

Umweltfreundliche Energieversorgung mit "allen Schikanen" in einem Neubau in Nürtingen

Sonnenhaus mit Wärmepumpe

Von Axel Urbanek, München

Als Architekt und Bauherr des großzügig konzipierten Wohnhauses am Hang in der Nähe von Nürtingen die Überzeugung gewannen, daß sich in dem repräsentativen Gebäude auch eine zukunftsweisende Wärmeversorgung und Klimatisierung durchführen ließe, stand das Haus bereits im Rohbau und die Radiatoren für eine Einliegerwohnung waren schon geliefert. Doch selbst in diesem Stadium fiel noch die Entscheidung, alle Möglichkeiten, die sich zur Nutzung regenerativer Energiequellen heute schon bieten, voll zu nutzen: eine Kombination von Sonnenkollektoren, Wärmepumpe und Warmwasser-Fußbodenheizung. Für das Projekt interessieren sich auch die *Neckarwerke*. Sie wollen im Rahmen eines Bundesforschungsauftrages messen, wieviel Energie sich mit Hilfe der Wärmepumpe über die Sonnenkollektoren hereinholen läßt.

Die Konzeption des Hauses mit rd. 200 m² Wohnfläche und Nebenräumen für eine siebenköpfige Familie war von Anfang an auf solide Ausführung und damit auch auf beste Wärmedämmung ausgerichtet. Dies beweist ein K-Wert der Außenwände von 0,6 und eine durchschnittliche Wärmedurchgangsziffer von 1,2. Schwierig war es, in dem fortgeschrittenen Bau stadium noch einen optimalen Platz für die Kollektoren zu finden, ohne daß darunter der architektonische Gesamteindruck des Projektes beeinträchtigt würde. Man fand ihn auf dem Süddach des Nebengebäudes, das eine Neigung von 30° besitzt und nur den Nachteil hat, daß in den ersten Morgenstunden ein Teil der Kollektor-



Bild 1: Einbringen des Kollektors in das Solardach

tigt würde. Man fand ihn auf dem Süddach des Nebengebäudes, das eine Neigung von 30° besitzt und nur den Nachteil hat, daß in den ersten Morgenstunden ein Teil der Kollektor-

fläche vom Dach des Hauptgebäudes beschattet wird.

Kollektor

Die Kollektoren von insgesamt 36 m² nehmen die gesamte Dachfläche des Anbaues ein und sind von der Struktur her so abgedeckt, daß sie als integriertes Dachelement erscheinen. Sie fügen sich also unauffällig in die großzügige, wuchtige Architektur des breit ausladenden Daches aus schwarzem Naturschiefer ein.

Die vier Kollektoren von je 9 m² der *ZinCo Solartechnik Walter Zink, Unterensingen*, sind so ausgelegt, daß sie rasch ansprechen und auch kleinste Quanten an Lichtenergie schon in nutzbringende Wärme umwandeln. Der Kollektorkreislauf wird mit Wasser und einem handelsüblichen Frostschutzmittel betrieben.

Eine 4 cm starke PUR-Wärmedämmung verhindert Wärmeverluste an der Rückseite und gibt dem Dach zusätzlich eine Isolierung, die weit über den vorgeschriebenen Werten liegt. Die Rahmenkonstruktion besteht aus verzinkten Stahlblechwinkel- und Hohlrohrprofilen. Ein Kollektor vom Typ A 1976 und den Maßen 600 x 150 x 15 cm wiegt 160 kg, die Abdeckung 14 kg. Die Montage erfordert deshalb einen Kranwagen, der allerdings nur eine Stunde im Einsatz war. Es können aber auch Kollektoren der halben Größe, die dann einschließlich Abdeckung weniger als 100 kg wiegen, geliefert werden.

Abdeckung

Der Kollektor kann mit jedem transparenten UV- und mit temperaturbeständigem Material wie Glas, Folien oder Kunststoff abgedeckt werden. Hier wurde UV-geschütztes GFK-Sicken-Profil verwendet. Es ist bruchsicher, weitgehend spiefelfrei, temperaturspannungsbeständig, hat hohe Lichtdurchgangswerte und erlaubt großflächige Dacheindeckungen. Unter der Abdeckung ist der Kollektor noch mit einer Spezialfolie überspannt, die gegen Verluste aus Konvektion und Emission nach oben schützt.

Speicher

Die Speicherkapazität beträgt rd. 4000 l. Dazu kommen 800 l für den eigenen Brauchwasserspeicher. Ein großer Kaskadenspeicher aus vier untereinander verbundenen Behältern bietet die Möglichkeit, Wasser direkt mit dem gewünschten Temperaturniveau zu entnehmen und schon gerin-



Bild 2: Ausrichten in der Dachwanne

Beispiele

gen Energiegewinn aus dem Kollektor zu nutzen. Dies ist ein sehr entscheidender Punkt bei der optimalen Ausnutzung der Sonnenenergie, denn wenn bereits Wasser von z.B. 30 oder 40° C nutzbringend gespeichert werden kann, dann erreicht die Solaranlage eine wesentlich höhere Benutzungsdauer als bei einem System, das erst bei 60, 70 oder 80° mit der Speicherung beginnt.

Beim Kaskadenspeicher sind drei oder vier Behälter hintereinander geschaltet, und zwar mit sinkendem Temperaturniveau. Wird nun beispielsweise Wasser von etwa 30° C benötigt, um ein Schwimmbad zu erwärmen, dann sorgt die automatische Regelung dafür, daß das Wasser durch den Wärmetauscher des Behälters fließt, der das entsprechende Temperaturniveau aufweist. So bleibt das heißere Wasser für andere Zwecke reserviert. Auf der anderen Seite hätte es z.B. an einem trüben Tag, an dem im Kollektor nur eine Temperatur von 40° C erreicht wird, wenig Zweck, dieses Wasser in einen Speicher zu leiten, in dem diese Temperatur längst erreicht ist. Für einen Behälter, der nur eine Temperatur von 20 oder 30° C gespeichert hat, sind 40° C dagegen ein erheblicher Gewinn.



Bild 3: Nach einer knappen Stunde ist der Einbau abgeschlossen

Wärmepumpe

Die Wärmepumpe von 6,5 kW Leistung wird vom Elektrizitätsversorgungsunternehmen, der *Neckarwerke AG*, zu einem günstigen Nachtstromtarif beliefert, allerdings unter der Bedingung, daß sie bei Spitzenlast im Netz automatisch von der Versorgung ausgeschaltet wird. Die Wärmepumpe kann zwei Funktionen erfüllen: Sie kann das auf dem Hanggrundstück reichlich vorhandene und in einem Brunnen gesammelte Bergwasser und das ebenfalls gefaßte Dränagewasser abkühlen und mit der aus diesem Vorgang gewonnenen Wärme den Wärmepumpenspeicher auf etwa 50° C aufheizen. Bevor sie auf diese letzte Möglichkeit, regenerierbare Energiequellen zu nutzen, zurückgreift, kühlt die Wärmepumpe jedoch das Wasser im letzten Kaskadenspeicher, das ja schon mit ca. 25° C keine Nutzwärme für den Verbrauch mehr enthält, bis nahezu auf den Gefrierpunkt ab.

Mit dem Abkühlen des Speicherwassers erreicht man gleichzeitig, daß stets kaltes Wasser in den Kollektorvorlauf kommt, also auch dort eine hohe Temperaturspreizung und ein maximaler Energiegewinn erzielt wird. Wieviel mehr durch diesen Kunstgriff aus der einstrahlenden Lichtenergie herausgeholt werden kann, dafür interessiert sich das EVU, das im Rahmen des Forschungsauftrages des Bundesministeriums für Forschung und Technologie diesen Vorgang über einen längeren Zeitraum mit exakten Meßdaten quantifizieren will.

Fußbodenheizung

Wichtigste Voraussetzung für den wirtschaftlichen Betrieb sowohl einer Solaranlage als auch einer Wärmepumpe

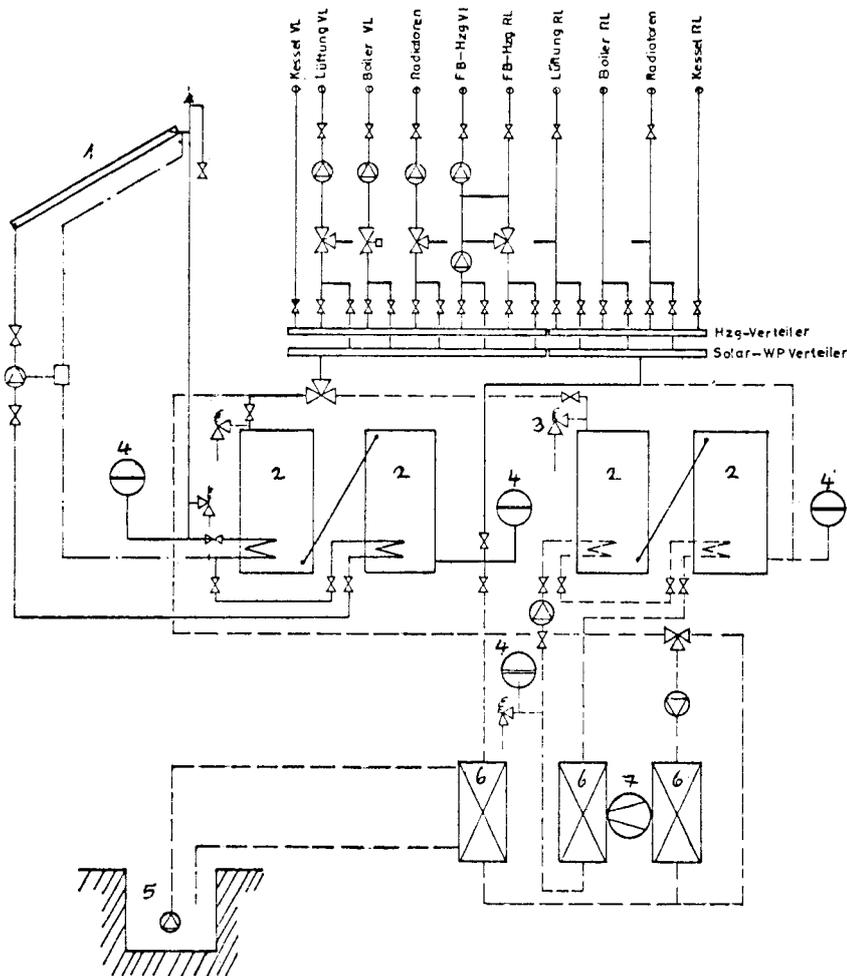


Bild 4: Schaltschema für das Sonnenhaus bei Nürtingen
1 Kollektor, 2 Speicher, 3 Sicherheitsventil, 4 Ausdehnungsgefäße, 5 Brunnen, 6 Wärmetauscher, 7 Wärmepumpe

zur Raumbeheizung ist, daß ein Niedertemperatursystem zum Einsatz kommt. Das Haus ist deshalb mit einer Warmwasser-Fußbodenheizung ausgerüstet, die in der Regel mit einer Vorlauftemperatur von 30 bis 40° C arbeitet. Sie deckt etwa 80 % des Wärmebedarfs in den Wohn- und Nebenräumen (Hobby-Raum, Sauna, Solarium usw.).

Klimatisierung

Die Lüftungsanlage dient zwar in erster Linie zur Erneuerung der Raumluft. Sie ist jedoch mit den Austrittschächten an den Außenwänden so konzipiert, daß die Luft über einen Wärmetauscher erwärmt wird. Dieser Wärmetauscher wird von den Kaskadenspeichern mit Energie beschickt. Im Sommer wird die Luft über einen Kühlsatz, der an einer Wasser-Wasser-Kältemaschine hängt, gekühlt. Die Kältemaschine wird mit Grundwasser gefahren.

Anwendung

Im Sommer reichen die Kollektoren aus, um das ganze Haus mit warmem

Brauchwasser zu versorgen, wobei ein täglicher Bedarf von 350 l mit ca. 45° C zugrundegelegt wird. Versorgt wird mit Sonnenenergie ferner die Raumheizung des Sauna-Bereichs, wie Brause-, Ruhe- und Fitnessraum (nicht der Sauna-Ofen) und das Schwimmbecken, das ein Fassungsvermögen von 35 m³ hat. Reicht in der Übergangszeit die Kollektorleistung nicht mehr aus, dann schaltet sich die Wärmepumpe zu, und zwar zunächst, indem sie über ihren Primärkreislauf das Wasser des letzten Kaskadenspeichers abkühlt und über den Sekundärkreislauf das Wasser des Brauchwasserspeichers bzw., falls bereits geheizt wird, auch des ersten Kaskadenspeichers aufwärmt. Nur im tiefsten Winter werden Grund- und Dränagewasser zur weiteren Wärmegewinnung herangezogen (zweiter Primärkreislauf) und der Wärmepumpenspeicher (zweiter Sekundärkreislauf) auf die für die Heizung notwendige Vorlauftemperatur gebracht. Da bei der Umplanung von der konventionellen Ölfeuerung auf Solaranlage und Wärmepumpe bereits in der Einliegerwohnung Fußboden und Heizrohre verlegt waren, beließ man es für diesen Teil bei herkömmlichen Radiatoren und einem kleinen Ölkessel. Das hat auch den Vorteil, daß von diesem

Kessel Querverbindungen zur übrigen Anlage verlegt werden konnten, so daß das Gebäude mit nahezu allen denkbaren Betriebsweisen wärmeversorgt werden kann.

Kosten und Nutzen

Die Gesamtkosten des multivalenten Heizsystems von rd. 65 000 DM muten zunächst extrem hoch an. Zu berücksichtigen ist dabei jedoch, daß für alle Komponenten nur bestes Material (z.B. Kupferrohre für alle Leitungen) verwendet wurde und, daß allein die Wärmepumpe etwa 15 000 DM kostet, die Kollektoren dagegen nur rd. 10 000 DM. Der Wärmebedarf des Hauses mit rd. 200 qm Wohnfläche zuzüglicher Nebenräume (Hobby-Raum, Sauna, Fitnessraum) sowie Schwimmbad wird von dem für die Planung und Ausführung verantwortlichen Ingenieurbüro und Heizungsbaubetrieb *Hartlieb* auf 75 Gcal/a veranschlagt. Hierzu wären bei konventioneller Ölzentralheizung pro Jahr durchschnittlich 12 000 l Heizöl erforderlich, was beim gegenwärtigen Heizölpreis Betriebskosten von ca. 4 200 DM entspricht.

Gilotherm ADX 10

Von Ing. grad. F. W. Pieper, Frankfurt

Die *Rhône-Poulenc*-Gruppe stellt u.a. eine umfangreiche Palette an synthetischen Wärmeträgerflüssigkeiten her, die sich aufgrund ihrer thermischen Stabilität in den Großanlagen der europäischen Chemie bewährt haben. Aus dieser Produktpalette eignet sich die Wärmeträgerflüssigkeit Gilotherm ADX 10 (ein reiner synthetischer aliphater Kohlenwasserstoff) aufgrund seiner physikalischen Eigenschaften besonders für den Einsatz im Primärkreislauf von solaren Heizsystemen. Ausschlaggebend dafür sind der hohe

Siedepunkt von + 260°C und der niedrige Gefrierpunkt von -80 °C. Aufgrund seiner geringen Viskosität werden interessante Wärmeübergangswerte erzielt.

Der geringe cp-Wert trägt dazu bei, daß z.B. eine solare Brauchwasserversorgungsanlage schneller reagiert und schon geringe Einstrahlleistungen im Kollektor zu einer merklichen Temperaturerhöhung führen. Die Volumenänderung in Abhängigkeit von der Temperatur ist gering, z.B.:

$$+ 20 \text{ }^\circ\text{C} = 0,857 \text{ g/cm}^3$$

$$+ 80 \text{ }^\circ\text{C} = 0,812 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Differenz } 0,045 \text{ g/cm}^3$$

Dies entspricht einer Zunahme im Volumen von 5,25 %.

Korrosionsverhalten und Toxizität

Gilotherm ADX 10 ist nicht korrosiv gegenüber Kupfer, Aluminium, Stahl, Messing, Bronze; es verhält sich absolut neutral im Kreislauf, so daß sich kein Potential bilden kann und alle Metallarten von Aluminium bis Kupfer im Primärkreislauf verwendet werden können. Dieses positive Korrosionsverhalten hat sich in über dreijähriger Anwendung auf dem Solargebiet bis heute in der Praxis bestätigt. Gilotherm ADX 10 zählt übrigens nicht zu den toxischen Wirkstoffen. Bei Verwendung im Primärkreislauf ist jedoch darauf zu achten, daß keine normalen Gummidichtungen eingesetzt, sondern Pumpen und Ventile mit PTFE oder Viton verwendet werden. In Deutschland arbeiten bereits mehrere solare Heizsysteme mit diesem Wärmeträger.

	Temperatur (°C)									
	-50	-20	0	20	40	60	80	100	200	300
Prandt'sche Zahl	3617	368	148	69,4	42,1	28,6	21,0	17,4	8,5	6,57
Wärmekapazität (kJ/kg K)	1,72	1,78	1,85	1,92	1,972	2,04	2,10	2,17	2,48	2,80
Dampfdruck absolut (bar)									0,133	2,0
Dichte (kg/m ³)	908	882	869	857	841	827	812	802	725	652
Viskosität (m ² /s 10 ⁻⁶)	300	31	12	5,4	3,2	2,1	1,5	1,2	0,52	0,36
Wärmeleitfähigkeit (W/m °K)	0,134	0,132	0,13	0,128	0,126	0,124	0,122	0,12	0,11	0,10

Anwendungsbereich: -50° C — + 250° C

Tabelle 1: Einige physikalische Daten von Gilotherm ADX 10