

Qualität in Beton

Energiewirtschaftliche Tagesfragen
Jg. 47, Heft 7/1997, Special S. 35-38

Einsatz von Massiv- absorber-Wärmepumpen in Wohnanlagen

Von Illo-Frank Primus

Massiv-Absorber Heizsysteme sind als Wärmepumpenheizverfahren seit 1979 auf dem Markt. Die Wärmequelle bilden wärmespeichernde Betonteile, die als Absorber ausgebildet sind. Die Solar-Thermie-Wohnanlage Oberhausen-Rheinhausen ist die erste geschlossene Einfamilienhaus-Bebauung in Deutschland, bei der jedes einzelne Haus mit einer eigenen umweltfreundlichen Wärmepumpenheizung beheizt wird. Hier werden Massivabsorber als Wärmequelle eingesetzt. Ein umfangreiches Meßprogramm erstellte über die Heizperiode 1995/1996 zahlreiche Meßdaten, mit denen die effiziente zuverlässige Betriebsweise belegt werden kann.

Einsatz von Massivabsorber Wärmepumpen in Wohnanlagen

Dr.-Ing. Illo-Frank Primus, Betonbau GmbH, Waghäusel

Die Wohnanlage Oberhausen-Rheinhausen (Bild 1) wurde vom Landesinnenministerium Baden-Württemberg als Demonstrationsmodell mit 50000 DM gefördert. Mit Unterstützung der Stiftung Energieforschung Baden-Württemberg, der Badenwerk AG und der Betonbau GmbH wurde das Projekt vom Institut für Technische Thermodynamik der Universität Karlsruhe wissenschaftlich begleitet. Die Abschlußergebnisse werden in Kürze als Dissertation veröffentlicht. Die wichtig-

sten Resultate des Forschungsberichtes [1] werden nachfolgend vorgestellt.

Das Massiv-Absorber Heizsystem

Betonabsorber stehen mit der Außenluft oder mit dem Erdreich in Berührung und funktionieren als Umweltwärmeabsorber (Bild 2). Beton kann von allen Baustoffen am besten Wärme absorbieren, einspeichern und leiten und damit im Überfluß vorhandene Umweltwärme aus natürlich bewegter Luft, Regenwasser, Sonnenstrahlung und Erdreich aufnehmen [2, 3, 4]. Diese Energie wird an einen in den Absorber einbetonierten Flüssigkeitskreislauf aus Kunststoffrohrschlangen abgegeben und einer Wärmepumpe zugeführt.

Am besten eignen sich senkrecht angeordnete, flächige Betonfertigteile, die neben der Absorberfunktion zusätzlich bauliche Funktionen übernehmen können. So können zum Beispiel Gartenmauern (Bild 3) oder Fassaden- und Dachelemente als Massivabsorber genutzt werden. In den Betonabsorbern zirkuliert umweltunschädliche Sole, die auf Temperaturen bis minus 20°C und tiefer abgeben werden kann. Die Flüssigkeit wird in der Wärmepumpe unter die Umgebungstemperatur abgekühlt und in den Betonabsorber 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. Die Besonderheit des Systems liegt jedoch darin, daß in jeder Stillstandsphase, wenn Zirkulationspumpe und Wärmepumpe ruhen, die Absorber aufgrund des tieferen Temperaturniveaus zur Umgebung dennoch Umweltwärme



Bild 1: Solar-Thermie-Wohnanlage Oberhausen-Rheinhausen mit Energiestern im Vordergrund

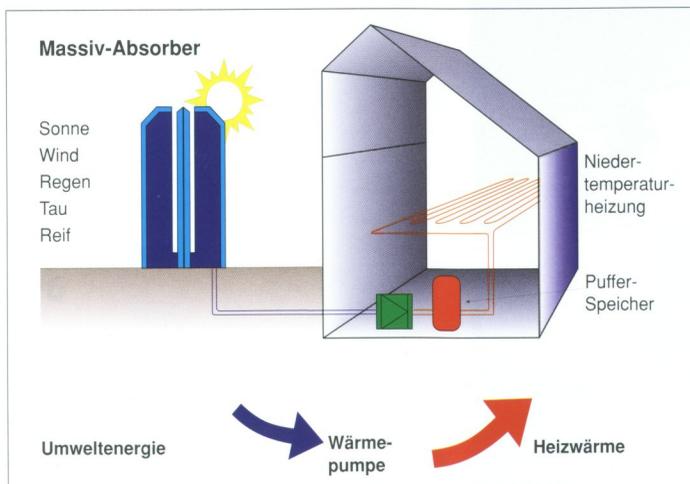


Bild 2: Prinzip des Massiv-Absorber Heizsystems



Bild 3: Gartenmauer als Massivabsorber

aufnehmen und im Beton einspeichern. In der darauffolgenden Betriebsphase entzieht die Wärmepumpe auch diesen eingespeicherten Wärmeanteil dem Beton und ermöglicht damit einen effizienten Betrieb. Die Wiederaufladung des Massivabsorbers in Stillstandszeiten kommt den bevorzugten Tarifen der EVU für Wärmepumpen entgegen, da die günstigen Tarife Sperrzeiten vorsehen, die die Massivabsorber zum Wiederaufladen nutzen.

Neben der Regeneration in Stillstandszeiten sind die Einspeicherbarkeit von Strahlungsenergie und die zeitnahe Nutzung im System für den Massivabsorber als Wärmepumpenwärmequelle charakteristisch (Bild 4).

Solar-Thermie-Wohnanlage

Je besser die Wärmedämmung eines Hauses ist, um so geringer ist der Heizenergiebedarf. Je geringer der Heizenergiebedarf ist, um so kleiner kann das Heizaggregat, und bei einer Wärmepumpenheizung die Wärmequelle dimensioniert werden. Dies wirkt sich spürbar auf die Investitionskosten aus.

Bei der Solar-Thermie-Wohnanlage sind alle Gebäude nach Süden orientiert. Die Gebäude besitzen für Baden-Württemberg typische Gebäudeformen und fügen sich zu einem Gesamtbebauungskonzept zusammen. Im südlichen Bereich sind 12 Reihenhäuser angeordnet, die in Richtung Norden links und rechts jeweils von Doppelhäu-

sern flankiert werden. Weiter nördlich sind mittig nochmals zwei Doppelhäuser angeordnet und in den nördlichen Eckpunkten befinden sich zwei freistehende Einfamilienwohnhäuser. So kommt ein ausgeglichenes Mischungsverhältnis von Wohnhäusern zustande.

Die gemeinsame Architektur aller Gebäude 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 Solarstrahlungsgewinne, sondern garantiert auch ein gewisses Maß an Privatleben.

Alle Häuser sind mit erhöhtem Wärmeschutz ausgerüstet, d.h. massiv mit Porenbetonsteinen gemauert bei einer

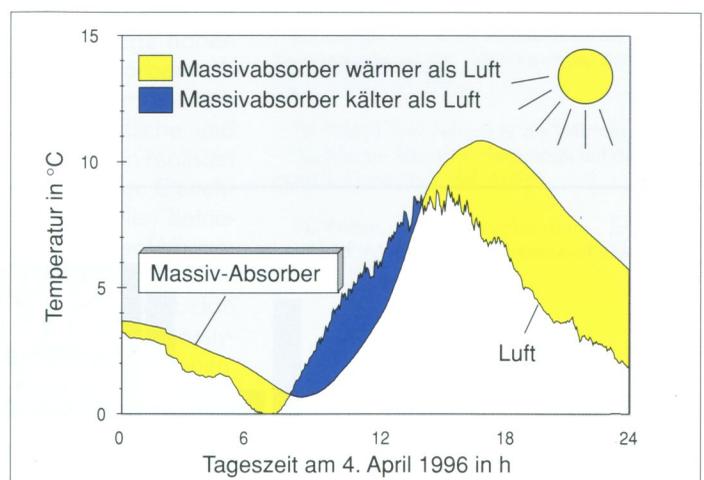
Außenwandstärke von 36,5 cm und einem k-Wert von 0,41 W/m² K. Die Decken sind aus Stahlbeton, die Dachkonstruktion aus Holz mit einem k-Wert von 0,20 W/m² K. Die Betondecke des Erdgeschosses wurde zum Keller hin mit Styropor wärmegeklämt und besitzt einen k-Wert von 0,35 W/m² K.

In der Wohnanlage wurden viele verschiedene Ausführungsvarianten des Massiv-Absorber Heizsystems für Einfamilienhäuser installiert. Neben Fassadenelementen, Betongaragen, Betonmauern und Betonskulpturen (Energiersterne) als Massivabsorber, dienen in einigen Gebäuden Keller-Betonbodenplatten als Massivspeicher. Ebenso wurden Wärmepumpen verschiedener Hersteller, Größen und Bauweisen, u.a. drehzahlgeregelte Wärmepumpen eingesetzt. Dies demonstriert die breiten Anwendungsmöglichkeiten. Die Tabelle zeigt den Heizwärmebedarf der Häuser und die eingesetzten Massivabsorber.

Erstmalig wurde der Weg beschritten, Betonabsorber auch auf öffentlichen Flächen oder Nachbargrundstücken zur Heizung von Häusern verfügbar zu machen indem man sie, wie auch die Soleleitungen, als Baulast in die Bebauung aufgenommen hat.

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 Energiersternen, Energie-

Bild 4: Einspeicherung von solarer Strahlungsenergie in den Massivabsorber



Haus	Haus-typ	Wohn-fläche [m ²]	Wärme-bedarf [kW]	Wärme-pumpe (Herstel-ler und Typ)	Heiz-leist. SO/W35 [kW]*	Betriebsart der Heizanlage	Absorber	Erd-reich-koppl.	Sonne	Wind	Abstand Absorber - Wärmep. [m]	Glykol-konz. Sole [Vol.-%]	Besonder-heiten
1	REH	138	7,48	ALKO AWE 6	13,5	mono-valent	Stützmauer-Elemente (4)	ja	-	0	10	34	
2	RMH	142	6,95	ALKO AWE 6	13,5	mono-valent	Dachelemente (3) Massivspeicher	nein ja	+	+	55	39	
3	RMH	141	7,19	ALKO AWE 6	13,5	mono-valent	Dachelemente (3) Massivspeicher	nein ja	+	+	55	39	
4	RMH	142	6,95	Siemens Si 12 drz.	11,5	mono-valent	Energiestern-Elem. (4) Erdabsorber	ja ja	++	++	15	42	Drehzahl-regelung
5	RMH	141	7,19	Siemens Si 9 drz.	8,2	mono-energetisch	Dachelemente (3)	nein	+	+	25	42	Drehzahl-regelung
6	REH	136	7,24	HIT WP 10	12,9	mono-valent	Fassaden-Elem. (2) und Erdabsorber	nein ja	+	+	8	39	2-stufig
8	RMH	141	7,19	ALKO AWE 4	8,7	mono-energetisch	Dachelemente (3)	nein	+	+	25	42	
15	DHH	125	6,96	Stiebel WP 14 (8)	10,2	mono-valent	Dachelemente (4) Massivspeicher	nein ja	0	+	12	39	ab Dez. 1995 R 290
16	DHH	125	6,96	Siemens Si 12 drz.	11,5	mono-valent	Mauerelemente (4) Massivspeicher	nein ja	-	-	12	42	Drehzahl-regelung
17	EFH	132	8,91	Siemens Si 12 drz.	11,5	mono-energetisch	Energiegarage (1) Erdabsorber	nein ja	0	-	10	35	Drehzahl-regelung
18	DHH	111	6,49	Siemens Si 9 drz.	8,2	mono-energetisch	Dachelemente (2) Fassadenelemente (2)	nein nein	+	+	18	39	Drehzahl-regelung
19	DHH	111	6,49	Stiebel WP 18	13,5	mono-energetisch	Energiestern-Elem. (4) Erdabsorber	ja ja	+	+	10	42	Warmwasserbereitung
22	EFH	132	8,91	Stiebel WP 18	13,5	mono-energetisch	Energiegarage (1) Erdabsorber	ja ja	-	-	10	42	Warmwasserbereitung

Tabelle: Wärmepumpenheizleistung, Betriebsart und Absorber von 13 näher untersuchten der insgesamt 22 Häuser

garagen, Garagenumbauten (Bild 5) und Carports sowie Gartenmauereinfriedungen, Stützmauern, Schallschutzmauern etc. (wie bei der Solar-Thermie-Wohnanlage) 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 wird. Damit werden der Wirkungsgrad der Wärmepumpenheizanlage günstig gestaltet und Tarifsperrzeiten problemlos überbrückt. Schornsteine oder Brennstoffvorratsräume sind entbehrlich. Vor Ort entstehen keinerlei Emissionen aufgrund von Heizprozessen oder Warmwassererzeugung. Vielmehr werden jährlich mit der Solar-Thermie-Wohnanlage über 50 t weniger CO₂ gegenüber modernen Ölheizanlagen in die Atmosphäre verbracht.

Ergebnisse des kalten Winters 95/96

Stellvertretend für die 22 Häuser der Solar-Thermie-Wohnanlage sollen hier von Haus 18 eine genauere Anlagenbeschreibung und Meßresultate wiedergegeben werden.

Mit einem Normwärmebedarf nach DIN 4701 von 6,49 kW erfüllt die Wärmedämmung dieses Hauses die Förderkriterien des Wirtschaftsministeriums von Baden-Württemberg für ein Niedrigenergiehaus (Stand 1994). Das Haus hat eine beheizte Fläche von 111 m².

Da eine monoenergetische Betriebsart vorgegeben war, wurde eine drehzahlgeregelte Wärmepumpe mit einer Wärmeleistung von 8,2 kW beim Betriebspunkt SO/W 35 ausgesucht. Sie besitzt im Betriebspunkt S -7/W35

eine Leistungsaufnahme von 2,3 kW und eine Kälteleistung bei 50 Hz von 3,7 kW (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 sowie zwei Dachabsorber. Diese stellen eine Kälteleistung von insgesamt 4,7 kW zur Verfügung.

Als Wärmeverteilsystem fungiert eine Fußbodenheizung mit Vorlauf-/Rück-



**Bild 5:
Haus 18 mit
Garagenabsorbern**

lauftemperatur 40/30 °C. Die Einbindung erfolgt über einen Pufferspeicher von 300 Liter.

Die Warmwasserbereitung erfolgt zentral elektrisch mit Nachtstrom mittels 80 Liter/Warmwasserspeicher mit einer Leistung (Tauchheizkörper) von 2/6 kW. Für die Heizung kam das sogenannte Sonderabkommen SW der Badenwerk AG als Tarif zum Tragen. Es sieht über den Tag verteilt insgesamt 9 Stunden Sperrzeit vor. Dafür beträgt der Strompreis nur 10,6 Pf/kWh inkl. Mehrwertsteuer.

Die Massivabsorber speichern in diesen 9 Stunden Sperrzeit Umweltwärme ein und geben sie in den Freigabezeiten unter sehr günstigen Wärmeübergangsbedingungen an die Wärmepumpe ab. Dieses Wärmewischenspeichern ermöglicht einen effizienten Betrieb der Heizanlage. In den Massivabsorbern wird auch Wärme vom Tag zwischengespeichert und in den Abendstunden, wenn der größte Heizwärmebedarf besteht, an die Heizung abgegeben.

Der Endenergiebedarf in der Heizperiode wurde für die gesamte Heizanlage mit Wärmepumpe, Umwälzpumpen und elektrischem Heizstab mit 4267 kWh/a ermittelt. Die Nutzenergiebereitstellung betrug 13598 kWh/a. Damit ergeben sich bei den erwähnten Randbedingungen eine Jahresarbeitszahl von 3,2 und Betriebskosten in Höhe von 567 DM/a inklusive Mehrwertsteuer und Zählergebühren. Der Wärmepreis incl. Zähler liegt bei 4 Pf/kWh.

Der über die Heizperiode dieses kalten Winters nur geringfügige Einsatz des Heizstabes (monoenergetischer Betrieb) ist aus Bild 6 zu entnehmen. Außerdem erkennt man in dieser Darstellung den Beitrag der Umgebungswärme aus den Absorbern und den der Antriebsenergie an der Heizarbeit. Das Bild 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.

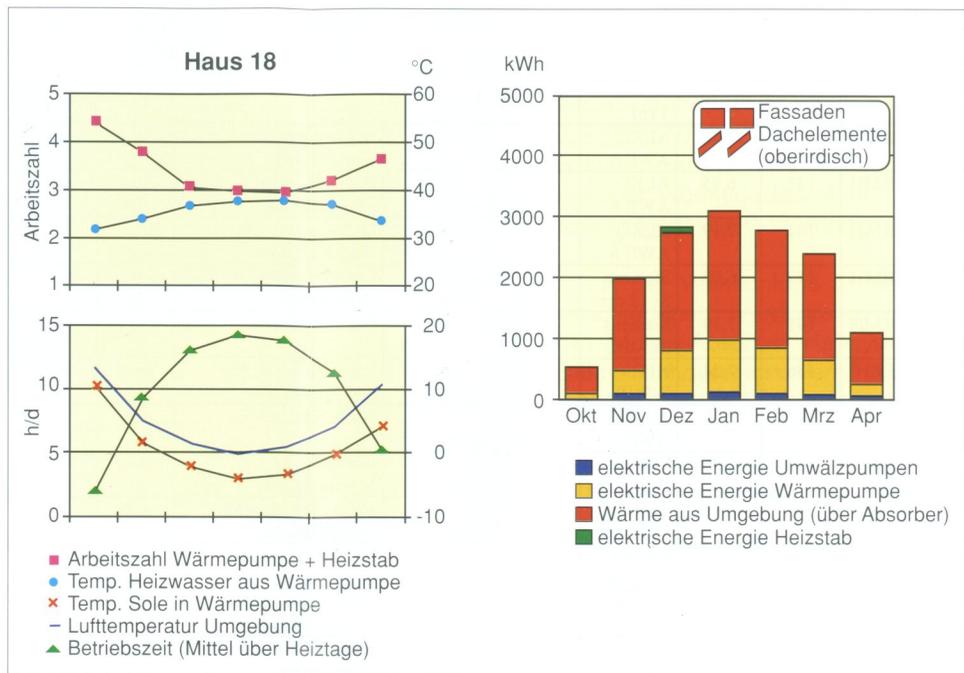


Bild 6: Betriebsdaten von Haus 18 über die Heizperiode 95/96 (mittlere Monatswerte)

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

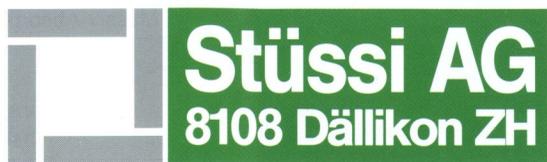
Fazit: Massivabsorbersysteme haben Zukunft

Umfangreiche Untersuchungen an der Solar-Thermie-Wohnanlage haben gezeigt, 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. Damit wird die Heizenergie benötigende Bausubstanz selbst zum Wärmequell und Solarwärmeabsorber. Durch die wenigen erforderlichen Absorber-

flächen (ca. 1/3 der zu beheizenden Fläche) ist die Verfügbarkeit problemfrei. In der industriellen Werksfertigung liegen noch Kosteneinsparungspotentiale. Da Primärenergieaufwand und Umweltbeeinträchtigung erheblich unter konventionellen Techniken liegen und der Wärmepreis sehr günstig, z. B. wesentlich günstiger als der solarer Nahwärme ist, gehört diesem Heizsystem die nahe Zukunft.

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, Heft 4/1988.
- [4] Primus, I.-F.: Massivabsorber – Erfahrungen und Möglichkeiten, Betonwerk+Fertigteil-Technik, 1997, S. 106-114.



Morgentalstrasse 2, CH-8108 Dällikon

Telefon 01/847 29 40
Telefax 01/847 29 59