



75%-AKTIV-SOLARHAUS (OHNE SAISONALE SPEICHERUNG)

Jahresbericht 2012

Autor und Koautoren	Stephan A. Mathez
beauftragte Institution	
Adresse	Spitalstrasse 13, 8620 Wetzikon
Telefon, E-mail, Internetadresse	044 262 78 32, stephan.a.mathez@solarcampus.ch
BFE Projekt-/Vertrag-Nummer	SI/500647
BFE-Projektleiter	Hr. Rolf Moser
Dauer des Projekts (von – bis)	2. August 2011 – 31. März 2014
Datum	21. Dezember 2012

ZUSAMMENFASSUNG

Der vorliegende Bericht fokussiert auf die konkrete technische Umsetzung des *75%-Aktiv-Solarhaus*-Projektes, dessen Konzeption im Jahresbericht 2011 detailliert ausgeführt wurde. Hier nochmals das Wichtigste in Kürze:

Das Projekt zeichnet sich durch folgende Merkmale aus: (1) energieoptimierte Solararchitektur, (2) solarthermisch aktivierbarer Betonkern (Wärmespeicher auf Wochenbasis), (3) prädiktive Regelung, (4) wassergeführtes Drainbacksystem, (5) maximale solarthermische Wintererträge dank steiler Kollektorneigung (70°), höchsten Kollektorleistungswerten sowie dank der Einstrahlungsspiegelung durch das vorgelagerte PV-Feld (11° geneigt), (6) hydraulisches Wandheizsystem für kurzfristige Leistungsspitzen, (7) neuartige, winkelselektive Verglasung (*SunPattern*), welche die direkte Sonneneinstrahlung in das Gebäude im Sommer um bis zu 2/3 reduziert im Vergleich zur Wintersituation.

Sämtliche System-Komponenten (thermische Kollektoren, Speicher, Pelletskessel, hydraulische Wandheizelemente, hydraulischer Wärmestrahler für den Sitzplatz, Konvektoren zur Sauna-Vorwärmung, Heisswasseranschluss für die Küche) sind festgelegt und bestellt.

Sämtliche Messgeräte (sieben Wärme- und drei Stromzähler, 14 Temperatur-/Feuchte-Sensoren, vier Helligkeits-Sensoren, sowie eine Wetterstation) und Steuerkomponenten (Solar- sowie Haustechnikregler) sind festgelegt und bestellt. Für die Messung der reflektierten Strahlung durch das PV-Feld bestehen Pläne, aber noch keine konkrete Ausführung.

Für das Spezialglas *SunPattern* wurde Anfang Dezember 2012 der erste Prototyp (40 x 60 cm) produziert, der optisch sehr ansprechend wirkt. Zur Optimierung des Designs und der Ertragsberechnung wurden unter Einbezug der verfahrenstechnischen Rahmenbedingungen verschiedene Softwaretools entwickelt.

Projektstand: Die Realisierung des Minergie-P-ECO-Gebäudes ist in vollem Gange. Bei den Baumeisterarbeiten sind insbesondere die thermisch aktivierbaren Böden im UG und EG realisiert und drei von vier Messfühlern für die Betontemperatur sind eingelegt. Geplanter Bezugstermin ist im Sommer 2013.

Projektziele

Ein solarer Deckungsgrad von 75% ohne saisonale Speicherung kann nur erreicht werden, wenn die direkte und die diffuse Sonneneinstrahlung im Winter bis aufs Äusserste genutzt werden. Dabei ist die Möglichkeit der Heizenergiespeicherung über mehrere Tage hinweg während des Winterhalbjahres eine entscheidende Systemvoraussetzung. Ein Minergie-P-ECO-Gebäude im Schweizer Mittelland benötigt im Dezember und Januar über die Hälfte des Jahresheizbedarfes, es erhält aber bei idealer Kollektorneigung in dieser Zeit nur etwa 10% der jährlichen Einstrahlung. Um in dieser Jahreszeit „punkten“ zu können, sind folgende Aspekte für die Planung des Kollektorfeldes sowie des gesamten Gebäudes von grosser Bedeutung:

- Ausrichtung der Kollektorfläche möglichst genau nach Süden
- Kollektorneigung 60 – 70° (bei 70°: senkrechte Einstrahlung am 21. Dezember)
- möglichst hoher Solarwirkungsgrad (optische Wirkungsgrade von über 87% sind möglich)
- möglichst tiefe Betriebstemperaturen: Vorwärmung von Trinkwasser und Heizkreis-Vorlauftemperaturen um 25 – 30 °C
- wärmetauscherfreie Energieflüsse (keine zusätzlichen ΔT erforderlich)
- Wärmeträger mit idealen Turbulenz und Übertragungseigenschaften (reines Wasser)
- falls architektonisch möglich: Ertragssteigerung durch Spiegelungseffekt im Winter
- Speicherung: Wärmespeicher auf Minimaltemperatur, d.h. nur knapp über Raumtemperatur
- Speicherkapazität: auf Wochenbasis (entspricht einem typischen Wetterverlauf)
- Direkteinstrahlung ins Gebäude soll thermisch und in Bezug auf die Luftfeuchtigkeit dank Lehmelementen (Lehmplatten/Lehmputz) „abgepuffert“ werden

Auch beim Heizenergieverbrauch sind nebst den Voraussetzungen für Minergie-P verschiedene weitere Massnahmen ergriffen worden, um mit einem Minimum an Energie auszukommen (siehe Jahresbericht 2011).

In Bezug auf den Energieverbrauch für das Warmwasser können dank optimal kurz gehaltener Ausstossleitungen die Ausstossverluste gering gehalten (siehe SIA 385) und problemlos auf eine Zirkulationsleitung verzichtet werden. Dank des Warmwasser-Anschlusses für die Waschmaschine und den Geschirrspüler, sowie des Heisswasseranschlusses für die Küche wird auch elektrischer Strom wenn immer möglich solar substituiert.

Mehr Annehmlichkeiten: Bei aller Effizienz der Solarenergienutzung im Winter ist nicht zu vermeiden, dass im Sommer ein beträchtlicher Überschuss an Wärmeenergie vorhanden ist. Im vorliegenden Fall besteht dieser Überschuss während 6 – 9 Monaten pro Jahr. Um dieses Energie-Plus aber nicht einfach verpuffen zu lassen, wurden folgende „Zusatzverbraucher“ in die Hydraulik eingebunden:

- Strahlungsdecke beim Sitzplatz (Solarwärme vom Mittag zum Abend „verschieben“)
- Konvektor für die Sauna: ermöglicht eine „Bio-Sauna“ ohne Stromverbrauch
- Heisswasser-Anschluss in der Küche (fast-kochendes Wasser ab Hahn)
- Waschküche über Betonkern beheizbar

Alle diese Installationen sind zwar mit Mehrkosten verbunden, bei welchen noch nicht absehbar ist, ob sich diese künftig amortisieren werden. Der entscheidende Punkt ist aber, dass durch die Solaranlage ein deutlicher *Mehrnutzen* für die Bewohner des Hauses entsteht.

Spezialglas SunPattern: Diese zum Patent angemeldete Glasdesign besitzt eine ausgeprägte, winkelabhängige Transmission für direkte Sonneneinstrahlung. Im Winter transmittiert die Verglasung bis zu dreimal mehr direktes Sonnenlicht als im Sommer. Dadurch ergibt sich im Sommer ein hervorragender Überhitzungsschutz und im Winter resultieren dennoch hohe Passivgewinne. Durch den Einsatz von *SunPattern* bei drei grossen Ost- und West-Fenstern sowie als Vordach im Süden sollen die energetischen wie auch gestalterisch-optischen Eigenschaften evaluiert werden. Solche rein passiven Konzepte können in Zukunft eine wichtige Rolle bei der Solaroptimierung von Gebäuden und Verglasungen spielen.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Gebäudeausführung (Minergie-P-ECO)

Die wichtigen energietechnischen Konzepte wurden bereits 2010/11 entwickelt und sind im Jahresbericht 2011 detailliert beschrieben. Im zu Ende gehenden Jahr ging es vor allem um die Evaluation der ausführenden Firmen und die Ausführungsplanung. Letztere war durch den hohen Technisierungsgrad des Gebäudes trotz der kompakten Anordnung von Technikraum und Technikschaft kein einfaches Unterfangen. Am Energiekonzept selber wurden diese Feinjustierungen vorgenommen:

- Brettstapeldecke (Holz-Beton-Verbunddecke) mit 12 statt 10 cm Holz: höherer Wärmewiderstand
- Kombispeicher mit 2700 statt 2400 Liter: mehr Puffervolumen
- Gebäudeautomation basierend auf dem Adhoco-Funksystem statt auf KNX-Basis

Alle anderen Strategien und Dimensionierungen wurden beibehalten oder nötigenfalls konkretisiert.

Baustatus: Die Baumeisterarbeiten (UG inkl. betonierte Decke) sind abgeschlossen. Alle Aufträge für den Rohbau 1 und 2 sind vergeben.



Abb. 1: Abschluss der Baumeisterarbeiten: Grosse Teile der Bodenplatte sowie der Boden des EG sind thermisch aktivierbar. Das gesamte UG ist durch 25 cm Dämmung zum Erdreich hin gedämmt. Rechts im Bild wird noch eine Hinterfüllung eingebracht werden. Der Holzelementbau wird im März 2013 aufgerichtet.

Minergie-Antrag: Am 23. April 2012 wurde uns eine Bescheinigung für den Minergie-P-Teil des Minergie-P-ECO-Antrages erteilt. Für das provisorische Minergie-P-ECO-Zertifikat müssen aber zusätzlich sämtliche Minergie-ECO-Anforderungen dokumentiert werden. Die letzten Vergaben, welche „ECO-relevant“ sind, werden im Januar 2013 vergeben werden. Danach kann das provisorische Minergie-P-ECO-Zertifikat angefragt werden.

Systembeschreibung:

Hier sei das geringfügig überarbeitete Konzept nochmals kurz zusammengefasst:

Kurzbeschreibung des Systems:

- Kollektoraperturfläche 27 m², 70° geneigt
- Speicher 2530 Liter, Tank-In-Tank
- Kondensierender Pelletskessel mit Silo
- Heizgruppe Betonkernaktivierung
- Heizgruppe Wandheizungen
- Warmwasserverteilung (ohne Zirkulation)
- Heisswasseranschluss für die Küche
- Konvektor für Sauna
- Strahlungsdecke Sitzplatz (Glykol-geführt)

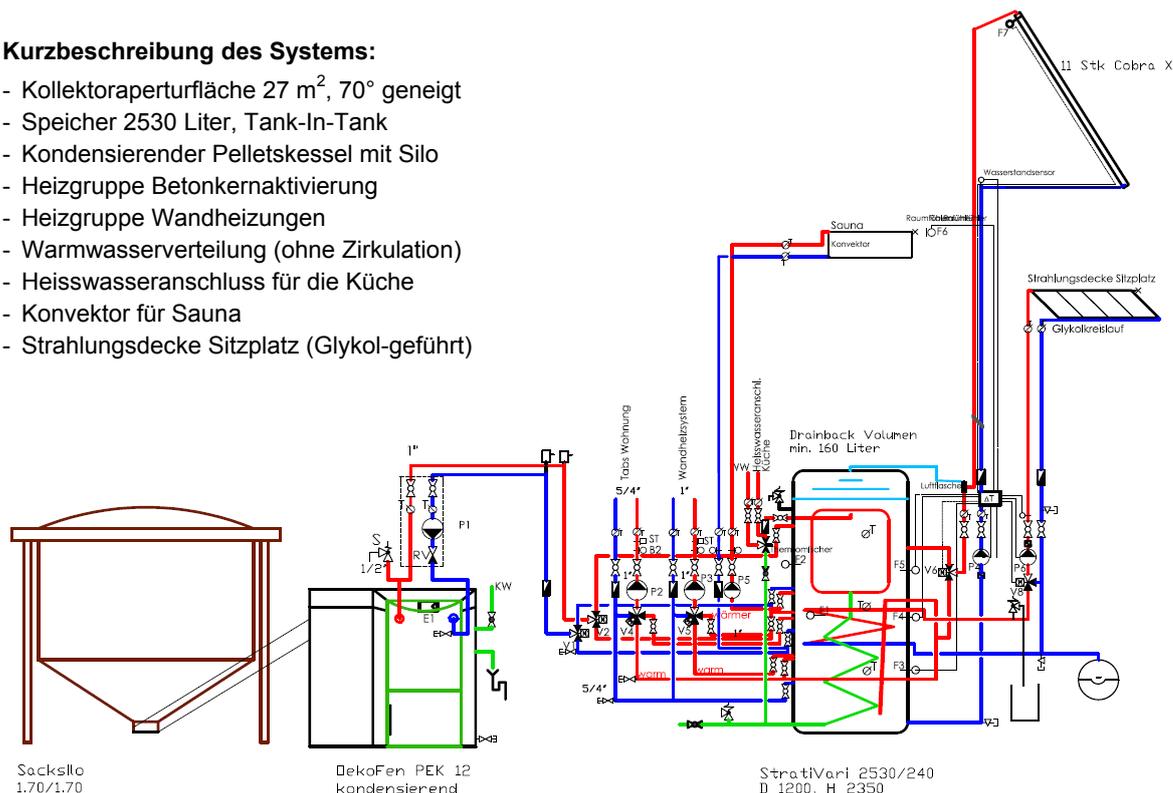


Abb. 2: Hydraulikschema: Es weist zwei Energiequellen (Sonne + Holz) und fünf Energiesenken auf (zwei Heizkreise, Warmwasser, Strahlungsdecke, Konvektor). Mithilfe der Strahlungsdecke kann sommerliche Überschusswärme nutzbringend verwendet werden. (Grafik: Planungsbüro Hobi + Partner)

Für die Steuerungseinheit für sämtliche Kreisläufe kommt eine UVR1611 der Technischen Alternative (Graz, AT) zum Einsatz. Diese universell programmierbare Steuerung erlaubt es auch, auf Online-Daten zuzugreifen oder Daten online auszugeben. Damit können neue Steuerungsstrategien erprobt und online ausgewertet werden.

Gebäude-Messtechnik

Für die Gebäudeautomation (Thermostate, Steuerung von Jalousien, Bewegungsmelder) wurde das Funksystem der Firma Adhoco (Winterthur) gewählt. Dieses modular erweiterbare, selbstlernende System ermöglicht nebst der Gebäudesteuerung auch eine zeitlich hochauflösende Datenerfassung der Betriebsparameter. Dabei erfasst der Thermostat nebst der Temperatur auch die relative Luftfeuchtigkeit, womit die Wirksamkeit der lehmverkleideten Wände und des Enthalpietauschers analysiert werden können. Bei den Präsenzmessern in den Korridoren wird die Helligkeit gemessen. Damit kann der Effekt der Diffusstreuung durch die SunPattern-Verglasung untersucht werden.

Hier eine Auflistung der verwendeten Messgeräte und deren Messgenauigkeit:

Betriebsbereich Präsenzmelder P1:

Temperaturbereich	Luftfeuchtigkeit	Schutzklasse	RF-Output
0 – 35 °C	0 – 97 %	IP20	max. 0dBm

Messbereich:

Helligkeit	Genauigkeit	Messinterval	Schrittweite
0 – 40000 Lux	Umgebungs-Helligkeit ±10%	30 s	±10 %

Betriebsbereich Zustandsmelder C1:

Temperaturbereich	Luftfeuchtigkeit	Schutzklasse	RF-Output
0 – 40 °C	0 – 97 %	IP20	max. 0dBm

Messbereiche:

Temperatur	Genauigkeit	Messintervall	Schrittweite
-40 – 75 °C	1 – 0.3 K (-40 – 75 °C)	5 min	0.25 °C
Luftfeuchtigkeit	Genauigkeit	Messintervall	Schrittweite
0 – 100 %RH	3 %RH	5 min	2 %RH

Betriebsbereich Meteostation M1:

Temperaturbereich	Luftfeuchtigkeit	Schutzklasse	RF-Output
-25 – 60 °C	0 – 100 %	IP67	max. 0dBm

Messbereiche:

Temperatur	Genauigkeit	Messintervall	Schrittweite
-40 – 75 °C	1 – 0.3 K (-40 – 75 °C)	15 min	0.25 °C
Luftfeuchtigkeit	Genauigkeit	Messintervall	Schrittweite
0 – 100 %RH	±3 %RH	15 min	2 %RH
Windgeschwindigkeit	Genauigkeit	Messintervall	Schrittweite
0 – 100 km/h	±5 km/h	15 min	±10 %
Helligkeit	Genauigkeit	Messintervall	Schrittweite
0 – 100'000 Lux	-	1 min	±10 %

Spiegelungseffekt durch das vorgelagerte PV-Feld

Der Effekt eines vorgelagerten PV-Feldes für ein thermisches Kollektorfeld wurde noch nie untersucht. Rechnerisch wurde diese Konstellation im Rahmen eines KTI-Innovationscheck-Projektes untersucht [1] sowie in einer Arbeit, die dieses Jahr am internationalen Solarthermie-Symposium OTTI in Staffelnstein (DE) veröffentlicht wurde [2].

Bei den Berechnungen konnten aber verschiedene Effekte nur approximativ berücksichtigt werden:

- Intensität der Diffusstrahlung (stark richtungsabhängig)
- Effekt von verschneitem (oder nassem) PV-Feld
- Effekt der Lichtpolarisierung bei der Reflexion am PV-Feld
- Auswirkung der Abwärme des PV-Feldes auf das thermische Feld

Aufgrund dieser offenen Fragen soll (1) die Einstrahlung ohne Reflexion, (2) die Reflexion alleine sowie (3) die Einstrahlung ins PV-Feld gemessen werden. Dazu wurde folgende Messanordnung entworfen:

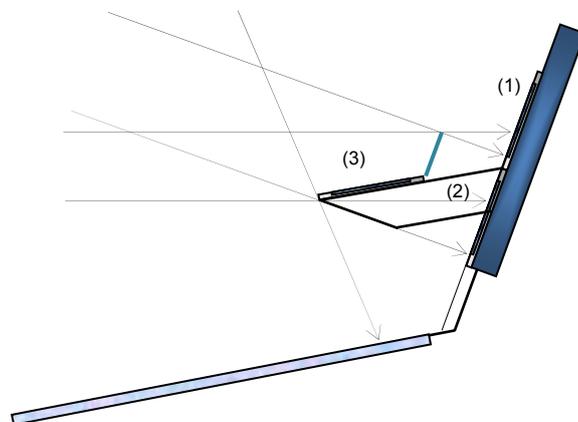


Abb. 3: Geplante Messanordnung für die Einstrahlungsmessung (1) auf das thermische Feld ohne Reflexion, (2) ausschliesslich der Reflexion durch das PV-Feld, sowie (3) Einstrahlung auf das PV-Feld. Die Pfeile markieren den Sonnenstand am Mittag des 21. Juni (steil), des 21. Dezember (flach), sowie des Horizontes. Rechts ist der thermische Kollektor abgebildet (70° geneigt), unten das Photovoltaische Feld (11° geneigt).

Verglasung *SunPattern*: Ost-/West-Fenster und Vordach im Süden

Das 2011 von Solar Campus eingereichte Patent *SunPattern* wurde am 21.12.2012 veröffentlicht. Das winkelselektive Glasmuster sorgt dafür, dass im Sommer nur etwa 20% der direkten Sonneneinstrahlung durch das Glas gelangen, im Winter hingegen etwa 60%. Dadurch entsteht im Sommer ein wirksamer Überhitzungsschutz und im Winter können dennoch hohe Passivgewinne erzielt werden. Diffuse Einstrahlung wird etwa zu 40% transmittiert und sorgt im Sommer im Fall von wenig Direktstrahlung für nutzbringende Passivgewinne. Der Umstand, dass über das ganze Jahr ein Teil der Direktstrahlung diffus in den Raum gestreut wird, ist ein weiterer Pluspunkt von *SunPattern*.

Die beim vorliegenden Solarhaus-Projekt verwendete Variante von *SunPattern* besteht darin, dass die Streifen auf einer Glasseite sandgestrahlt, auf einer zweiten Seite verspiegelt sind. Breite, Abstand, Orientierung und Versatz der Streifen wurden so dimensioniert, dass zwischen dem 21. Juni und dem 21. Dezember die Transmission der direkten Sonneneinstrahlung maximal variiert (siehe Abb. 4).

Zur Herstellung der Streifenmuster wurden verschiedene Firmen kontaktiert. Schliesslich fand man in der Firma Galvolux im Tessin einen Hersteller, der die erforderlichen Verfahrensschritte und die geforderte Präzision anbieten kann.

Folgende Bilder zeigen das Glas mit der Einstrahlungssituation einmal im Sommer, einmal im Winter.

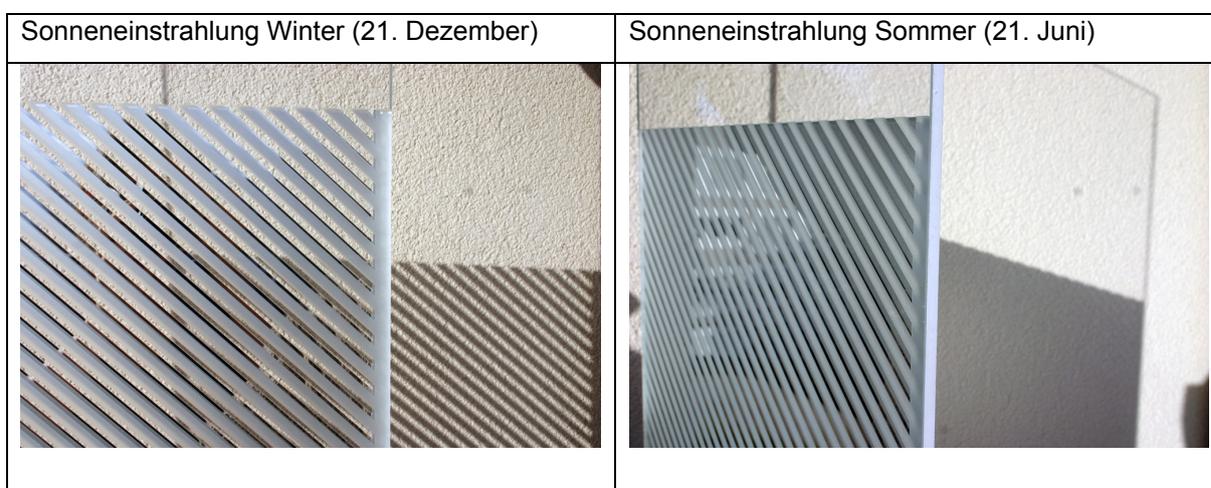


Abb. 4: Glas-Design *SunPattern* für ein Fenster auf der Ostseite des Gebäudes: Im Winterfall (links) tritt noch einiges an direkter Sonneneinstrahlung (ca. 60%) durch das Glas hindurch, wie der Schattenwurf (jeweils rechts im Bild) zeigt. Im Sommerfall (rechts) treten nur noch ca. 20% der Einstrahlung durch das Glas. Der Effekt kommt rein geometrisch zustande und funktioniert entlang der gesamten Sonnenbahn.

Beim Vordach im Süden über der Fensterfront von Wohn- und Esszimmer, wo ebenfalls *SunPattern* zur Anwendung kommt, kommt eine andere Variante von *SunPattern* zum Einsatz: Hier werden zwei Streifenmuster so zu einander versetzt, dass keine direkte Sonneneinstrahlung im Sommer auf die Fensterfront trifft, im Winter hingegen schon. Dies ist natürlich teilweise bereits durch die Anordnung zwischen Fenster und Vordach der Fall, der Effekt wirkt sich aber auch in der Übergangsjahreszeit positiv auf die Heiz- und Kühlanforderungen des Gebäudes aus. Im Gegensatz zu einem opaken Vordach wirkt *SunPattern* hell und versorgt den Raum gleichmässig mit diffusem Licht.

Die Methode, wie die Lichttransmission an *SunPattern* gemessen werden soll, ist noch in Entwicklung. Klar ist, dass dazu keine permanente Installation eingesetzt werden soll. Bei der Entwicklungsarbeit hat sich gezeigt, dass es wichtig ist, die Homogenität des Effektes über die gesamte Fensterfläche zu beurteilen. Dazu ist eine manuelle Messung besser geeignet.

Bei der Messung sollen folgende Variationen z.B. beim Ost-Fenster beachtet werden:

- Verschiedene Daten: 21. Juni und 21. Dezember, sowie Messungen am 21. Februar und 21. April
- Verschiedene Zeiten: kurz nach Sonnenaufgang, alle zwei Stunden bis um 12 Uhr
- Verschiedene Wettersituationen: wolkenloser Himmel, Teilbewölkung, Vollbewölkung
- Verschiedene Positionen: 4 Positionen hinter *SunPattern* (oben / unten – links / rechts) und hinter dem klaren Teil des Fensters (Referenzwert)

Aus diesen Messungen werden die optische Wirksamkeit von *SunPattern* sowie die postulierten Vorteile gut untersucht werden können.

Solar Campus ist mit Herstellern von Gläsern und Fenstern im In- und Ausland im Kontakt, um die Möglichkeiten für entsprechende Produkte zu evaluieren.

Nationale Zusammenarbeit

Die meisten für die Realisierung des Gebäudes verantwortlichen Unternehmen wurden beauftragt. Für die solarthermische Anlage ist dies die Firma Soltop (Elgg), für den Pelletskessel die Firma ÖkoFEN (Menzna), für die Bauteilaktivierung die Firma Uponor (Winterthur), für die Gebäudeautomation die Firma Adhoco (Winterthur), für die *SunPattern*-Beschichtungen die Firma Galvolux (Bioggio).

Internationale Zusammenarbeit

Es gibt Interessenten für *SunPattern* aus dem In- und Ausland, die das Produkt gerne begutachten möchten. Da der Prototyp aber erst seit wenigen Tagen vorliegt, kann noch nicht auf eine Zusammenarbeit verwiesen werden.

Bewertung 2012 und Ausblick 2013

Das Projekt *75%-Aktiv-Solarhaus* befindet sich mitten in der Realisierungsphase. Wir sind sehr zufrieden, dass die anvisierten energietechnischen (wie auch die meisten sonstigen) Ziele zu Beginn der Planungsphase für die Ausführung konkretisiert werden konnten und innerhalb des Budgetrahmens realisiert werden können. Der Bauplan sieht vor, dass der Holzbau im März aufgerichtet wird und das Haus im Juli bezugsbereit ist.

Die Entwicklung des Prototyps für *SunPattern* erwies sich als aufwändiger und dauerte länger als ursprünglich gedacht. Das Ergebnis hat nun aber alle unsere Erwartungen an die Funktionsfähigkeit, Produktionsgenauigkeit und die optische Erscheinung voll erfüllt. Quantitative Messungen am fertigen Isolierglas stehen noch aus.

Wie gut die Konzepte wie Bauteilaktivierung, *SunPattern*, etc. funktionieren werden, werden die Messungen zeigen, die ab dem Bezugstermin gesammelt werden können. Wir sind sehr gespannt und freuen uns schon sehr auf diesen Moment.

Referenzen und Veröffentlichungen

- [1] Stefan Brunold (Institut für Solartechnik SPF), Stephan A. Mathez (Solar Campus GmbH): Simulation und Optimierung von Reflektoren für heizungsunterstützende Solarsysteme, 11886.1 INNO-IW KTI-Innovationscheck, 2011.
- [2] Stephan A. Mathez, **Synergie-Effekte zwischen Solarthermie, Photovoltaik und Solararchitektur mit Hilfe des Simulationsframeworks Tachion modellieren und sichtbar machen**, Proceedings, OTTI, 22. Symposium Thermische Solarenergie, 2012.

Danksagung: Dem BFE und insbesondere Herrn Rolf Moser möchte ich für das entgegengebrachte Vertrauen herzlich danken und anmerken, dass das Projekt ohne diese Unterstützung in der vorliegenden Form nicht hätte realisiert werden können.