche Ertrag der installierten Leistung hängt unter anderem ab von:



▶ Standort des Gebäudes

▶ Wetterbedingungen

▶ Ausrichtung (Himmelsrichtung) der Module



Die ideale PV-Ausrichtung an Gebäudeflächen

Unter idealen Bedingungen kann eine PV-Fassade mit Südausrichtung den höchsten Ertrag erzielen. Aber auch andere Ausrichtungen können sinnvoll sein.

▶ Plus: höhere Energiegewinnung durch größere Flächen an hohen Gebäuden

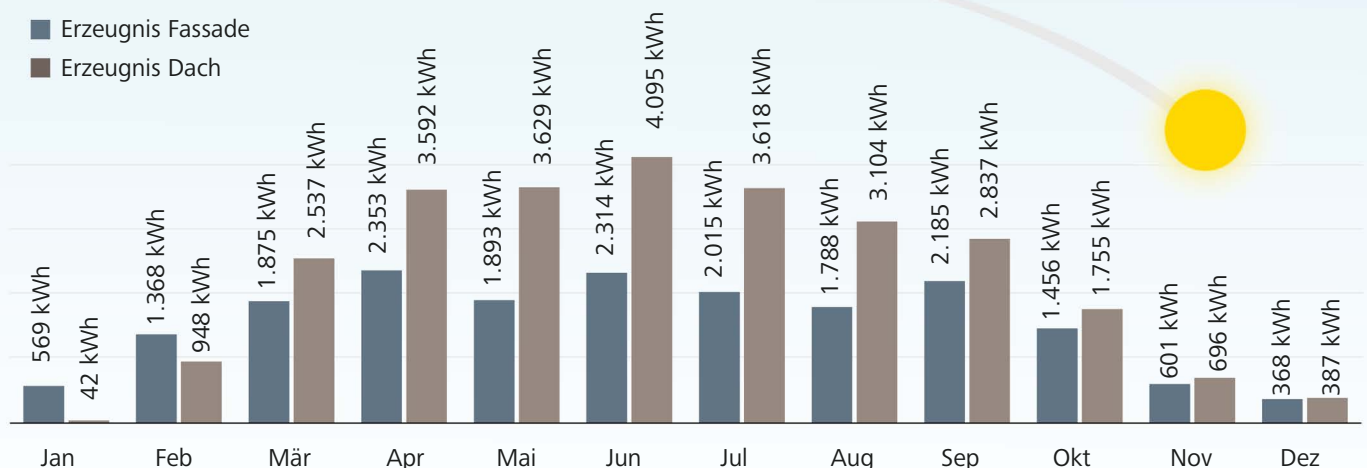
Mit PV-Fassaden für den Winter gewappnet

Mit der Ausrichtung nach Osten oder Westen verschiebt sich die Stromerzeugung in die Morgen- bzw. Abendstunden. Durch die flacher stehende Sonne in den kühleren Monaten, kann an der Fassade mehr Energie erzeugt werden als auf dem Dach. Der Strom entsteht also genau dann, wenn er gebraucht wird: Sobald es draußen dunkler und kälter wird.



Energieerzeugung bei einer 30-kWp-Anlage im Jahresvergleich

■ Erzeugnis Fassade
■ Erzeugnis Dach





Planung und Design

Die Integration von Photovoltaik (PV) in Fassaden hat sich zu einer innovativen und nachhaltigen Methode der Energieerzeugung entwickelt, die nicht nur funktionale Vorteile, sondern auch ästhetische Mehrwerte bietet. Die erfolgreiche Umsetzung von PV-Fassadenprojekten erfordert nicht nur technisches Know-how, sondern auch eine enge Zusammenarbeit zwischen Architekten, Ingenieuren, Elektrikern und weiteren Fachleuten.

Gestaltungsoptionen

Auch wenn es keine „Standardformate“ für PV Fassaden gibt, kann in der Planung auf gewisse Standard-Modultypen – meist um die 2 m² - zurückgegriffen werden. Manche Hersteller ermöglichen allerdings auch Formate bis zu 4,5 oder gar 5,0 Meter Höhe, wodurch geschoßhohe Elemente realisiert werden können.

In Bezug auf die Formen stehen rechteckige Elemente im Vordergrund. Zusätzlich zu den Standardformen werden auch Sonderformate wie Dreiecke in Betracht gezogen. Die Entscheidung, diese aktiv oder nicht aktiv einzusetzen, hängt vom Design ab, um eine harmonische Integration in die Gesamtgestaltung zu gewährleisten. Ebenso können Abrundungen geplant werden. PV-Paneele bieten die Möglichkeit, durch strukturelle Farben oder Pigmente eine ästhetische Vielfalt

zu erreichen. Die Pigmente können entweder aufgedruckt werden oder es werden die Glasscheiben des PV-Paneels beschichtet. Bei der Verwendung von Pigmenten ermöglicht der klassische Siebdruck eine breite Palette von Farboptionen, die von glasverarbeitenden Firmen umgesetzt werden können. Meist wird auch die Frontseite geätzt oder sandgestrahlt, um eine diffuse Oberfläche zu erhalten und somit die Reflexion bzw. Blendung zu reduzieren.

Je nach Oberflächenbeschaffenheit und Farbe kommt es zu einer Reduzierung des Wirkungsgrades, der eine direkte Auswirkung auf den Energieertrag der PV-Paneele hat.

Temperaturmanagement

PV-Module sind temperatursensibel, übermäßige Hitze kann ihre Leistungsfähigkeit beeinträchtigen. Gleichzeitig kann eine effektive Kühlung der Module zu einem verbesserten Wirkungsgrad und einer längeren Lebensdauer führen. Durch den Einsatz von speziellen Materialien und Konstruktionen kann eine passive Kühlung erreicht werden. Reflektierende Oberflächen und die Wahl von Materialien mit niedriger Wärmeleitfähigkeit (Holz, Mineralwolle, Aerogel, Styropor) sind beispielsweise Ansätze, um die Aufheizung der Module zu reduzieren.

Projektbeispiele



Projekt Rösli, CH

Ein Siebdruck wurde beispielsweise bei diesem Gebäude in der Schweiz gewählt. Die PV-Struktur wurde an die Holzstruktur angepasst, um ein harmonisches Design umzusetzen.

Foto: arconsol, DI Dieter Moor



Projekt Seestraße, CH

Experiment mit Digitaldruck auf PV-Paneelen. Der Kostenpunkt liegt hier bei über 1000 CHF pro Quadratmeter, inklusive WDVS und Unterkonstruktion. Generell hat sich bisher der Siebdruck durchgesetzt.

Foto: HuggenbergerFries, Architekten AG



Projekt Allschwil, CH

Ein Schachbrettmuster mit Siebdruck. Die Farben werden so eingestellt, dass sie aus der Ferne harmonisch wirken, während aus der Nähe Farbnuancen sichtbar sind. Überdruckungen auf den Zellen verhindern Durchscheinen.

Foto: Johannes Marburg, www.cipv.ch



Bornholm Hospital, DK

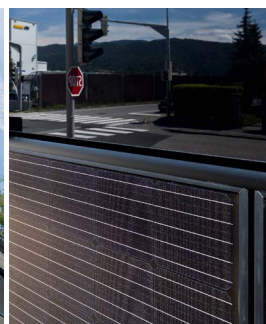
In Bornholm, Dänemark hat man PV-Elemente in unterschiedlichen Winkeln an der Fassade angebracht, um eine Musterung in der Fassade zu erzeugen, anstelle einer glatten Struktur.

Foto: solarlab global



Die Anwendung von Farben auf Zellen selbst, kommt vor allem bei sehr markanten Fassaden oder in Richtung Mosaikgestaltung zur Anwendung. Hier sind ca. 10 unterschiedliche Farben möglich, und die resultierende Farbwirkung zeigt Schimmer in vielen anderen Farbtönen. Es ist jedoch zu beachten, dass homogene Farben in diesem Kontext weniger realisierbar sind.

Foto: arconsol, DI Dieter Moor



Sto-TechnikCenter, Villach, AT

Eine Mischfassade aus monochromen Vollzellen-Photovoltaik-Modulen und vorgehängten, hinterlüfteten Glaspaneelen. Die Module mit partiell geschwärzten Verbindern sind austauschbar montiert.

Foto: Christian Schellander, artboxx



StoVentec Photovoltaics Inlay

[StoVentec Photovoltaics Inlay](#) bietet ein ästhetisch anspruchsvolles System für regenerative Fassadenlösungen. Das System beinhaltet ein doppelverglas-tes Modul mit einer schwarzen Einkapselungsfolie. Die einzelnen Zellverbinder sind geschwärzt.

Die dunklen monokristallinen Solarzellen gewährleisten in Verbindung mit den geschwärzten Zellverbindern ein einheitliches schwarzes Erscheinungsbild. Die Verbindung mit der klassischen VHF-Unterkonstruktion erfolgt über unsere patentierte Einlegeschiene StoVentro Profile Inlay. Das StoPhotovoltaics Inlay Modul wird in folgendem Format angeboten: 1134 x 1722 x 35 mm und 1143 x 1748 x 40 mm (430 Wpk). Gestaltungsfreiheit ergibt sich durch die Verwendung im Hoch- oder Querformat bzw. durch die Kombination mit anderen Fassadenmaterialien wie Glas, Putz, Stein oder Klinker.

Alle PV-Projekte werden im Vorfeld umfassend beraten und beinhalten im Rahmen der Serviceleistungen auch eine Simulation des erwarteten jährlichen Energieertrages. Wir unterstützen Sie in der konstruktiven sowie energetischen Planung einer fassadenintegrierten Photovoltaik zu jedem Zeitpunkt.

Kontakt



Jovan Panic, MSc
Projektmanager BIPV

Sto VerkaufsCenter Wien
Vorarlberger 35, 1230 Wien
T: 0664 / 81 67 043
E: j.panic@sto.com

Das System

Details

Leistung Aufbau

- Nennleistung Photovoltaik-Modul: 425 Wp
- Stromertrag abhängig von Standort und Ausrichtung

Brandverhalten

- Brandverhalten gemäß EN 13501-1: B-s1, d0, schwerentflammbar (mit 80 mm Hinterlüftungsspalt)

Schallschutz

- Schalldämmmaßverbesserung bis 12dB (A)

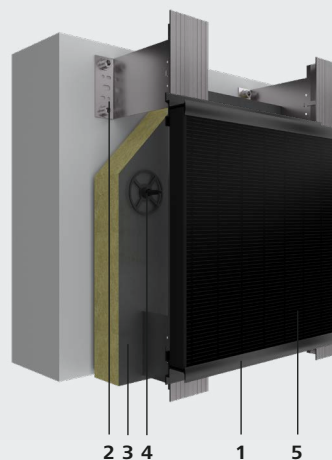
Nachhaltigkeit

- Gute Rückbaubarkeit in Einzelkomponenten dank modularem Systemaufbau
- Rücknahme defekter oder ausgedienter Photovoltaik-Module

Hinweise

- Leistungsgarantie: min. 97 % im ersten Jahr, danach maximale Reduktion um 0,7 % pro Jahr bis zu 25 Jahren

Aufbau



- 1 — Unterkonstruktion
- 2 — Verankerung
- 3 — Dämmung
- 4 — Befestigung
- 5 — Photovoltaikmodul

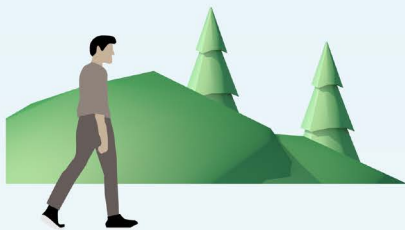
Doppelte Nachhaltigkeit durch Fassadenphotovoltaik?

Über dreißig Jahre gesehen können
252.750 kg CO₂ eingespart werden**.
Tendenz steigend!



in kg CO₂e

+ ≈170 CO₂-Ausstoß bei 1 m² PV-Modul*



Vermiedener
CO₂-Ausstoß dank
Stromerzeugung
durch 1 m² PV-Mo-
dul in 30 Jahren

- ≈1.687



Da die Stromproduktion bei PV ohne
CO₂-Ausstoß erfolgt, ist die investierte
Energienmenge bereits nach 3 Jahren
Betrieb wieder aufgeholt.

Energy-Payback-Time von PV-Fassaden



3 Jahre

Mit dem VHF System StoVentec Photovoltaics Inlay werden gleich zwei Möglichkeiten zur Einsparung von CO₂ genutzt:
Die Einsparung von Energie dank der Fassadendämmung und die CO₂-neutrale Stromproduktion. Sie erzeugen mindes-
tens das Zehnfache der Energie, die zu ihrer Herstellung nötig war.

Verbrauch/Jahr in kg CO₂e

				
Gebäudetyp und Wohnfläche PV-Anlage in m ²	100-250 m ² 1-2 Wohneinheiten 10 m ² PV	251-500 m ² 3-6 Wohneinheiten 25 m ² PV	501-1.000 m ² 7-12 Wohneinheiten 50 m ² PV	> 1.000 m ² 12 Wohneinheiten 100 m ² PV
Verbrauch/Jahr in kg CO ₂ e (Ver- brauchswerte laut Heizspiegel)	720	1.775	3.500	7.000
Einsparpotenzial durch StoVentec Fassadendämmsysteme	25 %	25 %	40 %	40 %
Einsparpotenzial durch StoVentec Fassadendämmsysteme/Jahr in kg CO ₂ e	180	450	1.400	2.800
Einsparpotenzial in kg CO ₂ e durch neutrale Stromerzeugung	562	1.406	2.812	5.625

* CO₂-Ausstoß im gesamten Lebenszyklus A1-D (Rohstoffgewinnung bis Wiederverwendung)

** bei 100 m² PV-Anlage an der Fassade. Unter Berücksichtigung von Einsparungen durch Fassadendämmung und Stromerzeugung.



Baurecht bei Photovoltaik-Anlagen

Die Einhaltung von Brandschutzrichtlinien, gemäß den OIB-Richtlinien, spielt eine entscheidende Rolle. PV-Elemente fallen unter die Kategorie „1.4. Sonstige Außenwandbekleidungen oder -beläge“.

Für Gebäude in der Gebäudeklasse 1 bis 3 müssen für Fassaden somit nur die Anforderungen an das Brandverhalten gemäß Tabelle 1a der OIB-Richtlinie 2 eingehalten werden. Bei Gebäuden der Gebäudeklassen 4 und 5 sind Fassaden so auszuführen, dass bezogen auf das zweite über dem Brandherd liegende Geschoß eine Brandweiterleitung über die Fassade und das Herabfallen großer Fassadenteile wirksam eingeschränkt wird.

Generell soll der erhöhten Brand- und Rauchausbreitungsgefahr sowie den allfälligen Erschwernissen bei der Brandbekämpfung bzw. beim Einsatz von Rettungsgeräten der Feuerwehr in Abhängigkeit der Gebäudeklasse, verbunden mit der Anzahl der oberirdischen Geschoße, Rechnung getragen werden.

Weiters ist zu beachten, dass Photovoltaik-Paneele bestimmten Biegeanforderungen standhalten müssen, insbesondere unter Einflüssen von Wind und Wetter. Klassische Paneele stoßen hier oft an ihre Grenzen.

Die zielorientierte Anforderung wird jedenfalls erfüllt, wenn ein positiver Prüfbericht einer hierfür akkreditierten Prüfstelle gemäß ÖNORM B 3800-5 „Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 5: Brandverhalten von Fassaden – Anforderungen, Prüfungen und Beurteilungen“ vorliegt.

Installation

Die Installationsplanung von Photovoltaik-Fassaden erfordert eine ganzheitliche Betrachtung, insbesondere im Kontext architektonischer Planung. Die sorgfältige Auswahl von Montagesystemen und die optimale Verlegung der Verkabelung gewährleisten nicht nur eine sichere Installation, sondern auch eine maximale Energieerzeugung. Ein Blitz- und Überspannschutz muss berücksichtigt werden, sodass nicht nur die Anlage, sondern das gesamte Gebäude geschützt ist. Im Hinblick auf Brandschutz ist die Installation von Feuerwehrtrennschaltern ein wichtiger Sicherheitsaspekt. Diese ermöglichen es den Einsatzkräften im Brandfall, die PV-Anlage sicher abzuschalten und erleichtern so ihre Arbeit bei der Brandbekämpfung. Die Auswahl von widerstandsfähigen Materialien und robusten Montagesystemen trägt dazu bei, die PV-Fassade gegen verschiedene Umwelteinflüsse (Hagel, Erdbeben, Schnee) zu schützen.

OIB Richtlinie 2
Brandschutz,
Tabelle 1a

Gebäudeklassen (GK)	GK 1	GK 2	GK 3	GK 4	GK 5	
					≤ 6 oberirdische Geschoße	> 6 oberirdische Geschoße
1 Fassaden						
1.1 Außenwand-Wärmedämmverbundsysteme	E	D	D	C-d1	C-d1	C-d1
1.2 Fassadensysteme, vorgehängte hinterlüftete, belüftete oder nicht hinterlüftete						
1.2.1 Gesamtsystem oder	E	D-d1	D-d1	B-d1 ⁽¹⁾	B-d1 ⁽¹⁾	B-d1
1.2.2 Einzelkomponenten						
- Außenschicht	E	D	D	A2-d1 ⁽²⁾	A2-d1 ⁽²⁾	A2-d1 ⁽³⁾
- Unterkonstruktion stabförmig / punktförmig	E / E	D / D	D / A2	D / A2	D / A2	C / A2
- Dämmschicht bzw. Wärmedämmung	E	D	D	B ⁽²⁾	B ⁽²⁾	B ⁽³⁾
1.3 Vorhangfassaden - Einzelkomponenten						
- Profil (Rahmen, Pfosten oder Riegel)	E	D	D	D	D ⁽¹²⁾	A2
- Ausfachung als Verglasung	E	D	D	C-d2	B-d1	B-d1
- Ausfachung als Paneel	E	D	D	A2-d1 ^(12,13)	A2-d1 ^(12,13)	A2-d1
- Abdichtung zwischen Ausfachung und Profil	E	E	E	E	E	E
- Beschichtung (sofern nicht mit Profil oder Ausfachung mitgeprüft)	E	D	D	D	B	B
1.4 Sonstige Außenwandbekleidungen oder -beläge sowie nichttragende Außenbauteile	E	D-d1	D-d1	B-d1 ⁽⁴⁾	B-d1 ⁽⁴⁾	B-d1
1.5 Gebäudetrennfugenmaterial	E	E	E	A2	A2	A2
1.6 Geländerfüllungen bei Balkonen, Loggien u. dgl.	-	-	-	B ⁽⁴⁾	B ⁽⁴⁾	B



Wichtige Normenwerke

Elektrotechnische Normen

- ÖVE/ÖNORM E 8001 Schutzmaßnahmen im Bereich der Elektrizität
- ÖVE/ÖNORM E 2750 allgemeine Anforderungen, Anforderungen Module, Verkabelungen, Wechselrichter, etc.
- ÖVE/ÖNORM EN 61730 Design und Material der Module
- ÖVE/ÖNORM EN 61215 Bauartegnung und -zulassung – kristalline Module
- ÖVE/ÖNORM EN 61646 Bauartegnung und -zulassung – Dünnschichtmodule

Normen für den Einsatz von Glas im Bauwesen

- EN 14449 Verbundglas und Verbundsicherheitsglas Konformitätsbewertung/ Produkt-norm
- EN 12600 Pendelschlagversuch – Verfahren für die Stoßprüfung und Klassifizierung von Flachglas
- EN 356 Sicherheitssonderverglasung – Prüfverfahren und Klasseneinteilung des Widerstands gegen manuellen Angriff
- EN 12150-2 Thermisch vorgespanntes Kalknatron-Einscheiben-Sicherheitsglas
- EN 1863-2 Teilvorgespanntes Kalknatronglas – Teil 2: Konformitätsbewertung/ Produkt-norm
- EN ISO 1279 Mehrscheiben-Isolierglas
- EN ISO 12543(Verbundglas und Verbund-Sicherheitsglas
- EN 1063 Sicherheitssonderverglasung – Prüfverfahren und Klasseneinteilung für den Widerstand gegen Beschuss

Normen für den Einsatz einer vorgehängten, hinterlüfteten Fassade

- ÖNORM B 2219: 2011-04-15 Dachdeckerarbeiten, Werkvertragsnorm
- ÖNORM B 3419: 2011-04-15 Planung und Ausführung von Dacheindeckungen und Wandverkleidungen
- ÖNORM B 3521: 2012 Planung und Ausführung von Dacheindeckungen und Wandverkleidungen aus Metall, Teil 1: Bauspenglerarbeiten — handwerklich gefertigt Bundesinnung der Dachdecker, Glaser und Spengler Fachregeln für Bauspenglerarbeiten
- ÖFHF Planung und Ausführung von Vorgehängten Hinterlüfteten Fassaden
- ÖFHF Brandschutz bei Hinterlüfteten Fassaden
- ÖFHF Merkblatt Klebetechnik ÖFHF Merkblatt für VHF auf Holzunterkonstruktion ÖNORM B 1999-1-1 Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln - Nationale Festlegungen zu ÖNORM EN 1999-1-1, nationale Erläuterungen und nationale Ergänzungen
- ÖNORM B 1995-1-1 Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Teil 1-1: Allgemeines - Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau - Nationale Festlegungen zur Umsetzung der ÖNORM EN 1995-1-1, nationale Erläuterungen und nationale Ergänzungen
- ÖNORM B 1991-1-4 Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen - Windlasten - Nationale Festlegungen zu ÖNORM EN 1991-1-4 und nationale Ergänzungen

- ÖNORM B 1991-1-3 Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Teil 1-1: Allgemeines - Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau - Nationale Festlegungen zur Umsetzung der ÖNORM EN 1995-1-1, nationale Erläuterungen und nationale Ergänzungen



Case Study: Unternehmenszentrale

Das neue Empfangs- und Bürogebäude wurde als Nullenergiehaus im Passivhausstandard erstellt und erhielt von der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) das Gütesiegel in Platin. Herzstück des Gebäudes stellt das Energiekonzept mit minimiertem Energieverbrauch und nachhaltiger Energieerzeugung dar. Einen Teil der Energieerzeugung übernehmen die auf dem Dach und an der Süd-Ost-Fassade installierten Photovoltaik-Module. An der Fassade wurden die PV-Module des Fassadensystems StoVentec Photovoltaics montiert. Kombiniert mit weiteren vorgehängt hinterlüfteten Fassadensystemen von Sto (StoVentec R und StoVentec Glass) ist ein architektonisch anspruchsvolles und nachhaltiges Gesamtobjekt am Standort Weizen entstanden.

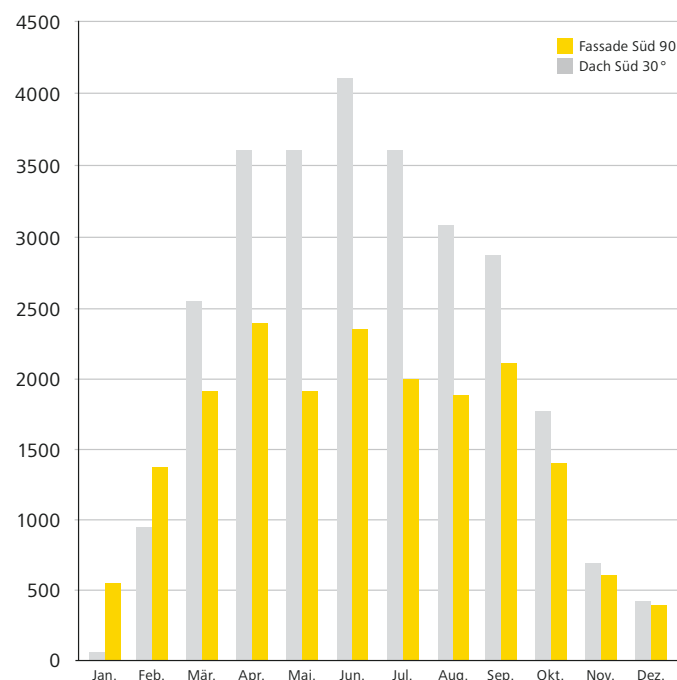


Empfangsgebäude Sto-Unternehmenszentrale, Weizen, DE

Bei unserem Empfangsgebäude wurden vier verschiedene Oberflächen verwendet: Glas, Photovoltaik, Putz und plastische Fassadenelemente aus Verolith. Es handelt sich um ein Nullenergiegebäude mit DGNB-Platin-Zertifizierung.

Foto: Alexander Matthews, Drohne Copter

Alle PV-Projekte werden im Vorfeld umfassend beraten und beinhalten im Rahmen der Serviceleistungen auch eine Simulation des erwarteten jährlichen Energieertrages. Die Messung der tatsächlich in den Jahren 2018 und 2019 am Sto-Gebäude 16 erzielten Energieerträge zeigt, dass diese mit den vorab errechneten Stromerträgen übereinstimmen. Wir unterstützen Sie in der konstruktiven sowie energetischen Planung einer fassadenintegrierten Photovoltaik zu jedem Zeitpunkt.



Vergleich Energiegewinnung Fassade/Dach bei einer 30-kWp-Anlage

Interview mit DI Dieter Moor, arconsol

Sie sind Experte im Bereich der architektonischen Beratung für solare Lösungen. Könnten Sie sich kurz vorstellen und etwas über Ihren Hintergrund im Bereich der solaren Gebäude-Lösungen erzählen? Wie sind Sie dazu gekommen, sich darauf zu spezialisieren?

Vor etwa 22 Jahren habe ich mich auf erneuerbare Energien spezialisiert und bin dann - nachdem ich für einen Energieversorger in dem Bereich gearbeitet habe - in die Solarindustrie eingestiegen. Als langjähriger Geschäftsführer eines produzierenden Unternehmens für Photovoltaik-Module, die für die Integration in Gebäude bestimmt waren, konnte ich umfangreiche Erfahrungen sammeln. Während dieser Zeit musste ich leider oft feststellen, dass Projekte von der anfänglichen Skizze über Simulationen und Detailplanung bis zur Umsetzung nicht immer optimal geplant waren. Dieses Bewusstsein für die Notwendigkeit einer sauberen Planung hat mich vor etwa anderthalb Jahren dazu bewogen, mein eigenes Ingenieurbüro, arconsol, zu gründen. (Link: www.arconsol.com)

Welche Zukunftstrends sehen Sie im Bereich der solaren Energiegewinnung?

Um über die Zukunft sprechen zu können, muss man zuerst einen Blick in die Vergangenheit werfen. Es ist schon sehr faszinierend, was in den letzten 20 Jahren alles passiert ist. Etwa die Effizienzsteigerung in der Photovoltaik, aber auch die weltweiten Installationszahlen. Im Bereich der Architekturlösungen, dem meine Aufmerksamkeit gilt, zeichnen sich bereits bedeutende Zukunftstrends ab. Dazu gehören einerseits schon bestehende Technologien, die farbige PV-Module ermöglicht, wie auch semitransparente Lösungen. Das wird aus meiner Sicht den Markt der Architekturlösungen in den nächsten Jahren dominieren.

Wie könnten sich diese Entwicklungen auf die Branche insgesamt auswirken?

Einerseits werden sich noch mehr Architekten mit

der Thematik auseinandersetzen. Andererseits zeichnet sich ab, dass Bauherren, Immobilienfirmen und private Investoren vermehrt Interesse zeigen werden, da die neuen Möglichkeiten in der Photovoltaik interessantere Lösungen bieten als herkömmliche Aufdach-Anlagen.

Gibt es neue Technologien oder innovative Ansätze, die Ihrer Meinung nach besonders vielversprechend sind?

Ich sehe vor allem Potenzial in der Optimierung der Prozesse und der Gesamtabwicklung von Projekten - speziell bei komplexen Vorhaben. Hierbei denke ich an das Stichwort „BIM“ (Building Information Modelling) ein. Speziell bei zeitweise verschatteten Photovoltaikfassaden macht es Sinn, die 3D-Modelle mit den Architekten und Fachplanern auszutauschen, um etwa erste Simulationen durchführen zu können. Das würde der ganzen Branche helfen. Während auf der Modulseite möglicherweise noch einige Optimierungsmöglichkeiten bestehen, liegt meiner Einschätzung nach das größte Potenzial in der fortschreitenden Verbesserung der Prozessabläufe und der Zusammenarbeit im Rahmen von Projekten.

Welche Herausforderungen gibt es typischerweise bei der Implementierung von PV-Fassadensystemen, und wie können diese überwunden werden? Wie sehen Sie dies, vor allem im Zusammenhang mit dem Thema Brandschutz und der Abstimmung zwischen Gewerken?

Eine der größten Schwierigkeiten liegt sicherlich in der mangelnden Bekanntheit von PV-Fassaden. Das Bild ist momentan geprägt von sehr vielen Aufdach-Anlagen oder PV-Anlagen auf freien Flächen. Der Wildwuchs von Balkonanlagen verstärkt den Eindruck. Es bedarf daher einer großen Aufklärungskampagne, um Architekten davon zu überzeugen, dass es auch architektonisch ansprechende Anlagenkonzepte gibt. Die in der Frage angesprochene Vermutung, dass die Abstimmung zwischen den





Gewerken - sprich Schnittstellenlösungen - problematisch sein kann ist auch ein Riesenthema. Die Welt der Glasfassaden und Bauwelt ist noch nicht nahtlos mit der Elektro- oder PV-Welt verwoben. Das ist schon noch ein hartes Stück Arbeit. Brandschutz ist seit dem katastrophalen Hochhausbrand des Grenfell Towers 2017 in London auch ein viel diskutiertes Thema. Die Baubehörden sind nun äußerst vorsichtig und gehen keinerlei Risiken mehr ein. Die Gesetze und Richtlinien im Bereich PV wurden speziell verschärft. Mit dieser Thematik muss man sich auseinandersetzen, wenn PV-Fassaden, speziell im Hochhausbereich, geplant werden. PV-Module, die als „nicht brennbar“ gelten, gibt es nicht.

Welche Fehler werden häufig bei der Planung und Ausführung gemacht? Und was empfehlen Sie, um diese zu vermeiden?

Die größten Fehler resultieren oft aus unterschiedlichen Wissensständen der Beteiligten. Lassen Sie mich das anhand eines Beispiels erklären: Ein erfahrener Elektroplaner plant eine PV-Fassade und schätzt die Kosten aufgrund seiner Erfahrung mit Standardphotovoltaik. Basierend auf seinen Erfahrungswerten aus der Standard-PV-Welt schätzt er die Kosten etwas höher ein und hofft, dass das Ergebnis so realitätsnahe wie möglich ist. Das kann zu bösen Überraschungen führen, weil bestimmte Dinge einfach nicht berücksichtigt wurden. Bei der Ausführung treten oft Unstimmigkeiten auf, weil die Schnittstellen nicht optimal geplant wurden. Um solche Probleme zu vermeiden, empfehle ich verstärkte Kooperationen. Bevor ein Gewerk befürchtet, einen Gesamtauftrag zu verlieren, wäre es besser, Teilaufträge an Spezialisten in dem jeweiligen Bereich zu vergeben oder sie in den Planungsprozess einzubeziehen. Kooperationen können dazu beitragen, dass die verschiedenen Gewerke besser aufeinander abgestimmt sind und so die Gesamtabwicklung reibungsloser verläuft.

Welche Rolle spielt das Design bei der Akzeptanz und Implementierung von Photovoltaik an Gebäuden?

Das ist von Fall zu Fall unterschiedlich. In manchen Projekten spielt das Design überhaupt keine Rolle, während es in anderen wiederum das Hauptthema ist. Es ist interessant zu beobachten, wie unterschiedlich die Ansätze sein können. Etwa sind extrem schimmernde Solarzellen – die ähnlich wie Marmor aussehen – für den einen Architekten das non plus Ultra, ein anderer Architekt wiederum will die

Solarzellen trotz hoher Leistung als Hauptziel „vertuschen“.

Das muss immer wieder im Kontext des jeweiligen Projektes gesehen werden.

Haben Sie eine spezielle Erfahrung oder ein Projekt, das Sie besonders beeindruckt hat?

Das war zweifelsohne ein Projekt für die Weltausstellung Expo 2017 in Astana, Kasachstan. Das Motto der Expo lautete „Zukünftige Energie“, und die Organisatoren hatten die Vision, ein PV-Dach in eine 80 Meter große Kugel aus Stahl und Glas zu integrieren. Der gesamte Prozess, angefangen beim Design in Zusammenarbeit mit den Architekten Adrian Smith + Gordon Gill aus Chicago (Dieses Büro plante übrigens auch das Burj Khalifa in Dubai, das momentan höchste Gebäude der Welt), über die Angebotsphase bis hin zur erfolgreichen Lieferung, war eine echte Herausforderung. Da haben wir sehr viele Erfahrungen gesammelt. Wenn man aber unter dem Dach steht und „sein Werk“ sieht, das mit unserem gesamten Team realisiert werden konnte, empfindet man schon einen gewissen Stolz und Zufriedenheit.

Wie sehen Sie die Zukunft der Energieerzeugung und insbesondere der solaren Energiegewinnung an der Fassade in den nächsten 10 Jahren?

Diese Glaskugel möchte ich haben. [lacht] Die Zukunft der Energieerzeugung lässt sich schwer vorhersagen. Wenn man sich die Zahlen der PV-Industrie ansieht, erleben wir oft sogenannte „Schweinezyklen“, ein Begriff aus der Volkswirtschaft. In einfachen Worten bedeutet dies, dass in Zeiten hoher Preise für ein Produkt, in diesem Fall PV-Module, vermehrt in die Produktion investiert wird. Sobald die Märkte mit einer großen Menge an verfügbaren Produkten überschwemmt sind, sinken die Preise aufgrund des Überangebots. Aktuell sehen wir ähnliche Phänomene mit den extrem günstigen PV-Modulpreisen aus Asien. PV-Anlagen waren noch nie so erschwinglich wie derzeit.

Bei Fassadenanlagen ist das ein bisschen anders. Viele Rahmenbedingungen, wie gesetzliche Regelungen, deuten eher langfristig stabil in eine Aufwärtsrichtung. Aus meiner Sicht wird es da keine derartigen Zyklen geben.

Wenn Sie je einen Wunsch an die Industrie, an die Politik und die ausführenden Firmen freihätten, welche wären das?

An die Industrie: Intensiviert Kooperationen. An die Politik: Schafft stabile Rahmenbedingungen. An die Firmen: Haltet die Ohren steif.

Kontakt



DI Dieter Moor,
arconsol

Steingasse 9/11
4020 Linz
M: 0660 / 574 37 44
E: dieter.moor@
arconsol.com
www.arconsol.com