

Jahresbericht 2001

# TWD-Fassadenelement mit integriertem Latentspeicher und Sonnenschutz

|                                  |                                                                                                                       |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Autor und Koautoren              | Dietrich Schwarz und T. Nussbaumer, EMPA-Dübendorf                                                                    |
| beauftragte Institution          | Architekturbüro Dietrich Schwarz, Dipl. Architekt ETH/SIA                                                             |
| Adresse                          | Via Calundis 8, CH 7013 Domat/Ems                                                                                     |
| Telefon, E-mail, Internetadresse | T: 081 630 35 30, F: 081 630 35 31 <a href="mailto:schwarz@schwarz-architektur.ch">schwarz@schwarz-architektur.ch</a> |
| BFE Vertrags-Nummer              | 79204                                                                                                                 |
| Dauer des Projekts (von – bis)   | 1. April 2000 bis 30. September 2002                                                                                  |

Für ein Solarhaus wurde ein neues Fassadenelement entwickelt. Dieses enthält alle für die Solararchitektur relevanten Komponenten: TWD – Absorber – Latentwärmespeicher – Überhitzungsschutz.

Im Frühjahr 2000 wurden an einem Einfamilienhaus in Ebnet-Kappel 40 m<sup>2</sup> dieses neuen Bauelementes eingebaut. Das gesamte Gebäude entspricht dem Passivhausstandard. Die Behaglichkeit für die Bewohner war sowohl im Winter 2000/01, wie auch im Sommer 2001 gut. Das Projekt erhielt in der Kategorie „Bestintegrierte Anlage“ den Schweizer Solarpreis 2001.

Das zu untersuchende Bauelement wurde detailliert im Solarprüfstand der EMPA-Dübendorf als Musterfassadenelement ausgemessen. Die Messdaten des Sommers 2001 zeigen, dass durch das Fassadenelement keine Überhitzungsprobleme im Innenraum auftreten. D.h. dass sowohl das Prismenglas als Überhitzungsschutz, wie auch das Paraffin als thermischer Latentspeicher den Gesamtenergiedurchlass effizient kontrollieren.

Das Gebäude wird nun durch eine einfache Messwerterfassung begleitet. Als wichtigsten Gradmesser für die Behaglichkeit im Gebäude dienen die Bewohner. Diese sind mit dem Komfort sowohl im Winter 00/01 und im Sommer 01 sehr zufrieden.



## Projektziele

Eine sowohl für den Neubau als auch für Sanierungen bestehender Altbauten wichtige Option der passiv-solaren Nutzung von Sonnenenergie mit dem Ziel der Senkung des Primärenergieverbrauchs und des CO<sub>2</sub>-Ausstosses ist die Technologie der transparenten Wärmedämmung.

Durch die Entwicklung eines neuartigen TWD-Systems mit integriertem Latentspeicher besteht nun die Möglichkeit, beide Ansätze zu kombinieren. Vorteil der TWD wären weniger extreme Anforderungen an den Wärmeschutz und die Lüftungstechnik mit weniger Risiken bei der Bauausführung. Ebenso wird hier ein System erprobt, das sich auch bei Sanierungen und im Niedrigenergiehausbereich ohne Lüftungswärmerückgewinnung breiter einsetzen liesse. Nachteilig ist eventuell für das TWD-Passivhauskonzept die im Vergleich zur "Reinform" etwas höhere Heizleistung bei aber niedrigerem Energiebedarf.

Transparente Wärmedämmung mit Latentspeicher werden bereits seit längerem diskutiert, sind auch in einer wissenschaftlichen Dissertation auf der Basis von Salzen realisiert worden (Manz, 1996), jedoch wurde bisher kein Produkt entwickelt, das kommerzialisierbar gewesen wäre. Dies scheint im vorliegenden Fall jedoch möglich zu sein, da eine Kombination kommerziell erhältlicher Produkte vorliegt, die als Einzelbestandteile erprobt sind.

Die TWD besteht im wesentlichen aus einer Dreifachverglasung mit integriertem statischen prismatischen Sonnenschutz und einem Absorber mit eingefülltem Paraffin mit geeignetem Schmelzpunkt als Latentspeicher.

## Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

### SITUATION – KONTEXT

Die Bauparzelle liegt in Ebnat-Kappel im Toggenburg 635 m.ü.M., oberhalb der Nebelgrenze, an windexponierter Lage. Im Toggenburg entspricht der Holzbau der traditionellen Bauweise.

Der Neubau bezieht sich auf die ländliche, von Landwirtschaft geprägte Umgebung. Hingegen ist er als industrieller, vorgefertigter Holzelementbau konstruiert. Er liegt als eingeschossiger Baukörper flach und quer zum Tal. Die nur 3.3 Meter hohe, aber 25.7 Meter lange Rückseite des Hauses ist die Wetterseite und bietet ohne Vordach, dem Wind kaum eine Angriffsfläche. Das über dem Wohnbereich, nach Süden aufgespannte Pultdach bietet auf der besonnten Vorderseite dem Vorplatz Windschutz. Die Umgebungsgestaltung ist unprätentiös, sie dient dem Hobby der Bewohner, dem biologischen Landbau.

An diesem Standort besteht eine Quartierplanstudie in der die passive Nutzung der Solarenergie explizit gewünscht wird. Zu diesem Zweck wird im QP festgehalten, dass das Dach als ein nach Süden orientiertes Pultdach und die Südfassade als solare Gewinnfassade ausgebildet werden soll.

Die Bauherrschaft hat sich mit diesem Gebäude ihren Alterssitz verwirklicht. Es resultierte die Bedingung, dass im Hinblick auf allfällige Altersgebrechen, alle Zimmer auf einer Etage angeordnet werden sollen.

Alle Haupträume sind unmittelbar an der passivsolaren Südfassade angeordnet, so profitieren diese uneingeschränkt von deren Wärmeabstrahlung. Ein grosszügiges Bandfenster begleitet auf der Nordseite die Verkehrszonen und die Nasszellen. Dusche, Bad und WC sind als semitransparente Kojen dem Erschliessungsgang der Schlafzimmer zugeordnet, es entsteht eine einladende Badsituation mit einem hellen Erschliessungsgang. Im Wohnraum sind die Zonen zueinander offen. Dieser ist von der Südfassade zur Nordfassade durchgehend und gibt so den Blick sowohl talaufwärts wie –abwärts frei. Die Küche ist als Wohnküche gestaltet, eine Schiebtür ermöglicht eine direkte Verbindung zum Wohnbereich.

Die Schnitte sind so ausgebildet, dass die Verkehrszonen des Baukörpers und der Nebenbau, mit Garage und Geräteraum, mit einem Flachdach eingedeckt sind. Dies und das durchgehende Bandfenster überspielen den Übergang von Nebenbau zu Hauptbau auf der Gebäuderückseite. Der Charakter des flachen, liegenden Gebäudekörpers in der Landschaft wird so unterstützt. Das Pultdach über den Haupträumen öffnet diese gegen Süden und zeichnet diese in der Südfassade mit den passivsolaren Aussenwänden klar ab.

Der grossflächige Grundriss ist nur zur Hälfte unterkellert. Der Holzbau steht auf der restlichen Fläche über einem durchlüfteten Hohlraum. Die Lüftungsrohre der kontrollierten Raumlüftung werden innerhalb des Gebäudes konzentriert in der abgehängten Decke der Verkehrszone geführt. Die Sanitärleitungen sind unter dem aufgeständerten Boden in den Badkojen verlegt. Die grossformatigen Holzbaulemente der gedämmten Gebäudehülle werden so nicht tangiert.

### **KONSTRUKTION – PASSIVHAUSSTANDART**

Das gesamte Gebäude ist als ein industriell gefertigter Holz-Elementbau ausgeführt. Die Aussenwände, das Dach und der Boden sind als hochgedämmte, 40 cm dicke Hohlkasten konstruiert und mit 35 cm Isofloc ausgeblasen, die äussere Beplankung bildet eine Lärchendreischichtplatte die innere eine aus Fichte. Es resultiert ein U-Wert von  $0.11 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Diese Konstruktionsweise stellt auch ein Optimum bezüglich der Ökologie dar, der grauen Energiebedarf ist minimal. Die Dämmwerte und die Winddichtigkeit entsprechen dem Passivhausstandart, es werden nur Dreifach-Isoliergläser eingesetzt, die Fensterrahmen bestehen aus wärmegeprägten Lärchenprofilen.

Die Südfassade entspricht ganz der Gewinnstrategie der Solararchitektur, sie ist zu 38% mit Isolierglas-Fenstern und zu 62% mit einer neuentwickelten Solarwand versehen. Die thermische Speicherfähigkeit der Solarwand erübrigt eine massive Speichermasse über Terrain. Dies hat den Bauablauf vereinfacht und beschleunigt. Das Gebäude war nach 4 Monatiger Bauzeit bezugsbereit.

### **SOLARE GEWINN-SPEICHER-WAND – EINE NEUENTWICKLUNG**

Mit der Unterstützung des Bundesamtes für Energie BFE, ist es erstmals gelungen ein einstückiges Bauelement zu fertigen, indem alle relevanten Komponenten der thermischen Solartechnik integriert sind: Die transparente Wärmedämmung, der Absorber, der thermische Energiespeicher und der Überhitzungsschutz.

Als TWD wurden Low-E-Isolierglasschichten gewählt, wobei die Zweitäusserste durch die prismatische Ausformung als saisonalen Überhitzungsschutz funktioniert. Steiles Sommerlicht wird durch Totalreflexion zurückgespiegelt. Flaches Winterlicht kann hingegen die Prismen passieren. Der Clou ist die enorme Speicherfähigkeit des Bauelementes. Kunststoffkästchen sind, mit Paraffin abgefüllt, hinter den Isolierglasschichten angeordnet. Das speziell ausgewählte Paraffin besitzt die Eigenschaft, dass es bei Raumtemperatur schmilzt, es funktioniert so als Latentspeicher. Durch die Phasenverschiebung von fest zu flüssig und umgekehrt kann Paraffin zehnmal mehr Energie als Beton aufnehmen, respektive abgeben. Durch die Einfärbung der Kunststoffkästchen wird das Licht direkt in der Speichermasse absorbiert, was ein gleichmässiges Aufschmelzen gewährleistet.

Das Bauelement wirkt als passivsolare Gewinn-Speicher-Wand. Das heisst, dass nach dem einfachen Einbau des Bauelementes keine Wartung nötig ist. Die Unterhaltskosten sind gleich Null. Verblüffend ist dabei seine interaktive Funktionsweise, welche sinnlich wahrnehmbar ist. Nach einem sonnigen Wintertag wird die Wand durchs Aufschmelzen des Paraffins lichtdurchlässiger und heller. Bei einer Kaltwetterperiode gibt sie die gespeicherte Energie durch angenehme Strahlungswärme zum Gebäudeinnenraum wieder ab, gleichzeitig verdunkelt sie sich wieder. Da im Sommer kein Licht die Glasschichten passieren kann, wird das Paraffin auch nicht aufgeschmolzen, die Wand bleibt dunkel. Trotz der physikalischen Gesetzmässigkeiten bleibt der Gestaltungsspielraum beträchtlich, da die innerste Glasscheibe mit einem keramischen Siebdruck beschichtet ist. Dieser kann in allen Farben und Mustern gewählt werden, auch in neutralem Weiss. Bei dem vorliegenden Objekt ist die Beschichtung diffus durchsichtig, so bleiben die Paraffinkästchen zu Demonstrationszwecken gut sichtbar. Das Bauelement wird in vielerlei Hinsicht sinnlich wahrnehmbar.

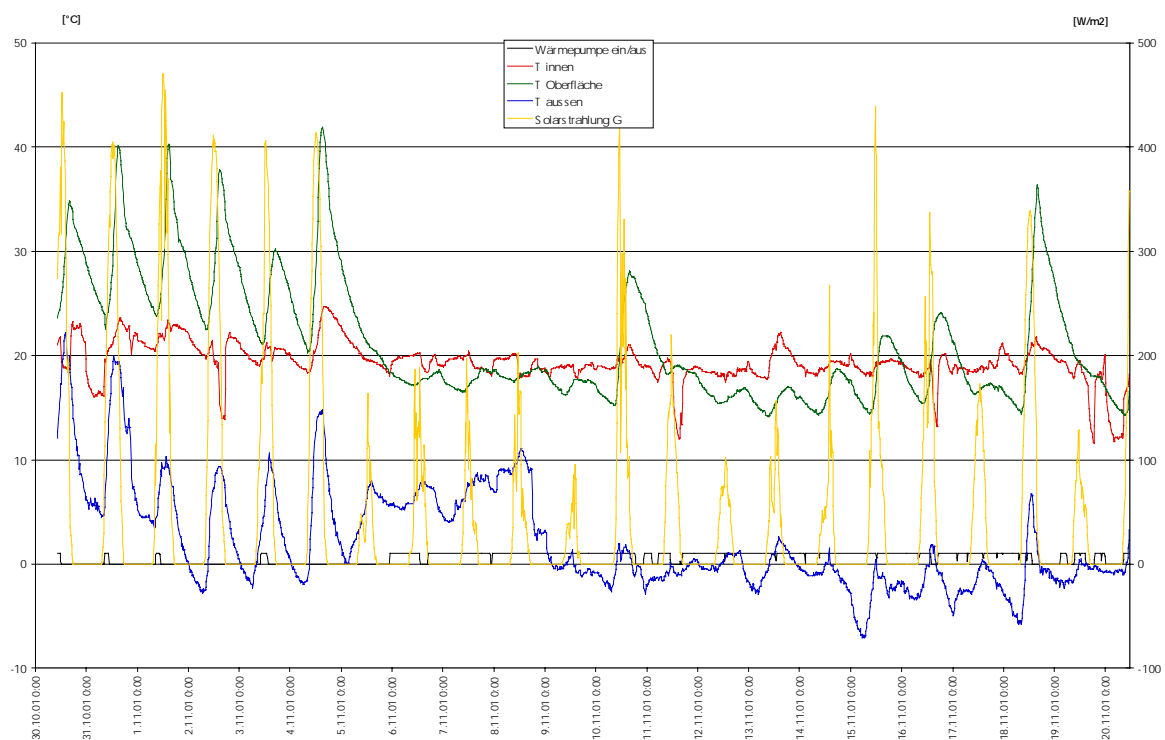
## ENERGIEKONZEPT – EIN NULLENERGIEHAUS

Das Gebäude nutzt mit allen Mitteln der Kunst, die passiven und architektonischen Möglichkeiten aus, um einerseits wenig Energie durch Transmission zu verlieren und andererseits viel solare Energie kontrolliert zu gewinnen.

Das Konzept wird durch aktive Systeme ergänzt. Eine mechanisch kontrollierte Raumlüftung mit einem grosszügig dimensionierten Erdregister, integrierten Wärmerückgewinnungsgerät WRG und einer Wärmepumpe WP deckt den restlichen Heizleistungsbedarf bei Schlechtwetterperioden ab. Die Wärmepumpe nutzt die warme Abluft als Energiequelle und gibt die benötigte Energie mit einer JAZ 3.3 an die Raumzuluft ab. Während der Nacht arbeitet die gleiche WP bei Bedarf auf den Wasserspeicher (450 Liter). Durch das ausgeklügelte System der Marke Maico Aerex wird der Primärenergiebedarf mehr als gedrittelt. Ein zusätzlicher Warmwasserkollektor erwärmt den Wasserspeicher und deckt so bei schönem Wetter den Warmwasserbedarf ab. Es resultiert für den thermischen Energiebedarf ein minimaler Primärenergiebedarf von 500 bis 700 kWh/a. Als ideale Ergänzung zur Wärmepumpe bietet sich eine Photovoltaikanlage PV an. Die installierte PV (16.7 m<sup>2</sup>) liefert ca. 2200 kWh/a. Somit ist mit Hilfe von sparsamen elektrischen Geräten auch der Strombedarf des Haushaltes abgedeckt. Durch die Rückspeisung der PV ins Netz des EW's im Sommer und dem Bezug im Winter entsteht übers Jahr eine ausgeglichene Energiebilanz. Es resultiert für Fr. 660'000 (BKP 2) ein Nullenergiehaus inkl. Garage und Geräteraum.

## MESSPROJEKT AM BAUOBJEKT:

Der im Diagramm gewählte Zeitausschnitt, vom 30.10.01 bis 20.11.01, zeigt folgende Erkenntnisse aus der praktischen Anwendung sehr schön:



1. In der ausserordentlichen Schönwetterperiode des Oktobers 2001 konnte die Solarstrahlung das Prismenglas (saisonale Verschattung) bereits ungehindert passieren. Die sonnigen Tage mit maximalen Solarstrahlungen von 400 – 450 W/m<sup>2</sup> führen nach mehrmaligen Auftreten zu einem vollkommenen Aufschmelzen des Latentspeichers. Dies äussert sich mit maximalen inneren Oberflächentemperaturen von ca. 40 °C. Diese Temperaturen können innerhalb der Nacht jedoch wieder auf Raumtemperatur abkühlen. Die Raumtemperatur steigt aber nie über 25 °C, bleibt also immer im Komfortbereich.

2. Nach einer Schlechtwetterperiode benötigt es drei bis vier Sonnentage um den Latentspeicher wieder vollkommen aufzuschmelzen. Der Schmelzbereich des Latentspeichers liegt ca. zwischen 18 °C und 30 °C. Die innere Oberflächentemperatur steigt erst am fünften Sonnentag über diese Schmelzgrenze. Die Raumtemperatur pendelt in dieser Zeit zwischen der Minimaltemperatur von 18 °C und 22 °C. In dieser klimatischen Situation, wie sie häufig im Herbst auftritt, wird der Latentspeicher nur sehr selten vollkommen aufgeschmolzen und wenn nur für kurze Zeit. Das thermische Speichervermögen des Latentspeichers scheint sehr passend zu sein.
3. Die Wärmepumpe mit einer Heizleistung von 1.41 kW wird bei einer minimalen Raumtemperatur von 18 °C eingeschaltet. Die Bauherrschaft nimmt aus Spargründen diese tiefen Temperaturen in Kauf. Es besteht sogar die Möglichkeit durch einen Handschalter die Wärmepumpe von der Automatik abzukoppeln. Dies kann aber bei Abwesenheit zu Temperaturen unter 15 °C führen. Es zeigt sich, dass es bei einer so schwachen Wärmepumpe (400 W Leistungsaufnahme) nicht sinnvoll ist, die Automatik auszuschalten, es wäre auch angemessen die minimale Raumtemperatur bei 20 °C festzulegen.

Es sind zwei Schlussfolgerungen aus dem Benutzerverhalten möglich:

1. Die innere Oberflächentemperatur der Speicherwand von 40 °C hat den Benutzer zum starken Lüften veranlasst. Weil er dies aber nur am Anfang der Schönwetterperiode gemacht hat und nachher während mehreren Tagen nicht mehr, ist dies unwahrscheinlich. Gleichzeitig sind innere Oberflächentemperaturen aus anderen TWD-Wandaufbauten von 40 °C als angenehme Strahlungswärme dokumentiert.
2. Der Benutzer will neben dem Ein- und Ausschalten der Wärmepumpe aktiv in die Selbstregulierung des Gebäudes eingreifen. Dieses Lüften hat auf den Energieeintrag über die Solarspeicherwand in das Gebäude nur einen sehr geringen Einfluss, da die solare Energie trotzdem ungehindert im Latentspeichermaterial eingelagert wird. Dies äussert sich durch das schnelle Ansteigen der Innenraumtemperatur nach dem Lüften auf den stabilen Wert von 22 °C. Dieser senkt sich in der Nacht auf 20 °C durch den Energieverlust der Solarspeicherwand direkt zum Aussenraum.

Es ist dem Benutzer der Rat zu erteilen in den selbstregulierenden Mechanismus so wenig wie möglich einzugreifen, weil die Mechanismen des Energiehaushaltes eines komplexen Solarhauses von einem Leihen nicht gesteuert werden können. Die saisonale Verschattung behält die Innenraumtemperatur, wie im ersten Diagramm aufgezeigt, auch nach einer mehrtägigen Schönwetterperiode im Komfortbereich.

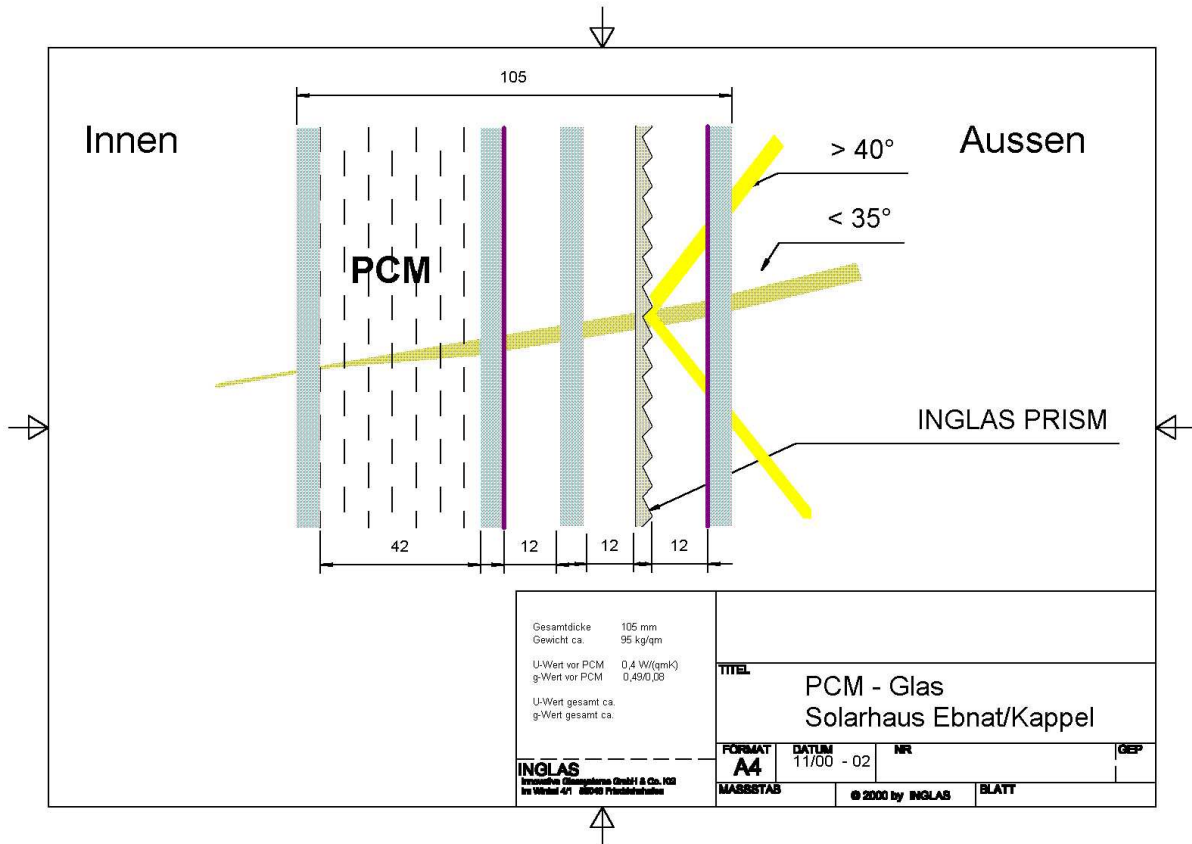
## **ERFOLGSKONTROLLE:**

### **MESSTECHNISCHE BESTIMMUNG DES GESAMTENERGIEDURCHLASSGRADES (G-WERT)**

#### **Allgemeine Angaben (gemäss Herstellerangabe)**

Typ: Zwei 4-fach Isolierverglasungen mit eingebautem PCM und in einem Fall mit eingebautem Plexiglas-Prisma Typ „Powerglas“ und „Powerglas Sparversion“

Bild1: Aufbau des Prüfkörpers „Powerglas“



## 1. Mess-Ergebnisse der Sommer-Messungen

Die Messungen der beiden Gesamtenergiedurchlassgrade der geprüften Probekörper wurde an der EMPA Dübendorf im Passivsolarprüfstand Zelle West in der Zeitperiode vom 26.06.2001 bis zum 17.08.2001 durchgeführt.

Neben den g-Werten sind auch die Oberflächentemperaturen auf dem Probekörper innen und aussen von Interesse, da einerseits sehr hohe Oberflächentemperaturen aussen mindestens im Erdgeschoss wohl kaum akzeptiert werden und andererseits hohe Oberflächentemperaturen auf dem Probekörper raumseits zu einer Beeinträchtigung des Raumkomforts führen können. Obwohl das Maximum natürlich zuerst auf der Aussenseite und je nach Probekörper das Maximum erst mehrere Stunden später auf der Innenseite des Probekörpers erreicht wird, wird in der nachstehenden Tabelle 1 der Zeitpunkt für das Maximum auf der Aussenseite angegeben sowie die dazugehörige Strahlungsintensität [W/m<sup>2</sup>] und für die dazugehörige Lufttemperatur aussen [°C] wurde der Mittelwert zwischen den beiden Maxima (Oberflächenmaximum der äussersten- und der innersten Scheibe) angegeben.

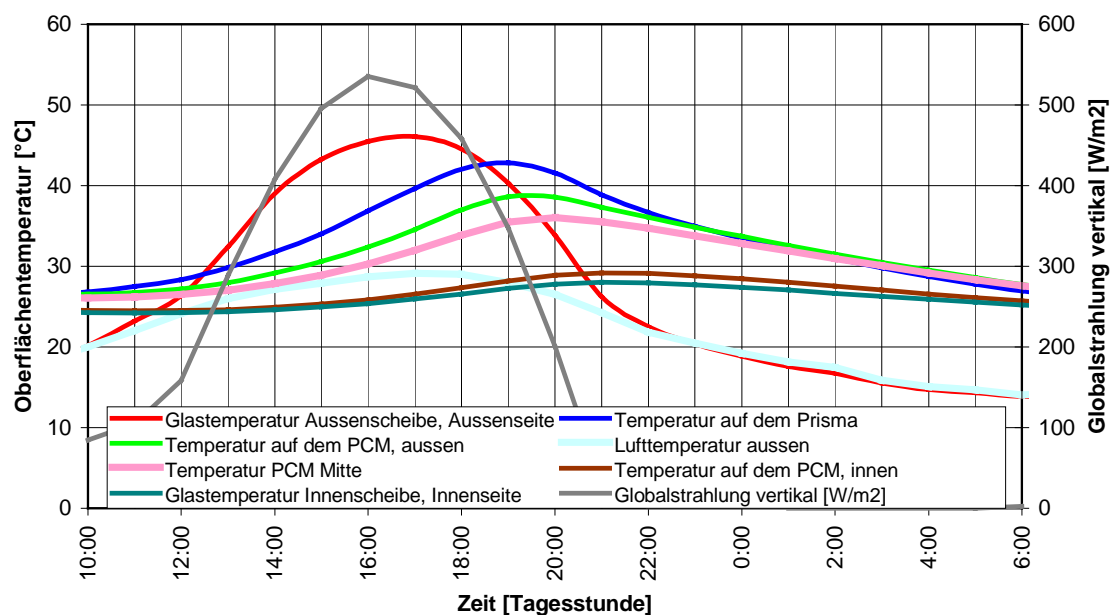
Es zeigt sich, dass beim zweiten Prüfobjekt die Innentemperaturen gegenüber den Aussentemperaturen fast nicht gemindert sind und sehr hoch liegen, was sich einerseits in dem hohen sekundären Wärmeabgabegrad niederschlägt und sicher zu einem thermischen Missbehagen führen wird, sofern der dahinterliegende Raum als Büro oder Wohnraum genutzt werden sollte.

## 2. Phasenverschiebung durch PCM (Phase-Change-Material)

Während der g-Wert-Messung wurden zugleich auch die Oberflächentemperaturen im Prüfkörper (während dem Zusammenbau der Verglasung montiert) miterfasst und sind nachstehend für einen sonnigen Tag (03.07.01 ab 10:00 Uhr bis 04.07.01 06:00 Uhr) in einer Grafik dargestellt.

Es zeigt sich dabei sehr schön eine Phasenverschiebung, d.h. die zeitliche Differenz zwischen dem Temperaturmaximum auf der Aussenseite und dem Temperaturmaximum auf der Innen-

### Phasenverschiebung Element "Powerglas"



scheibe, oder die zeitliche Differenz zwischen dem Temperaturmaximum auf dem äusseren PCM-Behälter aussen und dem Temperaturmaximum auf dem inneren PCM-Behälter innen. Der sehr „flache“ Verlauf der Temperatur auf der Innenscheibe deutet darauf hin, dass der grösste Teil der auftreffenden Energie von der Änderung des Phasenzustandes in den PCM-Behältern absorbiert wurde und somit die Innenscheibe nicht zu erwärmen vermochte. Es ist von daher anzunehmen, dass der Schmelzvorgang nicht die gesamte Speichermasse geschmolzen hat, sondern ein Rest unverändertes PCM Material übrigblieb..

### 3. g-Wert Messungen

Prüfobjekt: Powerglas

|                                |                                |
|--------------------------------|--------------------------------|
| H12 = 171.765 [W/K] (fix)      | C1 = 0.196 [MJ/ K] (fix)       |
| H23 = 12.226 [W/K] (fix)       | C2 = 0.65 [MJ/ K] (fix)        |
| H41 = 60.151 [W/K] (berechnet) | C4 = 1.257 [MJ/ K] (berechnet) |
| H54 = 6.010 [W/K] (berechnet)  | C5 = 0.386 [MJ/ K] (berechnet) |
| H65 = 12.145 [W/K] (berechnet) |                                |
| <b>resultierender g-Wert</b>   | <b>0.176 ± 0.030</b>           |

### 5. Zusammenfassung der Sommer-Messungen

#### Bemerkungen zu den g-Wert Messungen

Bei den Resultaten dieser gemessenen g-Werte ist zu beachten, dass es sich um einen Mittelwert im realen Klima für die Messphase Juni bis August (relativ hoher Sonnenstand) handelt. Es ist jedoch nicht zu erwarten, dass die g-Werte der vorliegenden Prüfkörper stark von der Höhe des Sonnenstandes und der Jahreszeit abhängen.

Die verwendete Messmethode und auch die Auswertung sind nicht international genormt und die vorliegende Prüfung wurde in einem zu diesem Zeitpunkt noch nicht akkreditierten Bereich der Abteilung Bauphysik durchgeführt.



Die Abschätzung des sekundären Wärmeabgabegrades  $q_i$  zeigt, dass wie zu erwarten ist, der  $g$ -Wert zum überwiegenden Anteil aus diesem Summanden besteht und der Transmissionsanteil eine deutlich untergeordnete Rolle spielt.

**Kommentar zu der Abschätzung des sekundären Wärmeabgabegrades  $q_i$**

Die Abschätzung des sekundären Wärmeabgabegrades  $q_i$  ist nur als orientierende Hilfsgrösse, die eine Vorstellung des Verhältnisses der beiden den  $g$ -Wert bestimmenden Grössen vermitteln soll. Es handelt sich dabei also - wie bereits gesagt - um eine Abschätzung, die eine Hilfestellung bieten soll, das Element hinsichtlich seines thermischen Verhaltens im Solarbereich zu charakterisieren.

**Kommentar zu den Ergebnissen der Oberflächentemperaturmessungen**

Bei der Bewertung der Probekörper ist es sicherlich dienlich nebst dem  $g$ -Wert auch die gemessenen Oberflächentemperaturen auf der innersten Scheibe miteinzubeziehen, da diese Auskunft darüber zu geben vermögen, inwieweit der thermische Komfort gewährleistet werden kann oder nicht.

**Zusammenfassung der Messresultate ( $g$ -Werte)**

Nachstehend eine zusammenfassende Tabelle der Resultate zu den  $g$ -Wert Messungen.

| Prüfobjekt             | $\overline{q_i}$ -Anteil <sup>1</sup> | $g$ -Wert | Messunsicherheit |
|------------------------|---------------------------------------|-----------|------------------|
| Powerglass             | 0.09                                  | 0.176     | $\pm 0.030$      |
| Powerglass Sparversion | 0.26                                  | 0.313     | $\pm 0.038$      |

<sup>1</sup> abgeschätzter, mittlerer  $q_i$  –Wert für  $h_i = 7 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$

**Nationale Zusammenarbeit**

Das Gebäude wurde wie üblich von ortsansässigen Firmen ausgeführt, mit Ausnahme der passivsolaren Energiespeicherwand, diese wurde von der *Firma InGlas aus Friedrichshafen/BRD* geliefert. Ein Element diese Energiespeicherwand wird zur Zeit von der *EMPA-Dübendorf, Abteilung Bauphysik* im Solarprüfstand ausgemessen. Die Zusammenarbeit der EMPA insbesondere mit der deutschen Firma hat gut funktioniert. Die Messungen am Bau werden durch die *Firma ars solaris Hächler/Chur* durchgeführt. Diese ist auch für die Photovoltaikanlage verantwortlich. Nach anfänglichen Schwierigkeiten mit der Datenerfassung, funktioniert die Zusammenarbeit jetzt bestens.

**Internationale Zusammenarbeit**

Die passivsolare Energiespeicherwand wurde von der deutschen *Firma InGlas aus Friedrichshafen/BRD* geliefert. Der Prototyp wurde nach Angaben des Gesuchstellers, *Dietrich Schwarz, Dipl. Arch. ETH/SIA*, gemeinsam mit dieser Firma entwickelt. Unterstützt wurde das Team von *Dr. Werner Platzer*. Herr Dr. Platzer arbeitet am *Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme in Freiburg*, er hat dieses Projekt aber als freischaffender Mitarbeiter begleitet. Er hat ebenfalls den Energienachweis für das Gebäude erstellt. Dieses Team hat sich bestens bewährt, es wird auch bei weiteren Forschungsprojekten zusammenarbeiten.

Anfang Jahr 2002 finden zwei sehr interessante Tagungen im Bereich Solararchitektur statt: Einerseits die *6. Europäische Passivhaustagung 2002* [1], sowie das *12. Symposium Thermische Solarenergie* [2]. Des weiteren bitte ich Sie die Homepage [www.schwarz-architektur.ch](http://www.schwarz-architektur.ch) [3], zu besuchen, darin wird der Zusammenhang zum übrigen Schaffen des Architekturbüro Schwarz verständlich.

## Bewertung 2001 und Ausblick 2002

Als Erstes wurde der Prototyp entwickelt. Anschliessend wurde dieser, sowohl als Modell im Solarprüfstand der EMPA ausgemessen, wie auch direkt am Bau in einfacher Form messtechnisch erfasst.

Beim Erstellen der Prototypen wurde schnell klar, dass die Hauptschwierigkeit darin bestand, das Paraffin, welches als Latentspeichermaterial naturgemäss seinen Aggregatzustand von fest zu flüssig wechselt, dauerhaft in das Glaspaket einzubinden. Die Lösung bestand darin, dass das Paraffin zuerst in modulare Kunststoffkästchen abgefüllt wurde und anschliessend diese hermetisch versiegelt wurden. So entstand ein völlig unproblematischer Baustein, welcher in Trockenbauweise zwischen die Gläser eingefügt werden kann.

Beim Einbau der Energiespeicherwand in das Gebäude wurde erkannt, dass die horizontale Unterteilung der Wand in fünf gleich grosse Teile wohl aus produktionstechnischer Sicht sinnvoll war, aber beim Einbau durch die zusätzlichen Fugen und Konsolen zu einem erheblichen Mehraufwand führten. Es wird nun ein weiteres Ziel sein diese Energiespeicherwände geschosshoch zu fertigen.

Bevor die erste Messwerterfassung erfolgte, hat die Bauherrschaft den ersten Winter 1999/00 bereits im Gebäude erlebt und hat festgestellt, dass das Raumklima einwandfrei war. Die Speicherwand hat also ihre erste Bewährungsprobe überstanden. Die zweite bestand darin, dass es im Sommer zu keinen Überhitzungen kam. Auch dies wurde von der Bauherrschaft mit voller Zufriedenheit bestätigt. Gleichzeitig wurden am Solarprüfstand Modelle der Speicherwand bezüglich des g-Wertes ausgemessen. Die Feststellungen im Gebäude wurden bestätigt. Es wurde ersichtlich, dass auch im Sommer die Latentspeicherschicht wesentlich zur Amplitudendämpfung der inneren Oberflächentemperatur beiträgt und somit das Raumklima positiv beeinflusst. Als kostengünstige Alternative wurde auch ein Modell ausgemessen, bei welchem das teure Prismenglas durch Sonnenschutzglas ersetzt wurde. Bei diesem Modell wurde klar festgestellt, dass der sommerliche Überhitzungsschutz ungenügend war. Dies lässt auch nachdenkliche Schlüsse bezüglich dem energetischen Haushalt von Glasfassaden mit Sonnenschutzglas als einzigen Überhitzungsschutz zu.

## Referenzen

- [1] **6. Europäische Passivhaustagung 2002**, 25. und 26. Januar 2002 in Basel, Session 8 Gebäudehülle, Referat 4, Passivsolare Gewinn-Speicher-Wand, Dietrich Schwarz
- [2] **12. Symposium, Thermische Solarenergie**, 24. bis 26. April 2002 in Kloster Banz, Staffelsheim BRD, Solararchitektur, Referat, Passivsolare Gewinn-Speicher-Wand, Dietrich Schwarz
- [3] [www.schwarz-architektur.ch](http://www.schwarz-architektur.ch), Solarhaus III in Ebant-Kappel