

# Sonnensaison bis in den tiefen Winter

Ende 1996 gingen die ersten Pilotanlagen zur saisonalen Wärmespeicherung von Solarwärme in Betrieb. Von den Erfahrungen profitiert jetzt die dritte Generation – wie die solare Nahwärmesiedlung Am Ackermannbogen in München, die im Juli eingeweiht wurde.

Blick ins Innere: Fast 6.000 m<sup>2</sup> Inhalt fasst der gigantische Saisonspeicher der Solar-siedlung. Er ist innen mit Edelstahl ausgekleidet. Die Türme im Zentrum sind die Schichtlanzen.

Fotos (2): [www.michaelvoit.de](http://www.michaelvoit.de)



Für die Projektpartner war die Einweihung der solaren Nahwärmesiedlung Am Ackermannbogen in München am 11. Juli ein großer Moment. Über zehn Jahre haben Planung, Entwicklung und Bau gedauert. »Das war eine Achterbahnfahrt«, sagt Dirk Mangold, Leiter des Stuttgarter Forschungsinstituts Solites, rückblickend. Er und sein Team begleiten die Programme »Solarthermie 2000« und »Solarthermie 2000plus«, mit denen die Bundesregierung Forschungs- und Demonstrationsprojekte in diesem Bereich fördert. »1996 gab es den Stadtratsbeschluss. Im Jahr 2000 wurde die Zusage erteilt, das Projekt zu fördern. 2003 sollte der Langzeitwärmespeicher in Betrieb gehen«, erzählt er. Daraus wurde Frühjahr 2007. Und seit diesem Frühjahr werden in dem neuen Stadtviertel am Olympiapark insgesamt 319 Wohnungen zu rund 50 % solar beheizt. Den verbleibenden Energiebedarf für die Heizung und das Warmwasser decken die Stadtwerke München (SWM) mit Fernwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung.

Am Ackermannbogen sind die Solarkollektoren auf die Dächer von drei Wohnblöcken aufgeteilt. Auf den zweigeteilten Pultdächern sind sie Dacheindeckung und Dachhaut zugleich.

Foto: Referat für Gesundheit und Umwelt der Stadt München



## Projektdata auf einen Blick

<b>Kollektorfläche:</b>	2.877 m <sup>2</sup>
<b>Kollektorneigung:</b>	18,5° (Südausrichtung mit 14° Abweichung nach Osten)
<b>Wasserinhalt des Speichers:</b>	5.700 m <sup>3</sup>
<b>Versorgungsgebiet:</b>	319 Wohnungen
<b>Gesamtwärmebedarf ab Heizzentrale:</b>	2.300 MWh/a
<b>Heißwasser-Absorptionswärmepumpe:</b>	1,4 MW
<b>Solarer Deckungsanteil:</b>	47 %
<b>Solare Nutzwärmekosten:</b>	0,24 €/kWh
<b>Fördermittelempfänger:</b>	Stadt München
<b>Eigentümer und Betreiber:</b>	Stadtwerke München
<b>Planer Anlagentechnik:</b>	Kulle und Hofstätter, München
<b>Planer Speicher:</b>	Ing.-Büro Lichtenfels, Keltern und Solites, Stuttgart
<b>Bau Speicher:</b>	Mayerhofer Hoch-, Tief- und Ingenieurbau GmbH, Simbach am Inn
<b>Konzept:</b>	ZAE Bayern, Garching
<b>Wissenschaftliche Begleitung:</b>	ZAE Bayern und Solites
<b>Inbetriebnahme:</b>	April 2007

Die Siedlung Am Ackermannbogen besteht aus vier Wohnblocks und acht kleineren Stadthäusern. Die Wohnungen sind eine Mischung aus Sozialwohnungen, Genossenschaftswohnungen, Eigentumswohnungen und Wohnungen, die die Stadt nach dem so genannten Münchner Modell fördert. Das gewährleistet günstige Kaufpreise und bezahlbare Mieten für Familien mit mittleren Einkommen. Die beheizte Geschossfläche beträgt rund 30.400 m<sup>2</sup>, 27.000 m<sup>2</sup> davon sind Wohnfläche. Die Gebäude sind gut gedämmt. Der spezifische Wärmebedarf soll bei 75 kWh/m<sup>2</sup>a liegen. Durch den hohen Wärmedämmstandard macht die Warmwasserbereitung über 30 % des Nutzwärmebedarfs aus.

Die Gesamtkollektorfläche von 2.877 m<sup>2</sup> – nach einer Ausschreibung fiel die Wahl auf den österreichischen Hersteller Tisun (vor der Umbenennung Teufel &

Schwarz) – ist auf drei Geschossbauten verteilt. Auf den jeweils 100 m langen Dächern ersetzen sie die Dachhaut. Herz der Anlage ist ein knapp 6.000 m<sup>3</sup> großer, zentraler Heißwasserspeicher.

Insgesamt 5,184 Mio. € sind in das Heizsystem der Siedlung geflossen. Darin sind sämtliche Kosten für Kollektoren, Sammelleitungen, die Heizzentrale und anteiliger Gartenbau bis zur Übergabestation in den Häusern enthalten. Von dieser Summe trägt die Landeshauptstadt München mit 2,117 Mio. € den größten Einzelanteil. Der Bund fördert im Rahmen des Forschungsprogramms Solarthermie 2000plus mit 1,843 Mio. €. Die fünf Bauträgergesellschaften haben sich mit zusammen 815.000 € beteiligt. Die Stadtwerke, die das solare Nahwärmenetz betreiben, haben 409.000 € eingebracht. Darüber hinaus fördert das Bundesumweltministerium ein mehrjähriges Messprogramm des Zentrums für Angewandte Energieforschung (ZAE Bayern) mit 560.000 €. Das ZAE hat die Anlage mit konzipiert und begleitet das Projekt wissenschaftlich. Solites hat das ZAE und die Planung der Anlage begleitet und den Erdbecken-Wärmespeicher mitentwickelt.

## Speicher aus Betonfertigteilen

Der Saisonspeicher ist die wohl herausragende Besonderheit des Projektes. Zum ersten Mal wurde ein Speicher für derartige Anforderungen aus Betonfertigteilen errichtet. Nur der Boden wurde vor Ort betoniert. Damit er komplett wasserdicht ist, ist er innen mit einem 1,25 mm starken, dicht verschweißtem Edelstahlblech ausgekleidet. Außen hat er bis zu 70 cm Dämmstärke.

Neu sind auch die Dämmmaterialien wie Schaumglasschotter im Boden und Blähglasgranulat mit Membranschalung für die Wand und die Decke. Bei den ersten solaren Nahwärmeprojekten gab es Probleme mit der unerwarteten Durchfeuchtung des Dämmstoffes durch Grundwasser. Falls Feuchte in die jetzt eingesetzten Materialien eindringt, würden sie ebenfalls an Dämmwirkung verlieren. Sie können aber langfristig wieder

Mit dem *DeltaSol*® E wird der Regelungsumfang des langjährig bewährten Systemreglers *MidiPro*® um die komfortable Installations- und Bedienerfreundlichkeit der *DeltaSol*® - Geräteserie erweitert. Die 7 variabel vorprogrammierten Grundsysteme erlauben auch die Regelung vielfältiger Großanlagen. Mit den 7 Relaisausgängen und den 10 Sensoreingängen für Pt1000, CS10 und V40 lassen sich eine Vielzahl an zuschaltbaren Funktionen und Optionen realisieren. Der Regler bietet durch intelligente und leicht verständliche Anlagenkonfiguration neben seinem integrierten Wärmemengenzähler auch die Steuerung komplexer Systeme mit 3 witterungsgeführten Heizkreisen. Zur Datenkommunikation und Fernwartung ist der Regler mit dem RESOL VBus® ausgestattet, der den bidirektionalen Weg zu Modulen, PCs oder für ein Datenlogging öffnet.



## DIE NATUR ZUM VORBILD

### Solarthermie Regelungstechnik

- 7 Solar-Grundsysteme wählbar
- Drehzahlregelung, solarer Betriebsstundenzähler und Wärmemengenzählung
- Interner Wärmemengenzähler
- 3 Heizkreise ansteuerbar
- 12 Sensoreingänge
- 7 Relaisausgänge
- Funktionskontrolle
- RESOL VBus®
- Bedienerfreundlich durch einfache Handhabung
- montagefreundliches Gehäuse in herausragendem Design



Der Speicherkoloss wurde aus Betonfertigteilen zusammengesetzt, anschließend gedämmt und dann unter einem Erdhügel verborgen. Auch die Heizzentrale hat in dem Rodelberg Platz gefunden.

Fotos (2): Stadtwerke München GmbH,  
Foto: ZAE Bayern



austrocknen und damit den ursprünglichen Dämmwert fast wieder erreichen. Außerdem hat der Betonspeicher, der mit 5.700 m<sup>3</sup> Wasser gefüllt ist, ein Schichtbeladesystem mit automatischer Höhenregulierung. Eine Premiere ist ebenfalls der Einsatz einer thermisch angetriebenen Absorptionswärmepumpe mit 1,4 MW Leistung.

Der Betonkoloss ist 16 m hoch und hat einen Durchmesser von 26 m. Auf dem Gelände ist er trotzdem kaum zu erkennen. Aus ästhetischen Gründen wurde er in einen Erdhügel eingebettet. Der Hügel dient zugleich als Schallschutz für den Ackermannbogen. Wenn die Anwohner im Winter darauf rodeln, wie es geplant ist, wird

ihnen kaum bewusst sein, was sich darunter verbirgt. Denn nicht nur der Speicher ihrer Heizung liegt darunter verborgen, auch die Energiezentrale ist unter dem Hügel untergebracht. Hier laufen sämtliche Transportleitungen und Steuerungssysteme zusammen. Hier wird die Solarwärme in den Speicher eingespeist und die Fernwärme eingekoppelt, wenn die Solarenergie nicht ausreicht. Außerdem beherbergt die Energiezentrale die Absorptionswärmepumpe mit einer Heizleistung von 550 kW.

Und von hier aus werden die Wohnhäuser mit Solarwärme versorgt. Der Speicher versorgt die Gebäude das ganze Jahr hindurch mit Energie für das Warmwasser. In der kalten Jahreszeit liefert er Wärme für die Heizung zu. Laut Berechnungen des ZAE sollen so 1.150 MWh/a des Gesamtwärmebedarfs von 2.300 MWh/a solar beige-steuert werden. Das entspricht einer solaren Deckung von 47%. Hierfür speisen die Kollektoren im Sommer Solarenergie in den Saisonspeicher ein. Sie heizen das



Wasser darin bis zum Herbst auf etwa 95 °C auf. Im Herbst und Winter gibt der Speicher die Solarwärme nach und nach über ein Nahwärmenetz an die Wohnungen ab. Sinkt die Speichertemperatur unter die Vorlauftemperatur des Nahwärmenetzes, kommt die Absorptionswärmepumpe zum Einsatz. Sie entlädt dann den Solarspeicher weiter und hebt, von Fernwärme angetrieben, das Temperaturniveau auf die benötigte Netztemperatur. Damit kann der Speicher zwischen einer oberen Temperatur von ca. 95 °C und einer Temperatur von 10 °C optimal betrieben werden. Der solare Nutzwärmeertrag erhöht sich laut Simulationsrechnungen durch die Wärmepumpe um 150 bis 200 MWh/a.

Das Wärmeversorgungssystem wird ohne hydraulische Entkoppelung bis zur Wohnungsübergabe geführt. Die Heizsysteme werden vom Nahwärmenetz direkt über Wohnungsübergabestationen versorgt. In einem Teil der Wohnungen wurden Radiatoren mit seriell nachgeschalteten Fußbodenheizungen kombiniert. Die Warmwasserbereitung erfolgt nach Bedarf im Durchflussprinzip mit einem Frischwassersystem, das in die Wohnungsübergabestationen integriert ist.

Seit April ist das solare Nahwärmesystem in Betrieb. Mit dem bisherigen Verlauf ist das ZAE Bayern zufrieden. Manfred Reuß freut sich insbesondere über die »zielgenaue« Netzurücklauftemperatur von 30 °C. »Die Netzurücklauftemperatur aus den Häusern war immer die grundlegende technische Problematik«, erläutert er. »Mit der jetzigen Konzeption haben wir die 30 °C mit Bravour hingebracht.« Kontrolliert wird dies durch laufende Messungen.



## Neue Energie für Sie

HaWi Energietechnik GmbH ist führender Systemanbieter für Solarstromtechnik, Windkraftanlagen, Blockheizkraftwerke, Biomasseheizanlagen und Solarthermie.

Seit 20 Jahren schätzen unsere Kunden unser breites Spektrum an Markenprodukten und Dienstleistungen, speziell im Bereich Photovoltaik:

- Beratung, Planung und Projektierung
- Markenmodule von führenden deutschen und japanischen Herstellern
- Wechselrichter, Generatoranschlusskästen, Befestigungssysteme, Kabel und Zubehör
- Komplettsysteme oder Einzelkomponenten

Profitieren auch Sie von unserer Erfahrung – gemeinsam führen wir Ihre Solarstromprojekte zum Erfolg!

**HAWI – SOLUTIONS IN ENERGY**

BAYERNS  
BEST 50  
PREISTRÄGER 2007



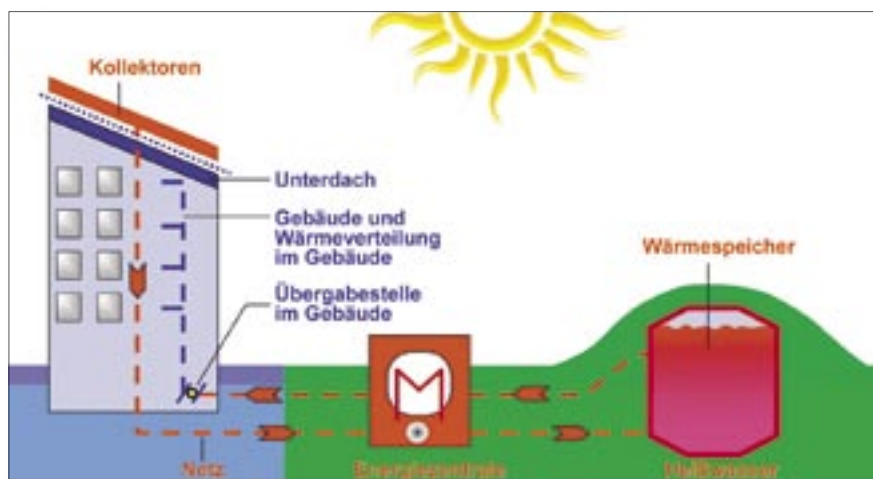
**SCHOTT**  
solar  
Vertragshändler

**HaWi Energietechnik GmbH**  
**Fachgroßhandel für Energietechnik**

Scherrwies 2 | 84329 Rogglfing | Deutschland  
Telefon +49 8725 9664-0 | Fax +49 8725 9664-96  
info@hawi-energietechnik.de | www.hawi-energietechnik.de

Italien | Spanien | Frankreich | Griechenland

Blick in die Heizzentrale:  
Wenn die Wärme aus der Solaranlage nicht ausreicht, heizt eine 1,4 MW fernwärmebetriebene Absorptionswärmepumpe nach (rechts im Bild).



Das solare Nahwärmenetz versorgt vier Wohnblöcke und acht Stadthäuser mit Wärme (unten). In jedem Gebäude ist eine Übergabestation untergebracht (oben).

Grafiken (2): Referat für Gesundheit und Umwelt der Stadt München

### Solare Nutzwärmekosten sinken deutlich

Der Langzeitwärmespeicher am Ackermannbogen ist ein Pilotprojekt der dritten Generation. Mit dem Programm Solarthermie 2000 hat die Bundesregierung seit 1995 bereits acht derartige solare Großanlagen mit vier unterschiedlichen Speicherkonzepten gefördert (Behälter-Wärmespeicher, Erdbecken-Wärmespeicher, Erdsonden-Wärmespeicher und Aquifer-Wärmespeicher). Die Projekte sind in Hamburg, Friedrichshafen, Hanno-

ver, Chemnitz, Steinfurt, Neckarsulm, Rostock und Attenkirchen zu finden.

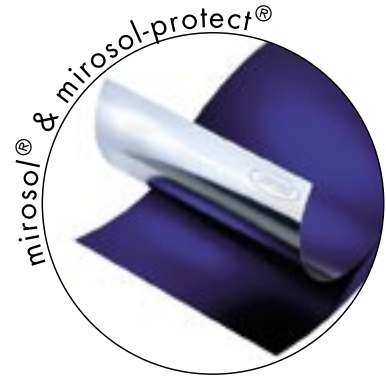
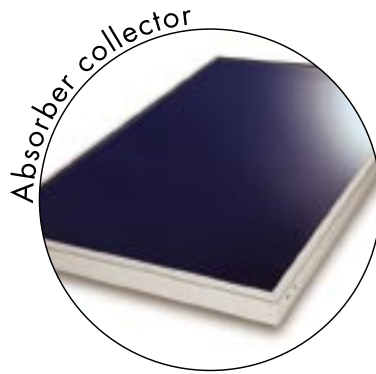
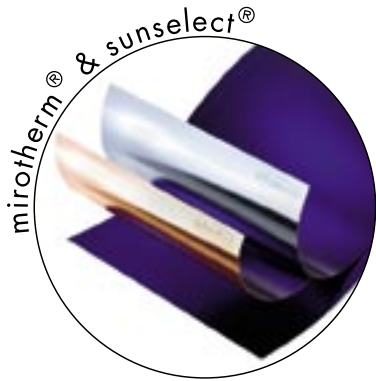
Mit der neuen Bauform in München sollten die Speicherbaukosten gesenkt und Speicherverluste reduziert werden. Trotz der aufwändigeren Konstruktion der dünnwandigen, vorgespannten Betonfertigteile und der gestiegenen Stahlkosten konnten die spezifischen Speicherbaukosten am Ackermannbogen auf 160 €/m<sup>3</sup> Speichervolumen reduziert werden. Das sind etwa 20 % weniger als bei den Behälterwärmespeichern in Hamburg oder Hannover. Durch die neue Speicherkonstruktion und die neuen Dämmmaterialien sollen die Speicherverluste nur rund 15 % betragen. Bei den Speichern der ersten Generation in Hamburg und Friedrichshafen liegen sie noch bei 35 %, bei der zweiten Generation in Hannover bei 25 %.

Für die solaren Nutzwärmekosten hat das ZAE 0,24 €/kWh ermittelt. Damit sind die Kosten pro Kilowattstunde etwa doppelt so hoch wie eine Kilowattstunde Fernwärme der Münchner Stadtwerke, dies allerdings bei CO<sub>2</sub>-Neutralität. Auch wenn die Solarwärme am Ackermannbogen damit noch deutlich von der Wirtschaftlichkeit entfernt ist, sieht Dirk Mangold darin einen großen Fortschritt. »Ende 1996 lag eine Kilowattstunde aus den ersten solaren Großprojekten in Hamburg oder Friedrichshafen noch bei dem Vierfachen des konventionellen Preises für Fernwärme. Heute sind wir nur noch doppelt so teuer.« Wenn die Technik so voranschreite, wie sie es derzeit tue, könne man davon ausgehen, dass die Solarwärme aus saisonalen Wärmespeichern ab 2020 wettbewerbsfähig sei.

Außerdem, betont Mangold, dürfe man nicht vergessen, dass es sich um ein Forschungsprojekt handle und dieses daher auch bezuschusst werde. Die Ergebnisse aus diesem Projekt fließen in künftige Vorhaben ein und tragen dazu bei, dass Solarwärme in Wohnsiedlungen in absehbarer Zukunft wirtschaftlich wird. Den Bewohnern kann die Preisdiskussion egal sein. Sie zahlen den gleichen Wärmepreis, den alle Münchnerinnen und Münchner für eine Kilowattstunde Fernwärme zahlen. ☀

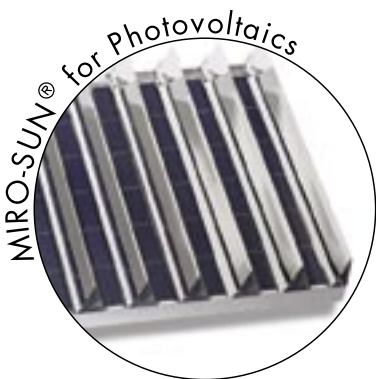
Ina Röpcke

# MIRO-SOLAR ALANOD ADVANCED ABSORBER-SURFACES



THE WORLD'S BEST SELLING ABSORBER MATERIAL

# MIRO-SOLAR ALANOD ADVANCED REFLECTOR-SURFACES



MIRO-SUN® – A REVOLUTION IN REFLECTION



Alanod-Sunselect GmbH & Co. KG · Sohnreistr. 21 · 37697 Lauenförde · Germany  
Phone: +49 5273 3676 - 0 · Fax: +49 5273 3676 - 869 · info@alanod-sunselect.de · www.alanod-sunselect.de

ALANOD Aluminium-Veredlung GmbH & Co. KG · Egerstr. 12 · 58256 Ennepetal · Germany  
Phone: +49 23 33 9 86 - 500 · Fax: +49 23 33 9 86 - 555 · info@alanod.de · www.alanod.de

[www.mirosolar.com](http://www.mirosolar.com)