

11. Gebäudeintegration von Photovoltaikmodulen

H. Boileau, Savoie University, FR

Lernziele

Am Ende dieses Kapitels wird der Leser in der Lage sein,

- die Vor- und Nachteile der verschiedenen Einbautechniken in Abhängigkeit vom Projektziel zu evaluieren
- die Arbeit eines Architekten zu verstehen und/oder dabei helfen zu können

Allgemeine Informationen

Die für gewöhnlich genutzten Produkte und technischen Prozesse, die verschiedene Arten der Integration von PV-Modulen in ein Gebäude ermöglichen, werden in folgende Kategorien unterteilt:

- Solarmodule auf Metallwannen
- Einbau auf einem geneigten Dach
- in bituminöse oder Plastikdichtung eingelassene Solarmodule
- halbtransparente oder transparente Module für die Ausführung von Fassadenelementen, Vordächern.

Diese verschiedenen technischen Lösungen werden in diesem Kapitel detailliert erklärt.

Die Montagetechnik für die Module ist in der Regel dieselbe, die für die Strukturelemente angewandt wird, die sie ersetzen. Daher wird eine Dachanlage von einem Dachdecker montiert, und eine Solarfassade fällt in das Fachgebiet eines Fassadenspezialisten. Die Rolle der Person, die mit der Koordination und der Realisierung des Projekts beauftragt ist, besteht also in erster Linie darin, sicherzustellen, dass die Eigenschaften des PV-Elements denen des zu ersetzenden Strukturelements entsprechen und gleichzeitig die Betriebsbedingungen für die Stromerzeugung gegeben sind. Es gibt heutzutage viele Hersteller, die gezielt Module zum Einbau produzieren. Führende Hersteller von Standardmodulen haben ihre Palette in Richtung größerer Module erweitert – ohne Rahmen und mit einer breiteren Kante ohne Zelle, die den Einbau erlauben. Ein "maßgeschneidertes" Modul ist in der Regel teurer, erlaubt aber oft bessere Montagetechniken und passt sich besser der Idee des Architekten an.

Lösungen zur Integration von PV-Systemen kann man in zwei Hauptkategorien klassifizieren:

-Proprietäre Systeme (von einem Hersteller angeboten) bestehen aus einer integrierten Rahmenstruktur mit Solarpanels. Es gibt flexible Membranen, Fliesen oder Ziegeln, bei denen die Versiegelung durch Überlappung gewährleistet wird, und Standardsysteme, wo die Versiegelung ohne Überlappung realisiert wird.

-Komponenten, die nicht auf einen bestimmten Typ von Solarzelle oder -modul abgestimmt sind. Diese Lösungen sind dazu da, den Kauf von PV-Technik von einem beliebig gewählten Hersteller zu ermöglichen. Solarziegel gehören auch in diese Kategorie – da sie als normale Ziegel angeboten werden, benötigen sie keinen speziellen Rahmen.

In Metallrahmen integrierte PV-Module

Anfangs wurden die Metallrahmen hauptsächlich mit amorphen Zellen genutzt. Man benutzte eine flexible Unterlage, die ein einfaches Zusammenfügen auf einer Metallunterlage ermöglichte. Zunehmend entwickeln Hersteller Produkte, die kristalline Zellen nutzen.

Am Markt gibt es verschiedene Arten von Metallrahmen, grundsätzliche Unterschiede gibt es vor allem bei den verwendeten Metallen oder Legierungen (in der Regel Stahl oder Zink) und bei der Art der Verbindung der Rahmen untereinander. Man unterscheidet verschiedene Verbindungstypen, die "abgedeckte Verbindung", "Verbindung mit Clips", "Verbindung mit Stehfalz" und "Eckverbindungen".

Abgedeckte Verbindung

Sie besteht aus einer metallischen Abdeckung entlang der Kante zweier nebeneinander liegender Rahmen. Die Fixation der Rahmen wird dann auf den erhöhten Partien ausgeführt.



Abbildung 11.1 Abgedeckte Verbindungen

Verbindungen mit Clips

Das Aneinanderfügen der Rahmen wird so ausgeführt, dass ein zusätzlicher Metallabschnitt die beiden Rahmenenden abdeckt. Die Kanten werden innen nach oben gebogen, um die Dichtigkeit sicherzustellen. Darüber hinaus werden die Kanten der Rahmen gebogen, um aufsteigendes Wasser bei Regen oder Reinigungsarbeiten zu verhindern.

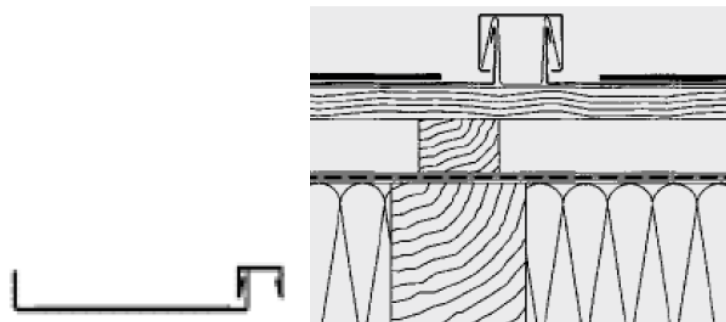


Abbildung 11.2 Verbindung auf Klampen

Stehfalz-Verbindungen

Bei der Stehfalztechnik werden auf einem geneigten Dach die nebeneinander liegenden Wannen der Länge nach zusammengesetzt. Das Falzen und Schließen der Profile wird handwerklich ausgeführt oder auch mechanisch mit Maschinen.

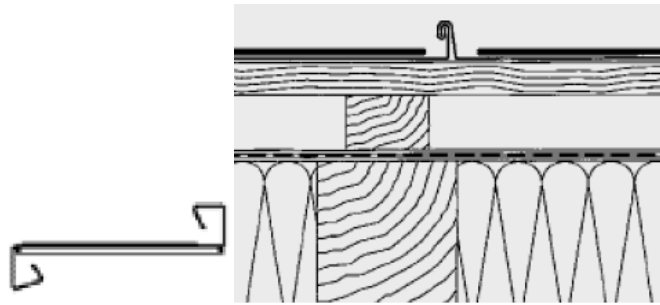


Abbildung 11.3 Stehfalz-Verbindung

Eckverbindungen

Die Eckverbindungstechnik nutzt man für Neigungen ab 25°. Das Schließen der Verbindungen der vorprofilierten Rahmen ist besonders einfach aufgrund der Tatsache, dass die vollendete Eckverbindung durch die Faltung nur eines Flügels hergestellt wird.

Die Rahmen werden auf einer Bodenverschalung positioniert, Platz wird auf der Rückseite der Rahmen für die Anschlüsse der Module freigehalten. Daher muss die Verbindung der Module untereinander stattfinden bevor die Rahmen auf der Trägerstruktur fixiert werden.

Um die Belüftung unter den Modulen sicherzustellen, muss ein Mindestabstand unter den Wannen freigehalten werden, und die Mindestneigung muss 6° betragen (für den Abfluss von Regen- oder Kondensationswasser).



Abbildung 11.4 Installation von Rheinzink-Panels (gemäß der Herstellerdokumentation)

Schließlich kann man noch folgende Hersteller von PV-Metallwannen erwähnen (Liste unvollständig): Rheinzink, KALZIP (Corus System Building), ARCELOR MITTAL, SUN LAND 21,...

Schlussbemerkung zu PV-Rahmen

PV-Metallrahmen sind eine ideale Lösung für Dächer, die traditionell metallgedeckt sind. Es müssen dennoch einige Vorsichtsmaßnahmen für ihre Nutzung beachtet werden:

- Alle Metallrahmen nutzen Klebstoffe, um die PV-Module auf den Rahmen zu befestigen: die Tragfähigkeit der Verbindungen ist also ein entscheidendes Element bei der Konzeption und Installation einer solchen Dacheindeckung.
- Die Belüftung der PV-Rahmen ist umso wichtiger, als die Zellen empfindlich für Temperaturanstiege sind. Auch wenn sich manche Zellen bei Aufwärmung relativ gutmütig verhalten (- 0,2%/°C), kann das bei anderen Zellen anders sein (z.B. multikristalline), wo die Produktivität bei schlechter Belüftung drastisch fällt (- 0,45%/°C). Daher ist es für diese

Typen angeraten, eine breite Belüftungsöffnung und eine große Neigung (15-20°) vorzusehen.

- Auf Fassaden oder Dächern montierte Module sind schwer zugänglich und sollten mit dem Ziel der Wartungsfreiheit installiert werden. Folglich kommt der Verkabelung eine besondere Bedeutung zu. Modulen mit Steckverbindungen sollte der Vorzug gegeben werden, im Vergleich zu Anschlussblöcken mit Schraubverbindungen, die auf lange Sicht die Tendenz haben, sich zu lockern. Um die Verkabelung von Solaranlagen auf Dächern und Fassaden zu erleichtern, werden die angebotenen Produktpaletten regelmäßig verbessert.

Schließlich sollte darauf hingewiesen werden, dass PV-Rahmen aus Stahl mehr Metall benötigen als ein traditionell verbautes PV-Modul. Da Metall in der Herstellung mehr Energie benötigt, brauchen PV-Module in Stahlrahmen also mehr Zeit, um die hineingesteckte Energie wieder herauszuholen.

Ref. : <http://www.rheinzink.fr/>

Einbau von PV-Anlagen auf geneigten Dächern

Die meisten existierenden PV-Systeme haben konstruktive Ähnlichkeiten was die Abdichtung gegen Wasser am Außenrand der Installation angeht (Dichtungsbleche):

- Ganz oben wird ein Plastik- oder Metallband unter der Reihe von Dachziegeln (oder Schiefeln) oberhalb der Anlage befestigt, die den oberen Teil der Panels überlappt, ohne jedoch die Solarzellen zu bedecken. Beginnt die Anlage an der oberen Dachkante, dann ist das Dichtungselement die Firstverkleidung.

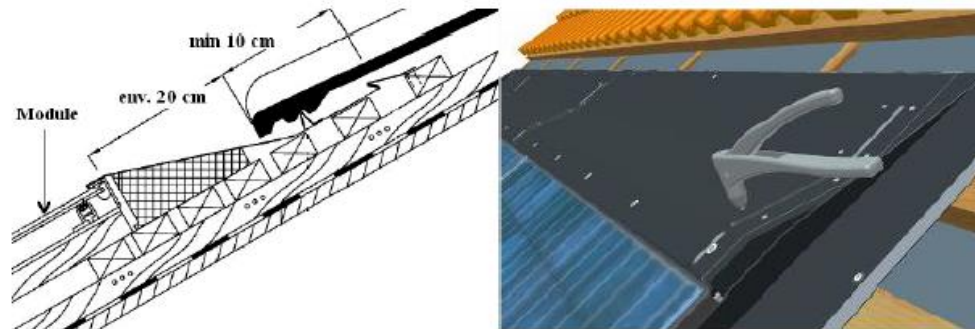


Abbildung 11.5: Darstellungen der Abdichtung am oberen Ende einer PV-Anlage (Montageanleitung für die "Sol Montagesysteme25i" von S.E.N und Energyroof)

- Am unteren Ende bedeckt ein Polymer- oder Bleiband die obere Kante der Dachziegel oder Schiefer und die Unterkante der PV-Installation. An der Dachkante stellt eine Vorwölbung über der Dachrinne die Abdichtung sicher, indem sie den Wasseraufstieg verhindert.

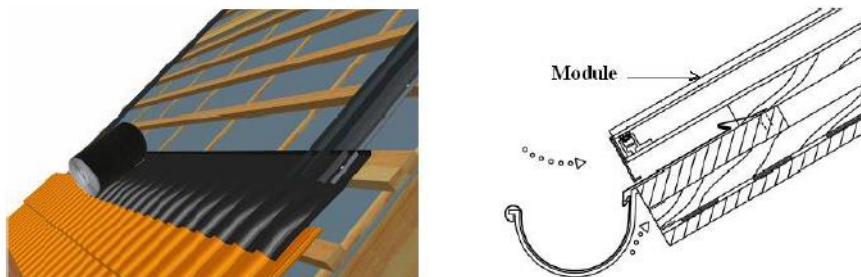


Abbildung 11.6: Darstellungen der Abdichtung am unteren Ende einer PV-Anlage (Montageanleitung für die "Sol Montagesysteme25i" von S.E.N und Energyroof)

- Rechts und links leitet in den meisten Fällen ein Metallrohr das Wasser in die Dachrinne. In manchen Fällen wird die Abdichtung in einer ähnlichen Technik, aber mit Polymerbändern ausgeführt.

Die Elemente, die uns immer wieder begegnen, sind die Schienen, Aluprofile, die Abdichtungen und die Panels.

Die Montagesysteme unterscheiden sich daher hauptsächlich in den Abdichtungs-lösungen zwischen den Panels und den Befestigungslösungen der Module auf dem Dach.

Zum Schluss noch eine Liste der Hersteller von Indach-Anlagen (nicht vollständig): CONERGY, FONROCHE ENERGY, MARCHEGAY, MECOSUN, SCHOTT SOLAR, SCHÜCO, SOLARCENTURY, SOLARWORLD, SUNTECH POWER, SYSTOVI, TENESOL, VOLTECSOLAR...

Photovoltaik-Dachziegel

Photovoltaik-Dachziegel wurden in erster Linie entwickelt, um eine Anpassung der Solaranlagen an individuelle Dächer anzubieten und damit die Akzeptanz und die Nutzung durch die Kunden zu erhöhen.

Allerdings haben sie beachtliche Nachteile:

- ✓ Je kleiner die Ziegel sind, umso höher sind die Anzahl der Verbindungen und damit das Risiko einer Störung. Auch die Montagedauer erhöht sich.
- ✓ Die Kosten sind bei gleicher Leistung höher als bei traditionellen Modulen. Daher sind PV-Dachziegel in der Regel kleinen Anlagen vorbehalten.

Es gibt wenig Langzeiterfahrung mit der Leistung von PV-Dachziegeln im realen Betrieb. Sie wird allerdings annähernd ähnlich eingeschätzt wie die Leistung von PV-Modulen desselben Typs.

Die wichtigste Größe, die bei kristallinen Zellen überwacht werden muss, ist die Belüftung an der Unterseite, da eine unzureichende Kühlung im Sommer die vorgesehene Energieausbeute verringern kann.



Abbildung 11.7: Ansicht eines Daches mit Solar-Century-Dachziegeln

Polykristalline oder monokristalline PV-Dachziegel stellen die Dichtigkeit des Daches sicher, indem sie sich wie klassische Dachziegel überlappen.

Folgende Kriterien ermöglichen die Beurteilung der Leistung und der Risiken von Photovoltaik-Dachziegeln:

- Das Gewicht kg/m^2 (von 8 bis 50), und die Anzahl der Dachziegel pro m^2 schwankt je nach Produkt;
- Die Neigung des darunterliegenden Daches;
- Die Flächenleistung von ungefähr $130 \text{ W}_p/\text{m}^2$ für polykristalline Module und $140 \text{ W}_p/\text{m}^2$ für monokristalline;
- Der variable Wirkungsgrad, der von 13 bis 15% reicht, je nach Technologie der Module;
- Verkabelungstechnologie der Module (MC3, MC4, IPC65,...) ;

Zum Schluss noch eine Liste der Hersteller von Photovoltaik-Dachziegeln (nicht vollständig): ALEO SOLAR, ENFINITY, CAPTELIA, IBC SOLAR, MOUNTING SYSTEMS, KYOCERA FINECERAMICS, ROTO-FRANK, SOLARCENTURY, SOLAR FABRIK, St GOBAIN SOLARSYSTEMS,...

Flexible Solarfolien

Die klassische, für die Installation von amorphen Siliziumsolarfolien angepasste Dachkonstruktion besteht für gewöhnlich aus einem Stahlrahmen, einer Wärmeisolation und einer Abdichtung. Die Wärmeisolation wird auf dem Dach befestigt, die Solarfolien werden auf der Isolation fixiert und thermoverschweißt.

Zwei Möglichkeiten für die Verkabelung der Folien gibt es:

- Die Verbindungen werden extern auf dem Dach ausgeführt;
- Kabelführung unter den Folien (siehe Abbildung 11.8);

Dann werden die Kabel zusammengefasst und durch eine oder mehrere Passagen durch die Isolation und die tragende Struktur hindurch in das Innere des Gebäudes geführt und dort vom Elektriker verbunden.

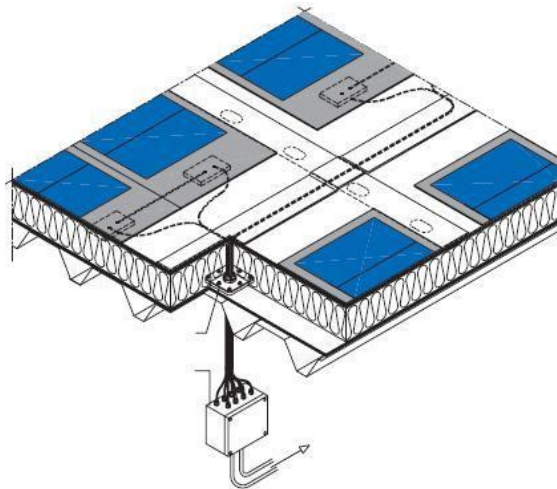


Abbildung 11.8: Beispiel eines Daches mit Solarfolien und Kabelführung (Hersteller: Alwitra)

Folgende Kriterien ermöglichen die Beurteilung der Leistung und der Risiken von Solarfolien:

- Das Gewicht schwankt zwischen 5 und 10 kg/m² in Abhängigkeit vom Produkt;
- Die Flächenleistung beträgt ungefähr 50 W_p/m²;
- Wirkungsgrad von ungefähr 7 bis 8%;
- Verkabelungstechnologie der Module (MC3, Schraube MC4 oder Anschlussleisten);
- Die Möglichkeit, die Folien zu betreten oder nicht;
- Das Risiko, die Zellen zu zerbrechen;
- Das Risiko, die Module zu lösen;
- Die Kabelführung in einem Austrittskanal (abhängig vom verwendeten Produkt);
- Die Notwendigkeit (oder nicht, abhängig vom verwendeten Produkt), Löcher in die Isolation und die Tragstruktur zu bohren, um die Kabel zum Inverter zu führen;
- Spezialisierte oder zertifizierte Monteure notwendig;
- Leistungsverlust durch Temperaturanstieg.

Zum Schluss noch eine Liste der Hersteller von Solarfolien (nicht vollständig): DERBIGUM, ALWITRA, SMAC, UNISOLAR, MEPLE, SOLARDIS,...

Ref.: The newspaper of photovoltaic October 2011, special issue #6

Solarfassaden

Solarfassaden nutzen dieselben Befestigungselemente wie konventionelle Fassaden. Im Allgemeinen sind das vertikale Schienen, die in einem bestimmten Abstand an der Gebäudestruktur befestigt werden, um der Wärmeisolation und der Belüftung der PV-Panels Rechnung zu tragen. Die Montageflansche müssen aufgrund der Ausdehnung bei Wärme eine sehr genaue Ausrichtung der Schienen und eine längsgerichtete Verschiebung erlauben. Die Befestigungen der PV-Panels müssen ebenfalls eine gute Ausrichtung und eine leichte vertikale Toleranz sicherstellen. Darüber hinaus muss es möglich sein, eventuell ein einzelnes Modul auszutauschen und zu verkabeln. Die normalerweise für die Befestigung von Keramikplatten benutzten Montagesysteme eignen sich gut für den Anbau solcher PV-Panels.

Eine gute Belüftung der Unterseite muss für den Fall großer Hitze vorgesehen werden. Wir sollten nicht vergessen, dass die Bedingungen nicht optimal sind (ungefähr 30% niedriger als auf einem Dach). Eine Südfassade ist im Winter interessant, Osten und Westen weniger, und eine vorausgehende Berechnung ist unumgänglich.



Abbildung 11.9: Solarfassade, TU Lappeenranta, Finnland (Eigentum H.BOILEAU)

Transluzente Module

Transluzente mono- oder polykristalline Panels sind baulich identisch mit traditionellen Panels, mit dem Unterschied, dass sie zwischen zwei Schichten transparenten Materials eingekapselt sind – entweder mit Tedlar auf der Rückseite oder Glas beidseitig. Dort, wo keine Solarzellen sind, kann das Sonnenlicht hindurch scheinen.

Transluzente Panels sind perfekt für einen Einbau in Sonnenschutz oder Vordächer. Sie vereinen mehrere Funktionen: sie ersetzen konventionelle Baumaterialien, bieten Schutz vor Überhitzung im Sommer, produzieren Strom und sind ästhetisch.

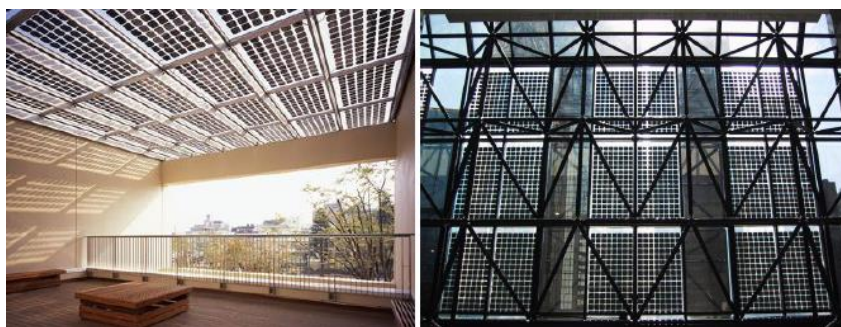


Abbildung 11.10: Beispiele für die Integration von transluzenten Modulen

Halbtransparente Module

Die transparenten, halbamorphen Silizium-Standardmodule in Dünnschichttechnologie bestehen aus klassischen Zellenbändern, unterbrochen von rechteckigen (Solems-Patent) oder kreisförmigen (Sanyo-Patent) Schlitzen, wobei die Entfernung zwischen den Schlitzen kleiner sein muss als der Durchmesser der Pupille des menschlichen Auges.

Daher kann man perfekt durch die Module hindurchsehen, wobei typischerweise zwischen 5 und 10% des Lichtes hindurchgelassen werden.

Halbtransparente Module können mit Hilfe vieler verschiedener Systeme in Gebäude integriert werden, und daher sind ihre Anwendungsmöglichkeiten vielfältig (z.B. Vordach, Fassade, Sonnenschutz).



Abbildung 11.11: Einbaubeispiele in Fassade und Sonnendach



Abbildung 11.12: Einbaubeispiele von Schott-Solar-Panels in Fassade und Sonnendach

Befestigung von transluzenten und halbtransparenten PV-Modulen

Jegliche Arten von transluzenten oder halbtransparenten Modulen können für die Nutzung als Sonnendach angepasst werden. Für eine bessere Ästhetik haben manche eine spezielle Form, die für diesen Anwendungszweck geeignet ist.

Die Arten der Befestigung sind ähnlich denen, die für architektonische Elemente einer Fassade angewandt werden. Eine große Bedeutung kommt der Struktur zu, die die Module aufnimmt, da sie sie halten muss, ohne sie abzuschatten oder anderweitig zu beeinträchtigen. Manche Systeme

me erlauben eine rahmenlose Montage, wo die Module von Metallelementen gehalten werden (Abbildung 11.13, links); andere nutzen Module mit Rahmen, die an einem Metallgerüst befestigt werden (Abbildung 11.13 rechts: Blick von unten, Mitte: Blick von oben).



Abbildung 11.13: Beispiel von Tragstruktur und Sonnenblende

Die Befestigung ist mit Clips oder Haken möglich. Es gibt Module, die speziell für den Einsatz als Sonnenschutz oder Vordach hergestellt werden. Diese haben für die Befestigung vorgesehene Punkte: Bereiche ohne Solarzellen, in die man Befestigungslöcher bohren kann (Abbildung 11.14).



Abbildung 11.14: Befestigung der Module mit Bohrungen in Bereichen ohne Solarzellen

Auf dem Markt gibt es viele Lieferanten für solche Vordächer. Die wichtigsten Lieferanten im Solarsektor (MSK, SCHOTT SOLAR, TENESOL, SCHÜCO,...) sind in der Lage, diesen Service anzubieten. Außerdem bieten Hersteller von Fassaden- oder anderen architektonischen Elementen oft Photovoltaik-Produktlinien an.

Photovoltaik-Unterstand

Über das Laden von Batterien von Elektroautos hinaus können Unterstände die Akzeptanz neuer Nutzungsmöglichkeiten und Services fördern:

- Straßenmobiliar,
- Straßenbeleuchtung auf dem Boden und in der Luft,
- Beleuchtete Plakatierung,
- ...

Die Massenproduktion solcher Unterstände erfordert die Verringerung der Investmentkosten:

- Stahlpfostenfundamente anstelle von Betonblöcken,
- Leichtere Tragstrukturen durch Bevorzugung eines "Integrativen Systems", indem man Haupttragrahmen und Zinkstahlgestelle für Solarmodule kombiniert.

Vorteile der Solar-Unterstände:

- Ausgereifte Technologien,
- Energieerzeugung nah am Verbraucher,
- Direkte Aufwertung erneuerbarer elektrischer Mobilität,
- Nutzerkomfort, Schutz der Fahrzeuge vor Sonne und Regen,
- Aufwertung von bereits künstlich gestalteten Flächen (kein weiterer Verbrauch von Naturland oder landwirtschaftlicher Nutzfläche),
- Immenses Potenzial für Grundstücke,

Ein gut exponierter Parkplatz produziert ungefähr die Energie, die ein Elektroauto auf 15.000km pro Jahr benötigt.

Herausforderungen und Perspektiven:

- Es muss geprüft werden, ob der Energieertrag von Unterständen für die Bedürfnisse der Elektroautos ausreicht
- Ein Anschluss ans Stromnetz garantiert die Rücklieferung von Strom und vermeidet Verschwendung aufgrund von Überproduktion
- Das Lademanagement von Elektrofahrzeugen muss optimiert werden, um die Solarstromerzeugung und Stromtarife in Einklang zu bringen
- Der Unterstand muss mit Speicherbatterien ausgerüstet werden, um Schnellladung oder die optimale Ladung garantieren zu können
- denkbar sind smarte Fahrzeuge, die Strom entnehmen können während sie die Batterien im Unterstand aufladen oder Strom speichern können, um ihn dann an den Privathaushalt oder während Spitzenzeiten auch an das Stromnetz abgeben zu können (und dann außerhalb der Spitzenzeiten wieder aufzuladen)

Ref.: *Le Journal du Photovoltaïque* April 2013, special issue #9

Schlussbemerkung

Diese Bestandsaufnahme zeigt, dass jede Kategorie von Solarprodukten ihre speziellen Anwendungsmöglichkeiten hat. Für jedes beliebige Projekt kann im Allgemeinen, je nach architektonischen Merkmalen, aus einer oder zwei Produktkategorien gewählt werden:

- ✓ PV-Metallrahmen;
- ✓ Dacheinbau der Module;
- ✓ Photovoltaik-Dachziegel;
- ✓ Photovoltaik-Abdeckungen;
- ✓ Oberflächen von Fassaden und Balkonen (halbtransparente und transluzente Module);
- ✓ Photovoltaik-Unterstände.

Die Anwendungsfelder für jede Kategorie sind die folgenden:

Photovoltaik-Metallrahmen sind vorteilhaft für Anwendungen, die den traditionellen Metallgestellen vorbehalten sind (Lebensraum in Gebirgsgegend, Industriegebäude). Man sollte jedoch bei der Wahl der Metallgestelle Vorsicht walten lassen, da es negatives Feedback gegeben hat, was die Langzeithaltbarkeit von Walzstahlprodukten betrifft. Man sollte den Herstellern den Vorzug geben, die das Problem der unterschiedlichen Längenausdehnung korrekt gelöst haben und darauf achten, dass der Zulieferer eine lange Garantie gibt (mehr als 10 Jahre).

Systeme für eine Dachinstallation sind gut geeignet für eine Installation auf Haus- aber auch anderen Dächern. Wenige Systeme scheinen eine gute Belüftung der Unterseite zu garantieren. Man würde eigentlich Gestelle benötigen, die einen durchgehenden Abstand von 5 oder 10cm zwischen Modul und Dach garantieren, um eine ausreichende Kühlung durch natürliche oder künstliche Belüftung sicherzustellen.

Photovoltaik-Dachziegel sind in erster Linie für eine traditionelle Hausüberdachung vorgesehen, was ein relativ begrenztes Anwendungsfeld darstellt. Sie sind generell teurer als Module, ihre Installation dauert lange und erfordert viele elektrische Verbindungen, was das Risiko einer Störung erhöht. Darüber hinaus scheinen Dachziegel mit kristallinem Silizium nachteilig für diese Anwendung zu sein, da eine ausreichende Belüftung der Unterseiten dieser Dachziegel in den meisten Fällen nur schwer zu realisieren ist.

Photovoltaik-Folien scheinen gut für Dächer von Industriegebäuden geeignet zu sein. Man sollte Erzeugnisse bevorzugen, die die Kabelführung auf den Folien erlauben, um das Durchbohren der Dachisolation zu vermeiden. Außerdem ermöglicht dies den Zugang zur Verkabelung wenn nötig (vorausgesetzt, man kann die Isolation betreten).

Wo **Solarmodule an Fassaden** genutzt werden, seien sie halbtransparent, transluzent oder opak, ersetzen sie immer eine doppelte Außenhaut oder Oberfläche. Die Montageelemente sind Abwandlungen von bereits bestehenden Systemen im Fassadensektor, so dass es viel Erfahrung mit der Haltbarkeit und der Widerstandsfähigkeit gibt. Da die elektrische Leistungsfähigkeit durch die Modulzulieferer garantiert wird, gehören Fassadeninstallationen wohl zu den zuverlässigsten Methoden, eine Solaranlage in ein Gebäude zu integrieren. Der wichtigste Punkt, der dabei zu beachten ist, ist die Belüftung der Modulunterseiten.

In allen vorgenannten Anwendungen ist die richtige Belüftung der Modulunterseiten von entscheidender Bedeutung. Es ist daher immer nötig, die Installationsmethoden der Produkte so abzuwägen, dass eine ausreichende Belüftung der Modulunterseiten gewährleistet ist.

Literaturnachweis

- The guide of photovoltaic - Ralf Haselhuhn, Uwe Hartmann; Edisun Power France 2014
- Photovoltaics in the urban environment: lessons learned from large-scale projects; Bruno Gaidon, Henk Kaan, Donna Munro Earthscan 2009; ISBN: 978-1-84407-771-7