

# PV als Strom- und Schattenspender

Reto P. Miloni, dipl.-Ing. Architekt ETH SIA, CH 5212 Hausen

***Der Wunsch zur Komfortoptimierung hinter Glasfassaden war neben der sich in modernen Gesellschaften akzentuierenden Energiekrise wegleitend für die Idee des innovativen Solarschiebeladens, der Schatten, Stromproduktion und Diskretion in einem liefert.***

Seit sich der Mensch in Regionen mit tageszeitlich oder saisonalen Temperaturschwankungen aufhält, nutzt er Technologien gegen Überhitzung. Dabei wird in der Sonne seit je nicht nur eine Energiespenderin gesehen, sondern auch eine zerstörerische Kraft - schon im alten Ägypten wurde ihre Fruchtbarkeit ebenso verherrlicht wie ihre Strahlung gefürchtet. Als Kaiser Titus in Rom im Jahre 80 n. Chr. mit hunderttägigen Spielen das Kolosseum eröffnete, liessen sich von 50'000 Sitzplätzen deren 45'000 beschatten: 200 Sklaven bewegten - je nach Sonnenstand - schützende Sonnensegel über die Tribünenplätze!

Zeitgenössische Beschattungstechnologie geht heute noch nach ähnlichem Prinzip vor: bei Sonnenschein werden Jalousien oder Textilbehänge motorisch oder von Hand abgesenkt - allzu oft wird mit dem Sonnenlicht auch gleich Himmelslicht ausgeschlossen und selbst im Sommer muss Kunstlicht zugeschaltet werden - diese „Tageslichtvernichtung“ durch Beschattung wird von aufgeklärten Kunden nicht mehr hin genommen.

## Individueller Wärme- und Lichtdurchlass

Klassischer Sonnenschutz muss sich daher emanzipieren:

- Einerseits soll „lichtdurchflutet“ in einem Gebäude nicht mehr als Synonym für „hitzedurchwabert“ stehen. Effektiver Sonnenschutz ist also gefragt.
- Andererseits wollen wir auch in verschatteten Gebäuden – wie unter einem Baum stehend – noch genug Licht zum Sehen haben, unseren Körper an die Umgebung enthitzen können und vor zuviel UV-Licht geschützt sein.
- Zudem möchten wir den Licht- und Wärmehaushalt sowie die Diskretion steuern. Eine saisonale, tageszeitliche, fassadenabhängige oder nutzungskonforme Modulation des Strahlungshaushalts ist heute unerlässlich.

Dass die Sonnenschutzthematik in der Architekturdiskussion zunehmend Raum einnimmt, hat mit veränderer Fassadentechnologie ebenso zu tun, wie mit kulturellen Entwicklungen und weltweitem Klimawandel:

- Der sozioökonomische Wandel treibt Menschen an Arbeitsplätze im Gebäudeinnern. Als Jäger, Sammler oder Bauern haben wir uns während Jahrtausenden an hohe Beleuchtungsstärken unter freiem Himmel gewöhnt. Der zeitgenössische Büromode will auch an seinem gewohnten Wohn- und Arbeitsplatz nicht auf Tageslicht verzichten, welches für sein psychophysisches Wohlbefinden unersetzlich ist.
- Internationale Klimakonventionen prognostizieren für die nächsten 100 Jahre einen Temperaturanstieg zwischen 1,7° und 5,8° C. Dieser bewirkt nicht nur dramatische Veränderungen wie Wüstenbildung, Dürre, gepaart mit El Niño-Phänomenen, Überschwemmungen, Hurrikanen oder Schneestürmen, sondern erschwert tendenziell das Leben und Arbeiten insbesondere in urbanen Gebieten und transparenten Bauten.

## Weg vom Prinzip des „gekühlten Toasters“

Weil Gebäudehüllen als Ikonen der Moderne immer transparenter werden und gleichzeitig der Energieverbrauch in Gebäuden mehr denn je kritisch hinterfragt wird, investiert man weniger in Klimaanlage und Energie verzehrende Kältemaschinen und dafür mehr in

funktionstauglichen Sonnenschutz. Den Energieverbrauch für das von Amerika ausgehende Prinzip des „well tempered Environment“ (Rainer Banham) können wir uns heute nicht mehr leisten: ein Gebäude darf im solaren Zeitalter nicht mehr nach dem Prinzip von gekühlten Toastern funktionieren: unerwünschte Wärmegewinne wegzukühlen ist zynisch!

Klimagerechte Architektur mit innovativen Sonnenschutzsystemen heisst also die Losung der Stunde: Der Umgang mit Licht und Schatten soll als angewandte Sonnenschutztechnologie abend- und morgenländische Baukultur ebenso widerspiegeln wie energetischen Paradigmenwechsel unseres Zeitalters.

## **Von statischen zu dynamischen Systemen**

Sonnenschutztechnik bestand seit Menschengedenken darin, zwischen sich und die Sonne geeignetes Material zu hängen und dieses im Nicht-Gebrauchsfall in Fensternähe zu stapeln: Meilensteine auf diesem Weg waren Jalousieläden, Rolläden, Gitterstoffstoren, Lamellenstoren, Sonnenschutzgläser oder raffinierte Knickarmmarkisen sowie Tageslichtsysteme mit Sonnennachlaufsteuerungen.

Aktuelle Technologien und Marktentwicklungen kündigen ein erweitertes Systemverständnis an: Anbieter von Sonnenschutzprodukten denken zunehmend ganzheitlich. Doch der Weg zum klimasensitiven Gebäudeentwurf scheint mit guten Sonnenschutzprodukten gepflastert:

- Es reicht nicht, in Beschattungsfaktoren oder Energiedurchlassgraden zu denken, wenn ein Haus zu wenig Masse hat.
- Es genügt nicht, Storensteuerungen mit Windwächtern auszurüsten, wenn der Standort windexponiert ist und das fragile Sonnenschutzrollo schon bei Brise im Wind flattert.
- Innen angeordnete hochreflektierende Stores können einen Raum nicht vor Überhitzung retten, falls die Nachtauskühlung fehlt oder die inneren Lasten zu hoch ausfallen.

Mit der Beurteilung des Systemverhaltens von Gebäuden erkennen Architekten, Bauherren und Facility Manager, dass Sonnenschutzprodukte für sich allein keine physikalischen Wunder für den Klimakomfort vollbringen.

## **Strom aus dem Sonnenschutz-Modul**

Neben dem thermischen und visuellen Komfort in Gebäuden wird die Versorgung mit Elektrizität für Beleuchtung, Geräte und Maschinen in Gebäuden zu einer Herausforderung, welcher mit gebäudeintegrierter PV begegnet werden kann. Laut der internationalen Energieagentur (IEA PVPS Task 7) könnten durch gebäudeintegrierte PV-Solarstromlösungen in den IEA-Ländern im Mittel 30 % des Strombedarfs photovoltaisch gedeckt werden. Energetisch produziert ein Quadratmeter einer PV-Modul-bestückten südorientierten Fassade bei 90°- 78° Neigung im Schweizer Mittelland pro Jahr etwa 120 kWh/m<sup>2</sup>. Unter der Voraussetzung eines Haushaltstromverbrauchs von 5'000 kWh pro Jahr wäre ein Passivhaus mit 40 m<sup>2</sup> fassadenintegrierter PV in richtig orientierter Fassade ohne Verbauungsverluste im Schweizer Klima bilanziell gesehen bereits energieautark.

Nachdem wir bereits seit 10 Jahren gemeinsam mit der Firma Colt Solar Technologies AG die „Shadovoltaic“-Lösungen entwickelt hatten, rückte bei der Realisierung eines Passivhauses die Idee in den Vordergrund, PV-Module als Beschattungsflächen und zur Direkteinspeisung von Solarstrom in die Fassade zu integrieren. Durch Passivhausbauweise sollte einerseits der Endenergieverbrauch an Strom herabgesetzt und der Saldo an benötigter Fremdenergie in Form von Elektrizität möglichst am eigenen Haus erzeugt werden.

Auf der Ost-West-orientierten Parzellen mit schmaler Südfassade und bei leicht verbautem Horizont steht im Winter die Sonne noch 6 Stunden über dem Horizont. An der Reling des

südlichen Attikageländers wurden Glas-Glas-Module sowie als dynamisches Shadovoltaic-Element ein Solarschiebeladen vor dem grossen Wohnzimmerfenster im Süden montiert.

Abb. 1 Horizont nach Süden

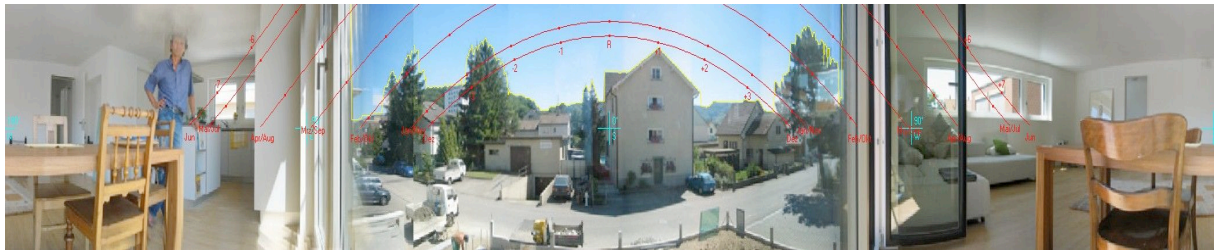
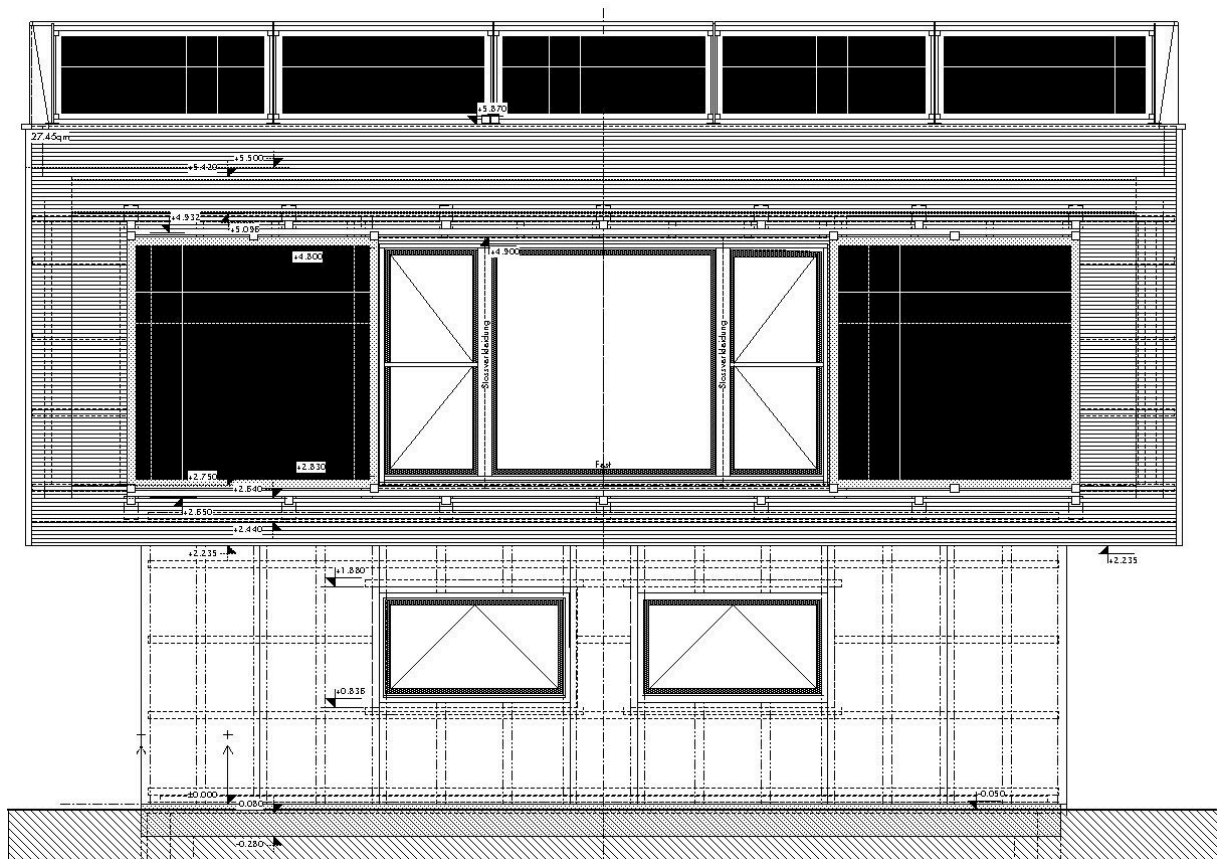


Abb. 2 Frontansicht Schiebeladen und Dachreling



## Pragmatisch ausgelegte Systemtechnik

Insgesamt wurden drei Solarmodultypen mit insgesamt 3.1 kWp Leistungen eingesetzt: Auf dem Dach serienmässige PV-Module auf Kunststoffwannen aufgeständert, an der Süd-Dachreling Glas-Glas-Module in Giessharztechnik fix vertikal eingebaut und vor dem Südfenster verfahrbare Glas-Glas-Module in Giessharztechnik. Die Wechselrichter wurden samt Zähler, Storensteuerung und saldierendem Zähler im Haupttableau untergebracht und mit der Sensorik auf dem Dach verbunden.

Abb. 3 Aussenansicht der fertigen Anlage von Südwesten



**Abb. 4 Modulkonfiguration**

<b>Bereich</b>	<b>Dach</b>	<b>Dachreling</b>	<b>Schiebeladen</b>
<i>Azimut</i>	<i>1°</i>	<i>1°</i>	<i>1°</i>
<i>Neigung</i>	<i>20°</i>	<i>93°</i>	<i>90°</i>
<i>Unterkonstruktion</i>	<i>Kunststoffwanne</i>	<i>Geländer Edelstahl</i>	<i>Alurahmen</i>
<i>Anzahl Module</i>	<i>16 Stück</i>	<i>5 Stück</i>	<i>2 Stück</i>
<i>Modulleistung</i>	<i>85 Wp</i>	<i>148 Wp</i>	<i>511 Wp</i>
<i>Zellentyp</i>	<i>BP</i>	<i>Ersol 6 blau</i>	<i>Ersol 6 blau</i>
<i>Zellengrösse</i>	<i>125/125 mm</i>	<i>125/125 mm</i>	<i>125/125 mm</i>
<i>Modulmasse</i>	<i>540/121 mm</i>	<i>1'852/770 mm</i>	<i>2'171/2'171 mm</i>
<i>Zellenabstand im String</i>	<i>10 mm</i>	<i>10 mm</i>	<i>10 mm</i>
<i>Modulaufbau</i>		<i>5/2/5 mm</i>	<i>8/2/8 mm</i>
<i>Gesamte Modulfläche</i>	<i>10.5 m2</i>	<i>7.1 m2</i>	<i>9.4 m2</i>
<i>Systemlieferant</i>	<i>BP/Holinger Solar</i>	<i>Colt</i>	<i>Colt</i>
<i>Modulleistung total</i>	<i>1.36 kWp</i>	<i>0.74 kWp</i>	<i>1.02 kWp</i>

## **Balance of systems**

Die Module am Dachrand sind an Edelstahlpfosten der Dachreling befestigt. Die Konstruktions- und Montagekosten sind hier bescheiden. Die komplexe Konstruktion der beiden Solarschiebeladen, die von Colt geplant, gefertigt und montiert wurden, besteht aus einer wird, welche ihrerseits über verchromte Edelstahlkonsolen an ist durch die damit verbundenen Durchdringungen der hinterlüfteten Aussenhaut aus rezykliertem Aluminium, durch die abzuleitenden Lasten und die dynamisch auftretenden Kräfte beim Öffnen und Schliessen des Ladens relativ komplex und kostspielig.

In diesem Passivhaus betrug der gesamte Netto-Endenergieverbrauch in Form von Elektrizität einschliesslich Beleuchtung, Kochen, EDV etc. 6'510 kWh pro Jahr oder 19.7 kWh/m<sup>2</sup>/a Energiebezugsfläche. Nimmt man die erzeugten 2'120 kWh der PV-Anlage dazu, waren es 8'630 kWh pro Jahr oder 26.0 kWh/m<sup>2</sup>/a. Gemäss Passivhausberechnung wurde mit einem Energiekennwert Heizwärme und Warmwasser von 14.2 kWh/m<sup>2</sup>a und zusätzlichem Hilfsstrom für Kochen, Beleuchtung Waschen, Trocknen, Gefrieren, EDV von 23.0 kWh/m<sup>2</sup>a W/m<sup>2</sup>/a oder 7'681 kWh/a im Haus Schmoelzer gerechnet.

Der gesamte Stromverbrauch von weniger als 7'000 kWh/a oder 19.7 kWh/m<sup>2</sup>/a liegt per saldo fast 50 % unter dem Planwert von 37.2 kWh/m<sup>2</sup>a. Die Kombination von Passivhaus mit kontrollierter Wohnungslüftung, integrierter Kleinstwärmepumpe, Solarkollektor und PV-erfüllt bereits heute die Ziele der 2'000 Watt-Gesellschaft, welche Bund und Kantone bis im Jahre 2'050 erreichen wollen! Erfreulich dabei: Einerseits fallen 2/3 des Energieverbrauchs (64 %) in den Niedertarifstunden an. Sie sind für den Endkunden kostengünstig (Sommer: 0.074 CHF/kWh, Winter: 0.111 CHF/kWh) und erlauben dem Elektrizitätswerke die Lieferung kostengünstiger und in der Schweiz im Überfluss vorhandener Bandenergie.

Der Beweis ist erbracht, dass als angenehmer Nebeneffekt zu effektivem Sonnenschutz PV-Integrationen an Gebäuden eine das Netz entlastende Funktion zukommt. Der durch sie erzeugte Strom fällt synchron zu Spitzenauslastungszeiten im Netz an.