

# Drei Solarenergiesysteme im direkten Vergleich

**In Scuol wurden drei baugleiche Mehrfamilienhäuser mit unterschiedlichen Typen von Solaranlagen ausgerüstet und anschliessend einem dreieinhalbjährigen Messprogramm unterzogen. Jetzt liegen die Resultate vor.**

Das Fazit dieses Vergleichs: Die reine Photovoltaik-Anlage (PV) punktet mit einer günstigen Stromproduktion. Doch auch die beiden anderen Solarsysteme, die PV mit Solarthermie verbinden – im einen Fall als nebeneinander installierte Anlagen, im anderen Fall als kombinierte PVT-Anlage – haben ihre jeweiligen Vorzüge. Welche der drei Solarsysteme die beste Wahl ist, hängt von den jeweiligen Umständen und Nutzungszielen ab.

Die Fanzun AG mit Hauptsitz in Chur ist ein Generalplaner mit Schwerpunkt im alpinen Tourismus. Firmengründer Gian Fanzun baute schon in den 1990er-Jahren Solarwärmanlagen. Heute plant die Firma Solarthermie- und Photovoltaik-Anlagen für Bergbahnen, Hotels, Gewerbe- und Wohngebäude. «Wenn die Nutzung der Solarenergie im Alpenraum zum Thema wird, ist bei den Kunden zu Beginn manchmal Skepsis zu spüren, da sie an der Wirtschaftlichkeit der Anlagen zweifeln», sagt René Meier, Partner bei der Fanzun AG. «Die Vorbehalte verschwinden dann aber meistens, wenn sie die konkreten Fakten erfahren.»

Die Nutzung von Solarenergie in den Höhenlagen des Alpenraums hat ihre Eigenheiten. Die zeitweilig mit Schnee bedeckten Dächer mindert in den Wintermonaten die Solarerträge, Verschattung schränkt die Nutzung der Solarenergie stellenweise ein. Daraus ergibt sich aber kein generelles Hindernis für die Nutzung von Solarenergie. Im Gegenteil: Im Alpenraum lassen sich gerade im Herbst und im Frühling, aber auch bei günstigen Winterbedingungen höhere Solarerträge erzielen als im Flachland, weil in Höhenlagen weniger Nebel herrscht. Zudem erzielen die PV-Module dank der tieferen Durchschnittstemperaturen höhere Erträge. Graubünden hat denn auch ein Förderprogramm für Winterstrom aufgelegt: Damit fördert der Kanton Anlagen, deren PV-Module so aufgeständert und ausgerichtet sind, dass ihr Ertrag nicht im Sommer, sondern in den Übergangsmonaten und im Winter optimiert ist.

## Alle Systeme haben ihre Vorzüge

Auch in den Alpen ist die Frage also nicht, ob man Solarenergie nutzt, sondern wie. Auf diese Frage liefert nun ein Monitoring-Projekt des Bundesamts für Energie (BFE) in Scuol Antworten: Auf drei baugleichen Minergie-A-Mehrfamilienhäusern mit je acht Wohnungen wurden unter Leitung der Vassella Energie GmbH aus Poschiavo drei unterschiedliche Solaranlagen errichtet (siehe Infobox 1). Die Fanzun AG baute die Häuser, und die Firma Caotec aus Brusio zeichnete für die Haustechnik verantwortlich. Ein Forscherteam des Instituts für Solartechnik (SPF) in Rapperswil, das zur Ostschweizer Fachhochschule gehört, hat die Performance der Solarsysteme dreieinhalb Jahre lang verglichen. Die Untersuchung wurde vom BFE im Rahmen seines Pilot- und Demonstrationsprogramms unterstützt.

Um es vorwegzunehmen: Ein klarer Sieger ging aus diesem Wettbewerb der drei Solarsysteme nicht hervor. Vielmehr hat jedes seine Vorzüge. Haus A – vollständig mit PV-Modulen bedeckt und mit einem Batteriespeicher ausgerüstet – hat die Vorteile dieser Solartechnologie bestätigt: Die PV- und Batterieanlage schwingt, jeweils bezogen auf den Stromverbrauch des Heizsystems,



Die Monolit-Überbauung in Scuol besteht aus vier Häusern; drei wurden in das BFE-Projekt einbezogen: vorne links Haus A, dahinter Haus B, vorne rechts Haus C.

Foto: Fanzun AG

beim elektrischen Eigenverbrauchsanteil (36%) und dem elektrischen Autarkiegrad (39%) obenaus. Die Anlage ist auch die günstigste und kommt mit wenig Steuerungsaufwand aus. «Doch auch das mit PVT-Modulen ausgestattete Haus B und das mit PV-Modulen und Warmwasserkollektoren ausgerüstete Haus C haben ihre jeweiligen Vorzüge», betont Energieexperte und Projektleiter Carlo Vassella. Selbst wenn die Photovoltaik in den letzten zwei Jahrzehnten viele Anhänger gefunden hat, gibt es also weiterhin gute Gründe für den Einbezug solarthermischer Systeme.

## Hohe Energieausbeute dank PVT

Gespannt waren die Projektbeteiligten auf das Abschneiden der PVT-Anlage, die auf Haus B der Überbauung verbaut wurde. Im alpinen Raum gibt es bislang nämlich erst wenige Anlagen dieses Typs. PVT-Module ermöglichen Strom- und Wärmeproduktion im selben Modul. Das verspricht einen hohen Stromertrag, weil die Solarzellen durch die Wärmeträgerflüssigkeit gekühlt werden, aber auch eine hohe Gesamtausbeute an Solarenergie. Die Messkampagne hat diese Annahme bestätigt: Die PVT-Anlage gewinnt aus der eintreffenden Solarstrahlung mehr Energie in Form von Strom und Wärme als die beiden anderen Solarsysteme; der solare Nutzungsgrad liegt bei respektablen 22 Prozent. Die Stromproduktion liegt 7,4 Prozent über derjenigen der flächengleichen PV-Anlage auf Haus A. Dieser Mehrertrag sei zu einem grossen Teil auf die kühlende Wirkung der Solarthermie zurück-

zuführen, hält der BFE-Schlussbericht fest.

Nachteilig sind bei der PVT-Anlage die Kosten: Die Anlage ist – unter anderem wegen des hohen Anteils an manueller Fertigung – bislang noch markanter teurer als die beiden anderen Solarsysteme. Und: Der Wärmeertrag der PVT-Module lag zunächst deutlich unter den Erwartungen. Erst nach einer Änderung der Steuerungsparameter nahm die Regeneration der Erdsonden befriedigende Werte an. Haus C ist zum einen mit PV-Modulen, zum anderen mit Warmwasserkollektoren bestückt. Von allen drei Anlagen liefert dieses Setting – gemessen am eingesetzten Strom für das Energiesystem – am meisten Nutzwärme: der Systemnutzungsgrad liegt bei 3.66 (Haus B: 3.55, Haus A: 3.36). Das hängt auch mit den eingesetzten Kollektoren zusammen, wie der Schlussbericht festhält: «Die abgedeckten Sonnenkollektoren weisen im Vergleich zu den ungedeckten PVT-Kollektoren, insbesondere im alpinen Gebiet weniger Wärmeverluste auf. Sie können deshalb länger im Jahr auf höheren Temperaturen – direkt nutzbar zur Warmwassererwärmung – betrieben werden.»

## Wie viel Regeneration ist möglich?

Alle drei Häuser der Überbauung in Scuol nutzen für die Bereitstellung von Heizwärme und Warmwasser eine Sole-Wasser-Wärmepumpe, die jeweils an einen Teil des Erdsondenfelds gekoppelt ist. Erdsondenfelder werden heute standardmässig so ausgelegt, dass der Boden über die Jahre nicht übermässig abkühlt (während 50 Jahren soll die

mittlere Sondentemperatur den Wert von  $-1,5^{\circ}\text{C}$  nicht unterschreiten).

Vor diesem Hintergrund wollte das SPF-Forscherteam wissen, wie stark sich die Abkühlung durch Regeneration des Erdreichs verzögern lässt. «Wenn wir dank Regeneration die Absenkung der Erdtemperatur langfristig reduzieren können, käme man bei einer solchen Überbauung mit vier statt fünf Erdsonden pro Haus aus und könnte Kosten sparen», sagt Carlo Vassella. Nützlich wäre die Regeneration auch für städtische Gebiete, wo die Erdsonden mitunter so dicht verlegt sind, dass mancherorts eine Regenerationspflicht diskutiert wird, um die Erdwärmennutzung auch längerfristig sicherzustellen.

PVT-Systeme liefern aufgrund ihrer Konstruktionsweise in der meisten Zeit des Jahres nur auf einem relativ tiefen Temperaturniveau effizient Wärme. Anders als Warmwasserkollektoren empfehlen sie sich nicht in erster Linie zur Produktion von Heizwärme und Warmwasser. Sinnvoll ist dagegen der Einsatz zur Regeneration des Erdreichs. Die Messkampagne in Scuol hat gezeigt, dass die Regeneration der Sonden der Häuser B und C die Quelltemperaturen kurzfristig erhöht, was die Effizienz der Wärmepumpen verbessert. Offen bleibt, ob die Regeneration die Quelltemperaturen auch längerfristig erhöht. Ein Langzeiteffekt konnte während der dreieinhalb Jahre dauernden Messung noch nicht nachgewiesen werden.

## Kombination mehrerer Solarsysteme

Für SPF-Forscher Dr. Daniel Zenhäusern gibt die Untersuchung auch Hinweise auf neuartige Verbindungen verschiedener Solarsysteme: «Vorhandene Dachflächen müssen optimal für die Solarenergie genutzt werden. So wird insbesondere in dicht bebauten Gebieten, wo die Regeneration von Erdsondenfeldern zunehmend nötig sein wird, auch eine Kombination aus PV- und PVT-Modulen gute Dienste leisten können», sagt der Wissenschaftler.

Dr. Benedikt Vogel, im Auftrag des Bundesamts für Energie (BFE)



Ein kombiniertes PVT-Solarmodul auf dem Prüfstand des Instituts für Solartechnik in Rapperswil.

Foto: BFE-Schlussbericht

## Drei Häuser, drei Solarsysteme

Die drei Häuser beziehen Heizwärme und Warmwasser jeweils von einer Sole-Wasser-Wärmepumpe, die an ein Erdsondenfeld gekoppelt ist. Pro Haus wurden fünf Sonden jeweils 175 Meter tief verlegt. Unterschiedlich sind hingegen die Solarsysteme: Haus A: Nutzt die Solarenergie mit einer PV-Indachanlage (132 m<sup>2</sup>, 22,1 kWp) mit einem Batteriespeicher (13 kWh). Die Erdsonden werden nicht regeneriert.

Haus B: Produziert dank einer PVT-Anlage (130 m<sup>2</sup>, 21,8 kWp, ungedeckte Kollektoren) Strom und Wärme. Rund 80 % der anfallenden Niedertemperatur-Solarwärme wird zur Regeneration der Erdsonden genutzt, der Rest geht als Quellenwärme an die Wärmepumpe oder direkt in den sekundärseitigen Wärmespeicher. Der Regenerationsgrad beträgt 40 %, was bedeutet, dass 40 % der Wärme, die dem Boden über das Jahr entzogen wird, im Jahresverlauf in den Boden zurückgeführt werden.

Haus C: Das Solarsystem besteht aus PV-Modulen (90 m<sup>2</sup>; 15,1 kWp) und einer Flachkollektoranlage (42 m<sup>2</sup>, abgedeckte Kollektoren). Rund die Hälfte der Solarwärme wird zur Regeneration der Erdsonden genutzt (Regenerationsgrad von 20 %), 20 % gehen als Quellenwärme an die Wärmepumpe und 30 % werden direkt genutzt, um den Wärmespeicher zu beladen. (BV)

## BFE-Schlussbericht



Hier gehts zum Schlussbericht des BFE-Demonstrationsprojekts «Drei unterschiedliche innovative solarunterstützte Wärmeerzeugungssysteme für drei identische Minergie-A-Gebäude».

## Pilot- und Demonstrationsprojekte des BFE

Das Monitoring-Projekt der Solaranlagen der Monolit-Überbauung in Scuol wurde vom Pilot- und Demonstrationsprogramm des Bundesamts für Energie (BFE) unterstützt. Damit fördert das BFE die Entwicklung und Erprobung von innovativen Technologien, Lösungen und Ansätzen, die einen wesentlichen Beitrag zur Energieeffizienz oder der Nutzung erneuerbarer Energien leisten.

Gesuche um Finanzhilfe können jederzeit eingereicht werden unter: [www.bfe.admin.ch/pilotdemonstration](http://www.bfe.admin.ch/pilotdemonstration).

## «Erde, Sonne, Monolit und Studien»



Unter dem Titel «Erde, Sonne, Monolit und Studien» erschien am 14. November 2015 in der EP/PL auf den Seiten 1 und 5 ein erster Bericht über das Monitoring. Hier gehts direkt zur Engadiner-Post-Ausgabe Nr. 133/2015.

Auskünfte zum Projekt erteilt Dr. Men Wirz, [men.wirz@bfe.admin.ch](mailto:men.wirz@bfe.admin.ch). Er ist verantwortlich für das Pilot- und Demonstrationsprogramm des BFE. Weitere Fachbeiträge über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Gebäude und Städte finden Sie unter: [www.bfe.admin.ch/ec-gebäude](http://www.bfe.admin.ch/ec-gebäude).