

\* Reto P. Miloni

Neue Massstäbe für das 21. Jahrhundert: Gemini in Weiz

# DER DREH MIT DEM SOLARHAUS

Seit Österreich vor Jahren «Nein» zur Atomkraft sagte, fördert man in unserem Nachbarland Solarenergie aktiv in allen Facetten. Der drehbare Solartempel «Gemini» stellt ein normales Minergiehaus etwa so in den Schatten, wie ein Ferrari einen Heuwagen.

Das zur Steirischen Landesausstellung «Energie-region Weiz-Gleisdorf» am 28. April 2001 eröffnete Solarhaus sieht aus wie eine überdimensionale Weltraumkapsel mit drehbaren Solarpaneelen. Während das 1962 lancierte Weltraumprogramm der Amerikaner zum Ziel hatte, zwei Astronauten die Erde für mehrere Tage in einer Weltraumkapsel umkreisen zu lassen und damit den Flug zum Mond vorzubereiten, nimmt das steirische «Gemini» 40 Jahre später terrestrische Visionen für nachhaltiges Überleben auf unserem Planeten ins Visier: Es formuliert Denkansätze für die Bewältigung irdischer Wohn- und Energieprobleme. Das englische Wort Gemini – zu Deutsch Zwilling – macht dabei nicht nur die Doppelfunktion Wohnen und Energieerzeugung sichtbar, sondern versucht auch Antworten auf die Verbindung von Technik und Natur, ökologischer Bauweise und Design zu geben.

## Es geht auch ohne Heizöl

Nie wieder Öl für Heizzwecke zu verbrauchen, heisst das Credo, denn gesparte Energie braucht nicht gekauft, transportiert oder erzeugt zu werden. Das «Plus-Energiehaus Gemini» hat keine Heizung. Vorbildlicher Dämmstandard, gute Abdichtung der Gebäu-

dehülle und bescheidene installierte Leistungen machens möglich:

- Zur Beheizung der rund 125 m<sup>2</sup> Wohnfläche reicht die Wärme von 19 Glühbirnen à 100 Watt. (1,9 kW)
- 40 m<sup>2</sup> sonnenorientierte Fensterflächen sorgen für passivsolare Energiegewinnung und Tageslicht.
- Solar- und Erdkollektoren sowie eine kleine Wärmepumpe übernehmen Warmwassererzeugung, Heizung und Lüftung. Ein Pufferspeicher garantiert warmes Duschen auch bei Schlechtwetterphasen.
- Auf dem Dach und in der Fassade produzierte Stromüberschüsse werden ins Netz zurückgeführt: bei einem Eigenbedarf von voraussichtlich 3500 kWh/a und einer photovoltaischen Stromproduktion von rund 8500 kWh/a werden jährlich etwa 5000 kWh netzeingespeist.

Das bewegliche Geweih aus glitzernden PV-Modulen widerspiegelt Technologiestatus und Planungskultur des 21. Jahrhunderts. Bauen mit der Sonne setzt nach Architekt Erwin Kaltenecker eine gelungene Kombination von nachhaltiger Bauweise mit intelligenter Gebäudesystemtechnik, ein hohes Mass an Vorleistungen für Engineering und Simulation in frühen Projektphasen voraus.



\* Reto P. Miloni, Dipl. Architekt ETH SIA  
Lichtplanung und integrale  
Gebäudekonzepte  
CH-5243 Mülligen

**1 Das drehbare Solarhaus liegt mitten in einem reizvollen Park.**

**2 Die hochgedämmte Fassade aus Kartonwaben, Zellulose und Holz versteckt sich hinter einem perlmutt-farbenen Wetterschutz aus Polycarbonat.**

**3 Das ganze Haus und dessen Vorhang aus transluziden Solarzellen folgt dem aktuellen Sonnenstand.**

**4 Der Primärenergieverbrauch für einen Normalhaushalt im Vergleich zum Plusenergiehaus.**



## If you can dream it, you can build it!

Die Idee für das Haus «Gemini» stammt vom österreichischen Programmierer Roland Mösl. Er präsentierte die Vision eines drehbaren Sonnenhauses 1993 an der Erfindermesse «Eureca» – und gewann damit die Goldmedaille<sup>1)</sup>. Den Weg vom Traum zum Projekt ging Architekt Erwin Kaltenegger nach der Devise: if you can dream it, you can build it! Er brachte 1994 erste Pläne für das «Sonnenkarussell» zu Papier. Nach jahrelanger Planung eines Teams mit Spezialisten für Maschinenbau, Elektro- und Energietechnik, Photovoltaik und Controlling wurde das Haus innert 7 Monaten gebaut, nachdem Finanzbeihilfe der EU und des Landes Steiermark das nötige Kapital bereitgestellt hatten.

Seit der Eröffnung von «Gemini» besuchen das Haus wöchentlich mehr als 1000 Leute. Ein enormes Interesse bekundeten Medien und vor allem junge Leute. Sie sind vom fortschrittlichen Design ebenso angetan, wie von der nachhaltigen Lösung. Fast jeder zweite Besucher muss abgewiesen werden, da das Haus nur für geführte Gruppen zugänglich ist! Im Lastenheft von «Gemini» standen Entwurfsgrundsätze, welche die globale Klimakatastrophe Ernst nehmen, welche aber auch Chancen für wirtschaftliche und soziale Nachhaltigkeit beim Bauen in einer Randregion darstellen. Parameter dafür sind etwa:

### Raumorganisation:

Geringer Bauplatzbedarf, kleinere Nutzflächen wegen schrumpfender Familiengrößen, knappe interne Verkehrsflächen, keine Komforteinbussen beim Wohnen, Flexibilität für Home-Office-Tätigkeiten.

### Climatic Design:

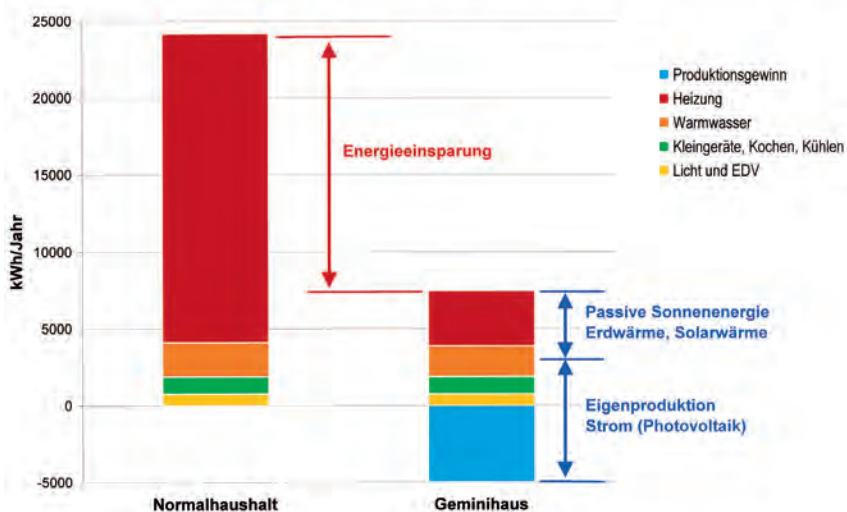
Kompakter, auf die Belange der Tageslichtnutzung abgestimmter Baukörper, kontinuierliche Ausrichtung nach der Sonne, bezüglich Sonne und Makroklima optimiertes Fensteröffnungsdispositiv, effektiver Sonnenschutz, Reduktion interner Wärmelasten, Wärmepufferung im Baukörper, Nachtlüftung, Luft-Erdregister.

### Plus-Energiekonzept:

Drastische Absenkung des Heizwärmebedarfes in Folge von Hochwärmedämmung und passivsolarer Optimierung, Wärmerückgewinnung, aktive Solarstromproduktion und solarthermische Wärmeerzeugung. Größtmögliche Unabhängigkeit von Energieversorgungsnetzen. Statt Nebenkosten für Energie, die aus der Region abfließen, entstehen Nebeneinnahmen, die in der Region kaufkraftwirksam werden.

4

**Energiebilanz in Normalhaushalt im Vergleich mit Geminihaus in kWh/Jahr**



*Rationeller Energieeinsatz:*

Tageslichtnutzung, effiziente Lüftungstechnik, nutzungsangepasste Luftvolumenströme. Ein «Hauscomputer» sammelt Daten sämtlicher Systeme, steuert, regelt und überwacht. Er richtet die Solarsegel und greift den Bewohnern beim Energiemanagement unter die Arme. Raumsensoren analysieren kontinuierlich Licht, Temperatur und Anwesenheit von Personen. Merkt der Bewegungsmelder etwa, dass sich zehn Minuten lang niemand im Raum aufhält, wird die Heizung abgesenkt und das Licht abgeschaltet.

*Kreislaufbewirtschaftung:*

Verwendung ökologischer Materialien (Holz, Recyclingpapier, Glas, Aluminium), Regenwassernutzungskonzept.

*Feel-Good-Konzept:*

Es gibt keinen Grund, bei nachhaltiger Bauweise auf ansprechendes Design und saubere handwerkliche Verarbeitung zu verzichten. So finden sich feinste Trennwände aus Apfelholz friedlich mit gläsernen Schiebewänden vereint, die Polycarbonatwellen der Aussenhaut schliessen nahtlos an blaukristalline Solarzellen an, Edelstahlhandläufe und gläserne Absturzsicherungen harmonieren durchaus mit bunten Kunststoffbodenbelägen.

**Beton nur im Keller**

«Gemini» wird variabel und zukunftstauglich genutzt: integriertes Home-Office und erweitertes Bad mit Fitnessmöglichkeiten lassen erahnen, dass Solararchitektur keineswegs Komfortverzicht oder Abstriche an Raumflexibilität bedeutet. Die reichlich vorhandene Solartechnik wird architektonisch geschickt kaschiert oder multifunktional integriert: Die Photovoltaik ist harmonisch in die Fassade eingebunden, Solarwaben verschwinden diskret hinter einer im Perlmuttglanz schimmernden Haut, Übergänge zu Aussenanlagen verlaufen natürlich. Die Wohnraumgestaltung wirkt durch reichlich verwendetes Holz, Glas und Aluminium hell, sachlich und behaglich. «Gemini» wird auch deshalb so positiv aufgenommen, weil das futuristische Gebäudekonzept mit pragmatischen, vom lokalen Fassaden- und Baugewerbe machbaren Mitteln realisiert werden konnte.

Nur der runde, betonierte Keller wurde konventionell in Ortsbauweise erstellt. Die übrigen tragenden Bauteile sind aus Holz in KLH-Technik (Kreuzlagenholzbauweise). Holz überzeugt als natürlicher Werkstoff durch vorbildliche Primärenergiebilanz (niedriger Energiebedarf bei Herstellung), baubiologische Vor-



5

**5 Auch mit runden Wänden lässt sich auf 120 m<sup>2</sup> Nettowohnfläche auf 2 Geschossen komfortabel wohnen.**

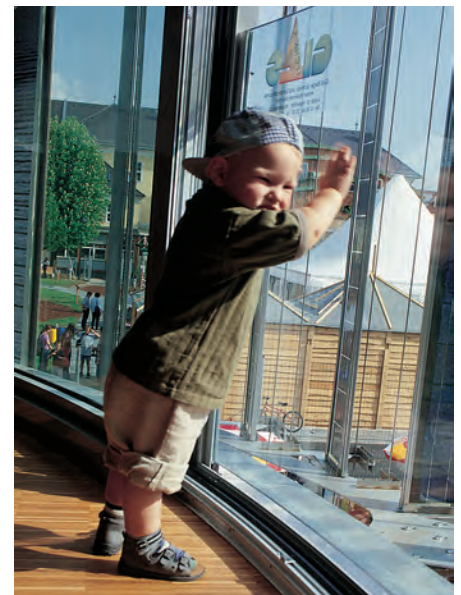
**6 Küche und Bad wirken dank Glas transparent.**

**7 Auch die jüngere Generation zeigt ein enormes Interesse am «Solartempel».**

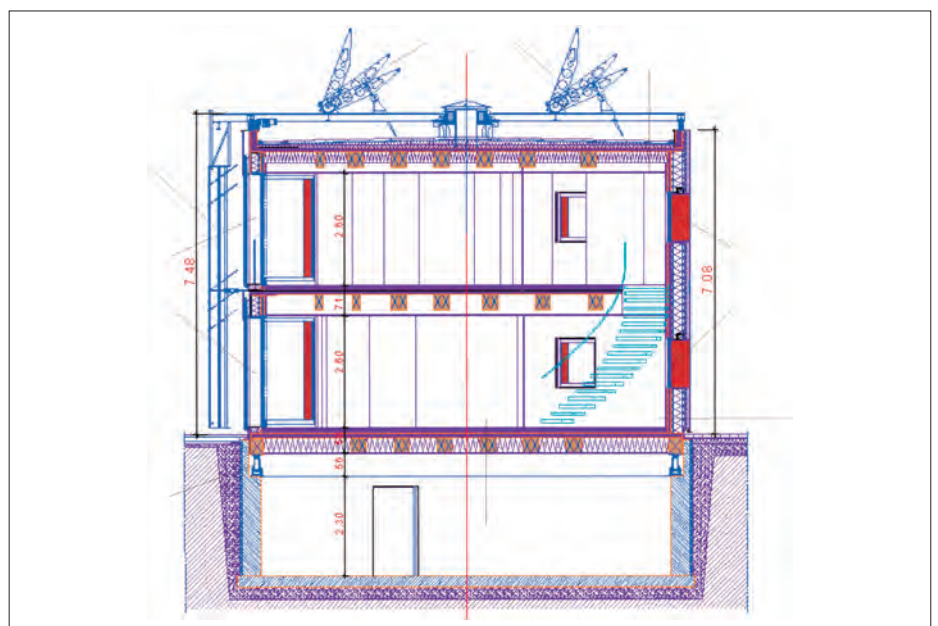
**8 Prinzipschnitt.**



6

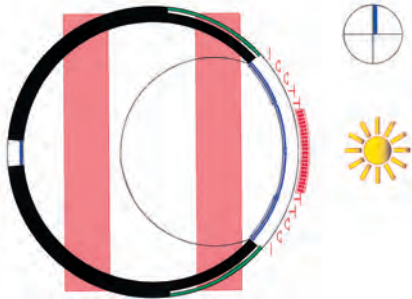


7



8

**Morgenstellung**



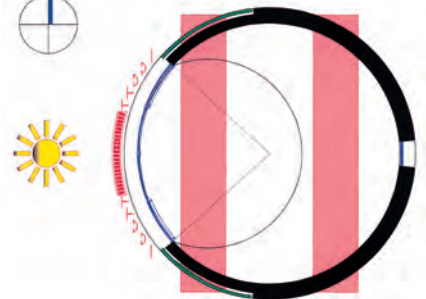
Mit nach Osten orientiertem Drehzylinder wird man durch das Sonnenfenster von der Morgensonne geweckt. Der Solarvorhang mit vertikalen PV-Elementen und die beiden Dachkollektoren folgen azimuthal dem Sonnenverlauf, wobei die zweiachsig nachgeführten Dachkollektoren zusätzlich in Abhängigkeit von Tages- und Jahreszeit um eine Horizontalachse normal zur Sonne ausgerichtet werden (Elevation). Die Dämmelemente sind tagsüber in seitlicher Parkposition. Auf Wunsch lassen sich die Vertikalschiebefenster manuell zur Seite verschieben.

**Mittagstellung**



Bis am Mittag hat sich das Haus samt seinem Solarvorhang mit einer Umfangsgeschwindigkeit von 2 cm/min nach Süden verdreht. Die kontinuierliche Drehbewegung läuft tagsüber synchron zur Erdrotation. Ein Streifenvorhang bietet Diskretion.

**Abendstellung**



Am Abend genießt man aus Wohnzimmer und Schlafräumen den Sonnenuntergang, während die Solarzellen und die Thermokollektoren auf dem Dach letzte Kilowatt sammeln. Wem nicht nach Sonne zu Mute ist, zieht innen den Vorhang und verschliesst allenfalls schon am frühen Abend die Dämmelemente vor der Fassade.

teile mit niedrigem spezifischen Gewicht sowie gute Dämm- bzw. Speichereigenschaften.

**Holzdecken...**

Das Holz-Gehäuse – 10 Meter frei gespannt! – hat keine inneren tragenden Wände oder Stützen. Die in KLH-Technik ausgeführten Holzaussenwände stabilisieren den 7 m hohen Baukörper, der durch massive Rippen der tragenden Holzplatten-Balkendecken verstärkt wird. Alle Rippenhohlräume sind mit 25 cm starken Zellulose gedämmt. Da auch der gesamte Innenausbau aus Holz ist (Trennwände, Böden, Treppe, Wandverkleidungen etc.) zeigte das lokale Handwerk keinerlei Berührungsängste im Umgang mit dem Hightechhaus.

**Solarfassade mit «Schlafaugen»**

Die Fassade wurde nach dem Prinzip «form follows climate» kombiniert. Im Norden ist praktisch fensterlos und nahezu thermisch «verriegelt»: Mit einem U-Wert von 0,11 W/m<sup>2</sup>K gelten die 57 cm dicken Aussenwände als «höchstgedämmt»: drei Mal besser, als es die geltende österreichische Wärmeschutzverordnung fordert. Der warme «Pullover»

besteht aus einer Kombination von Zellulose-schüttung, Holz und Kartonwaben, welche durch gewellte, perlmuttfarbene Polycarbonatplatten abgedeckt sind. Geringe Transmissionswerte dieser Konstruktion sind das eine. Das andere sind Passivsolargewinne: Infrarote Strahlung gelangt durch die Wabenebene auf die hölzerne «Unterhaut» und – zeitverzögert – zum Innenraum. Steiler stehende Sommersonne wird ferngehalten. Die aus Holz, Karton und Recyclingpapier gefertigte Solarwabe ist nicht nur ökologisch, sondern – im Gegensatz zu konventioneller transparenter Wärmedämmung – weitgehend selbstbeschattend.

Metallfenster nach Rahmenmaterialgruppe 1,0 und Gläser mit U-Wert 0,96 W/m<sup>2</sup>K (bei kleinen Fenstern 0,6 W/m<sup>2</sup>K) entsprechen aktuellem Fassadenbaustandard. Um aber auch bei Fensteröffnungen Passivhausqualitäten zu erzielen, wurde die gebogene Front des südlichen Sonnenfensters mit zusätzlichen Dämm- und Beschattungskomponenten versehen:

■ Nachts – insbesondere im Winter – werden die Fenster im Erdgeschoss und im Obergeschoss mit Dämmpaneelen in der Dimension von Frachtraumtüren bei Jumbojets verschlossen. Je nach Temperatur, Tageszeit, Präsenz im Raum befinden sich diese

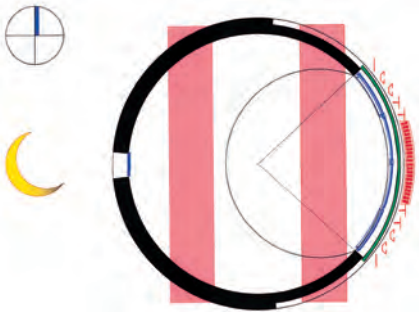
Paneele in Parkstellung an der Regelfassade, in Zwischenstellungen oder vor dem Fenster. Der herrliche Wintergarteneffekt dieser «Sonnenfalle» wird also nicht durch erhöhte Abstrahlungsverluste in kalten Winternächten erkauft.

■ Für den Sommerfall wurde vor dem grossen Sonnenfenster ein transparenter Sonnenschutz aus einachsig nachgeführten Glas-PV-Elementen angebracht. Er ermöglicht neben Sonnenschutz die solare Stromproduktion. Die wie ein Schutzschild zur Sonne hin orientierten Gläser sind aus vorgelagerten holographischen Verstärkern (konzentrierender Sonnenschutz) mit PV-Modulen versehen. Die Gesamtleistung dieser sonnenbeschattenden PV-Anlage in der Fassade beträgt 1,15 kWp.

**Nahezu vernachlässigbare Heizlast**

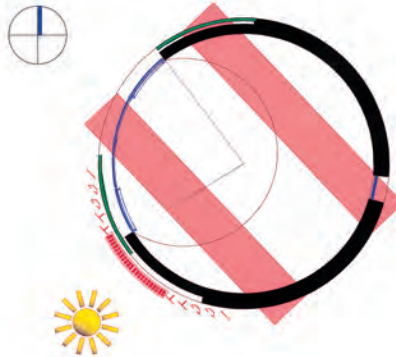
Dank der gedämmten Gebäudehülle und der Kompaktheit und Dichtigkeit des Wohnzylinders resultiert eine Energiekennzahl (Raumheizung) von bloss 15,2 kWh/m<sup>2</sup>a. Entsprechend niedrig ist der Wärmeleistungsbedarf: Bei Berechnungstemperaturen (nach Ö-Norm) von 20 °C für Wohnzimmer, Küche, Vorraum und Schlafzimmer bzw. 18 °C im WC und 24 °C im Bad ergibt sich bei offenen Schiebe-

### Nachtstellung



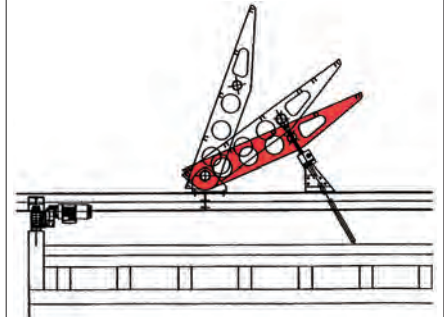
Nach Sonnenuntergang positioniert das Sonnenkarussell sein Sonnenfenster bereits wieder Richtung Osten. In «Sonnen-erwartungsstellung» wartet das Haus – ohne jede nächtliche Drehbewegung – auf den neuen Morgen. Werden die Dämmelemente vorgezogen – z.B. in kalten Winternächten fällt der Blick auf dem Inneren dieser Dämmelemente im Erdgeschoss auf eine überdimensionale Nachtaufnahme des Times Square in New York und im oberen Schlafgeschoss wöhnt man sich am Rande des Neusiedlersees.

### Hitzestellung



Wird es zu einer bestimmten Tageszeit zu heiss, wird der Solarvorhang auf die Sonne fixiert gehalten, während das Sonnenfenster sich von der Sonne wegdrehen lässt. Im Schnellgang (20 cm/min) dreht man die gute Stube mit zehnfacher Umfangsgeschwindigkeit aus der Sonne und trinkt innert weniger Minuten im Schatten seinen Aperitif. Zusätzlich lassen sich die Dämmelemente in eine Beschattungsposition verfahren.

### Sturmstellung



Bei stürmischem Wind refft GEMINI sein Solarsegel: die normalerweise steil zur Sonne gerichteten Grossmodule auf dem Dach ducken sich zur Reduktion ihrer Windangriffsfläche in eine flache Sturmstellung.

dämmelementen eine Heizlast von 4,3 kW (wovon 2,8 kW Transmissionwärmebedarf). Dieser sinkt auf 3,8 kW bei vorgezogenen Dämmpanelen. Die Heizleistung für die Raumheizung mit deckenmontierten Heiz- und Kühlelementen erzeugt eine Wärmepumpe mit Erdkollektor. Sie weist eine thermische Leistung von 4,8 kW bei einer elektrischen Leistungsaufnahme von 1,1 kW auf (Leistungszahl: 4,3). Der Erdkollektor wird im Sommer von Heiz- auf Kühlbetrieb umgeschaltet. Die ohnehin gute Luftdichtigkeit der Gebäudehülle wird durch Nachtpaneel zusätzlich verbessert. Aufblasbare Schläuche zwischen Dämmelementen und Fenstern reduzieren die Undichtigkeit, welche bei öffnenbaren Fenstern an normalen Häusern bis 40% der Luftwechselerluste ausmachen. Auch bei geschlossenen Luken bleibt für frische Luft gesorgt. Über Erdkanäle angesogene Frischluft wird vorgewärmt – im Sommer vorgekühlt – und passiert das System der kontrollierten Wohnungslüftung. Dabei wird die Luft in drei Schaltstufen – aber nicht raumindividuell – eingeblasen (Zu- und Abluftmengen: 100 bis 250 m<sup>3</sup>/h). Pollenfilter, ein Lufterhitzerregister (40/35 °C), ein Kreuzstromplattentauscher, ein stetig regelndes Bypassventil und Hochleistungsradialventilatoren ergänzen die kompakte Anlage.

### Sonnenkarussell

Ähnlich, wie eine Sonnenblume der Sonne folgt, rotiert «Gemini» um seine Hochachse – der Drehwinkel beträgt 200°. Wenn die Sonne am Abend unter den westlichen Horizont sinkt, dreht sich das Sonnenkarussell auf «leisen Sohlen» in die Ursprungsposition zurück und wartet in «Sonnenerwartungsstellung» im Osten auf den neuen Tag. Für die Drehbewegung wird lediglich eine elektrische Leistung von 140 Watt benötigt. Aufwendiger sind die durch die Drehkonstruktion bedingten flexiblen Leitungsanschlüsse für Medien, Energie und Datenkabel sowie die wartungsfreie Gleitlaufbahn des Drehkranzes. Das Dach von «Gemini» wird durch ein nachgeführtes, imposantes Geweih von 70 m<sup>2</sup> Sonnenflügeln auf zwei Flächen gekrönt. Photovoltaikmodule und Warmwasserkollektoren werden der Sonne nachgeführt. Während man in der Schweiz selten nachgeführte Solaranlagen baut, entschied man sich in der Steiermark aufgrund der besseren Solarernte für einen «Suntracker», welcher gegenüber statischen Anlagen Ertragsverbesserungen von 55% ermöglicht:

- Der Sonnenvorhang vor der Fassade (Leistung 4,0 kW<sub>p</sub>) rotiert einachsrig um die

Hochachse des Hauses. Die fassadenintegrierten PV-Module (Fläche: 40 m<sup>2</sup>) empfangen über Hologrammfolien das Sonnenlicht. Dabei werden verschiedene Varianten von konzentrierenden optisch holografischen Elementen getestet (Sonnenlicht wird wie durch eine Linse eines optischen Systems zur Solarzelle umgelenkt und damit deren Ertrag gesteigert).

- Auf dem Dach dreht sich ein sonnenhöhen- und azimutabhängig nachgeführtes Solarmodulpaket von 30 m<sup>2</sup> Fläche: Der erste Generator hat eine Leistung von 2,1 kW<sub>p</sub> auf 21,7 m<sup>2</sup>. Der zweite produziert 0,6 kW<sub>p</sub> Solarstrom auf 11,6 m<sup>2</sup> und nutzt die Nachführung gemeinsam mit dem Röhrenkollektor für die Wassererwärmung (10 m<sup>2</sup>).

### Hauskauf am Bildschirm

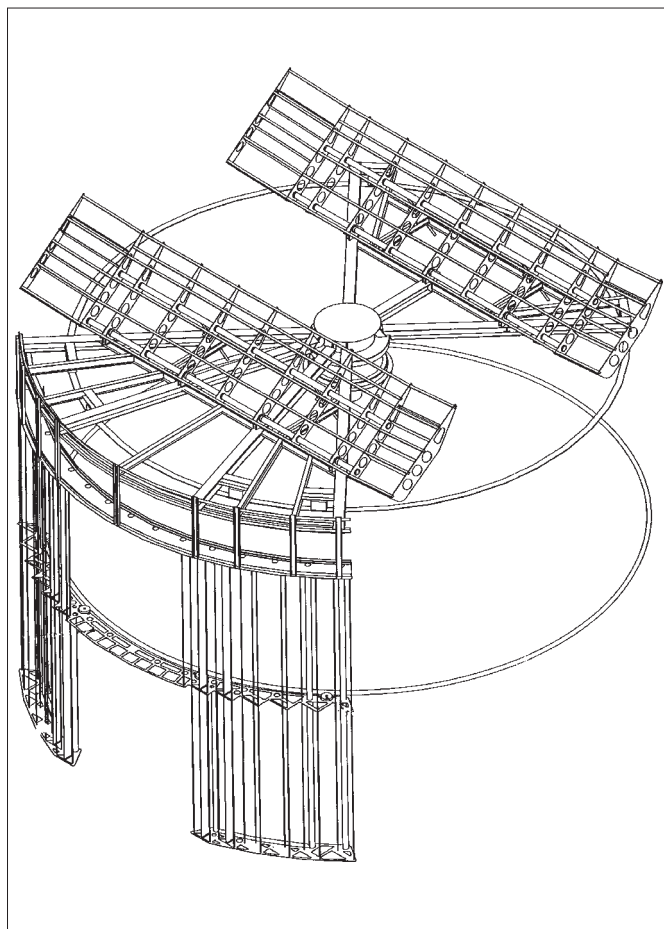
Bis im September dient «Gemini» noch als Ausstellungsobjekt; danach soll es durch eine Kleinfamilie bewohnt werden. Man will herausfinden, wie künftige Bewohner die Drehung des Hauses oder das nächtliche Schliessen der Dämmelemente empfinden und ob die Planwerte in der Praxis erreichbar sind. Später soll «Gemini» in vereinfachten Ausführungs- und Ausbaubauvarianten seriell gefertigt werden. Wie eine IKEA-Küche möchte man

**9/10 Für die Drehung des Hauses und dessen beweglichen Solarvorhang in Kombination mit dem überdimensionalen Photovoltaik-Geweh sorgt eine auf Kranbahnrollen lagern- de Stahlkonstruktion.**

**11 Grundriss des Sonnenfensters mit drehbarem Solarvorhang und Schiebeelementen für Nachtposition.**



9



10

das Haus ab Bildschirm verkaufen, wobei dem Kunden nach Auswahl von Möblierung, Finish, Fassadentyp, PV-Leistung in Real-time-Darstellung Kaufobjekt, Preis, Leistungswerte, Return on Investment und Liefertermin angezeigt werden. Die Weizer Initianten sind optimistisch, was die Verbreitung der Idee eines drehbaren, solar optimierten Hau-

ses betrifft. Noch ist der Kaufpreis mit 7 Mio. Schilling (ca. 0,8 Mio. Fr.) hoch. Indessen sind die Promotoren überzeugt, dass mit einer optimierten Ausführung Kosten reduziert werden können. Ziel: «Gemini» soll in Serie nicht mehr kosten als herkömmliche Fertighäuser. Das Grundstück für eine ganze «Gemini»-Siedlung ist jedenfalls bereits gefunden. ■

## Literatur

1) Aufstieg zum Solarzeitalter; Roland Mösl; Grauwerte Verlag; Salzburg 1993.

### Planungsteam

#### Projektmanagement:

Robert Santner, Schmied in der Weiz 36, A-8160 Weiz

#### Architektur:

Dipl.-Ing. Erwin Kaltenecker, Passail 390, A-8162 Passail

#### Controlling:

EU-Regionalmanagement, Ing. Horst Fidschuster, A-8263 Gross Wilfersdorf

#### Terminkoordination:

Dipl.-Ing. Peter Auer, Rollsdorf 5, A-8181 St. Ruprecht

#### Maschinenbau:

Ing. Martin Reinisch, Schillerplatz 10, A-8010 Graz

#### Energietechnik:

TB Ing. Walter Bierbauer, Hohenau 5, A-8162 Passail

#### Elektrotechnik:

Ing. J. Ebner, Waisenegg 165, A 8190 Birkfeld

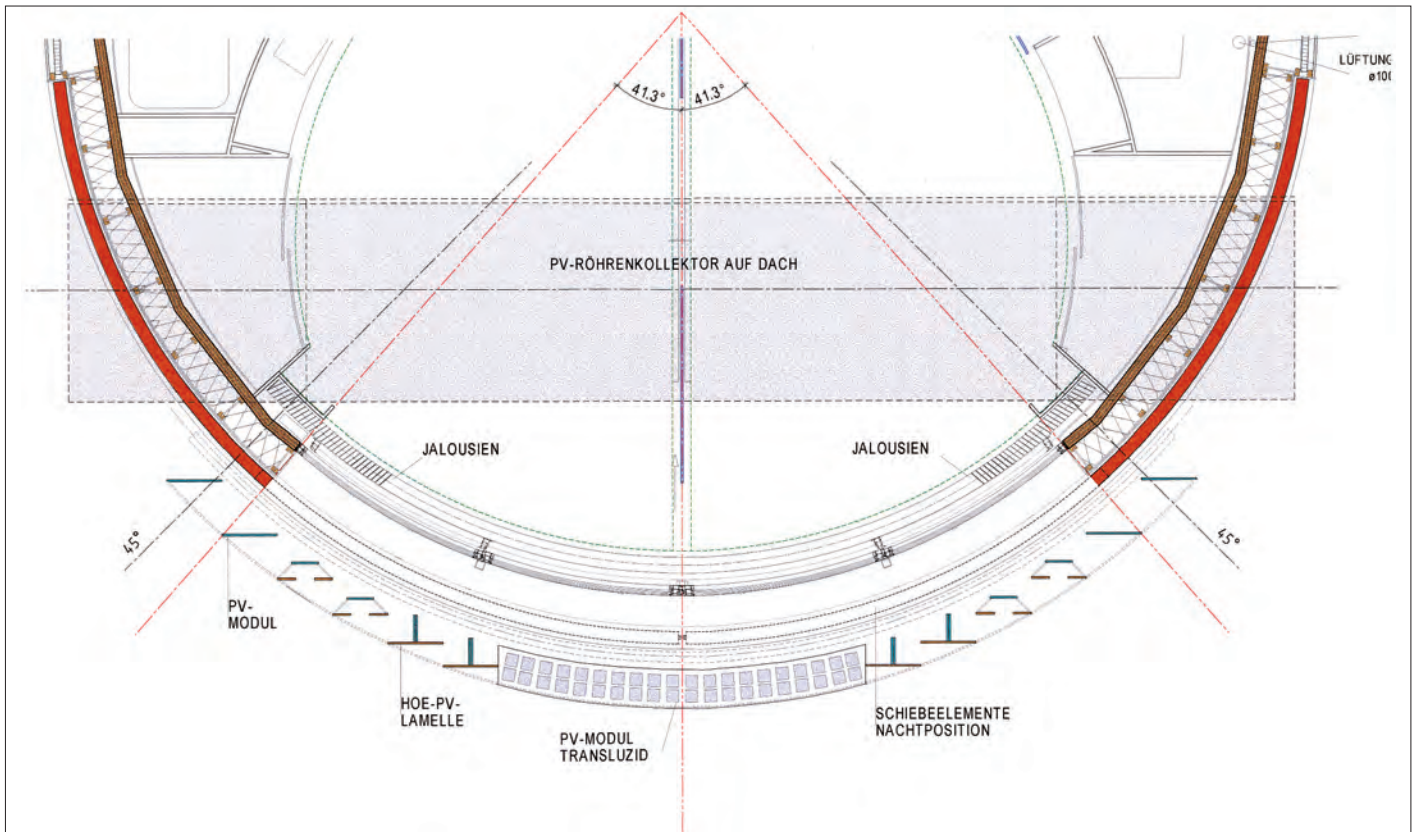
Vescon Systemtechnik, Ing. Mag. A. Pfeifer, Elin-Süd-Strasse 1, A-8160 Weiz

#### Photovoltaik

Feistritzwerke Gleisdorf, Ing. Baierl/Ing. Schloffer, Gartengasse 36, A-8200 Gleisdorf

#### Tageslichtberatung:

Lichtplanung Miloni, Dipl.-Ing. Arch. Reto P. Miloni, CH-5243 Mülligen



11

## Projektdaten

### Bauherr

Stadtgemeinde Weiz (Steiermark)  
Siegfried-Esterl-Gasse 8, A-8160 Weiz

### Grundstück

Teilfläche eines innerstädtischen Gemeindegrundstückes (ca. 800 m<sup>2</sup>)

### Termine

Entwurf	1994
Beginn Ausführungsplanung	1999/2000
Planungszeit	20 Monate
Baubeginn	11. Oktober 2000
Eröffnung	5. Mai 2001
Bauzeit	7 Monate

### Abmessungen

Aussendurchmesser	10,38 m
Höhe	7,08 m (Attika)/9,44 m (Kollektor)
beheiztes Volumen	628,2 m <sup>3</sup>
NF-Erdgeschoss	63,40 m <sup>2</sup>
NF-Obergeschoss	61,00 m <sup>2</sup>
NF-Kellergeschoss	71,20 m <sup>2</sup>

### Wandstärken

Aussenwand normal	55,20 cm
Aussenwand bei Dämmelement	39,10 cm
Dämmstärken	
Cellulosedämmung Aussenwand normal	30,20 cm
Aussenwand bei Dämmelement	24,10 cm
Solarwabe	5,00 cm
Kellerdecke	35,00 cm
Dach	33,00 cm

### Statische Konstruktion

Wände	8 cm Kreuzlagenholz (KLH)
Decken	10 cm Kreuzlagenholz mit Unterzügen

### Gewichte

Holzbau (ausgebaut)	ca. 93 U
Stahlbau mit PV	ca. 10 U
Gesamtgewicht (gedreht)	ca. 103 U

### U-Werte

Aussenwand normal	0,11 W/m <sup>2</sup> K
Aussenwand bei Dämmelement	0,13 W/m <sup>2</sup> K
Kellerdecke	0,08 W/m <sup>2</sup> K
Dach	0,09 W/m <sup>2</sup> K

### U-Werte

Glas Sonnenfenster (gebogenes Isolierglas)	0,96 W/m <sup>2</sup> K
Sonnenfenster gesamt ohne Dämmelement	1,42 W/m <sup>2</sup> K
Sonnenfenster gesamt mit Dämmelement	0,31 W/m <sup>2</sup> K
Glas Nordfenster	0,60 W/m <sup>2</sup> K
Nordfenster gesamt ohne Rollo	0,95 W/m <sup>2</sup> K
Nordfenster gesamt mit Rollo	0,50 W/m <sup>2</sup> K
Haustüre	1,20 W/m <sup>2</sup> K

### Energiekennzahl bezogen auf Nutzfläche 15,20 W/m<sup>2</sup>

### Antriebsleistungen

Drehmechanismus Haus (ca. 2 cm/min)	140 Watt
Drehmechanismus Sonnenvorhang	80 Watt

### Aktive Solarnutzung

Vakuum-Röhren-Kollektor	10,0 m <sup>2</sup>
Fläche	

Ertrag	ca. 4000 kWh/a
--------	----------------

### Photovoltaik

Gesamtfläche	ca. 70 m <sup>2</sup>
installierte Leistung (Dachkollektor)	2,70 kWp
installierte Leistung (Sonnenvorhang)	4,00 kWp
prognostizierter Stromertrag	ca. 8500 kWh/a

### Energierrechnung

#### Gebäudeheizung und Warmwasser

Raumheizung	ca. -3600 kWh/a
Warmwasserverbrauch	ca. -2000 kWh/a
Ertrag Vakuum-Röhren-Kollektor (aktiv)	ca. 4000 kWh/a
Ertrag Sonnenfenster (passiv)	ca. 1200 kWh/a
Restwärmebedarf (Wärmepumpe)	ca. 400 kWh/a

### Strom

Beleuchtung	ca. -1000 kWh/a
Drehmechanismus	ca. -300 kWh/a
Lüftungsventilatoren	ca. -600 kWh/a
Wärmepumpe	ca. -100 kWh/a
Reststromverbrauch (Kochen, EDV usw.)	ca. -1500 kWh/a
Stromertrag PV-Anlage	ca. 8500 kWh/a
Stromüberschuss (Einspeisung)	ca. 5000 kWh/a

### Kosten (exkl. MwSt.)

Bauwerkskosten (Gebäude)	ATS 7,1 Mio. (ca. 0,84 Mio. Franken)
Gesamtbaukosten inkl. Einrichtung	ATS 11,6 Mio. (ca. 1,36 Mio. Franken)