



75%-AKTIV-SOLARHAUS (OHNE SAISONALE SPEICHERUNG)

Jahresbericht 2011

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	Dr. Charles Filleux
Dauer des Projekts (von – bis)	2. August 2011 – 31. März 2014
Datum	30. November 2011

ZUSAMMENFASSUNG

Das vorliegende *75%-Aktiv-Solarhaus*-Projekt basiert auf diesen sieben wesentlichen Merkmalen: (1) einer energieoptimierten Solararchitektur, (2) einem aktivierbaren Betonkern als Wärmespeicher auf Wochenbasis, welcher (3) prädiktive geregelt wird und (4) direkt über ein wassergeführtes Drainbacksystem beladen werden kann, wobei (5) die Sonnenkollektoren dank steiler Neigung, maximalen Kollektorleistungsdaten und dank des Spiegelungseffektes des vorgelagerten PV-Feldes maximale Wintererträge liefern, (6) einem hydraulischen Wandheizsystem zum Ausgleich kurzfristiger Leistungsspitzen, sowie (7) einer winkelselektiven, neuartigen Verglasung (*SunPattern*), welche die Sommereinstrahlung dämmt, aber im Winter dennoch hohe Passivgewinne zulässt.

Darüber hinaus setzt das Minergie-P-ECO-Gebäude auf modernste Energietechnik (CO₂-geführte Lüftung, Aktivkohlefilter in den Küchen, Enthalpietauscher, ...) und auf die konsequente Nutzung von Solarwärme zu Heizzwecken, für Warmwasser, Waschmaschine und Geschirrspüler. Wo immer sinnvoll möglich soll der sommerliche Wärmeüberschüsse einen Zusatznutzen erbringen: so zum Beispiel für einen Deckenstrahler beim Sitzplatz oder als Heisswasseranschluss in der Küche.

Nebst der innovativen Energietechnik begründet die Ökologie des Projektes zu einem guten Teil auf den solararchitektonischen Konzepten: kompakte Bauform, passive Energiegewinne und –Speicherung, kompakte Technikführung im Innern, Einsatz von ECO-Baumaterialien wie Holz, Lehm und Recyclingbeton, vielseitige und flexible Nutzungsmöglichkeiten (Einliegerwohnung, Studio). In Übrigen liegt das Gebäude nur vier Gehminuten vom Bahnhof Wetzikon entfernt, womit eine minimale Mobilität induziert wird.

Schliesslich beabsichtigt das Projekt auch, Lösungen für ein möglichst behagliches und gesundes Wohnklima aufzuzeigen (z.B. dank ganzjährig gleichbleibender Luftfeuchtigkeit), sowie die Solararchitektur und –Technik dank einer ästhetischen Umsetzung attraktiv zu machen.

Projektstand: Die Fachplanungen sind abgeschlossen. Die Offerten für die Ausführung liegen vor. Der Baubeginn ist für Frühling 2012 geplant.

Projektziele

Das erste Hauptziel des Projektes besteht darin, ohne saisonale Wärmespeicherung einen **solaren Deckungsgrad von 75%** zu erreichen. Der verbleibende Energieanteil wird durch einen kondensierenden Pelletkessel bereitgestellt. Neben eines höchst leistungsfähigen, wasserführenden Drainbacksystems mit einer auf winterliche Sonnenelevationen optimierten Kollektorneigung, dient der **Betonkern** des Gebäudes als Wärmespeicher auf Wochenbasis. Mithilfe einer über mehrere Tage **vorausschauenden Regelung** soll die Raumtemperatur stets im Behaglichkeitsbereich bleiben.

Das zweite Hauptziel besteht in der erstmaligen Anwendung und quantitativen Bewertung der **Verglasung SunPattern**, welche eine ausgeprägte, winkelabhängige Transmission besitzt. 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. Das Glas soll als Vordach im Süden, an Teilen der Südfassade, sowie bei einem Ost- und Westfenster zum Einsatz kommen.

Ein weiteres Ziel ist die Nutzung des **Spiegelungseffektes** zwischen dem flachgeneigten PV-Feld und der steilgeneigten thermischen Anlage. Die Neigungswinkel sind so gewählt, dass in den Wintermonaten ein thermischer Mehrertrag von ca. 20% resultiert. Dabei können, je nach aktueller Einstrahlungsstärke und Kollektortemperatur Leistungssteigerungen von 30-100% erreicht werden.

Zur **Überprüfung** des errechneten und simulierten Verhaltens des Gebäudes und seiner Energiesysteme sind zahlreiche Messungen von Wärmeflüssen, Temperaturen und Einstrahlungen vorgesehen.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Gebäudekonzept (Minergie-P-ECO)

Gemeinsam mit dem Büro *Kämpfen* wurden 2010 in einer Projektstudie diverse Energiekonzepte analysiert und deren architektonische Umsetzung evaluiert. Das im Dezember 2010 eingereichte Baugesuch zeichnet sich durch eine exakt nach Süden ausgerichtete, kompakte Gebäudeform mit einem steilgeneigten solarthermischen Feld und einem vorgelagerten, flachgeneigten PV-Feld aus. Die Platzierung der Solarelemente und des gedeckten Sitzplatzes hält die Südfassade für Passivgewinne im Winter frei. Neben der Hauptwohnung enthält das Gebäude eine Einliegerwohnung und ein Studio. Im Innern zeigt sich die Effizienzstrategie z.B. an der kompakten Steigzone für Warmwasser/Lüftung oder an der vollständigen Dämmung des Baukörpers gegen das Erdreich.

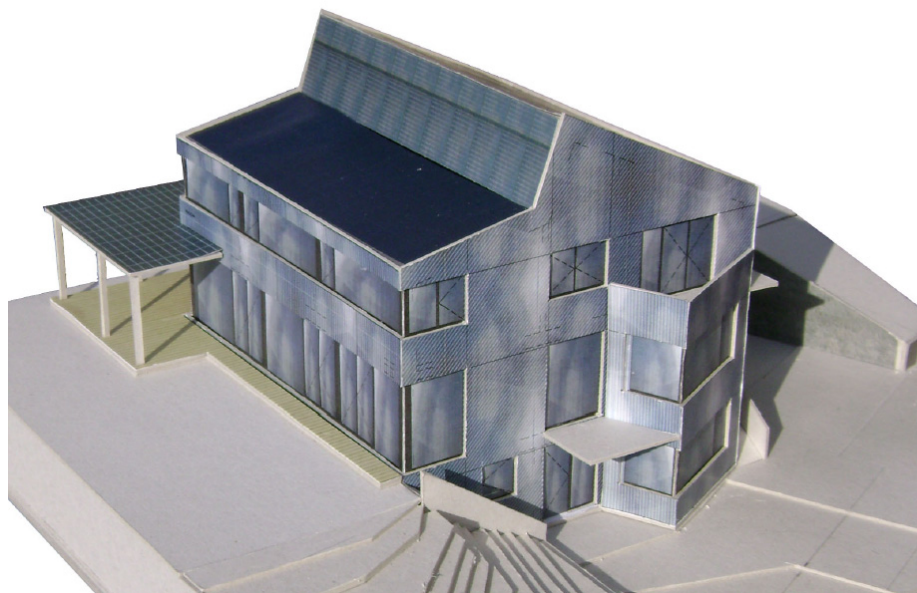


Fig. 1: Modell des 75%-Aktiv-Solarhauses: Kompakter Baukörper, Nutzung von Photovoltaik (60 m^2 , flachgeneigt) und Solarthermie (25 m^2 , steilgeneigt). Im Gegensatz zum Modell überragt im aktuellen Planungsstand das PV-Feld die Südfassade um 60 cm und ein 90 cm breites Vordach über der Fensterfront im Erdgeschoss beschattet diese im Sommerhalbjahr. (Bild: Architekturbüro Kämpfen)

Status: Die Baubewilligung liegt vor. Die Erfüllung der Bauauflagen kommt fahrplanmässig voran.

Solar- und Heiztechnik

Gemeinsam mit dem Energieplanungsbüro *Hobi + Partner* wurde 2011 ein Energie- und Heizkonzept entwickelt, mit dem das ehrgeizige solare Deckungsziel ohne Saisonspeicher erreichen werden kann. Nebst der **winteroptimierten Kollektorneigung**, der Steigerung des Ertrages durch den **Spiegelungseffekt** und der Nutzung der **Wärmekapazität des Betons**, ist der Ansatz des **wasserführenden Drainbacksystems** von zentraler Bedeutung: Ohne einen Wärmetauscher kann die Solarwärme direkt in die Gebäudemasse übertragen werden. Unter allen Wärmeträgern besitzt Wasser die beste Wärmekapazität, -Leitfähigkeit und Wärmeübertragung (Turbulenzgrad). Die Nutzung der Kollektorstwärme beim Abstellen der Umwälzpumpe („Drain-Back-Mechanismus“), der problemfreie Stagnationszustand und die einfache Verfügbarkeit von Wasser sind weitere Pluspunkte. Dem gegenüber steht die höhere Hilfsenergie beim Anfahren des Kollektorkreises, die aufwändigere Planung bei der Leitungsführung und der Kollektorgeometrie, der tiefere Siedepunkt von Wasser, bzw. das dadurch erforderliche Druckmanagement im System. Zudem wurde speziell für dieses Projekt ein neues, innovatives Verfahren zum Füllen der Kollektoren entwickelt, welches hier erstmals zum Einsatz kommt.

Kurzbeschreibung des Systems:

- Kollektorfeld 25 m², 70° geneigt
- Speicher 2400 Liter, Tank-In-Tank
- Kondensierender Pelletskessel + Silo
- Heizgruppe Betonkernaktivierung
- Heizgruppe Wandheizungen
- Warmwasserverteilung (ohne Zirkulation)
- Heisswasseranschluss für die Küche
- Konvektor für Wärmekabine
- Strahlungsdecke Sitzplatz (Glykol-geführt)

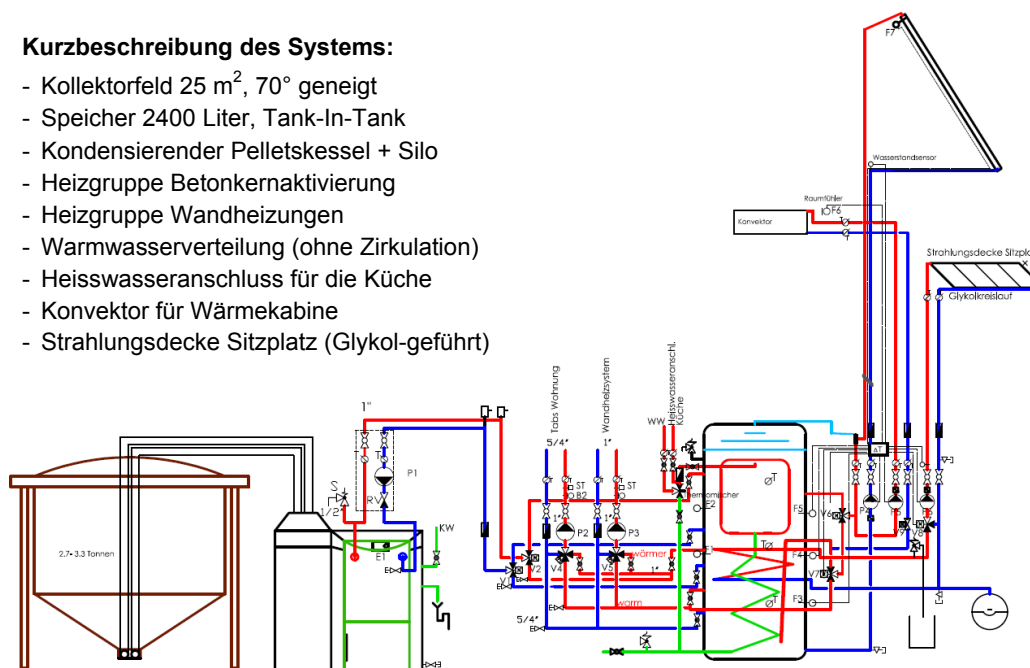


Fig. 2: Geplantes Hydraulikschema: Es weist zwei Energiequellen (Sonne + Holz) und fünf Energiesenken auf (zwei Heizkreise, Warmwasser, Strahlungsdecke, Konvektor). Mithilfe der Strahlungsdecke kann sommerliche Überschusswärme nutzbringend verwendet werden. (Grafik: Planungsbüro Hobi + Partner)

Status: Für die Ausführung der Energietechnik liegen bereits Offerten vor.

Energetische Gebäudetechnik

Gut die Hälfte des Betonvolumens von 130 m³ (das UG ist betoniert, der Aufbau ein Holzbau, wobei der Boden des DG als Holz-Beton-Verbund ausgeführt ist) sind thermisch aktivierbar mit einer Speicherkapazität von 370 kWh bei $\Delta T=10$ K (25-35°C). Die spezifische Wärmekapazität ist äquivalent zu einem 32 m³ Wasserspeicher, wobei zu beachten ist, dass bei einem solchen ein höherer Temperaturhub gefahren werden kann (30-90°C). Das tiefere Temperaturniveau beim Betonspeicher hat aber den grossen Vorteil, dass damit deutlich höhere spezifische Solarerträge erzielt werden können.

Nebst dem Speichervermögen der Böden ist die rein passive erfolgende Wärmeabgabe an den Raum genau zu planen. Die Wärmeabgabe an den Raum darf nicht zu rasch erfolgen, sollte aber im Heizfall genügend Leistung angeben können. Hier kommt dem System, ähnlich wie bei einer Fussbodenheizung, ein selbstregulierender Effekt zugute: steigende Lufttemperaturen (z.B. durch Einstrahlung) verringern die Wärmeabgabe (kleines ΔT), sinkende Lufttemperaturen führen zu grösserer Wärmeabgabe. Der Bodenaufbau ist daher so zu wählen, dass die Verluste durch Lüftung und die Gebäudehülle Umgebung durch die Wärmetransmission durch Boden und Decke ausgeglichen werden kann. Dazu wurde eine entsprechende Software entwickelt, welche aufgrund stationärer Wärmeflüsse die resultierenden Raumtemperaturen für jedes Zimmer des Gebäudes berechnet.

Daraus ergeben sich folgende Bodenkonstruktionen:

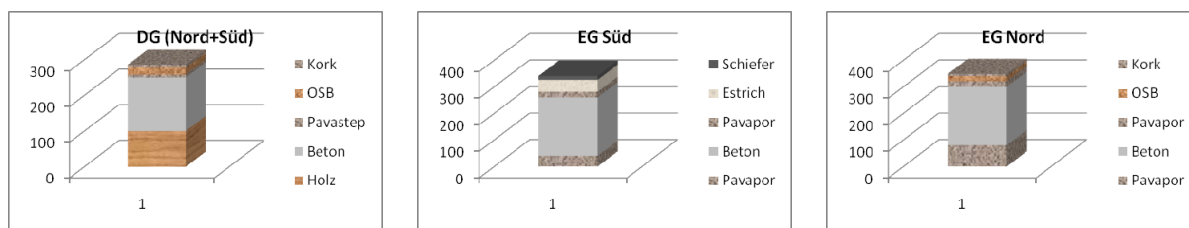


Fig. 3: Drei Beispiele des Bodenaufbaus in Millimeter im Dachgeschoss (DG) und im Erdgeschoss (EG). Allen gemeinsam ist, dass der Betonkern oben und unten durch leicht dämmende Schichten thermisch getrennt ist. (Grafik: Solar Campus GmbH)

Im Weiteren wird soweit möglich und vernünftig Effizienztechnologien eingesetzt: Aktivkohle-Filter in den Küchen, Vorwärmung/Kühlung der Frischluft durch Erdleitungen, Enthalpietauscher, CO₂-geführte Lüftungsregelung, automatische Jalousiesteuerung und Nachtauskühlung zur Vermeidung von Überhitzung.

Status: Die Ausschreibungspläne liegen vor. Der Minergie-P-Antrag wird am 1.12.2011 eingereicht.

Spiegelungseffekt durch das vorgelagerte PV-Feld

Im Rahmen eines **KTI-Innovationscheck**-Projektes [1] haben das *Institut für Solartechnik SPF* (Rapperswil) und die Firma Solar Campus GmbH (Wetzikon) Raytracing-Simulationen (*OptiCAD*) zur Ermittlung der Strahlungsintensivierung durch eine dem Kollektor vorgelagerte, spiegelnde Fläche durchgeführt. Anhand dieser Untersuchung sind Verfahren zur Optimierung von Anordnung und Neigungswinkeln entwickelt und in das Solar-Simulations-Framework *Tachion* (Solar Campus) implementiert worden. Die Basis für diese Implementierung wurde bereits 2010 durch Solar Campus erarbeitet und am OTTI-Symposium [2] präsentiert.

Als ideale und auch praxistaugliche Winkel haben sich 11° für die Photovoltaik-Anlage und 70° für die solarthermische Anlage herausgestellt. Dabei ist die PV-Anlage dachintegriert und hinterlüftet. Die Abwärme der PV-Anlage kommt zugleich dem Wirkungsgrad der thermischen Anlage zugute.

Simulationsergebnisse: Bei tiefem Sonnenstand im Winter erhöht sich die Strahlungsintensität bei schneefreiem PV-Feld um bis zu 20%, bei verschneitem Feld um bis zu 40%. Je nach Einstrahlungsstärke und Kollektortemperatur erhöht sich der thermische Ertrag dadurch um 30-60%, bzw. um 50-100%. Über das Winterhalbjahr ist dadurch eine Ertragssteigerung von ca. 20% möglich.

Verglasung *SunPattern*

Solar Campus hat 2010 ein Berechnungsverfahren für eine winkelselektive Glasbeschichtung mit dem Namen *SunPattern* entwickelt. Im Sommer gelangen nur 15-20% der direkten Sonneneinstrahlung durch das Glas, im Winter 50-60%. Dadurch entsteht im Sommer ein wirksamer Überhitzungsschutz und im Winter können dennoch hohe Passivgewinne erzielt werden. Diffuse Einstrahlung wird mit 30-40% transmittiert und sorgt auch im Sommer bei wenig Direktstrahlung für entsprechende Passivgewinne. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass über das ganze Jahr ein Teil der Lichttransmission (im Sommer praktisch die gesamte Lichttransmission) diffus in den Raum fällt und für eine gleichmässige Beleuchtung sorgt.

Beim vorliegenden Projekt wird das Glas als Vordach im Süden, an der Südfassade, sowie bei einem Ost- und Westfenster eingesetzt. Der Effekt der Diffuslichtstreuung soll anhand der Beleuchtungsstärke im Innenbereich, der Effekt des Überhitzungsschutzes anhand der Raumtemperatur gemessen und analysiert werden.

Im Juni 2011 wurde das Solarglas-Patent *SunPattern* eingereicht [3] und an der CISBAT Konferenz 2011 an der EPFL vorgestellt [4]. Zurzeit werden Firmen und Partner gesucht, welche die Produktion und den Vertrieb dieser Verglasung realisieren können. Solar Campus steht dazu auch mit technischen Hochschulen in der Schweiz im Kontakt.

Nationale Zusammenarbeit

Die **Solar-, Heiztechnik- und Gebäudekonzepte** sind vom Energieplanungsbüro *Hobi + Partner GmbH* (Wetzikon), sowie Solar Campus GmbH erstellt und ausgearbeitet worden. Die Gebäudeplanung und -Ausführung obliegt der Firma *Kämpfen für Architektur AG*. Detaillierte Gebäudesimulationen wurden durch die Firma *EQUA Solutions* mithilfe des Programm *IDA* sowie mithilfe von *Tachion* durchgeführt.

Internationale Zusammenarbeit

Unser Partner-Netzwerk umfasst auch Firmen in Deutschland und Österreich. In Bezug auf das vorliegende Projekt kam es dabei aber noch zu keiner Zusammenarbeit.

Bewertung 2011 und Ausblick 2012

Das Projekt *75%-Aktiv-Solarhaus* befindet sich am Ende der Planungs- und am Anfang der Realisierungsphase. Resultate bei der praktischen Umsetzung sind erst gegen Ende 2012 zu erwarten. Auf der Planungsebene ist im aktuellen Jahr wertvolles Knowhow für wichtige Designentscheide erarbeitet worden. Dabei seien folgende Punkte speziell erwähnt:

- Neigungswinkel des PV- und Solarthermie-Feldes (bereits Ende 2010)
- Konzepte für die solarthermische Anlage
- Kombination Betonkern- und Heizverteilsystem (Wandheizungen)
- Regelungsstrategien für die Betonkernaktivierung
- Schichtaufbau der Böden/Decken
- Einsatzbereiche des SunPattern-Verglasung

Alle diese Aspekte wurden 2011 detailliert konkretisiert und waren vor einem Jahr weder uns noch den Experten, die wir mit diesen Fragen konfrontiert hatten, klar. Dieser Entwicklungs- und Erkenntnisprozess war und ist in hohem Mass dynamisch. Dabei war es immer wichtig und beruhigend, ein Team von Fachleuten, die bereit sind, auch neue, ungewöhnliche Wege zu gehen, zur Seite zu haben. Manche der „Ur-Ideen“ wurden auf diese Weise gründlich überarbeitet.

Heute erscheint das Projekt sehr stringent und solide und basiert essentiell auf der ursprünglichen Konzeption. Dies möchte ich als grossen Erfolg werten.

Auf der Basis der bereits vorliegenden Details zur Realisierung blicke ich zuversichtlich auf das kommende Jahr und bin überzeugt, dass wir spannende Konzepte umsetzen und aussagekräftige Messungen vornehmen werden. Der zeitliche Verlauf des Projektes hinkt zwar der ursprünglichen Terminplanung hinterher. Im Nachhinein erkenne ich aber auch den Sinn und den Nutzen dieses zusätzlichen Aufwandes.

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, **Optimierung der Einstrahlung durch adaptive Anordnung bzw. Nachführung mit dem Simulations-Framework Tachion**, Proceedings, OTTI, 20. Symposium Thermische Solarenergie, Seite 434-439, 2010.
- [3] Stephan A. Mathez, Walter Sachs: **Winkelselektive Einstrahlungsdämmung an einer Gebäudehülle**, 33 Seiten, EP-Patentanmeldung 11 17 0686.7, 2011.
- [4] Stephan A. Mathez, Walter Sachs: **Glazing Structures With a Maximum Seasonal Contrast Ratio And the Simulation of Such Building Envelopes**, Proceedings, CISBAT, Internation Conference, EPFL Lausanne, 2011.

Danksagung: Dem BFE und insbesondere Herrn Dr. Charles Filleux möchte ich für Ihr Vertrauen herzlich danken und anmerken, dass das Projekt ohne diese Unterstützung in der vorliegenden Form nicht realisiert werden könnte.