



Bild 1 22-Einfamilienhäuser der Solar-Thermie-Wohnanlage Oberhausen-Rheinhausen mit Massivabsorbern

Massivabsorber-Wärmepumpen heizen 22 Einfamilienhäuser

## Wärme aus Beton

Dr. Illo-Frank Primus\*

*In der Solar-Thermie-Wohnanlage Oberhausen-Rheinhausen wird jedes einzelne Haus von seiner eigenen Wärmepumpe beheizt. Das Besondere daran ist, daß Massivabsorber als Wärmequelle fungieren. Mit Unterstützung der Stiftung Energieforschung Baden-Württemberg, der Badenwerk AG und der Betonbau GmbH begleitete das Institut für Technische Thermodynamik der Uni Karlsruhe das Projekt wissenschaftlich.*

Wenn weltweit aus alten Energieträgern soviel Energie verbraucht würde wie in Deutschland, würde unsere Atemluft laut Wuppertal-Institut noch für 10 Wochen ausreichen. Treibhauseffekt, Luftschadstoffe und Ozonloch müssen also beseitigt werden. Diese notwendige Reduzierung kann unter anderem sehr wir-

\* Dr.-Ing. Illo-Frank Primus ist Geschäftsführer der Betonbau GmbH in 68753 Waghäusel, Fax (0 72 54) 98 04 19

kungsvoll durch Energieeinsparungen beim Heizen erfolgen. Dank der neuen Wärmeschutzverordnung von 1995 und der künftigen Energiesparverordnung von 1999 werden zukünftige Wohnlandschaften wohl als Niedrigenergiehäuser oder Passivhäuser gebaut. Neben der damit praktizierten Energieeinsparung auf der Gebäudeseite ist eine weitere Reduzierung von Primärenergie und Schadstoffausstoß durch den Einsatz von Wärmepumpen auf der Heizungsseite möglich.



Bild 2 Energiestern auf öffentlicher Fläche

### Entwicklungsland Deutschland?

Während in der Schweiz bereits jeder dritte Ein- und Zweifamilienhaus-Neubau mit Elektrowärmepumpen beheizt wird, stehen wir in Deutschland an einem Neuanfang. Dies wird auch durch die Zuwachsraten deutlich: 1994 wurden 1270 neue Heizungswärmepumpen installiert, 1995 waren es rund 2000 und 1997 sollen es bereits 5000 installierte Heizungswärmepumpen sein. Für das Jahr 2000 sagen VDEW-Statistik bzw. Technomar-Studie sogar 12 000 Anlagen voraus.

Dabei sind moderne Elektrowärmepumpen ausge-reift und stehen am Markt in ausreichender Leistungsbandbreite mit natürlichen Kältemitteln von seriösen Herstellern zur Verfügung. Das Verhältnis der gesamten Heizwärme einer Winterperiode zur gesamten erforderlichen Antriebsenergie von Verdichter und zugeordneten Umwälzpumpen bewegt sich heute zwischen 3,3 und – je nach Wärmequelle – über 4. Mit solchen Jahresarbeitszahlen erfüllen Wärmepumpenheizanlagen die Kriterien des Förderprogramms des Bundeswirtschaftsministeriums. Zahlreiche Energieversorgungsunternehmen unterstützen mit zusätzlichen Beiträgen und günstigen Tarifen neuerdings die Verbreitung der Wärmepumpenheizung im Markt.

## Beton als Wärmequelle

Eine weitere Möglichkeit den Wirkungsgrad und damit die Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpenheizanlagen zu erhöhen, ist das in Baden-Württemberg entwickelte Massiv-Absorber-Heizsystem (Bild 3). Als Besonderheit arbeitet es auf der Wärmequellenseite mit wärmeaufnehmenden und -speichernden Betonteilen, die als Absorber ausgebildet sind und mit der Außenluft oder dem Erdreich in Berührung stehen. Beton wurde u. a. gewählt, weil er von allen Baustoffen am besten Umweltwärme aus Luft, Regenwasser, Sonnenstrahlung und Erdreich aufnehmen, speichern und leiten kann [2, 3, 4]. Diese absorbierte Energie wird an einen Flüssigkeitskreislauf innerhalb im Absorber einbetonierter Kunststoffrohr-

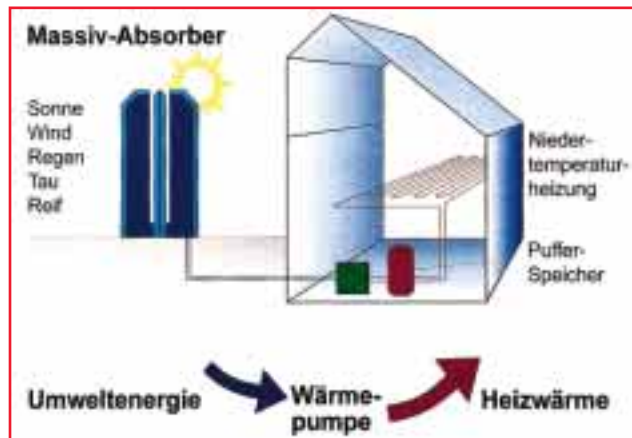


Bild 3 Prinzip des Massiv-Absorber Heizsystems

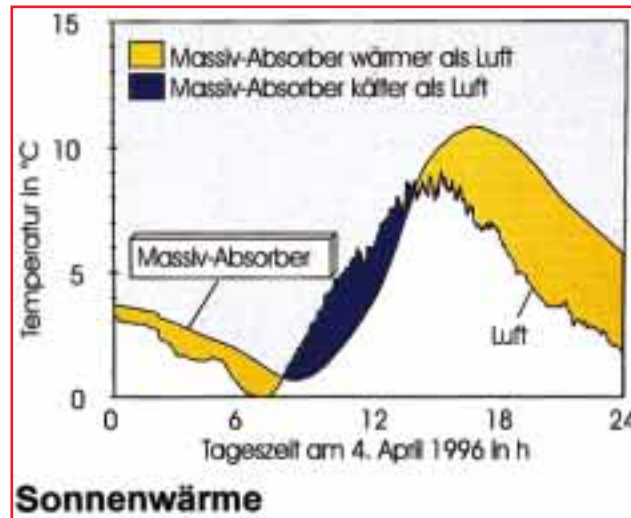


Bild 5 Einspeicherung von Strahlungsenergie der Sonne

schlangen abgegeben und einer Wärmepumpe zugeführt.

Am besten eignen sich senkrecht angeordnete, flächige Betonfertigteile, die neben der Absorberfunktion auch bauliche Funktionen übernehmen. Die zirkulierende Flüssigkeit in diesen Betonabsorbern, die aus Wasser unter Hinzufügung umweltschädlicher, frostschützender Bestandteile besteht, kann auf Temperaturen bis minus 20 °C und tiefer abgesenkt werden, ohne daß sie gefriert. Diese Flüssigkeit (Sole) wird in der Wärmepumpe unter die Umgebungstemperatur abgekühlt und in den Beton-

absorber eingeleitet. Weil der Absorber nun kälter als die Außenluft oder das Erdreich ist, ist es möglich, daß die Umweltwärme über den Beton von der Flüssigkeit aufgenommen und zur Wärmepumpe transportiert wird.

Wie jede Heizung, läuft die Massiv-Absorber-Heizung nicht ständig, sondern heizt in einzelnen Betriebsphasen. In jeder Stillstandsphase, wenn Zirkulationspumpe und Wärmepumpe ruhen, nehmen Massivabsorber aufgrund des tieferen Temperaturniveaus zur Umgebung dennoch Umweltwärme auf und speichern sie im Beton (Bild 4). In der darauffolgenden Betriebsphase entzieht die Wärmepumpe neben Umweltwärme auch diesen auf einem höheren Temperaturniveau eingespeicherten Wärmeanteil dem Beton und ermöglicht damit einen effizienten Betrieb. Die Wiederaufladung des Massivabsorbers in Stillstandszeiten kommt den bevorzugten Tarifen der Energieversorgungsunternehmen für Wärmepumpen entgegen, da die günstigen Tarife Sperrzeiten vorsehen, die die Massivabsorber zum Wiederaufladen nutzen. Neben der Regeneration in Stillstandszeiten ist die Einspeicherbarkeit von Strahlungsenergie und zeitnahe Nutzung im System für dem Massivabsorber

als Wärmepumpenwärmequelle charakteristisch (Bild 5).

## Domäne der Wärmepumpe

Je besser die Wärmedämmung eines Hauses ist, umso geringer ist der Heizenergiebedarf. Je geringer der Heizenergiebedarf ist, umso kleiner kann das Heizaggregat, und bei einer Wärmepumpenheizung die Wärmequelle, dimensioniert werden. Dies wirkt sich spürbar auf die Investitionskosten aus. Unter einem spezifischen Heizwärmebedarf von 50 kWh/m<sup>2</sup>a rechnet sich bei Einfamilienwohnanlagen der Aufwand für konventionelle Techniken – selbst für die Gasbrennwerttechnik oder die solare Nahwärmetechnik – wegen der hohen Leitungs- und Anschlußkosten in Relation zum Verbrauch nicht mehr. Hier liegt eine Domäne der elektrischen Wärmepumpenheizung.

So auch bei der Solar-Thermie-Wohnanlage in Oberhausen-Rheinhausen. Innerhalb der Anlage sind alle Gebäude nach Süden orientiert (Bild 1). Sie besitzen regional ty-

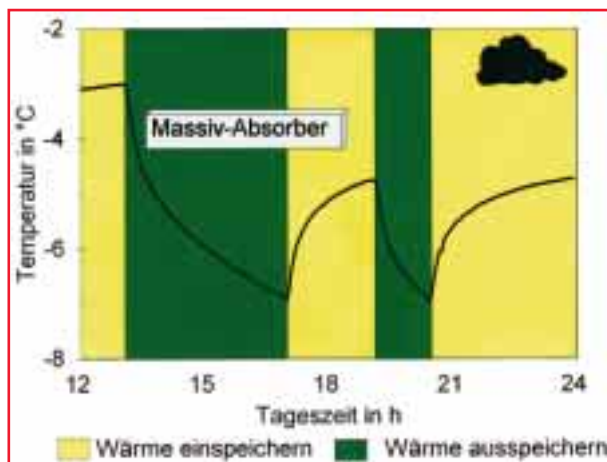


Bild 4 Regeneration eines benutzten Massivabsorbers

Haus	Haus- typ	Wohn- fläche [m <sup>2</sup> ]	Wärme- bedarf [kW]	Wärmepum- peffizienz [η <sub>th</sub> ]	Heiz- leistung [kW]	Betriebsart der Heizanlage	Absorber	Erde- temp.	Sonne	Wind	Absand- Absorber [m]	Glyko- lana- Sole [m]	Besonder- heiten
1	RMH	158	6,18	ALKO AWP 6	13,5	mono- valent	Styropor Energieerdf.	ja	-	+	10	31	
2	RMH	147	6,95	ALKO AWP 6	13,5	mono- valent	Dachelemente (2) Massivspeicher	nein	+	+	22	29	
3	RMH	141	7,19	ALKO AWP 6	13,5	mono- valent	Dachelemente (3) Massivspeicher	ja	+	+	25	29	
4	RMH	147	6,95	Siemens S 13 (2)	11,5	mono- valent	untergestrichelt (2) Erdeabsorber	ja	+	+	15	42	Drehzahl- regelung
5	RMH	111	7,19	Siemens S 9 (2)	8,2	mono- energetisch	Dachelemente (3)	ja	+	+	25	42	Drehzahl- regelung
6	RMH	156	7,74	EFF WP 11	12,9	mono- valent	zweckentfremdet (2) auf erdabsorb.	nein	+	+	8	29	Isolierung
8	RMH	111	7,19	ALKO AWP 6	8,7	mono- energetisch	Dachelemente (3)	ja	+	-	25	42	
15	DMH	125	6,95	Stiebel WP 12 (2)	10,2	mono- valent	Dachelemente (2) Massivspeicher	nein	+	-	12	29	100% 100% R 220
16	DMH	125	6,95	Siemens S 13 (2)	11,5	mono- valent	Matte unterstr. (2) Massivspeicher	nein	+	-	12	42	Drehzahl- regelung
17	DMH	152	8,97	Siemens S 13 (2)	11,5	mono- energetisch	Freigelegte gel. 1) Erdeabsorber	ja	+	-	10	25	Drehzahl- regelung
18	DMH	111	6,19	Siemens S 9 (2)	8,2	mono- energetisch	Dachelemente (2) zweckentfremdet (2)	nein	+	+	18	29	Drehzahl- regelung
19	DMH	111	6,19	Stiebel WP 15	13,5	mono- energetisch	Freigelegte erdf. (1) zweckentfremdet	ja	+	+	10	42	Wärmeein- sparung Wärmewer- kung
22	DMH	112	6,95	Stiebel WP 15	13,5	mono- energetisch	Freigelegte erdf. (1) Erdeabsorber	ja	-	-	10	42	

RMH = Reihenhaus; DMH = Doppelhaus; EFF = Dreiphasen-Fluß; Stiebel = Kälte-Wärme-Klimagruppe Werke (KKW); \* bei Drehzahlregelung der Wärmepumpe ist die Heizleistung bei Nennbelastung angegeben; -/abwärts = ungunstig; + = vorzuziehen oder teils vorzuziehen; ++ = gut; +++ = sehr gut; kW<sub>35</sub> = bei Soletemperatur 35 °C und Heizwassertemperatur 35 °C

Bild 6 Wärmepumpenheizleistung, Betriebsart und Absorbertypen der Häuser

pische Gebäudeformen und fügen sich zu einem Gesamtbebauungskonzept zusammen. Im südlichen Bereich sind 12 Reihenhäuser angeordnet, die in Richtung Norden links und rechts jeweils von Doppelhäusern flankiert werden. Weiter nördlich sind mittig nochmals 2 Doppelhäuser angeordnet und in den nördlichen Eckpunkten befinden sich 2 freistehende Einfamilienwohnhäuser.

Die beiden Reihenhauszeilen bestehen aus je 6 Wohneinheiten mit einem Achsmaß von 6,17 m. Die gesamte Wohnfläche im Erd- und Obergeschoß beträgt 110 m<sup>2</sup>, zuzüglich eines ausbaubaren Dachgeschosses von ca. 40 m<sup>2</sup>. Der umbaute Raum liegt ungefähr bei 750 m<sup>3</sup>, d. h. das gesamte Gebäude ist auch unterkellert.

Bei den Doppelhäusern wird zwischen Typ A und Typ B unterschieden. Typ A hat eine Grundrißgröße von 8,55 × 10 m und 100 m<sup>2</sup> Wohnfläche, zuzüglich einem ausbaubaren Dachgeschoß von ca. 40 m<sup>2</sup>. Der umbaute Raum liegt bei 675 m<sup>3</sup>. Doppelhaustyp B ist etwas kompakter, das Dachgeschoß ist bereits voll ausgebaut, die gesamte Wohnfläche beträgt 111 m<sup>2</sup>, der umbaute Raum ungefähr 631 m<sup>3</sup>.

Die Einfamilienhäuser besitzen einen fest überdachten Wintergarten im Süden. Die Abmessung dieser Gebäude liegen ohne

Vorbau bei 8 × 12,30 m und die gesamte Wohnfläche beträgt 135 m<sup>2</sup>. Bei Vollunterkellerung liegt der umbaute Raum ungefähr bei 816 m<sup>3</sup>.

### Technik in Variation

Durch den begrünten freien Platz im Zentrum der Wohnanlage (Bild 1) kann eine Verbesserung des Mikroklimas wie auch der Kommunikation zwischen den Bewohnern in der Freizeit erreicht werden. Die gemeinsame Architektur aller Gebäude (Architekturbüro Sand und Weiler) wirkt einer ausufernden Individualisierung entgegen und verstärkt das gemeinsame Wohnen. Die bei allen Häusern durchgehaltene Nord-Süd-Ausrichtung mit großen Fenstern auf der Südseite und kleinen auf der Nordseite verringert nicht nur die Transmissionswärmeverluste und erhöht die Solarstrahlungs-

gewinne, sondern garantiert auch ein gewisses Maß an Privatleben.

Alle Häuser sind mit erhöhtem Wärmeschutz ausgerüstet, d. h. massiv mit Porenbetonsteinen gemauert, bei einer Außenwandstärke von 36,5 cm und einem k-Wert von 0,41 W/m<sup>2</sup>K. Die Decken sind aus Stahlbeton und die Dachkonstruktion ist aus Holz mit einem k-Wert von 0,20 W/m<sup>2</sup>K. Die Betondecke des Erdgeschosses wurde zum Keller hin mit Styropor wärmege-dämmt und besitzt einen k-Wert von 0,35 W/m<sup>2</sup>K.

In der Wohnanlage wurden viele verschiedene Ausführungsvarianten des Massivabsorber-Heizsystems für Einfamilienhäuser installiert. Zum Einsatz kamen Fassadenelemente, Betongaragen, Betonmauern und Betonskulpturen (Energiersterne) als Massivabsorber sowie Keller-Betonbodenplatten einiger Gebäude als Massivspeicher. Erstmals wurde der Weg beschritten, Betonabsorber auch auf öffentlichen Flächen oder Nachbargrundstücken zur Heizung von Häusern verfügbar zu machen (Bild 2), indem man sie – wie auch die Soleleitungen – als Baulast in die Bebauung aufgenommen hat. Ebenso wurden Wärmepumpen von fünf Herstellern in verschiedenen Größen und Bauweisen, auch drehzahlge-regelt, eingesetzt. Die beigefügte Tabelle





**Bild 7 Haus 18 mit Garagenabsorbern**

(Bild 6) zeigt den Heizwärmebedarf der näher untersuchten Häuser und die eingesetzten Massivabsorber.

### Frühzeitig planen

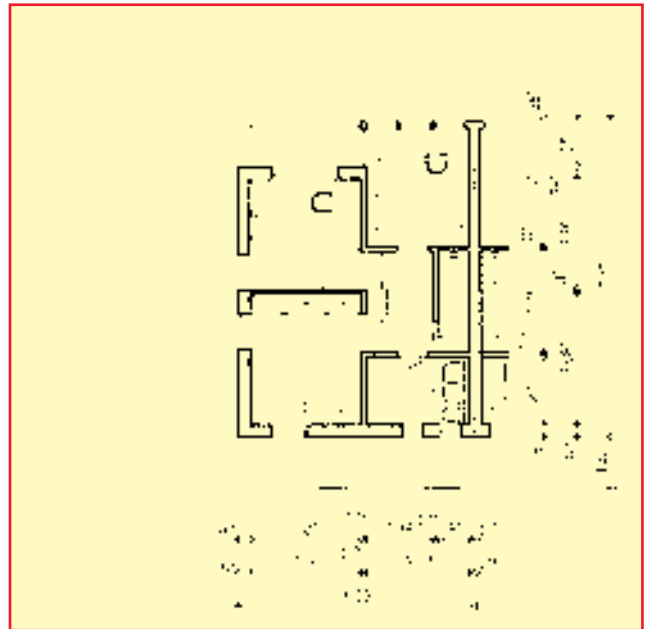
Von den Reihenhäusern werden zwei mit im Zentrum der Wohnanlage aufgestellten Energiesternen betrieben (Bild 2). Ein Reihendhaus wird von einer Stützmauer als Wärmequelle, eines von einer als Massivabsorber ausgebildeten Vorhangfassade auf der Giebelseite versorgt. Alle anderen Reihenhäuser werden von Garagendachabsorbern und Absorberumbauten an Typengaragen des Garagenhofes mit Umweltwärme beliefert. Die gebündelte Leitungsführung erfolgt am südlichen Rand der Grundstücke. Die freistehenden Einfamilienhäuser der Wohnanlage werden jeweils mit einer Energiegarage als Wärmequelle für die Wärmepumpenheizung, die außen liegenden Doppelhäuser vom Typ B mit Absorberumbauten an Anbaugaragen sowie mit Dachabsorbern und die innen liegenden Doppelhäuser vom Typ B mit Energiesternen versorgt. Die Doppelhäuser vom Typ A werden mit Absorberumbauten an Doppelgaragen und Dachabsorbern sowie teilweise mit Massivspeichern und eine außenliegende Doppelhaushälfte mit einer Gartenmauer als Massivabsorber betrieben. Wenn Massivabsorber als Fassaden, Balkonbrüstungen oder Kellerbodenplatten eingesetzt werden, setzt dies voraus, daß der Einsatz dieser Technik vor Planbeginn des Gebäudes entschieden sein sollte. Denn nach fertiger Planung oder Baubeginn

wären die Chancen für einen Massivabsorber-Einsatz nur noch gering. Bei Anwendung von Energiesternen, Energiegaragen, Garagenumbauten, Carports sowie Gartenmauer-einfriedungen, Stützmauern, Schallschutzmauern etc. kann die Entscheidung auch später fallen, doch sollte die Fußbodenheizung bereits eingeplant sein. Denn die Wärmeverteilung in den Wohngebäuden findet vorteilhafterweise über eine Fußbodenheizung statt, deren maximale Vorlauftemperatur auf 35 °C begrenzt ist. Damit werden die Wirkungsgrade der Wärmepumpenheizanlagen günstig gestaltet und Tarifsperrzeiten problemlos überbrückt. Schornsteine oder Brennstoffvorräume sind entbehrlich. Vor Ort entstehen keiner-

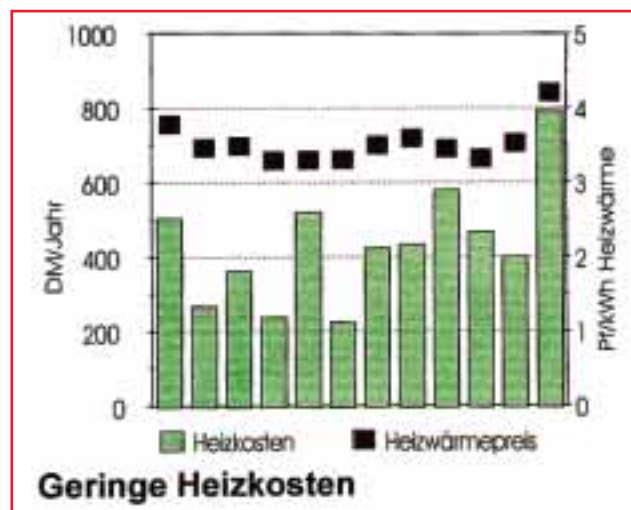
lei Emissionen aufgrund von Heizprozessen oder Warmwassererzeugung. Vielmehr werden jährlich mit der Solar-Thermie-Wohnanlage über 50 t weniger CO<sub>2</sub> gegenüber modernen Ölheizanlagen in die Atmosphäre verbracht.

### Daten und Fakten

Stellvertretend für die 22 Häuser der Solar-Thermie-Wohnanlage, die mit Wärmepumpen der Hersteller ALKO, HIT, KVS, Stiebel Eltron und Siemens ausgerüstet sind, soll hier von Haus 18, einem Doppelhaustyp B (Bild 7), eine genauere Anlagenbeschreibung und Meßresultate des kalten Winters 95/96 wiedergegeben werden. Mit einem Normwärmebedarf nach DIN 4701 von 6,49 kW erfüllt dieses Hauses die Förderkriterien des Wirtschaftsministeriums



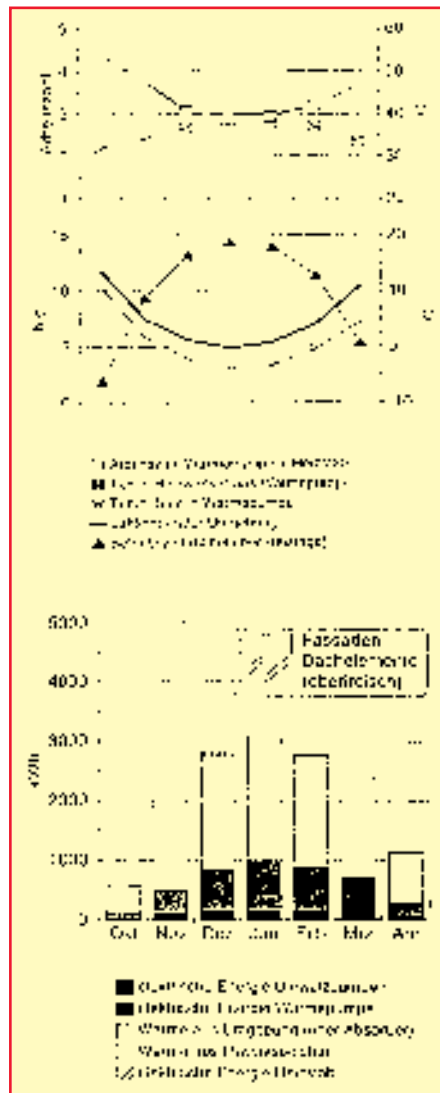
**Bild 8 Erd- und Obergeschoß-Grundriß von Haus 18**



**Bild 9 Heizkosten von 12 Häusern der Wohnanlage (inklusive MwSt., ohne Zählergebühren)**

von Baden-Württemberg für ein Niedrigenergiehaus (Stand 1994). Das Haus hat eine beheizte Fläche von 111 m<sup>2</sup>. Abgesehen von den beiden Kinderzimmern im Dachgeschoß und vom Kellergeschoß ist die Raumnutzung von Erd- und Obergeschoß in Bild 8 wiedergegeben. Die Anlage wurde 1993 geplant, 1994 ausgeführt und im Dezember 1994 in Betrieb genommen. Da eine monoenergetische Betriebsart vorgegeben war, wurde eine drehzahlregelte Wärmepumpe mit einer Wärmeleistung von 8,2 kW beim Betriebspunkt S0/W35 ausgesucht. Sie besitzt im Betriebspunkt S-7/W35 eine Leistungsaufnahme von 2,3 kW und eine Kälteleistung von 3,7 kW bei 50 Hz (bei 65 Hz von 4,6 kW). Als Kältemittel wurde seinerzeit noch R 22 eingesetzt. Als Wärmequellen werden ausschließlich vier Betonelemente an der Anbaugarage genutzt, d. h. zwei Wände als Garagenumbau (auf Abstand gestellte Garagenlängswand und Garagenrückwand) sowie zwei Dachabsorber (sogenannte Sonnenrate). Diese stellen eine Kälteleistung von insgesamt 4,7 kW zur Verfügung. Eine Fußbodenheizung mit 40 °C Vorlauftemperatur und einer Rücklauftemperatur von 30 °C fungiert als Wärmeverteilsystem. Die Einbindung erfolgt über einen Pufferspeicher von 300 Liter. Der Pufferspeicher dient in erster Linie als hydraulische Weiche zwischen Ladekreis und Heizkreis, da die Heizleistung in den einzelnen Wohnräumen über Thermostate und Stellventile geregelt wird (Einzelraumregelung).

Die Warmwasserbereitung erfolgt zentral in einem 80-Liter-Warmwasserspeicher mittels einer mit Nachtstrom betriebenen elektrischen Heizpatrone. Sie hat eine Leistung von 2/6 kW. Für die Heizung kam das sogenannte Sonderabkommen SW des regionalen Stromlieferanten Badenwerk AG als Tarif zum Tragen. Es sieht über den Tag verteilt insgesamt 9 Stunden Sperrzeit vor. Dafür beträgt der Strompreis einschließlich Mehrwertsteuer nur 10,6 Pf/kWh. Die Massivabsorber aus Beton speichern in den 9 Stunden Sperrzeit Umweltwärme und geben sie in den Freigabezeiten unter günstigen Wärmeübergangsbedingungen an die Wärmepumpe ab. Außerdem wird in den Massivabsorbern auch Wärme vom Tag



**Bild 10 Betriebsdaten von Haus 18 über die Heizperiode 95/96 (mittlere Monatswerte)**

zwischen gespeichert und in der Nacht an den Pufferspeicher abgegeben.

## System mit Zukunft

Der Endenergiebedarf in der Heizperiode 95/96 wurde für die gesamte Heizanlage mit Wärmepumpe, Umwälzpumpen und elektrischer Heizpatrone mit 4267 kWh/a ermittelt. Die Nutzenergiebereitstellung betrug 13 598 kWh/a. Damit ergeben sich bei der erwähnten Randbedingung eine Jahresarbeitszahl von 3,2 und Betriebskosten in Höhe von 567 DM/a inklusive Mehrwertsteuer und Zählergebühren. Betriebskosten und Wärmepreis von 12 untersuchten Häusern sind in Bild 9 wiedergegeben. Der über die Heizperiode dieses kalten Winters nur geringfügige Einsatz der Heizpatrone (monoenergetischer Betrieb) ist Bild 10 zu entnehmen. Außerdem erkennt man in dieser Darstellung den Beitrag der Umgebungs-

wärme aus den Absorbern und den der Antriebsenergie an der Heizarbeit. Die Abbildung zeigt auch die Verteilung von Arbeitszahl, Heizwasservorlauftemperatur, mittlere Tageslufttemperatur, Soletemperatur und Laufzeit der Wärmepumpe pro Tag über die Wintermonate. Kurzzeitig können Arbeitszahlen von nahe 5 in der Übergangszeit erreicht werden.

Den Meßergebnissen kann schließlich entnommen werden, daß durch die monoenergetische Konzeption Investitionskosten gespart werden konnten, ohne daß eine nennenswerte Verschlechterung des Heizsystems erfolgte. Bleibt noch zu erwähnen, daß Verbesserungspotentiale von 10 Prozent allein bei Austausch einer Wärmepumpe mit dem Kältemittel R 22 gegen eine mit R 290, dem Kältemittel der neuen Wärmepumpengeneration, zu erwarten sind.

Alles in allem zeigten die umfangreichen Untersuchungen an der Solarthermie-Wohnanlage, daß mit Massivabsorbern als Wärmequelle für die Wärmepumpe umweltfreundliche, wirtschaftliche und zukunftsträchtige Heizanlagen realisiert werden können. Wegen ihrer Genehmigungsfreiheit und ihres stillen Betriebes stoßen Massivabsorber-Wärmepumpenheizanlagen auf praktisch keine Einschränkungen. Hinzu kommt, daß ohnehin benötigte Bauteile als Massivabsorber ausgebildet werden können. Da Primärenergieaufwand und Umweltbeeinträchtigung erheblich unter konventionellen Techniken liegen und der Wärmepreis sehr günstig, z. B. wesentlich günstiger als der solarer Nahwärme ist, könnte diesem Heizsystem die nahe Zukunft gehören. □

### Literatur:

- [1] Jastrow, R.: Optimierung eines Heizsystems Massivabsorber-Wärmepumpe, Stiftung Energieforschung Baden-Württemberg, Förderkennzeichen: A 0000589, Abschlußbericht, September 1996
- [2] Primus, I.-F. u. a.: Massivabsorber – Die Wärmequelle für die Wärmepumpe, Beton-Verlag GmbH, Köln, 1995
- [3] Primus, I.-F.: Fertigteile als Wärmespeicher – Das Massiv-Absorber-Heizsystem auf dem Vormarsch, Consulting, 1988, Heft 4
- [4] Primus, I.-F.: Massivabsorber – Erfahrungen und Möglichkeiten, Betonwerk + Fertigteil-Technik, 1997, S. 106–114