

# SOLARE NAHWÄRME

# Friedrichshafen (Deutschland)

Neben der solaren Warmwasserbereitung initiieren immer mehr Kommunen Projekte, in den die Sonnenenergie auch zu Heiz- (oder Kühl-) zwecken genutzt wird. Diese Anlagen benötigen einen gemeinsamen Speicher, der über längere Zeit hinweg Warmwasser zur Einspeisung in ein lokales Wärmenetz liefern kann. Solche Anlagen liefern, je nach ihrer Dimensionierung, einen Beitrag von 40% bis zu 70% zum jährlichen Gesamtwärmebedarf einer Siedlung. Zusätzlich bieten innovative Techniken der Vernetzung oder der Einspeisung in das lokale Netz enorme Energiesparpotentiale gegenüber Einzelanlagen. In Friedrichshafen wird eine Wohnsiedlung mit fast 400 Wohneinheiten seit 1996 mit solarer Nahwärme versorgt. Die Sonne ist ein Energielieferant der Superlative: Auf die Erdoberfläche gelangt mit  $1,08 \cdot 10^{18}$  kWh jährlich mehr als 10.000-mal soviel Sonnenenergie wie insgesamt der Weltprimärenergiebedarf benötigt. In Deutschland sind es im Jahresdurchschnitt ca.  $115 \text{ W/m}^2$  oder jährlich etwa  $1200 \text{ kWh/m}^2$ . Nur ein Bruchteil davon kann wirklich genutzt werden. Davon lassen sich mit Hilfe der Solarthermie  $200 - 500 \text{ kWh/m}^2$  gewinnen. Deshalb liegt es nahe, diesen Energieüberfluss zur Stromerzeugung und für die Wärmeversorgung nutzbar zu machen.

## ALLGEMEINE ASPEKTE

Friedrichshafen liegt am nördlichen Ufer des Bodensees, im Südwesten Deutschlands. Mit seinen 57.500 Einwohnern ist Friedrichshafen ein wichtiger Messe- und Industriestandort in Baden- Württemberg. Es ist sowohl als touristisches Zentrum, aber auch als Stadt in welcher der 'Zeppelin' gebaut und getestet wurde, bekannt. Heute befinden sich in Friedrichshafen Unternehmen der Luft- und Raumfahrt, der Kraftfahrzeug- und mechanischen Industrie, als auch der Hochtechnologie.

### Klimadaten 2007 :

Heizgradtage: 3.285 K/d  
Jahresdurchschnittstemperatur : 10,41 °C



## Kontext

### *Energiepolitik der Stadt Friedrichshafen*

Die Messe- und Zeppelinstadt Friedrichshafen hat in den vergangenen Jahren durch die Neuprofilierung einer Leitbild-Diskussion den Stadtentwicklungsprozess über die Lokale Agenda 21 bis zur Teilnahme am Förderprogramm European Energy Award gestaltet und gefördert. Im Vordergrund stehen u.a. die Nachhaltigkeit des Klimaschutzes und des Energiemanagements durch projektorientierte Beteiligung der Bürger in Arbeitskreisen und Foren weiter zu verstärken.

Im Amt für Umwelt- und Naturschutz der Stadt Friedrichshafen, in der Energieberatung der Technischen Werke Friedrichshafen GmbH und durch die örtliche Energieagentur Bodenseekreis erhalten alle Bürger und Interessenten wichtige Hinweise und Impulse für den optimalen Energieeinsatz ihres häuslichen oder auch gewerblich/wirtschaftlichen Bereiches.



**Bild 1:** Innovative Technik in Wiggenhausen-Süd  
- Zeppelin-NT und modernste Solar- und Heizungstechnologie -

Regionale Förderprogramme der Gemeinden des Bodenseekreises, als auch überregionale Förderprogramme helfen z. B. den Bauherren und Planern von neuen Häusern/Einrichtungen die zahlreichen Vorteile der erneuerbaren Energiequellen in ihrem Konzept zu berücksichtigen und somit vom Baubeginn an, mit Hilfe der zur Verfügung stehenden Fördermittel Geld zu sparen.

Dabei werden diese Vorhaben nicht nur durch ausführliche Beratung gefördert, sondern auch durch Zuschüsse, die nicht zurückgezahlt werden müssen. Privathaushalte, wie auch Gewerbebetriebe können sich u.a. von ihrem Energieversorger, den Technischen Werken Friedrichshafen in seinem eigens hierfür geschaffenen Informationszentrum, der Energieberatung, umfangreiche Fachinformationen sowie Tipps und Hilfe holen.

Sowohl für Neuanlagen, als auch für Modernisierungsmaßnahmen, wird für den jeweiligen Haushalt und für die jeweiligen Bedürfnisse und den Geldbeutel passend, die entsprechende Energiequelle gemeinsam mit dem Interessenten erarbeitet.

Auch die Umweltbildung und Wissensvermittlung nimmt einen bedeutenden Stellenwert ein und wird in zahlreichen gut besuchten Seminaren und Veranstaltungen von Bürgern und Interessenten gern in Anspruch genommen.

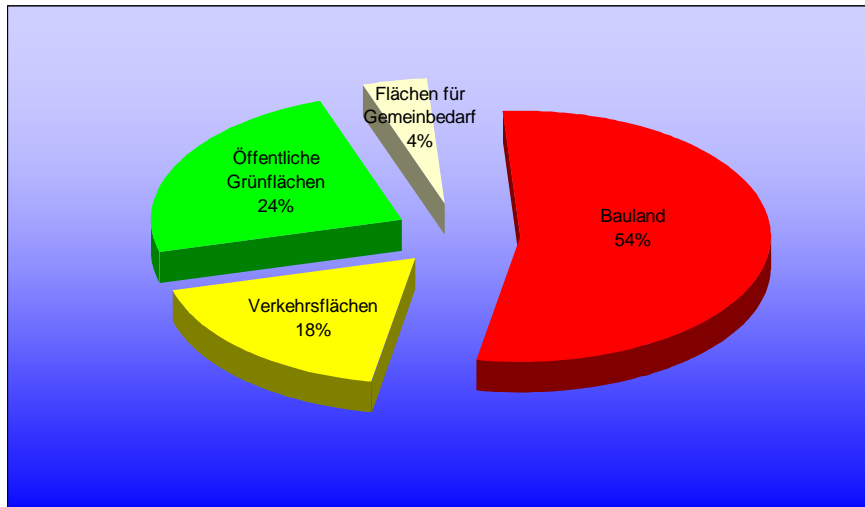
### ***Das städtebauliche Konzept***

Die politischen Entwicklungen Ende der 80er Jahre mit ihren starken Aus- und Übersiedlerzuwanderungen, zwang viele Städteplaner in Deutschland, und so auch in Friedrichshafen, zu der Einsicht, dass der kurz- und mittelfristigen Bedarf im Wohnungsbau nicht mehr mit den vorhandenen ausgewiesenen Baulücken und Wohnbauflächen gedeckt werden kann. Das Ziel glaubte man damals am ehesten mit dem Ansatz des hoch verdichteten Geschosswohnungsbaus in der Form städtischer geschlossener bis halboffener Blockrandstrukturen erreichen zu können. Einen bedeutenden Beitrag leistete die Stadt Friedrichshafen mit der Entscheidung des Gemeinderates und Technischen Ausschusses den Bebauungsplanes im August 1994 in Kraft zu setzen. In der Grundsatzentscheidung wurde festgelegt, die solarunterstützte Nahwärmeversorgung mit Langzeitspeicher als wesentlichen Bestandteil in die städtebauliche Gesamtkonzeption des Baugebietes Wiggenhausen-Süd zu integrieren und den Bauträgern einen ökologisch orientierten Leitfaden für die Planungsgestaltung der einzelnen Quartiere an die Hand zu geben. Parallel zur städtebaulichen Entwurfsarbeit wurde zusammen mit dem Institut für Thermodynamik (ITW) der Universität Stuttgart und dem Steinbeis-Transferzentrum Rationelle Energienutzung und Solartechnik- Stuttgart ein Konzept zur solaren Nahwärmeerzeugung mit Langzeitwärmespeicher als Pilotprojekt entwickelt.



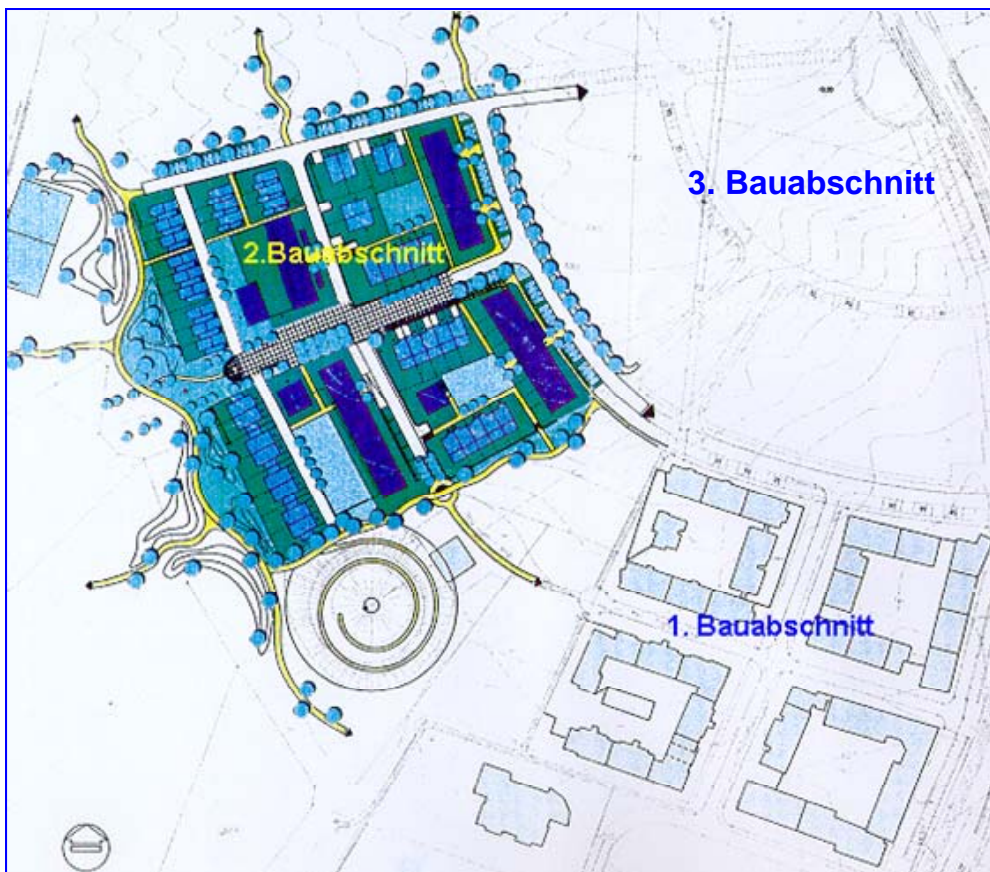
**Bild 2:** Solarstadt Wiggenhausen-Süd, 1. und 2. Bauabschnitt

Der städtebauliche Entwurf sah das Baugebiet in die Rotachauen zwischen einem landschaftsprägenden Galeriewald und den Ortsteilen „Löwentalsiedlung“ und „Wiggenhausen“ vor. Wichtige planungsrechtliche Grundsätze, wie die Sicherung des Galeriewaldbestandes und des Wasserhaushaltes, wurden im städtebaulichen Entwurf festgeschrieben. Hierdurch bedingt, traten bereits schon enorme Planungszwänge für die räumliche Anordnung und den Bau des Langzeitwärmespeichers auf.



**Bild 3:** Solarstadt Wiggenhausen-Süd Flächenbilanz

Das Gesamtprojekt Wiggenhausen-Süd gliedert sich in drei Bauabschnitte (BA). Die ersten beiden Bauabschnitte sind Bestandteil des Solarprojektes, während der 3. Bauabschnitt zwar an die Wärmeversorgung angeschlossen wird, aber keine Solarkollektoren erhält. Das Projekt wird städteplanerisch vom Stadtplanungsamt Friedrichshafen betreut.



**Bild 4:** Gliederung des Baugebietes

Für die vier Quartiere des ersten Bauabschnitts wurden 250 Wohneinheiten geplant. Nach Fertigstellung des ersten Bauabschnitts 1996 wurden jedoch insgesamt 280 Wohneinheiten an die Bauträger übergeben. Nachträglich wurde ein Kindergarten im Wohngebiet fertiggestellt und ebenfalls an die Wärmeversorgung angeschlossen. Der Wärmedämmstandard der errichteten Gebäude geht

Wiggenhausen-Süd 1.BA							Summe 1.BA		
Bauträger	MFH	Wohnfläche	PktH	Wohnfläche	REFH		Kollektorfläche	Wohneinheiten	
KBG	1	83 WE 5.600 m <sup>2</sup>	0		0		638 m <sup>2</sup>	83 WE	
SW	1	62 WE 5.652 m <sup>2</sup>	0		0		684 m <sup>2</sup>	62 WE	
LEG	1	63 WE 4.761 m <sup>2</sup>	0		0		750 m <sup>2</sup>	63 WE	
StWB	1	72 WE 5.372 m <sup>2</sup>	0		0		630 m <sup>2</sup>	72 WE	
KIGa	1	0 WE 1.552 m <sup>2</sup>	0		0		0 m <sup>2</sup>	0 WE	
		280 WE 22.937 m <sup>2</sup>					2.700 m <sup>2</sup>	280 WE	
21.385 m <sup>2</sup>									
Wiggenhausen-Süd 2.BA							Summe 2.BA		
Bauträger	MFH	Wohnfläche	PktH	Wohnfläche	REFH	Wohnfläche	Kollektorfläche	Wohneinheiten	
KBG	1	20 WE 1.500 m <sup>2</sup>	0	1.500 m <sup>2</sup>	10	10 WE 1.500 m <sup>2</sup>	400 m <sup>2</sup>	30 WE	
SW	1	20 WE 1.500 m <sup>2</sup>	0	1.680 m <sup>2</sup>	14	14 WE 1.680 m <sup>2</sup>	411 m <sup>2</sup>	34 WE	
LEG	1	24 WE 1.800 m <sup>2</sup>	1	4 WE 1.200 m <sup>2</sup>	10	10 WE 1.200 m <sup>2</sup>	545 m <sup>2</sup>	38 WE	
StWB geplant	1	20 WE 1.500 m <sup>2</sup>	1	4 WE 480 m <sup>2</sup>	8	8 WE 980 m <sup>2</sup>	400 m <sup>2</sup>	32 WE	
		64 WE 4.800 m <sup>2</sup>		4 WE 4.380 m <sup>2</sup>		34 WE 4.380 m <sup>2</sup>	1.356 m <sup>2</sup>	102 WE	
					<b>Summe gesamt 1. und 2. BA</b>		<b>34.945 m<sup>2</sup></b>	<b>4.056 m<sup>2</sup></b>	<b>382 WE</b>

**Tabelle 1:** Wiggenhausen-Süd, Bauangaben des 1. Bauabschnittes

weit über die Anforderungen der Wärmeschutzverordnung (WschVO 95) hinaus, so daß die Grenzwerte um ca. 20% unterschritten werden.

### Wiggenhausen-Süd, 2. Bauabschnitt

Zwischenzeitlich hat sich die Situation auf dem deutschen Wohnungsmarkt - und so auch in unserer Region - generell und grundlegend geändert. Die Nachfrage nach Wohnungen im verdichteten Geschosswohnungsbau ist stark zurückgegangen. Die Nachfrage nach Einfamilienhäusern und Reihenhäusern ist in der Zwischenzeit dagegen beträchtlich gestiegen. Diesem Trend folgend hat die Stadt Friedrichshafen den 2. Bauabschnitt städteplanerisch neu gestaltet. Die Wohndichte des 1. Bauabschnittes wird nun durch das Pendant einer aufgelockerten Bauweise in Form von Einfamilienhausstrukturen, Geschoßwohnbau mit reduzierter Anzahl der Stockwerke und Stadthausstypen ergänzt. Die architektonische Neugestaltung des 2. Bauabschnittes ist städtebaulich und auch sozialplanerisch sehr interessant, erschwert aber gleichzeitig durch die aufgelockerte Bebauungskonzeption eine zentrale Wärmeversorgung aller Quartiere und verursacht darüber hinaus eine gravierende Reduzierung nutzbarer Dachflächen für eine wirtschaftliche Unterbringung von Solarkollektoren. Durch den reduzierten Geschosswohnungsbau konnten statt der ursprünglich geplanten 2.700 m<sup>2</sup> Kollektorfläche nur ca. 1.356 m<sup>2</sup> installiert werden. Die Leitungslängen des Kollektor- und Nahwärmenetzes vergrößern sich durch die räumliche Ausdehnung ebenfalls und damit auch die Wärmeverluste und Kosten. Die Wärmeabnahme des 2. BA wird sich dagegen durch die aufgelockerte Bebauung gegenüber dem Wärmeversorgungskonzept reduzieren. Bedingt durch die höhere Anzahl der Wärmeübergabestationen (ca. 50 Stück) treten hohe Kosten auf, die eine wirtschaftliche Wärmeversorgung z. T. in Frage stellen. Die Erschließung des Geländes für den 2. Bauabschnitt begann im Frühjahr 2000.

### Das Finanzierungskonzept

Ganzheitliche Energiekonzepte in neuen Wohngebieten erfordern in immer stärkerem Maße alle Möglichkeiten und Komponenten der Energieeinsparung, der rationellen Energieversorgung und den Einsatz erneuerbarer Energiequellen bereits schon in der frühen Planungsphase einer besonders kritischen Prüfung unter dem Aspekt der Energieeffizienz und Nachhaltigkeit sowie einer wirtschaftlich-, technischen- Realisierbarkeit zu unterziehen.

In gemeinsamer Zusammenarbeit des Institutes für Thermodynamik (ITW) der Universität Stuttgart (technische und wissenschaftliche Betreuung) und dem Steinbeis-Transferzentrum Rationelle Energienutzung und Solartechnik- Stuttgart (Planung des Pilotprojektes) wurden diese entscheidungsrelevanten Studien und Prognosen bereits im Vorfeld erarbeitet.

Durch frühzeitige und engagierte Beteiligung einiger kompetenter Wohnungsbaunternehmen, der Kommune sowie den Technischen Werken Friedrichshafen, konnte das in Deutschland (zu diesem Zeitpunkt) größte Solarprojekt entstehen.

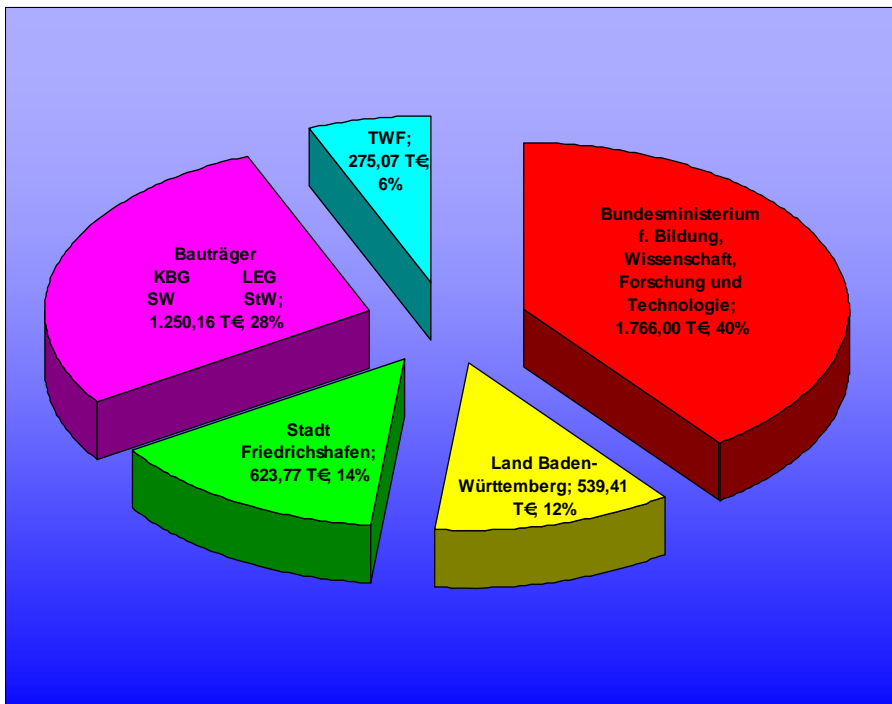
Das Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (Forschungsprogramm "Solarthermie 2000") förderte den Bau des Langzeitspeichers und der Wärmeversorgung mit insgesamt 40 % der Gesamtkosten in Höhe von 4.454,41 T€.

Das Land Baden-Württemberg förderte das gesamte Pilotprojekt mit 539,41 T€, entsprechend 12%.

Weitere wichtige Förderer sind die Bauträger mit privatwirtschaftlichen Baukostenzuschüssen in Höhe von 1.250,16 T€ ( 28 %) der Gesamtkosten für den Anschluss an die Wärmeversorgung und an die Solaranlage.

Die Solarkollektoren des ersten Bauabschnittes wurden durch das Bundesland Baden-Württemberg mit 9 % der Gesamtkosten gefördert.

Von der Stadt Friedrichshafen wurde das Pilotprojekt mit 623,77 T€ ( 28%) bezuschusst. Die Technischen Werke Friedrichshafen beteiligten sich mit 275,07 T€ ( 6%) an dem Pilotprojekt. die Solaranlage.



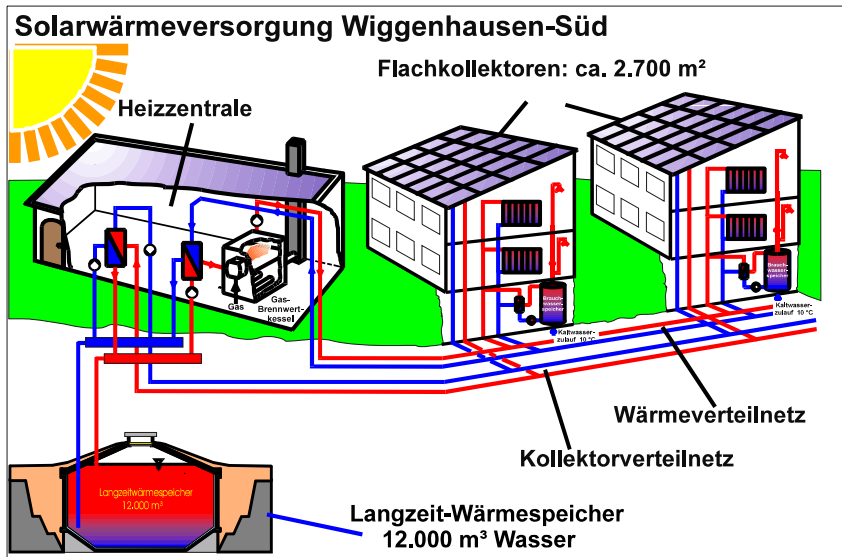
**Bild 5:** Finanzierung des 1. und 2. Bauabschnittes

Die Technischen Werke Friedrichshafen GmbH sind Eigentümer und Betreiber der gesamten solaren Nahwärmeversorgung mit Langzeitspeicher und übernehmen gleichzeitig das Bau- und Betreiberrisiko mit der Ausgleichsübernahme bei Kostenüberschreitungen, das Risiko der Erschließungsgeschwindigkeit und das Risiko Änderung des Bebauungsplanes (Städtische Wohnungsbaugesellschaft Friedrichshafen mbH, 3. Bauabschnitt).

### **Das Wärmeversorgungskonzept der Solarstadt Wiggenhausen-Süd**

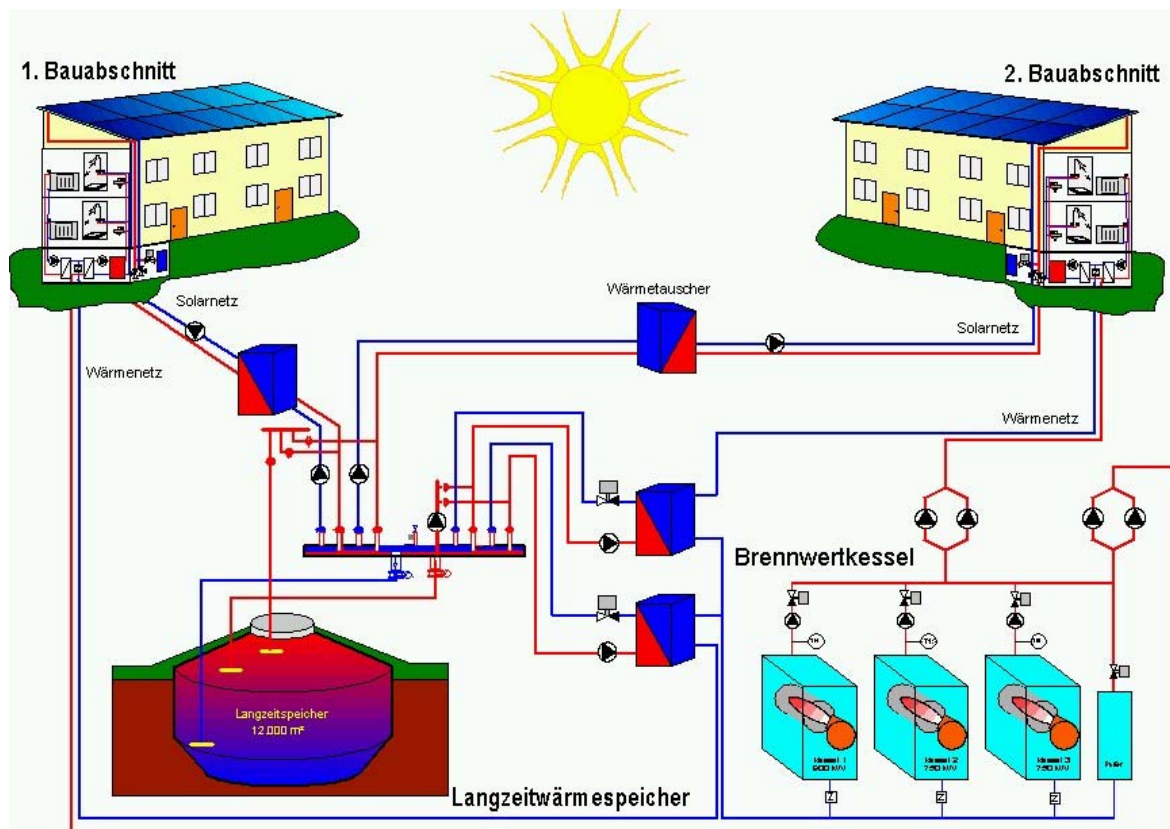
Auf den Dächern der Mehrgeschossgebäude des ersten und zweiten Bauabschnittes wurden bis 31.12.2007 insgesamt 4.056 m<sup>2</sup> Solarkollektoren installiert. Die im Sommer erzeugte Solarwärme wird über ein separates Solarwärmeverteilnetz (Solarnetz) in den Speicherladekreis des Langzeitwärmespeichers in der Heizzentrale eingekoppelt. Das Solarnetz wird mit einem Wasser/Glycolgemisch betrieben, um in den Wintermonaten ein Einfrieren der Solarkollektoren und

Rohrleitungen zu verhindern. Aus diesem Grund kann das Solarnetz seine Solarenergie nur über einen Wärmetauscher an den saisonalen Langzeitwärmespeicher abgeben.



**Bild 6:** Das solare Nahwärmekonzept

Der Langzeitwärmespeicher ist ein in sich geschlossenes System und wird bei Sonneneinstrahlung vom Solarnetz auf Temperaturen zwischen 40°C und 90°C erwärmt. Die Entladung der gespeicherten Nutzwärme des Langzeitspeichers in das Nahwärmeverteilnetz (Wärmenetz) erfolgt über einen weiteren Wärmetauscher, um das Nahwärmenetz vom Langzeitwärmespeicher zu trennen. Die Auskopplung der erforderlichen Wärme für die Heizung und Warmwasseraufbereitung der einzelnen Quartiere erfolgt in Wärmeübergabestationen wiederum über einen Wärmetauscher.



**Bild 6:** Anlagenschema der solaren Wärmeversorgung Wiggenhausen-Süd

In der Heizzentrale, die sich in einem separatem Gebäude befindet, stehen Gas-Brennwertkessel, welche die Wärmeversorgung des Wärmenetzes auch dann gewährleisten, wenn die solare Einstrahlung an trüben Tagen zur Deckung des Wärmebedarfs der Siedlung nicht mehr ausreicht.

Die Besonderheit des Pilotprojektes Wiggenhausen-Süd sah vor, daß ca. 48% des Gesamtwärmebedarfes der 570 Wohnungen für die Raumheizung und Warmwasserversorgung mit Solarenergie gedeckt werden.

### **Die Solarkollektoren**

Hauptbestandteil der Solaranlage sind die für den ersten Bauabschnitt geplanten Solar-Flachkollektoren mit einer Fläche von 2.700 m<sup>2</sup>. Die Aperturfläche der einzelnen Module liegt je nach Hersteller zwischen 7,5 m<sup>2</sup> und 12,5 m<sup>2</sup>.

Die Montage der Kollektoren erfolgte teils auf dem Dach aufgeständert, teilweise wurden die Kollektoren auch in das Dach integriert.

<b>Kollektorfelder-Typen Wiggenhausen-Süd 1+2 BA</b>		
Kollektorfelder BA 1 aufgeständert	<b>Arcon</b> (KBG, LEG, Städt.Wohnbau)	2.017 m <sup>2</sup>
Kollektorfelder BA 1 integriert	<b>Paradigma</b> (Siedl. Werk)	683 m <sup>2</sup>
Kollektorfelder BA 2 SolarRoof integriert	<b>Wagner</b> (Siedlungswerk, LEG)	956 m <sup>2</sup>
Kollektorfelder BA 2 aufgeständert	<b>Arcon</b> (KBG)	400 m <sup>2</sup>
		4.056 m <sup>2</sup>

**Tabelle 2:** Kollektorfelder Stand 2007



**Bild 6:** Blick auf das Wohngebiet „Am Meistershofer Holz“ 2.BA

Die Kosten für die Beschaffung und Fertigmontage der Kollektorfelder belaufen sich je nach Kollektortyp auf ca. 150 €/m<sup>2</sup> bis zu 250 €/m<sup>2</sup>.

Die Solarkollektoren sind so untereinander verschaltet, dass die Anlage mit einem Durchfluss von ca. 14 l/m<sup>2</sup>h betrieben wird. Die Kollektoren liefern an sonnigen Tagen Leistungen bis zu 1.500 kW. Der Abnahmeprozess der Solarenergie in der Heizzentrale startet erst dann, wenn die erforderliche Temperatur im Solarkreis erreicht ist.

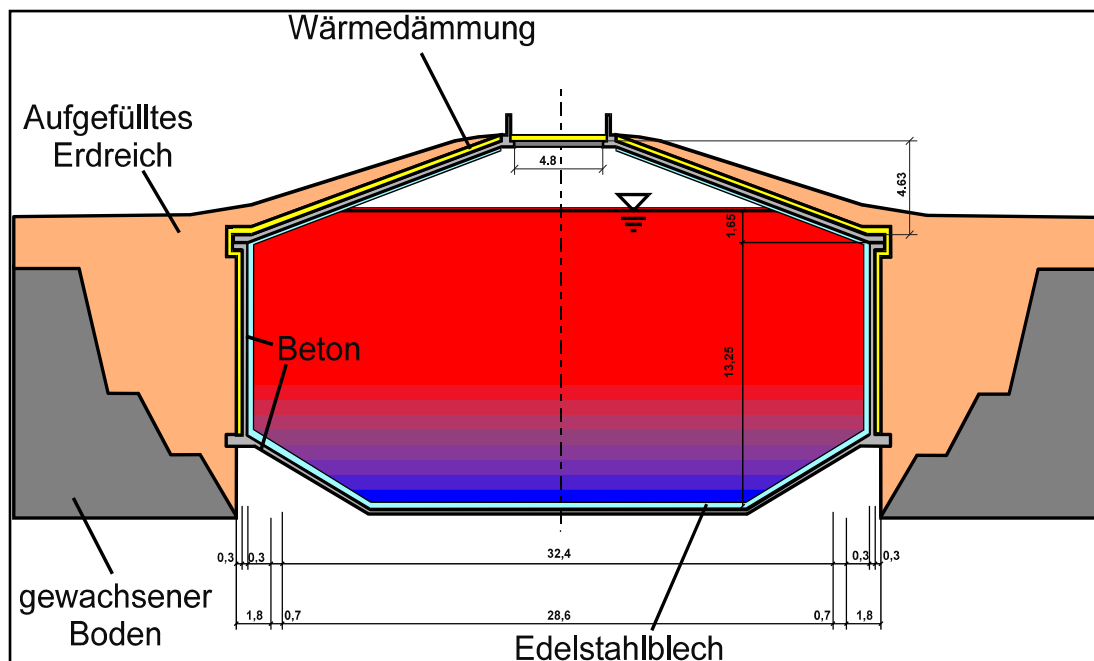
Liefert die Solaranlage mehr Energie als die Verbraucher benötigen, wird der Überschuss in den Langzeitwärmespeicher geladen.

### **Der Langzeitwärmespeicher**

Der Langzeitwärmespeicher wurde als hydraulisch druckloser zylindrischer Stahlbetonbehälter mit einem kegelförmigen Boden und Deckel ausgeführt. Durch diese Form mit einem optimalen Volumen/Oberflächenverhältnis konnten die Baukosten des Langzeitwärmespeichers erheblich gesenkt werden. Der Deckel und die Seitenwand des zylindrischen Behälters wurden mit einer 30 cm bzw. 20cm starken Wärmedämmung aus Mineralwolle versehen.

Um den Beton und die Wärmedämmung gegen Wasserdampfdiffusion des Speichers zu schützen, wurde der Behälter innen mit einem Edelstahlblech (1,25 mm) ausgekleidet.

Der Langzeitwärmespeicher ist vollständig mit Erdreich überdeckt, so daß lediglich eine Erhebung und der Anschlußdom sichtbar sind.



**Bild 3:** Wiggenhausen-Süd, Langzeitwärmespeicher 12.000 m<sup>3</sup>

### **Das Kollektor- und Wärmeverteilnetz**

Das erdverlegte Kollektor- und Wärmeverteilnetz zwischen den Gebäuden und der Heizzentrale ist als Vierleitersystem ausgelegt. Es erfolgt also eine konsequente Trennung zwischen dem Solarnetz und dem Nahwärmeverteilnetz. Die Leitungen bestehen aus Stahlrohren mit einer Kunststoffummantelung als Wärmedämmschicht. Beide Leitungssysteme besitzen ein integriertes Leckageüberwachungssystem, damit eine Durchfeuchtung der Wärmedämmung frühzeitig erkannt wird.

Das Solarnetz transportiert mit seinem Wasser/Glycolgemisch die aufgenommene Solarenergie über Wärmetauscher in den Langzeitwärmespeicher.

Bei Wärmebedarf im Wärmeverteilnetz wird bis zu 95 °C heißes Wasser aus der oberen Schicht des Langzeitwärmespeichers entnommen und über einen Wärmetauscher an das im Wärmeverteilnetz zirkulierende Wasser des Netz-Rücklaufes (niedrige Temperatur) abgegeben.

Liegt die Temperatur des Wassers aus dem Speicher unter der erforderlichen Netz-Vorlauftemperatur des Wärmeverteilnetzes, wird mit den Gas-Brennwertkesseln der Heizzentrale nachgeheizt.

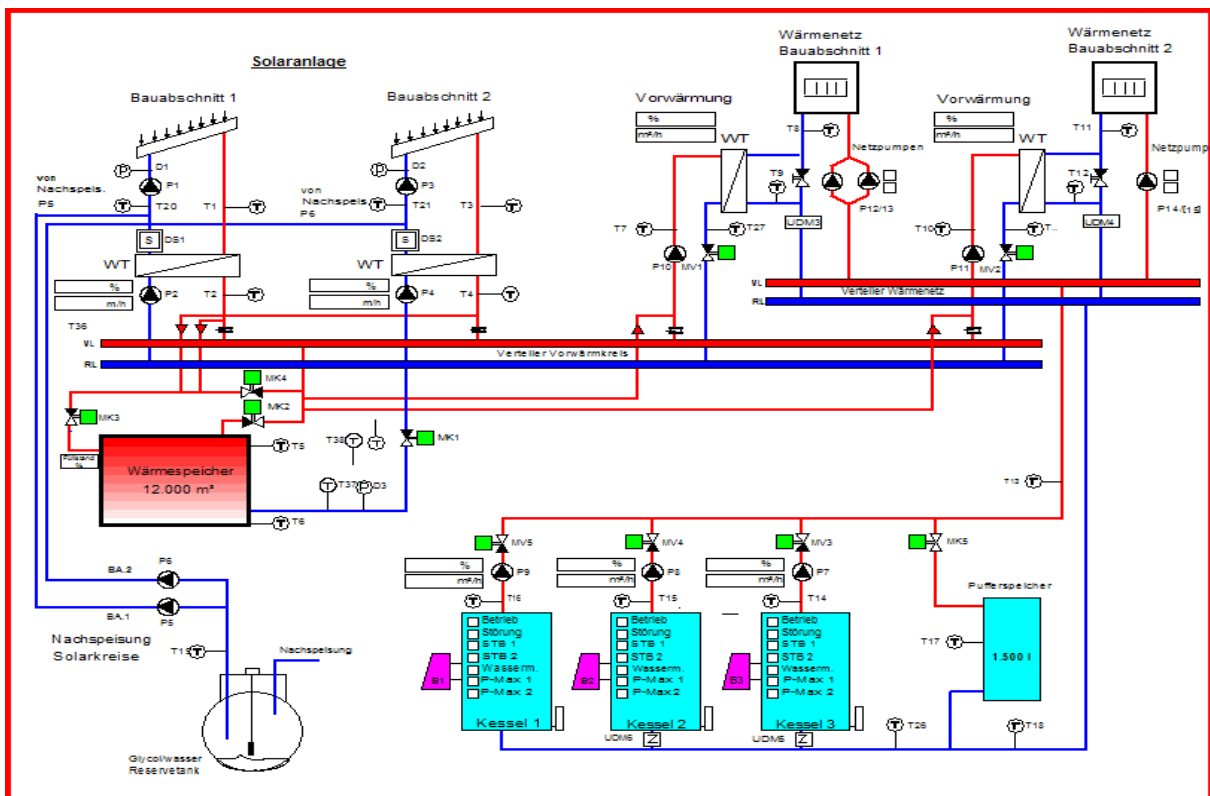
### Die Heizzentrale

In einem separaten Gebäude neben dem Langzeitwärmespeicher ist die Heizzentrale des gesamten Wohngebietes untergebracht.

Die Heizzentrale ist das Kernstück der Nahwärmeversorgung. Von hier aus erfolgt die Steuerung des Energietransportes der Solaranlage und des Nahwärmeverteilnetzes für alle Bauabschnitte.

Hier sind die wichtigsten Komponenten moderner Heizungstechnik und Solartechnik untergebracht und miteinander verbunden:

- 2 Gas-Brennwertkessel mit einer Leistung von ca. 1.700 kW
- Pumpen und Wärmetauscher des Solar- und Wärmenetzes
- Druckhaltung des Solar- und Wärmenetzes
- Wasseraufbereitung des Wärmenetzes
- Meß-, Steuer- und Regeltechnik



**Bild 7:** Anlagen- und Hydraulikschema der Heizzentrale

### Die Wärmeübergabestationen

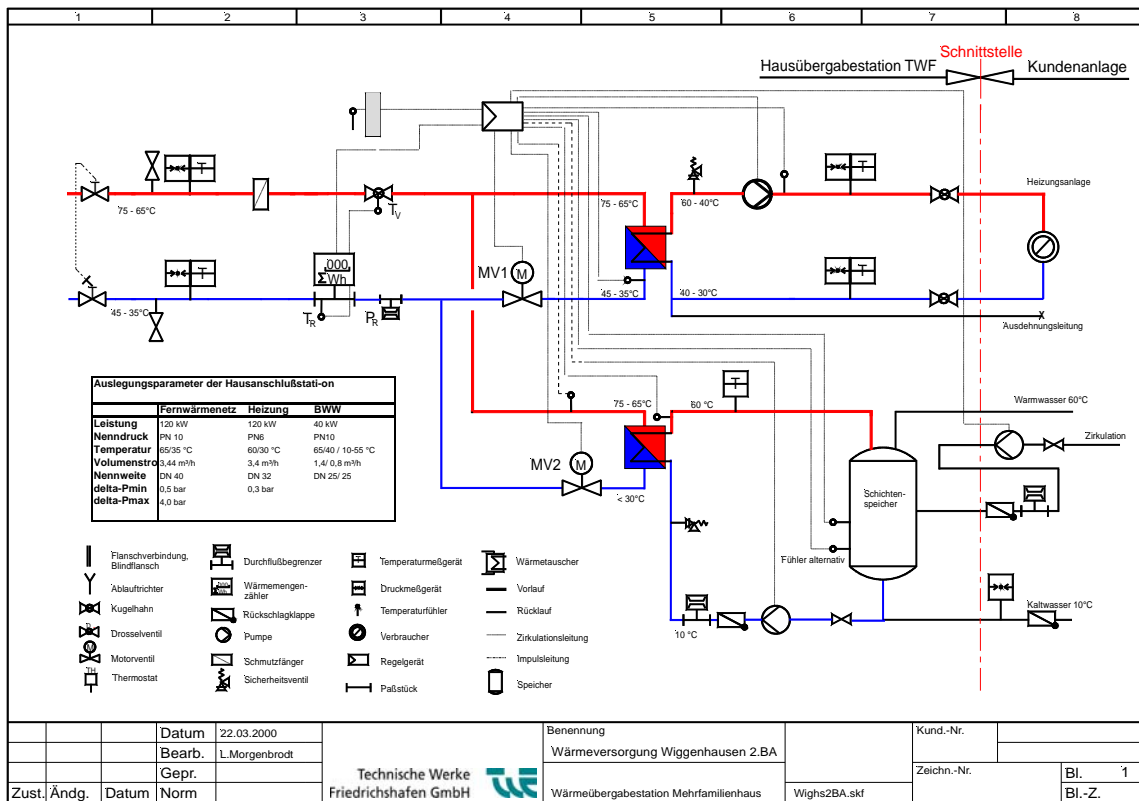
Die Wärmeübergabestationen stellen das Bindeglied zwischen dem Wärmeversorgungsnetz und den mit Wärme zu versorgenden Häusern dar.

Alle Wärmeübergabestationen des ersten Bauabschnittes sind für den indirekten Betrieb am Wärmenetz ausgelegt.

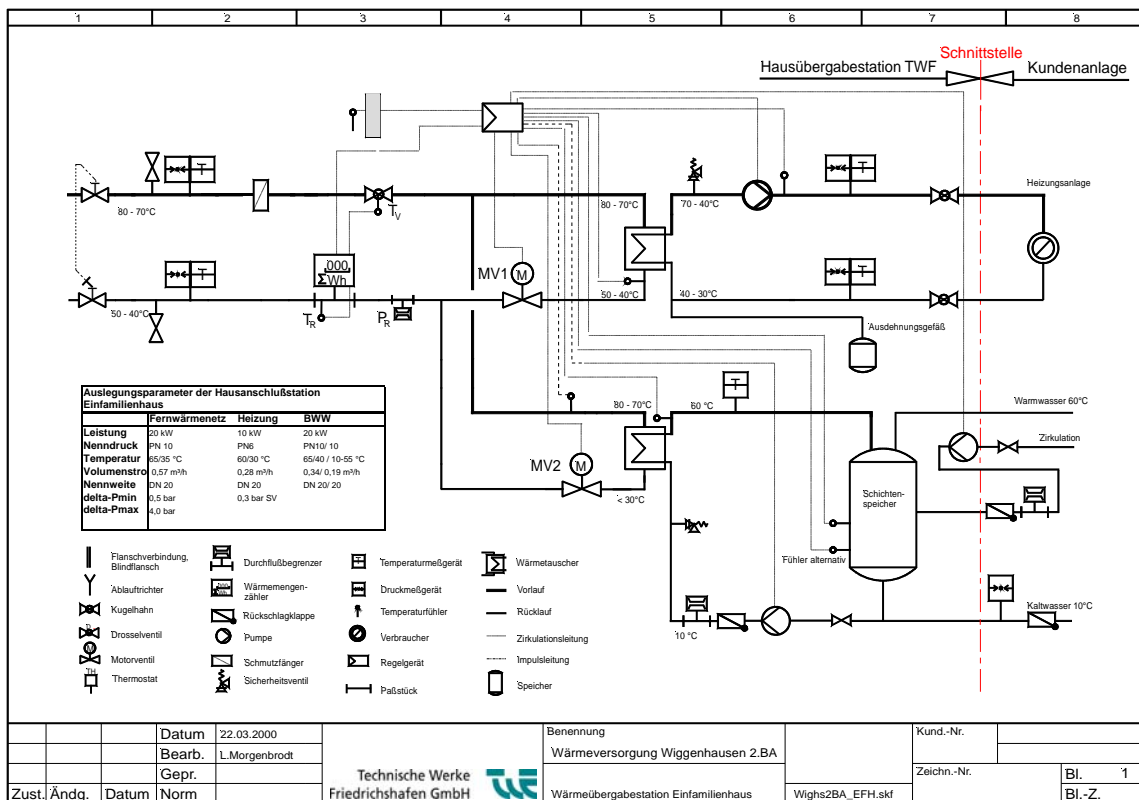
Die besondere Funktion der Wärmeübergabestationen in dieser Betriebsart besteht in der absoluten Trennung der hydraulischen Systeme des Wärmeversorgungsnetzes und der Heizungsanlage der Häuser durch einen Wärmetauscher.

Störungen jedweder Art im nachgeschalteten hausseitigen Heizungsnetz oder der Warmwasseraufbereitung haben keine unmittelbaren Auswirkungen auf die hydraulische Stabilität des Wärmenetzes. Reparatur- und Änderungsarbeiten an der Heizungsanlage in den einzelnen Häusern haben somit keine Rückwirkungen auf die Wärmeversorgung der übrigen Häuser.

Die Versorgungssicherheit des Wärmeversorgungsnetzes wird ebenfalls verbessert.



**Bild 8:** Hausübergabestation eines Mehrfamilienhauses



**Bild 9:** Hausübergabestation eines Einfamilienhauses

Die Wasseraufbereitung, Nachspeisung und die Druckhaltung für das Wärmeversorgungsnetz

reduzieren sich in der Dimensionierung und den Kosten erheblich. Für die Warmwasseraufbereitung in den Gebäuden wurde das Speicherladeprinzip mit Schichtenspeicher und externen Wärmetauscher eingesetzt.

Zur Erfassung und Abrechnung der an die Gebäude gelieferten Wärmemenge ist in jeder Wärmeübergabestation ein Wärmemengenzähler eingebaut.

**Investitionskosten / Wirtschaftlichkeit**

Für den ersten und zweiten Bauabschnitt der solaren Nahwärmeversorgung entstanden Investitionskosten in Höhe von ca. 4.327 T€

Die Kostenbestandteile gliedern sich wie folgt auf:

- Solarkollektoren (Planung, Solarkollektoren, Solarnetz, Glykoltank) 1.586 T€
- Langzeitwärmespeicher (Planung, Baukosten, Wä-Dämmung, Diffusionssperre, Be- Entladeltg.) 1.542 T€
- Heizzentrale (Planung, Gebäude, Heiztechnik, Solartechnik, EMSR-Technik, Vorleistungen 2.BA) 632 T€
- Wärmeverteilnetz (Planung, Projektleitung, Inbetriebnahme) 377 T€
- Sonstiges (Planung, Projektleitung, Inbetriebnahme, Dokumentation, Gebühren) 190 T€
- **Gesamtaufwand 1. und 2. BA** **4.327 T€**

Eine detaillierte Unterteilung der Kosten würde den Rahmen dieser Dokumentation überschreiten.

Für die Solaranlage und den Langzeitwärmespeicher wurden insgesamt 3.128 T€ aufgewendet.

Bei 382 fertig gestellten Wohnungen ergibt sich ein Aufwand von 8,2 T€ pro Wohnung. Die Wärmeversorgung des Kindergartens ist hier nicht eingerechnet.

Die Brennstoff-Kennzahl, der jährliche Energieverbrauch pro m<sup>2</sup> Wohnfläche, liegt im ersten und zweiten Bauabschnitt bei ca. 92 kWh/m<sup>2</sup>a.

Verwendungszweck 1.BA	Im Zuwendungsbescheid vorgesehene Kosten		1.95583
Heizzentrale	1.076 TDM	550.150 €	
Langzeitspeicher	3.002 TDM	1.534.898 €	
Solarkollektoren 2.700m <sup>3</sup>	1.837 TDM	939.243 €	
Solarnetz	283 TDM	144.696 €	
Wärmenetz	203 TDM	103.792 €	
Sonstiges, Nebenkosten	370 TDM	189.178 €	
Externe Planung	432 TDM	220.878 €	
<b>Summe 1.BA</b>	<b>7.203 TDM</b>	<b>3.682.835 €</b>	
Verwendungszweck 2.BA	Im Zuwendungsbescheid vorgesehene Kosten		Innerhalb des Zeitraumes bis 31.12.2004 gezahlten bzw. anfallenden Kosten
Einbindung Solaranlage in die He	160 TDM	81.807 €	72.715 €
Einbindung Langzeitspeicher in d	15 TDM	7.669 €	26.676 €
Solarnetz	113 TDM	57.776 €	109.420 €
Solarleitungen in den Gebäuden	145 TDM	74.137 €	80.562 €
Solarübergabestationen	24 TDM	12.271 €	17.950 €
Kollektorflächen 1550m <sup>3</sup>	700 TDM	357.904 €	327.411 €
Externe Planung	103 TDM	52.663 €	86.241 €
<b>Summe 2.BA</b>	<b>1.260 TDM</b>	<b>644.228 €</b>	<b>720.975 €</b>
<b>Summe 1.+2.BA</b>	<b>8.463 TDM</b>	<b>4.327.063 €</b>	

**Tabelle 3: Kostenaufwand 1. und 2.BA**

## Resümee

### **Städtebaulicher Aspekt**

Die Gestaltung moderner Wohnbaustrukturen im Stil des hochverdichteten Geschossbaus auch mit aufgelockerten Komponenten hat in Wiggenhausen-Süd mit dem Fertigstellung des 1. Bauabschnittes Grenzen aufgezeigt. Diese sind einerseits geprägt von den Wünschen und Vorstellungen der Bauherren, Architekten und Planer mit wirtschaftlichem Aufwand Wohnraum zur Verfügung zu stellen, der auch von den zukünftigen Eigentümern und Mietern akzeptiert und angenommen wird. Andererseits steigt der Bedarf an finanziellen Mitteln für zentrale energieeffiziente Wärmekonzepte immer mehr, je kleiner die Wohnbaustrukturen sind. Auf dem Dach eines Einfamilienhauses/Reiheneinfamilienhauses sind der Montage von größeren zusammenhängenden Kollektorfeldern Grenzen gesetzt. Die Bestückung einer Dachfläche unter 100m<sup>2</sup> mit Solarkollektoren und deren Einbindung in eine zentrale Nahwärmeversorgung ist momentan einfach nicht wirtschaftlich. Die Aufwendungen für Hausübergabestationen, Rohrleitungen, Hausanschlüsse sind erheblich. Dagegen steigt die Nachfrage nach Einfamilienhausbebauungen weiterhin stetig an.

### **Wärmeversorgungskonzept/ Wärmenetze**

Das geplante und ausgeführte System der Wärmeversorgung mit getrennten Kollektor- und Wärmeleitungen hat sich seit Inbetriebnahme im Jahr 1997 als stabil, betriebsicher und zuverlässig erwiesen.

In dieser Zeit traten keine Betriebsunterbrechungen, Störungen oder Leckagen an den Leitungsnetzen auf. In Verbindung mit der in der Heizzentrale vorhandenen Technik konnte eine hohe Versorgungssicherheit gewährleistet werden.

Als überaus kostenintensiv haben sich Feuchtigkeitsstörungen in der Wärmeisolierung sowohl der Kollektor- als auch der Wärmeleitungen erwiesen. Die beauftragten Rohrleitungsbauunternehmen haben trotz Spezialisierung für Wärmeleitungen Montagefehler (unsachgemäße Ausführung) verursacht, welche erst Jahre später durch das Feuchteüberwachungssystem als Störung gemeldet wurden.

### **Solarkollektoren**

In beiden Bauabschnitten kamen aufgeständerte als auch integrierte Solarkollektoren zum Einsatz. Nicht alle Bauherren und ihre Architekten und Fachplaner waren bereit Solarroof-Dächer zum Einsatz zu bringen. Die Frage der optimalen Gebäudeausrichtung innerhalb des gesamten Stadtteils wurde zum Teil den sozialen Anforderungen an die städtebauliche und grünordnerische Gestaltung unterworfen. Die Ausrichtung der Kollektorfelder liegt zwischen 25° SW bis 70° SWW (Süden=0°). Ebenso wurde die Planung und Ausführung der Dachneigung der Kollektorfelder zwischen 20° und 25° energetisch nicht annähernd optimal gestaltet. Empfehlenswert sind hier Dachneigungswinkel zwischen 30° und 45°. An den seit 1995 montierten Solarkollektoren traten bisher keine nennenswerten Schäden auf. Insgesamt mussten ca. 4 Kollektorscheiben ausgetauscht werden. Die Schadensursachen war nicht eindeutig zu klären. Ursachen können in Spannungsrissen durch sehr starke thermische Belastung oder aber auch Vandalismus zu suchen sein.

### **Langzeitwärmespeicher**

Die überwiegende Beladung des saisonalen Langzeitspeichers erfolgt in den Monaten April bis September. Die Nutzbarkeit der gespeicherten Wärme ist in den Monaten Dezember bis März durch relativ hohe Rücklauftemperaturen des Wärmenetzes nicht energetisch z.Zt. nicht mehr möglich.

Die solid stabile Konstruktion des Langzeitspeichers hat wesentlich dazu beigetragen, dass bisher keinerlei Leckagen zu verzeichnen waren.

Energetisch nachteilig erweist sich immer mehr die Tatsache, dass durch die Grundwasserhaltung des Speichers enorme Wärmemengen abgeführt werden, da der Langzeitspeicher im Bodenbereich nicht wärmegeämmt ist (Statik). Die Annahme der Planer, dass nach einer gewissen Betriebszeit des Wärmespeichers eine Sättigung der Umgebungstemperatur im Erdreich auftritt, ist damit widerlegt. Die Durchfeuchtung der Mineralwolle-Wärmedämmung im unteren seitlichen Bereich lässt sich im Laufe der Jahre am deutlichen Temperaturanstieg des Erdreiches erkennen.

### **Heizzentrale**

Die Heizzentrale mit ihren Komponenten wurde im wesentlichen nach den Technischen Regeln der konventionellen Heizungstechnik ausgelegt. Die Heizzentrale ist für die maximal zu erwartende Heizleistung des Wohngebietes ausgelegt. Durch die redundante Auslegung mit zwei Gasbrennwertkesseln konnte seit Inbetriebnahme ein stabiler, betriebsicherer und zuverlässiger Betrieb der Solarstadt Wiggenhausen-Süd abgesichert werden. Die eingesetzte DDC-Regelung musste durch unermüdliche, intensive Betreuung an die Besonderheiten des Solarbetriebes angepasst und optimiert werden.

### **Wärmeübergabestationen**

Im ersten Bauabschnitt wurden alle vier Hausübergabestationen durch unterschiedliche Firmen geplant und realisiert. Das Ergebnis waren zum Teil erheblich eingeschränkte hydraulische und thermische Betriebszustände, welche durch erhöhte Rücklauftemperaturen im Wärmenetz zu verzeichnen waren. Gemeinsam mit den Firmen wurden die Hausübergabestationen in den ersten zwei Jahren nach besten Können und Vermögen an einen akzeptablen Betrieb angepasst. In allen weiteren Wärmeanlagen der TWF wurden ab 1998 konfektionierte Kompakt-Wärmeübergabestationen mit gutem Erfolg eingesetzt. Dies ist besonders auch für die Wartung und Instandhaltung der gesamten Anlagentechnik erforderlich, um hier ein einheitliches Anlagenkonzept und gleich Baugruppen zum Einsatz bringen.

### **Wärmebilanz**

Insgesamt bestätigen die bisher in Deutschland realisierten Solarprojekte mit Kurz- oder Langzeitwärmespeicher – und so auch der mit Erfolg betriebene erste und zweite Bauabschnitt Solarstadt Wiggenhausen-Süd –, dass nur die Kombination aus ständig verbessertem Wärmeschutz in Verbindung mit dem Einsatz rationeller und kostenoptimierter Heiz- und Solartechnik zu einem energetisch sinnvollen Ergebnis führen.

Die Realisierung beider Bauabschnitte erfolgte im geplanten Umfang und dokumentiert, dass das Konzept der solaren Nahwärmeversorgung mit saisonalem Wärmespeicher prinzipiell gut funktioniert.

Die in der Planungsphase prognostizierten solaren Wärmemengen und deren Speichermöglichkeiten wurden allerdings nicht immer in vollem Umfang erreicht. Ebenso wurden geplanten die Rücklauftemperaturen des Wärmenetzes von 25°C bis 30 °C nicht erreicht, weil z.B. durch auftretende Zirkulationsladungen in den Wärmeübergabestationen die Rücklauftemperatur kaum unter 50 °C sinkt. Diese hohen Rücklauftemperaturen beeinträchtigen die Leistungsfähigkeit und Effektivität der Solaranlage erheblich. Höhere Speicherverluste, die Reduzierung des Speichervermögens des Langzeitspeichers und des Solarertrages sind die Auswirkungen zu hoher Rücklauftemperaturen.

Die Energiebilanz von 11 Betriebsjahren zeigt, dass inzwischen ein solarer Deckungsgrad von etwa 50% der Wärmelieferung durch die Solaranlage erreicht wird.

Die inzwischen mehrjährigen praktischen Betriebserfahrungen zeigen die Grenzen theoretischer Überlegungen und Prognosen in einigen Anlagenteilen auf.

Die Betriebserfahrung zeigt aber auch Wege für die bessere Planung und den Bau weiterer Solaranlagen auf.

Dennoch, und vielleicht gerade auch deshalb, darf der Bau und der Betrieb dieses Pilotprojektes als voller Erfolg gewertet werden. Unter diesem Aspekt ist festzustellen, dass die eingesetzte Technik gut und sicher funktioniert, die Versorgungssicherheit durch einen stabilen Betrieb stets gewährleistet war. Das Projekt „Wiggenhausen-Süd“ ist ein Pilotprojekt. Es dient der Entwicklung innovativer, umweltverträglicher Heiztechniken, die in einigen Jahren Stand der Technik sein könnten.

Die unter dem Aspekt heutiger Energiepreise durchgeführten Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen dienen dazu, die Zukunftsfähigkeit der solaren Wärmeversorgung aufzuzeigen.

Die solare Nahwärmeversorgung wird nur dann ihren Platz in der Energieversorgung einnehmen können, wenn sie unter betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten realisierbar ist.

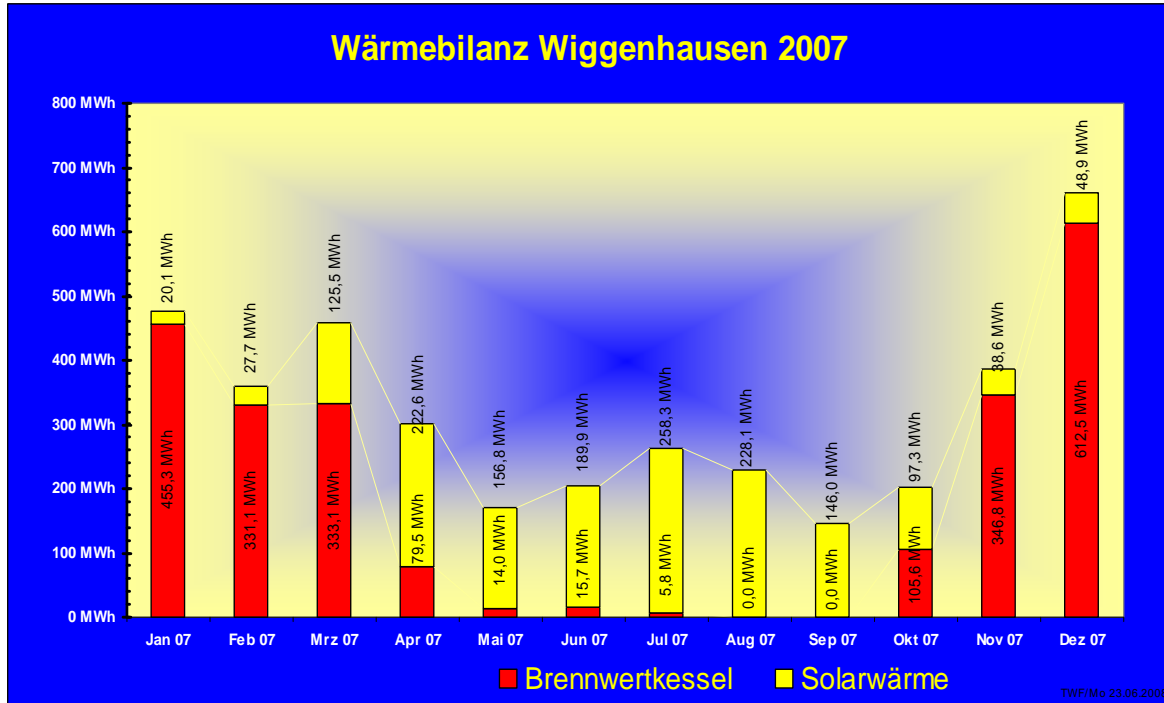


Bild 10: Wärmebilanz Wiggenhausen-Süd 2007

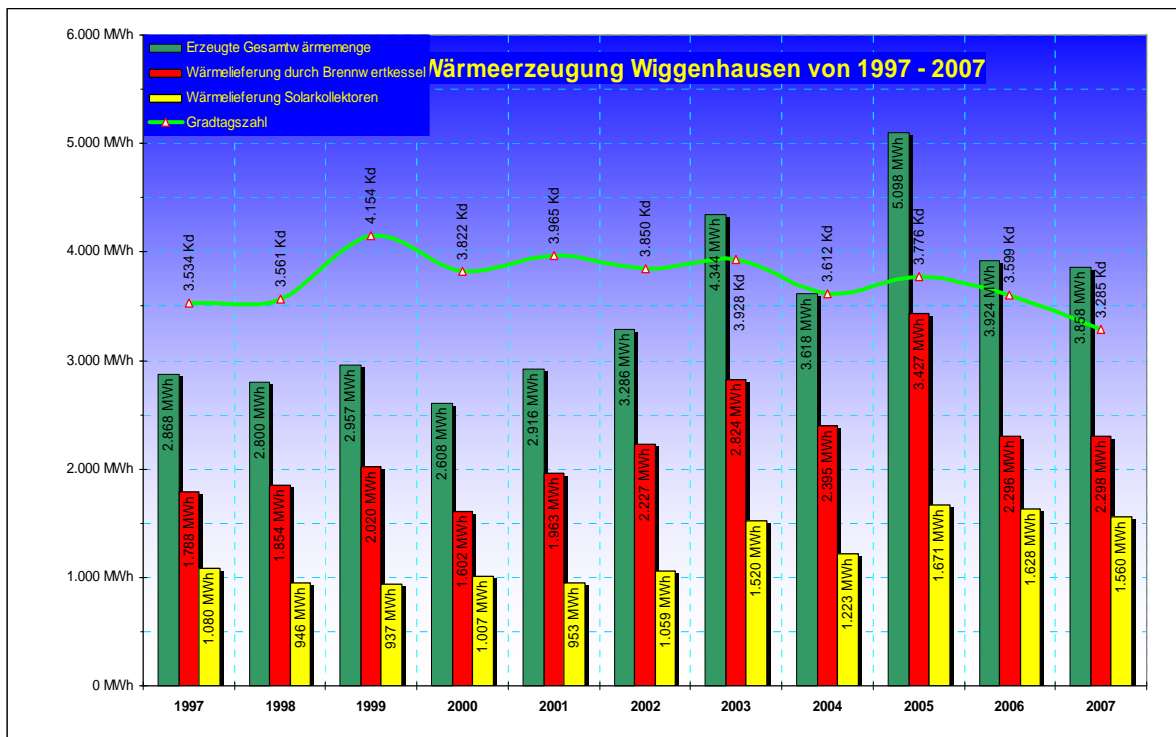


Bild 11: Wärmebilanz Wiggenhausen-Süd 1997 - 2007

Die Kosten des Projektes „Wiggenhausen-Süd“ zeigen, daß eine solare Nahwärmeversorgung derzeit nur durch staatliche und private Förderung wirtschaftlich betrieben werden kann.

Die „Solarstadt Wiggenhausen-Süd“ ist weit über die Landesgrenzen hinaus als größte Solaranlage Deutschlands bekannt geworden. Dies zeigen besonders die relativ hohen Zahlen von Besuchergruppen, die sich sowohl für die solare, aber auch für die konventionelle Wärmeversorgung interessieren.

## **Evaluation / Perspektiven**

### ***Ausblick***

Der vorliegende Beitrag gibt einen Überblick über die Erfahrungen der solarunterstützten Nahwärmeversorgung Wiggenhausen-Süd während der Planungsphase, der Bauzeit sowie des Betriebes seit 1997.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass Lösungsansätze in der Planungsphase teilweise zu sehr von Kostenzwängen des Investitionsaufwandes und wissenschaftlichen Aspekten geprägt wurden, die für die Bauausführung und für den späteren Betrieb von grundlegender Bedeutung sind und teilweise nicht mehr bzw. nur noch mit sehr hohem Kostenaufwand des Betriebes zu korrigieren und für den Betrieb der gesamten Anlage anzupassen sind.

Die Aufgaben des modernen Anlagenbetreibers (Assetmanagement) richten sich heute ausschließlich auf die Entwicklung von Wartungs- und Instandhaltungstechnologien, die den Kostenaufwand für den Anlagenbetrieb nachhaltig reduzieren:

- Zustandsbeurteilung der technischen Anlagen
- Erkennen und Optimieren von Handlungsbedarf für die planmäßige Erneuerung
- Bewertung der Anlagenpriorität
- Planung des Finanzbedarfs als Basis für eine Budgetierung des jährlichen Wirtschaftsplanes

Für die Planung der Wärmeversorgung des dritten Bauabschnittes müssen die Erfahrungen (Niedrigenergiebauweise, Fußbodenheizung, Reduzierung der Rücklauftemperaturen etc.) der bisherigen Anlagentechnik und die Betriebserfahrungen des Anlagenbetreibers stärkere Beachtung finden.

Das verbleibende relativ hohe thermische Potential des saisonalen Langzeitspeichers im Frühjahr, Herbst und Winter sollte durch den Einsatz eines BHKW oder in Verbindung mit einer Wärmepumpe sinnvoll und nachhaltig genutzt werden.

### ***Soziale Belange und Akzeptanz***

Da die solarunterstützte Nahwärmeversorgung ein wesentlicher Bestandteil des städtebaulichen Gesamtkonzeptes der Solarstadt „Wiggenhausen-Süd“ ist - muß retrospektiv gesehen – die geplante Architektur als Kompromiss zwischen städtebaulich-strukturellen und technisch-wirtschaftlichen Zielen einerseits und den Erfahrungswerten der Sozialplaner einschließlich ihrer Machbarkeit andererseits gefunden werden.

Die Erfahrung zeigt, daß auch die über Wiggenhausen-Süd oft zu unrecht diskutierten Sozialthemen der Wohnungsstruktur mit ihren breit gefächerten Erscheinungsformen nicht immer das Ergebnis eines verdichteten Geschosswohnungsbauens und deren sozialen Bewohnerstruktur sind.

Da es heutzutage nicht mehr möglich ist, in einem Wohngebiet den ruhenden Verkehr von der Straße zu verbannen, ist der Bau von Garagen, Carports und Tiefgaragen die einzige Alternative der aufgelockerten Randbebauung und des verdichteten Geschosswohnungsbauens.

Dies wird trotz positiver ökologischer Aspekte mit dem Preis einer hohen baulichen Dichte, relativ hohem Versiegelungsgrad und geringen Einschränkungen persönlicher Gestaltungsmöglichkeiten erkaufte.



**Bild 12:** Solarstadt Wiggenhausen-Süd, Fertigstellung 1. und 2. Bauabschnitt

Das inzwischen fertige Konzept des beider Bauabschnitte in Wiggenhausen-Süd wurde von unterschiedlichen Bürgervertretern positiv angenommen und gelobt. Im weiteren 3. Bauabschnitt sollte der Gestaltung von attraktiven, öffentlichen und halböffentlichen Grün- und Freiräumen auch innerhalb der Quartiersinnenbereiche besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden, ebenso wie der Verbesserung des Angebotes an Spiel- und Erlebnismöglichkeiten für Kinder und Jugendliche.

## Weitergehende Informationen

Dipl.-Ing.(FH) L. Morgenbrodt  
Technische Werke Friedrichshafen GmbH  
Kornblumenstraße 7/1

D-88046 Friedrichshafen

Tel.: 49 7541 505-298

Tel.: 49 171 142 04 28

Fax.: 49 7541 505-60298

e-mail: [ludwig.morgenbrodt@twf-fn.de](mailto:ludwig.morgenbrodt@twf-fn.de)