

Gestalterische, planerische und technische Grundlagen

Ein Gebäude lässt sich auf verschiedenste Arten mit Photovoltaik-Elementen bestücken. Welche mögliche Lösungen es gibt und was dabei zu beachten ist, dies erfahren Sie im Beitrag. Quelle: Baunetzwissen.de, Bilder: Redaktion

Unter dem Begriff der gebäudeintegrierten Photovoltaik (GIPV), im Englischen auch Building Integrated Photovoltaics (BIPV), versteht man die Integration von PV-Modulen in die Gebäudehülle. Im Spannungsfeld von Nutzeranforderungen und verfügbarem Budget findet sie grundsätzlich auf drei Ebenen statt:

- Bautechnisch / funktional
- Elektro- / energietechnisch
- Ästhetisch / gestalterisch

Architektonische Gestaltungselemente

Der ästhetischen Gestaltung kommt eine wichtige Rolle zu, denn sie hat nachweislich einen grossen Einfluss auf die allgemeine Akzeptanz von Solaranlagen. Solaranlagen sollten deshalb nicht nur als notwendige technologische Elemente betrachtet, sondern bewusst als architektonische Gestaltungselemente eingesetzt werden. Dabei sind die Auswirkungen konstruktiver Aspekte zu bedenken, denn die Entscheidung für Modulrahmen oder für rahmenlose Module und sichtbare oder nicht sichtbare Befestigungselemente beeinflussen vor allem bei Fassaden das äussere Erscheinungsbild.

Grundsätzlich gibt es verschiedene Möglichkeiten für die Verwendung von Photovoltaik:

- Hinzufügen als separates Element
- Kombination mit traditionellen Baumaterialien
- Integration in vorgefertigte Bauteile



Separat hinzugefügte PV-Elemente gehören zu den günstigsten, jedoch ästhetisch oftmals umstrittenen Lösungen.

Les éléments PV ajoutés séparément comptent parmi les solutions les plus économiques mais aussi les plus controversées au niveau esthétique.

- Individuelle, massgeschneiderte Gebäudeanpassung

Beim reinen Hinzufügen sind die Kosten am niedrigsten, bei der individuellen Lösung am höchsten. Jedoch müssen bei vollwertiger Integration, bei der die PV-Elemente zugleich Funktionen der Gebäudehülle übernehmen und konventionelle Materialien ersetzen, die

eingesparten Materialkosten gegengerechnet werden. Gestalterisch sind multifunktionale PV-Lösungen besonders interessant, wie z.B. die Verwendung in Glasfassaden zur Tageslichtmodulation, in Sonnenschutzsystemen, verglasten Dachöffnungen oder auf kompletten Dachflächen. Bei Neubauten ist die Integration von PV-Anlagen in Dächern und Fassa-

ÉNERGIE SOLAIRE/PHOTOVOLTAÏQUE

Principes d'aménagement, de planification et techniques

Un bâtiment peut être équipé d'éléments photovoltaïques de bien des manières. Dans cet article, vous découvrirez les solutions possibles et tout ce dont il faut tenir compte à ce sujet.

Le terme Systèmes photovoltaïques intégrés aux bâtiments, en anglais Building Integrated Photovoltaics (BIPV), se rapporte à l'intégration de modules PV au niveau de l'enveloppe du bâtiment. Selon les exigences de

l'utilisateur et le budget disponible, ils sont proposés à trois niveaux :

- technique de construction/fonctionnel
- électrotechnique/énergétique
- esthétique/aménagement

Éléments d'aménagement architectonique

L'aspect esthétique est important car son impact conséquent sur l'acceptation générale des installations solaires est clairement démontré. Ainsi,

les installations solaires ne doivent pas uniquement être considérées comme des composants techniques nécessaires, mais aussi comme des éléments d'aménagement architectonique. Il faut alors réfléchir



Der ästhetischen Gestaltung kommt eine wichtige Rolle zu, denn sie hat nachweislich einen grossen Einfluss auf die allgemeine Akzeptanz von Solaranlagen.



Auch die Nachrüstung von Bestandsfassaden ist möglich.

Il est aussi possible d'équiper ultérieurement des façades existantes.

Oftmals ist die Nachrüstung einer bestehenden Fassade mit PV-Modulen ohne grössere Probleme möglich. Souvent, l'équipement ultérieur d'une façade existante avec des modules PV est réalisable sans gros problème.

den technisch und gestalterisch problemlos möglich, da sie sich von Anfang an mit dem Gebäude planen und auf die verwendeten Baumaterialien abstimmen lässt. Aber auch die Installation von PV-Anlagen im Baubestand, selbst an denkmalgeschützten Bauten, gelingt in ästhetischer Hinsicht, wenn Rücksicht auf die Massstäblichkeit, Farbigkeit, Materialität >

aux aspects de la construction et à leurs répercussions, car le choix de modules avec ou sans cadre, ou encore d'éléments de fixation invisibles, a notamment un impact sur l'apparence externe des façades. En principe, il existe diverses possibilités d'utilisation des systèmes PV :

- ajout en tant qu'élément séparé
- combinaison avec des matériaux de construction traditionnels
- intégration à des composants pré-fabriqués
- solution individuelle et personnalisée en fonction du bâtiment.

Le montage simple limite les coûts au minimum, alors que la solution individuelle engendre les coûts les plus élevés. Cependant, lors d'une intégration globale où les éléments PV assurent en parallèle les fonctions de l'enveloppe du bâtiment et remplacent des matériaux de construction conventionnels, il faut tenir compte des économies réalisées sur les coûts des matériaux. Les solutions PV multifonctions sont particulièrement intéressantes au niveau de l'aménagement. Elles peuvent par exemple être intégrées à des façades

en verre pour moduler la lumière du jour, à des systèmes de protection solaire, des ouvertures de toit en verre ou des surfaces de toit entières.

En cas de construction neuve, l'intégration d'installations PV aux toitures et aux façades ne pose aucun problème au niveau technique et esthétique, car leur installation est planifiée dès le début avec le bâtiment et adaptée aux matériaux de construction utilisés. Mais d'un point de vue esthétique, il est aussi possible d'installer des éléments PV sur un bâtiment existant, voire même

classé, en respectant les proportions, la couleur, les matériaux et les éléments décoratifs.

Même s'il faut parfois dépenser plus pour obtenir les ajustements exigés, il est aussi possible de réaliser une intégration respectueuse du bâtiment seulement avec les produits PV standard disponibles. Afin d'obtenir l'effet esthétique souhaité, il s'agit de choisir les bons modules car ce sont les éléments les plus visibles du système. Il faut alors surtout tenir compte de leur couleur, de leur transparence et >

SOLAR / PHOTOVOLTAÏK

> und die dekorativen Elemente des Bestandes genommen wird. Auch wenn es mitunter nötig sein mag, etwas mehr an Kosten zu investieren, um die entsprechenden Anpassungen zu erzielen, ist selbst mit den verfügbaren PV-Standardprodukten eine sensible bauliche Integration möglich. Für den gewünschten ästhetischen Effekt kommt es dabei vor allem auf die richtige Wahl der Module als sichtbarste Systemkomponente an. Dabei sind ihre Farbe, Transparenz und Oberflächenstruktur besonders zu beachten. Auf Dächern konkurrieren Photovoltaikmodule oft mit thermischen Solar Kollektoren; ein Nebeneinander ist aufgrund der unterschiedlichen Dimensionen, Bauhöhen und Ästhetik der beiden Generatortypen aus gestalterischer Sicht immer etwas problematisch und erfordert eine klare Zonierung und Zuordnung der Dachflächen.

Photovoltaik Fassaden

Unverschattete Fassadenflächen eignen sich gut für die Integration von Photovoltaik, obwohl die senkrechte Anbringung der Module im Vergleich zu einer geneigten Anbringung ungünstigere Einstrahlungsbedingungen für eine solare Stromerzeugung mit sich bringt. Die Entscheidung für eine PV-Fassadenintegration ist zunächst abhängig von Grösse, Art und Ausrichtung der für eine Solarstromgewinnung geeigneten Flächen am Gebäude. So kann bei ungünstig geschnittenen oder ungünstig orientierten Dachflächen eine PV-Anlage an der Südfassade durchaus die bessere Lösung sein. Dabei ist zu bedenken, dass Fassaden, die hohe Solargewinne erzielen, gleichzeitig einen geeigneten Sonnenschutz benötigen. Hersteller bieten einerseits Sonnenschutzsysteme mit integrierter Photovoltaik an, andererseits aber auch Isolierverglasungen mit einlamierten Dünnschichtmodulen. Die Abstände zwischen den PV-Modulen sind variabel, dadurch lässt sich die Transparenz der Verglasung verändern. Aus technischer und gestalterischer Sicht ist



Photovoltaik in Kombination mit einer hinterlüfteten Fassade.
Photovoltaïque combiné à une façade ventilée par l'arrière.

eine PV-Integration in die Fassade am problemlosesten, wenn sie wie im Fall eines Neubaus von Anfang an mit geplant werden kann. Doch auch die Nachrüstung von Bestandsfassaden ist möglich. Hier muss jedoch differenziert werden: Bei Gebäuden in Skelettbauweise mit vorgehängter Fassade beispielsweise ist eine nachträgliche Photovoltaikintegration im Allgemeinen mit geringem Aufwand realisierbar. Die photovoltaische Nachrüstung von Gebäuden

der vorindustriellen Epochen hingegen erfordert häufig individuell angepasste, kleinteilige und damit kostenaufwendigere Lösungen, damit ästhetisch sensibel auf den Gebäudebestand reagiert werden kann. Für eine unter wirtschaftlichen Aspekten besonders erstrebenswerte grossflächige PV-Anbringung eignen sich vor allem Brandwände oder Glasfassaden. Für eine eher kleinteilige Nutzung können u.a. Brüstungen, Flächen zwischen Fenstern, Fensterläden,

ÉNERGIE SOLAIRE/PHOTOVOLTAÏQUE

> de la structure de leur surface. Sur les toits, les modules PV doivent souvent se partager la surface avec des capteurs solaires thermiques ; leur juxtaposition est toujours quelque peu problématique en raison des différences de dimensions, de hauteurs de construction et d'aspect des deux types de générateurs, et elle nécessite une délimitation et une affectation claires des surfaces du toit.

Photovoltaïque sur les façades

Les façades orientées au sud se prêtent bien à l'intégration d'éléments photovoltaïques, bien que le montage des modules à la verticale s'accompagne de conditions de rayonnement solaire moins favorables à la produc-

tion d'énergie solaire que la fixation inclinée.

La décision d'intégrer des modules PV à une façade dépend tout d'abord de la taille, du type et de l'orientation des surfaces du bâtiment adaptées à la production PV. Ainsi, lorsque la forme ou l'orientation des surfaces du toit n'est pas avantageuse, une installation PV sur la façade sud peut être une solution bien plus intéressante. Il est important de noter que les façades enregistrant les meilleurs apports solaires nécessitent en parallèle une protection solaire adaptée. Les fabricants proposent d'une part des systèmes de protection solaire avec module PV intégré, mais aussi d'autre part des vitrages isolants avec

modules à couche mince laminés. Les distances entre les modules PV sont variables, et cela permet de modifier la transparence du vitrage.

D'un point de vue technique et esthétique, l'intégration de modules PV à une façade est la solution la plus simple lorsqu'elle est planifiée dès le départ pour un bâtiment neuf. Mais il est aussi possible d'équiper ultérieurement des façades existantes. Il est cependant nécessaire de faire ici une distinction : par exemple, pour les bâtiments à ossature avec façades-rideaux, l'intégration ultérieure de modules PV est en général facilement réalisable. En revanche, l'équipement ultérieur de bâtiments datant de l'époque préindustrielle nécessite

souvent des solutions individuelles, de petite taille et donc plus onéreuses afin de respecter l'aspect esthétique du bâtiment existant.

Pour obtenir une installation PV de grande taille la plus économique possible, il est préférable de privilégier les murs coupe-feu ou les façades en verre. Avec des éléments de petite taille, il est possible d'utiliser les garde-corps, les espaces entre les fenêtres, les volets, les portes coulissantes, les arcades, les jardins d'hiver ou les auvents.

Photovoltaïque sur des façades ventilées par l'arrière ou non

Lors de l'intégration du photovoltaïque à des façades pendant la



Typische, in die Fassade integrierte PV-Schicht.
Revêtement PV ordinaire, intégré à la façade

Schiebetüren, Laubengänge, Wintergärten oder Vordächer genutzt werden.

Photovoltaik an hinterlüfteten und nicht hinterlüfteten Fassaden

Bei der konstruktiven Integration von Photovoltaik in Fassaden muss generell unterschieden werden zwischen dem Hinzufügen der PV-Flächen als zusätzliche Fassadenschicht und der baulichen Integration in die Fassade, deren

Funktionen dann von der PV-Schicht teilweise mit übernommen werden. In beiden Fällen sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Es dürfen keine mechanischen Kräfte aus Bauwerkslasten auf/über die Module abgeleitet werden. Sie dürfen lediglich die Kräfte aus ihrem Eigengewicht und aus Windlasten aufnehmen.
- Eine Hinterlüftung der Module muss gewährleistet sein, um Modulüberhitzung und Stau-

wärme zu vermeiden und den Abtransport von Feuchtigkeit zu ermöglichen.

- Anschlussdosen und Verkabelung müssen für eine Wartung und eine allfällige Reparatur bzw. einen Austausch gut zugänglich, d. h. demontagefähig sein.

Diese Forderungen werden eingehalten, wenn das PV-System als Rahmenkonstruktion mit mindestens 20 bis 30 mm Abstand vor eine bestehende Fassade (auch eine nicht hinterlüftete Fassade / Warmfassade) montiert und punktuell an den lastabtragenden Wandflächen verankert wird. Ebenso gewährleistet werden diese Aspekte durch flächige Integration des PV-Systems in einen mehrschaligen Wandaufbau mit hinterlüfteter Aussenverkleidung (Kaltfassaden), wobei die Module anstelle der Verkleidung eingesetzt werden. In beiden Fällen ist es sinnvoll, die PV-Module in möglichst grossflächigen Elementen zusammenzufassen, um den Aufwand im Hinblick auf Befestigungspunkte und Verkabelung zu reduzieren. Eine völlige Abdichtung der Modulflächen ist nicht unbedingt erforderlich, da in der hinterlüfteten Schicht eventuell anfallende Feuchtigkeit abtransportiert werden kann. Bei der konstruktiven Gestaltung von Sockel- und Fenstersturzgebieten ist durch entsprechende Öffnungen der Wasserabfluss zu gewährleisten. Offene Fugen mit einer Breite zwischen 4 und 30 Millimeter können zudem Masstoleranzen und thermische Längenausdehnungen ausgleichen werden. Dies insbesondere an den Anschlüssen zu den konventionellen Baumaterialien der übrigen Fassadenflächen.

Grundsätzlich ist darauf zu achten, dass keine Feuchtigkeit bis zur wärmedämmenden Schicht des jeweiligen Wandaufbaus durchdringt. Unter Umständen muss die Wärmedämmung mit einer regendichten Schlussschicht ausgestattet sein. Als Alternative bietet sich die Verwendung von überlappenden Wandverkleidungselementen mit integrierter Photovoltaik oder eine dichte Aussenhaut mit vierseitig eingefassten Modulen in Pfosten-Riegel-Bauweise an, wobei letztere die Hinterlüftung allerdings etwas einschränkt. ■

construction, il est généralement nécessaire de faire la différence entre l'ajout de surfaces PV en tant que revêtement de façade supplémentaire, et l'intégration structurelle dans la façade dont les fonctions seront en partie assurées par le revêtement PV. Dans les deux cas, il faut tenir compte des aspects suivants :

- Aucune force mécanique produite par les charges de l'ouvrage ne doit être dérivée vers/via le module. Il doit supporter uniquement les charges dues à son poids propre et au vent.
- Il est nécessaire d'assurer la ventilation des modules par l'arrière afin d'éviter leur surchauffe et les accumulations de chaleur, mais

aussi de permettre l'évacuation de l'humidité.

- Les boîtes de dérivation et les câbles doivent être faciles d'accès, c'est-à-dire démontables, en cas de maintenance, de réparation ou d'échange éventuel.

Ces exigences sont respectées lorsque le système PV est monté avec cadre à une distance d'au moins 20 à 30 mm de la façade existante (même une façade non ventilée par l'arrière/façade chaude) et fixé ponctuellement aux murs porteurs. Ces aspects sont aussi garantis en cas d'intégration en surface du système PV à des parois à plusieurs couches avec revêtement extérieur ventilé

par l'arrière (façades froides), où les modules sont utilisés à la place du revêtement. Dans les deux cas, il est utile de regrouper les modules PV afin d'obtenir de grands éléments et ainsi de réduire les points de fixation et les câbles nécessaires. L'étanchéité complète des surfaces des modules n'est pas absolument nécessaire car la couche ventilée par l'arrière peut évacuer l'humidité éventuellement produite. Lors de l'aménagement au niveau des socles et des linteaux de fenêtre, il faut garantir l'évacuation de l'eau grâce à des ouvertures adaptées. Des joints ouverts d'une largeur entre 4 et 30 mm peuvent compenser les tolérances dimensionnelles et les dilatations thermiques en longueur,

et ce notamment au niveau des raccordements avec les matériaux de construction conventionnels des façades restantes.

En principe, il faut s'assurer qu'aucune humidité ne pénètre jusqu'à la couche d'isolation thermique de chaque paroi. Dans certains cas, l'isolation thermique doit être équipée d'un revêtement étanche. Il est aussi possible d'utiliser des éléments de revêtement mural avec module PV intégré qui se chevauchent, ou une épaisse couche extérieure avec des modules fixés sur les quatre côtés d'une construction à poteaux et traverses, même si cette dernière installation limite légèrement la ventilation par l'arrière. ■