



20 bis 30 Grad Neigung in südlicher Exposition sichert den besten Stromertrag. Die Faustregel lautet: 7 Quadratmeter Fläche für ein Kilowatt Spitzenleistung. Die damit produzierbare Energie wird im Mittel auf 930 kWh pro Jahr geschätzt. Anlage auf dem Süddach des Stalls beim Kloster Baldegg LU. (Bilder: Reto Miloni)

# Strom vom Dach wird bezahlbar

Sonnenenergienutzung wird im aktuellen Energieumfeld zum Gebot der Stunde. Weil Photovoltaikanlagen auch für Landwirte immer interessanter werden, hilft Basiswissen zu Planung, Finanzierung, Installation und Wartung für das eigene Solarstromprojekt. Zum Basiswissen gehört auch das energiepolitische und energiewirtschaftliche Umfeld. Der Autor Reto Miloni beurteilt es in diesem Beitrag aus der kritischen Sicht des Inhabers eines Generalunternehmens für Photovoltaik und als Förderer von erneuerbaren Energien.

Reto P. Miloni\*

Steigende Strompreise, attraktive Einspeiservergütungen für Solarstrom und wach-

\* Reto P. Miloni, Solventure GmbH solare Energiesysteme, Hausen AG

sendes Interesse an erneuerbarer Energie machen Photovoltaikanlagen (PV) für Dächer und Fassaden auch für landwirtschaftliche Gebäude attraktiv. Welche Aspekte muss ein Landwirt beachten, wenn er sich der vielfältigen Solarnutzungsthematik auf grossen Dächern oder sogar auf dem freien Feld nähert?

## Solarstromerzeugung wird bezahlbar

Der weltweite Solarboom geht einher mit einem Preissturz bei PV-Modulen: Photovoltaikanlagen kosten heute ein Drittel weniger als Ende 2008. Weitere Preisreduktionen bis 20% bei einem Marktwachstum um 60% werden nach

heutiger Sicht der Dinge auch für 2010 erwartet. Als unschöne Begleiterscheinung dieser Entwicklung treten vermehrt No-Name-Produkte aus Fernost und Lieferengpässe auf: Einmal sind Wechselrichter knapp, dann fehlen Stecker, Kabel oder Installationskapazitäten. In der Schweiz aber sind vor allem die finanziellen Fördermittel beschränkt.

Wegen des Pioniergeistes in den 80er Jahren fehlt es in der Schweiz zwar nicht an Know-how im Umgang mit Photovoltaik, hingegen fehlt es heute an attraktiven Rahmenbedingungen. Es existieren zum Beispiel erst wenige Solarstrombörsen (z.B. in Zürich, Winterthur, der Westschweiz), und es gibt eine starke Elektrizitäts-Lobby, die sich traditionell gegen die Dezentralisierung der Stromversorgung stemmt. Zähneknirschend vergüten sie den Solarstrom: zu schlechten Konditionen für eingespeiste Energie – nicht ohne dabei hohe Gebühren für Zähler, Netznutzung und Kontrollen zu verlangen. Als Folge dümpelt die Solarenergienutzung in der Schweiz vor sich hin, während Europa vom Solar-Boom profitiert: Einem deutschen Bauern winkten (gemäss Fachzeitschrift Photon) bislang dank Energieeinspeisegesetz (EEG) auf Freiflächenanlagen bis zu 20 000 Euro Gewinn pro Hektar und Jahr.

## Solarstromförderung mit angezogener Handbremse

Hoffnung erweckte bei uns 2008 das Instrument der kostendeckenden Einspeisevergütung (KEV) für neue erneuerbare Energien. Mit 0,6 Rappen pro Kilowattstunde sollte diese Umlage einen Fördertopf von 320 Mio. Franken pro Jahr füllen und so die dezentrale Energieerzeugung durch Wind, Biomasse, Kleinwasserkraft, Geothermie und Photovoltaik beflügeln. Ein Kostendeckel für die einzelnen Techniken beschränkt seither das Investitionsvolumen. Fünf Prozent der Finanzmittel stehen der Photovoltaik, jener Technologie mit dem grössten Investitionspotenzial, zur Verfügung. So wurden 2009 schweizweit bloss 5,5 Megawatt Leistung hinzugebaut. Zum Vergleich: Deutschland bringt so viel Leistung bei zehnfach grösserer Bevölkerung in einem halben Tag ans Netz! Mangels Fördervolumen bleibt darum das Neubaukontingent für Solaranlagen in der Schweiz ausverkauft: von 6594 eingereichten KEV-Gesuchen bei

SWISSGRID sind 2010 noch 4944 auf der Warteliste!

Am 4. März 2010 sprach sich der Ständerat für die Erhöhung des Zuschlags zur Finanzierung der Einspeisevergütung für erneuerbare Energien (KEV) von bislang 0,6 auf maximal 0,9 Rp. pro kWh aus und schloss sich so dem Beschluss des Nationalrates an. Damit wird die Schweiz ab 2012 rund 40 bis 50 Megawatt neue PV-Kapazität pro Jahr kostendeckend finanzieren können – doppelt so viel, wie wir in den ersten 25 Jahren helvetischer PV-Geschichte ans Netz bringen konnten. Heben Bundesrat und Parlament den Teildeckel für die Photovoltaik nicht bald auf, wird es wahrscheinlich noch drei bis vier Jahre dauern, bis die lange Warteliste abgetragen ist und für neue Projekte Fördermittel frei werden.

Angesichts dieser Tatsache und weil Grossanlagen vor Kleinanlagen bevorzugt werden und zudem das Datum der Einreichung zählt, sind Solarstromanlagen möglichst frühzeitig zu planen, gross auszulegen und umgehend zur Förderung bei SWISSGRID einzureichen. Dabei erhalten gebäudeintegrierte Anlagen gegenüber angebauten und vor Freiflächenanlagen die höchsten Vergütungssätze (Grafik).

## Solare Eignung von Dächern und Fassaden prüfen

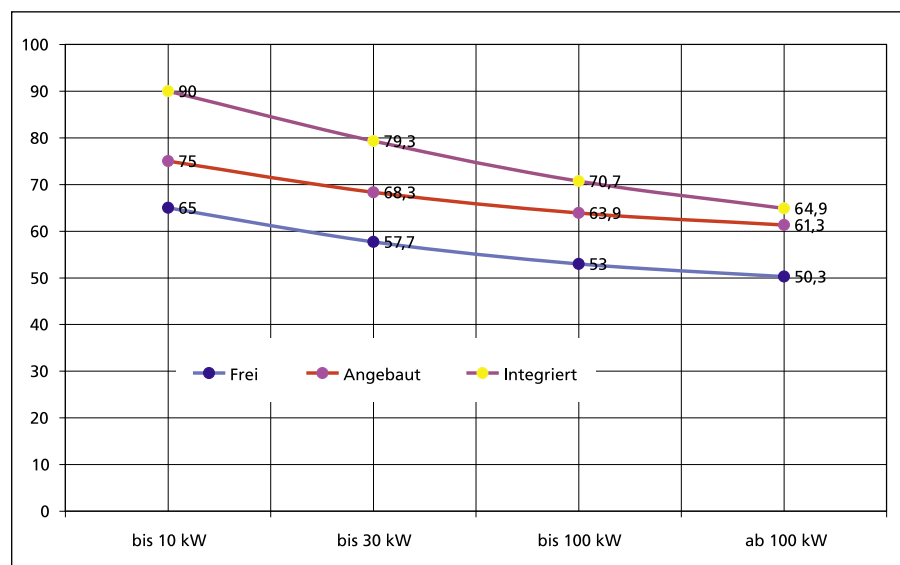
Die Höhe des erwirtschaftbaren Solarstroms hängt ab vom Standort des Gebäudes, der Ausrichtung und Neigung der Solarmodule und von der Qualität

der verbauten Komponenten. Ein eingeschränkter Horizont, nahe Bäume, Nachbarhäuser, Giebel oder Schornsteine reduzieren die Energieausbeute ebenso wie Schnee, mangelnde Kühlung im Sommer oder starke Verschmutzung.

In höheren Lagen mit viel Schnee und Sonne erzielt eine Fassadeninstallation gegenüber einer Dachanlage dann mehr Ertrag, wenn Sonne über Schnee auf Fassadenmodule reflektiert wird, während Dachmodule von Schnee rasch bedeckt sind. Im Normalfall des Schweizer Mittellands bringt eine nach Süden orientierte Dachfläche mit 20 bis 30 Grad Neigung den besten Ertrag. Abweichungen bis 25 Grad nach Südosten bzw. Südwesten wirken sich ertragsmindernd um 10 bis 30% aus.

Grundsätzlich ist in der Schweiz – ausser an Schattenlagen – genügend Strahlungsintensität vorhanden, um eine Solarstromanlage wirtschaftlich zu betreiben. Als Faustformel gilt: auf 7 Quadratmetern Fläche ist rund 1 kWp Leistung installierbar (kWp = Kilowatt peak beziehungsweise Spitzenleistung in Kilowatt). Die damit produzierbare Energie wird im Mittel auf 930 kWh pro kWp geschätzt.

Es lohnt sich, vor der Planung und dem Bau einer PV-Anlage abzuklären, wie viel Sonne z.B. ein Hausdach erhält. In Einstrahlungsanalysen wird beurteilt, wie «frei» der Himmel über das ganze Jahr ist und welcher Gewinn z.B. entsteht, wenn ein vor einem Hausdach stehender Baum beschnitten oder gefällt wird.



Grafik: Die KEV sieht eine Absenkung der kostendeckenden Einspeisevergütung von 8% pro Jahr vor. In der Grafik dargestellt ist die Vergütung zum Zeitpunkt der Einführung Anfang 2009 in Rappen pro Kilowattstunde.



Um in den Genuss der kostendeckenden Einspeisevergütung KEV zu kommen, ist es wichtig, ein Gesuch möglichst frühzeitig einzureichen. Der Eigentümer dieser 50-kWp-PV-Aufdachanlage in Wohlenschwil AG hatte den richtigen Zeitpunkt erwischt.



Beispiel einer Fotomontage für eine Indach-Anlage.

Noch vor der Auslegung mit einem bestimmten Modultyp ist damit bekannt, wie geeignet eine Fläche für die Solarstromproduktion ist (vgl. Abb. 2). In einer Machbarkeitsstudie kann damit die Wirtschaftlichkeit eines PV-Projektes schlüssig beurteilt werden.

### Qualitätsunterschiede von PV-Komponenten

Die Module bilden den kapitalintensivsten und dauerhaftesten Teil einer Solaranlage. Weltweit buhlen rund 160 Anbieter mit rund 3000 unterschiedlichen Solarmodultypen um die Gunst der Kunden. Beherrscht wird der Markt zu über 90% von mono- und polykristallinen Zellen. Der Rest entfällt auf neuere Techniken (z.B. amorph, microamorph) mit geringeren Wirkungsgraden und Preisen. Da parallel zu sinkenden Modulpreisen der Anteil der fixen Kosten einer Solaranlage für Wechselrichter, Verkabelung, Unterkonstruktion und Montage stärker

ins Gewicht fällt, ist es wenig sinnvoll, grossflächige Module mit niedriger Leistung auf Scheunendächern zu installieren – man kauft sich auch keine schwachen Traktoren zur Bewirtschaftung grosser Äcker.

Ein paar Modultypen und Einbauarten sollten Landwirte kennen:

- Bei Glas-Glas-Modulen werden die Siliziumzellen zwischen zwei Glasscheiben dauerhaft eingebettet und im Verbundsicherheitsglas vor Umwelteinflüssen (z.B. Ammoniakemissionen) und Leistungsabfall geschützt. Glas-Glas-Module sind in der Regel teuer und auch schwer, haben aber durch ihren Aufbau eine gute Eigenstatik und werden daher oft rahmenlos eingesetzt.
- Bei Glas-Folien-Modulen ist eine Seite mit einer ebenfalls wetterfesten, aber wenig «ammoniakbeständigen» Folie belegt. Dieser Modultyp ist leicht, hat einen gleichwertigen Randverbund, ist

aber über Ställen nicht geeignet. Meist kommen diese Module bereits gerahmt ab Werk.

- Bei Indachanlagen bilden die Module die wasserführende Schicht, ersetzen also die Dachhaut. Integrierte Anlagen erhalten den höchsten Vergütungssatz bei der KEV. Es wird empfohlen, auch bei integrierten Anlagen ein Unterdach zu erstellen, um Flugschnee oder Staunässe vom Innenraum wegzuhalten. Indachanlagen sind wegen der erforderlichen Spengleranschlüsse an Traufe, First und Ort etwas teurer.
- Bei Aufdachanlagen werden Solaranlagen über der vorhandenen Dachhaut errichtet und die Kräfte über spezielle Haken auf die Sparren eingeleitet. Die Statik der Sparren ist fachmännisch zu überprüfen.
- Wenn Fassadenanlagen konventionelle Fassadenmaterialien ersetzen, gelten diese ebenfalls als integriert und profitieren von höchsten Fördersätzen wie Indachanlagen.

### Baurechtliche und installationstechnische Voraussetzungen prüfen

Eine Baugenehmigung für PV-Anlagen ist in der Regel erforderlich, wenn diese über 10 m<sup>2</sup> gross sind. Faktisch gilt dabei für Behörden eine Bewilligungspflicht für Solaranlagen gemäss neuem Art. 18a RPG: «In Bau- und Landwirtschaftszonen sind sorgfältig in Dach- und Fassadenflächen integrierte Solaranlagen zu bewilligen, sofern keine Kultur- und Naturdenkmäler von kantonaler oder nationaler Bedeutung beeinträchtigt werden.» Diese Gesetzesnovelle wurde verabschiedet als Teil der «Agrarpolitik 2011» bei der Revision des Landwirtschaftsgesetzes im Jahre 2007. Sie verdeutlicht den hohen Stellenwert, den National- und Ständerat der Energieproduktion in der Landwirtschaft damals einräumten. Im Einzelfall meldet die Denkmalpflege gegen Solaranlagen dann Vorbehalte an, wenn in der Nähe ortsbildgeschützter Kernzonen oder Objekte (Schlösser, Kirchen) Solaranlagen geplant sind. Dabei sind die Kriterien leider schwammig dafür, was als «sorgfältig integriert» gilt. Mehrheitlich beurteilen die involvierten Ämter und Behörden Solaranlagen allerdings positiv. Trotzdem treibt der Föderalismus bei der Bewilligungspraxis sonderbare Blüten: in der einen Gemeinde reicht ein Dachfoto und ein Gesuch für

die Ausfertigung einer Baubewilligung, während andernorts ein Gesuch mit Situationsplan, Grundrissen, Schnitten, Fassaden samt Fotomontage und Profilierung der Eckpunkte für den Erhalt einer PV-Bewilligung verlangt wird.

So oder so muss sich ein Bauherr die Mühe für den Erhalt einer Baubewilligung machen, weil er ohne diese gar kein Gesuch um kostendeckende Einspeiservergütung (KEV) bei SWISSGRID einreichen kann und sich überdies mit dem Erhalt verbindlicher Unternehmerangebote schwer tut. Ebenso gehört zum Erhalt der KEV ein Anschlussgesuch beim örtlichen Elektrizitätswerk. Solaranlagen mit einer Anlagenleistung grösser als 30 kW müssen sogar von bis zu drei verschiedenen akkreditierten Kontrollstellen überprüft und beglaubigt werden!

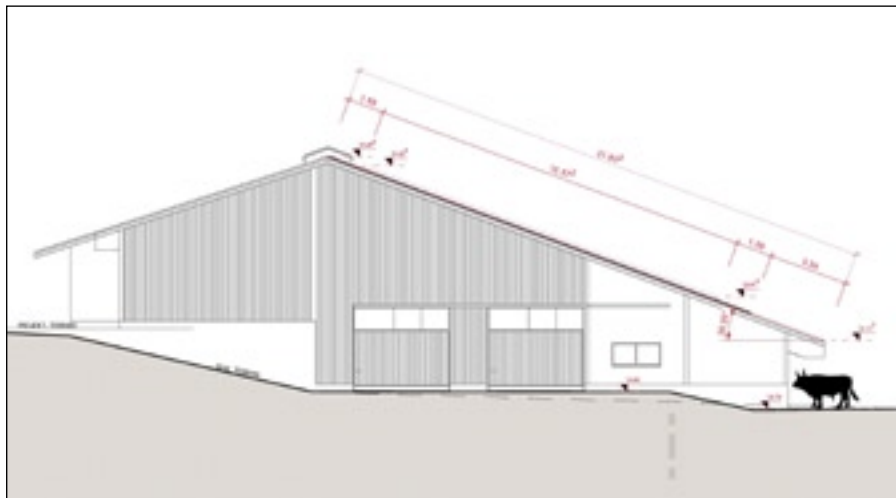
### Planung und Offerteinholung von Anlagenkomponenten

Eine hohe Qualität der Anlagenkomponenten und die Errichtung betriebssicherer Anlagen haben ihren Preis: Der durchschnittliche Systempreis für Anlagen unter 10 kWp lag zu Beginn des Jahres 2010 etwa bei CHF 6000/kWp für aufgeständerte und CHF 8000/kWp für integrierte Anlagen. Eine hohe Produktqualität gewährleistet eine lange Lebensdauer. Die Mehrkosten können durch höhere Erträge meist wieder erwirtschaftet werden.

Will ein Kunde auf Nummer sicher gehen, lässt er sich die Komponenten der Anlage von einem erfahrenen Systemanbieter zusammenstellen, der solide Markenprodukte anbietet und sich auch bei Details wie Statik, Schneefang, Blitzschutz, Potenzialausgleich oder Netztrennung und Reinigung auskennt. Fragen Sie nach Referenzen, und holen sie Konkurrenzofferten ein.

Auch sollte sichergestellt sein, dass erforderliche Garantien, Zertifikate und Normen bei den gewählten Komponenten vorhanden sind und die Hersteller im Falle eines Produkthaftungsfall es auch greifbar sind.

Bei der Auswahl der Module sollte eine Leistungsgarantie vorhanden sein: Üblich sind 25 Jahre auf 80% der Leistung, die Produktgarantie sollte mindestens fünf Jahre gelten, die Leistungstoleranz null oder positiv sein und die EU-Zertifikate IEC 61215 sowie 61730 vorliegen. Die sorgfältige Wahl des Modulherstellers ist



Ein Bauprojekt ist für den Erhalt einer Bewilligung unabdingbar.

wichtig, weil die 25-jährige Leistungsgarantie nicht der Installateur, sondern der Hersteller der Module gibt. Ein Privatkunde wird Garantieansprüche von Billigmodulen z.B. in China schwerlich durchsetzen können. Achten sollte man auch auf die Wirkungsgrade und energetischen Amortisationszeiten der Module, die den Herstellerangaben zu entnehmen sind: bestimmte Produkte werden umweltschonend hergestellt und verfügen über eine schnelle Energierückgewinndauer von wenigen Jahren.

### Spezielle Finanzierungs- und Steuererleichterungen

Neben der Finanzierung durch Eigenmittel und Hypotheken haben landwirtschaftliche Investoren gegenüber privaten den Vorteil, dass sie Zugang zu zinslosem Fremdkapital haben. Entsprechende Darlehen von den landwirtschaftlichen Kreditkassen werden allerdings nur gewährt, wenn sich mit dem Projekt die landwirtschaftliche Erwerbssituation verbessert und Aussicht besteht, das Kapital innert zwölf Jahren zu tilgen. Dies steht bei Annahme als Projekt der kostendeckenden Einspeiservergütung und einer professionellen Auslegung ausser Frage. Wenig bekannt ist, dass einzelne Banken für PV-Projekte neuerdings auch die Hypothekarsätze für MINERGIE- oder Renovations-Hypotheken bei der Realisierung von PV-Projekten zur Anwendung bringen. Dies bewirkt normalerweise eine Zinsverbilligung auf Hypotheken von 0,5% in den ersten vier Jahren. Es lohnt sich auf jeden Fall, die Finanzierung, Rentabilität und Amortisation einer PV-Anlage frühzeitig und à fonds zu klären.

Die «Solar-Pacht» ist noch wenig bekannt und bei Landwirten möglicherweise kaum beliebt: Im Ausland sind diesbezüglich im grossen Stil Anlagenbauer unterwegs, die mit diesem Instrument und kompletten «operativen Betreiber-Modellen» Investition, Controlling, Wartung, Reparatur, Reinigung und Pflege einer Solaranlage auf Freiflächen oder Dächern durch geschultes Personal übernehmen und für die Nutzung eine Gebühr entrichten (Grössenordnung einer Pacht: 3,5% bis 4% des Jahresertrages).

Interessant sind auch die Steuerabschreibungsmöglichkeiten von Solaranlagen: 100% der Investition sind steuerlich absetzbar. Idealerweise investiert man bei höheren Einkommen über zwei Jahre und schafft sich so ein lukratives Abschreibungspolster.

### Solides Handwerk bei der Ausführung gefragt

Grundsätzlich sollten PV-Anlagen von Fachkräften (Solar, Dach, Elektro) montiert werden. Netzgekoppelte Photovoltaikanlagen müssen bezüglich Elektroinstallations-technik speziellen technischen Anforderungen genügen, z.B. einer erd- und kurzschluss-sicheren Verlegung der Solarkabel, dem Potenzialausgleich der Montagegestelle und dem vorschriftsgemässen Anschluss an das öffentliche Netz. Planer und PV-Anlagenhersteller definieren bereits in der Planungsphase die zu verwendenden Kabeltypen, Querschnitte und Installationswege und stellen während der Montagephase die fachgerechte Installation sicher. Auf der Wechselstromseite ist dazu ausschliesslich ein konzessionierter Installateur für



Kornspeicher in Brandenburg mit integrierten PV-Dünnschichtzellen auf dem Dach und kristallinen Modulen an der Fassade.

die entsprechenden Anschlüsse befügt. Die ordnungsgemässe Funktion wird nach der Fertigstellung durch eine Inbetriebnahmemessung vor Übergabe an den Betreiber der Anlage dokumentiert. Befindet sich am Haus ein Blitzschutzsystem, so ist zusätzlich eine Blitzschutzfachkraft beizuziehen, um die Photovoltaikanlage in das Blitzschutzsystem zu integrieren.

### Laufendes Monitoring und Wartung

Mechanische Störungen wie Staub und Schmutz auf den Solarmodulen werden in der Regel bei minimal 10 Grad geneigten Flächen ausreichend durch Schnee und Regen entfernt. Bei gerahmten Modulen setzt sich Schmutz an der unteren Kante eher fest, und eine regelmässige Sichtprüfung des Daches mit periodischer Reinigung wird empfohlen. Der Abschluss von Wartungsverträgen ist heute noch kein Standard, sollte aber vom Anlagenbetreiber in Erwägung ge-

zogen werden. Es entstehen im Normalfall geringe Betriebs- und Wartungskosten, da Photovoltaik-Anlagen nahezu wartungsfrei arbeiten. Üblicherweise werden Kosten für Wartungs- und Reparaturarbeiten in Höhe von 0,5 bis 1% der Investitionssumme veranschlagt. Ein Teil, das Wartung benötigt, ist mit hoher Wahrscheinlichkeit die Leistungselektronik des Wechselrichters.

Viele Betreiber mit einem Flair für Technik entscheiden sich für eine professionelle Anlagenüberwachung mittels Datenlogger. Eine Anlagenüberwachung und Anlagensvisualisierung müsste auf dem Hof eigentlich zur Grundausstattung jeder PV-Anlage gehören. Jeder Bauer freut sich wahrscheinlich mit seiner ganzen Familie über jede geerntete Kilowattstunde und möchte darüber auch mit seinem Nachbarn diskutieren. Online-Visualisierung der Ertragsdaten stellt sicher, dass Störungen im Betrieb umgehend angezeigt und erkannt werden. Eine rasche Fehleranalyse ermög-

licht im Störfall die sofortige Benachrichtigung des Anlagenherstellers. Diese Fernüberwachung kann auch einem Wartungsunternehmen übertragen werden. Im Rahmen eines Serviceabonnements werden periodisch vitale Funktionen überprüft: Sichtkontrolle der Module auf Glasschäden, Sturmschäden, Korrosion oder Delamination; Sitz der Module im Montagesystem und Verschmutzungen; Messung der einzelnen Strings; Wechselrichterkontrolle, Kontrolle der Anschlussklemmen und Stecker; Test der Zähleranlage.

### Solarstrom in der Schweiz bald auch vom Acker?

Die These, dass der Anbau von Biomasse Vorrang vor der Photovoltaik haben müsse, findet in Deutschland in Naturschutzkreisen wenig Nachhall, zumal unterhalb fachgerecht montierter Freiflächen-Module eine extensive Bodenbewirtschaftung möglich bleibt. Produziert man auf Äckern Energiepflanzen, rechnet der Bundesverband Erneuerbare Energie in Deutschland mit einer Energieausbeute von 52 000 Kilowattstunden pro Hektar – bei Photovoltaik wären es je nach Zelltyp und Anordnung 320 000 bis 600 000 kWh pro Hektar.

Noch sind Freiflächenanlagen in der Schweiz verpönt: Sie werden mit den schlechtesten Fördersätzen bei der KEV bedacht. In Deutschland prüft der Naturschutz erst bei PV-Anlagen von 6 bis 8 MW bzw. 20 Hektaren Naturschutzgesichtspunkte oder Probleme mit geschützten Pflanzen- oder Tierarten. Noch fristet der Solarstrom vom Acker in der Schweiz einen Dornröschenschlaf: Von den 2009 realisierten PV-Anlagen in der Schweiz entfielen laut Bundesamt für Energie bloss zehn Anlagen mit einer Leistung von 97 kW auf Freiflächen-PV. Eine vertiefte Diskussion um die Vor- und Nachteile des «Anpflanzens» von PV-Modulen anstelle von Energiepflanzen auf unseren Äckern steht der Schweiz noch bevor. ■

Links:

Anmeldung einer PV-Anlage:

[www.swissgrid.ch](http://www.swissgrid.ch)

Bundesamt für Energie:

[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

Schweizerischer Dachverband

für Sonnenenergie: [www.swissolar.ch](http://www.swissolar.ch)

Schweizerische Vereinigung

für Sonnenenergie: [www.sses.ch](http://www.sses.ch)



Transluzide Photovoltaikelemente, für lichtdurchflutete Räume wie z.B. Gewächshäuser geeignet.

# Strom vom Dach

Hundertfach bewährt: Machbarkeitsstudien und Projekte für Solarstromanlagen!



50 kWp-Solaranlage  
Familie Judith und Alex Füglistaller, Wohlenschwil,  
installiert durch BE Netz AG



fedlerdesign.ch

## Solventure ihr Partner für:

- > PV-Analysen (solare Ertragsanalysen & Machbarkeitsstudien)
- > standardisierte PV-Projekte (Flach- bzw. Steildächer & Freiflächenanlagen)
- > multifunktionale PV-Anlagen (Fassaden und Überdachungen)
- > Solventure-Produkte und Systeme (solare Architektur)

## solventure

Mehr von der Sonne.

Solventure GmbH T +41 56 210 18 17  
Solare Energiesysteme F +41 56 210 11 30  
Holzgasse 9 info@solventure.ch  
CH-5212 Hausen www.solventure.ch