

# Sauber geplant ist halb gewonnen

## Passivhaussiedlung mit solarer Nahwärmeversorgung (Teil 1)



Bild 1 • Blick auf die Vorderansicht der Reihenhaussiedlung

1

Damit thermische Solarenergie in Zukunft einmal einen wesentlichen Beitrag am deutschen Heizenergiemarkt leisten kann, müssen Nahwärmesysteme eine noch viel größere Verbreitung finden als bisher. Der Gewerbepark Ritter und die auf thermische Solarenergie spezialisierte Firma Paradigma haben bei der Errichtung einer Siedlung mit 12 Einfamilienhäusern mit einem komplexen Haustechnikkonzept alle bekannten Risiken und Probleme von Anfang an sorgfältig beachtet und ein wegweisendes Projekt mit vielen innovativen Neuerungen erfolgreich in die Tat umgesetzt. Vielleicht erstmals in der Geschichte großer Solaranlagen fielen die Betriebsergebnisse gleich im ersten Jahr besser aus als die Erwartungen der Planer.

**DR. RER. NAT. ROLF MEISSNER,  
RITTER ENERGIE- UND  
UMWELTECHNIK, KARLSBAD**

### Erneuerbare Energien (EE), Stand und Chancen

Erneuerbare Energien (EE) werden zur Mitte des Jahrhunderts einen substantiellen Beitrag zur Energieversorgung leisten müssen, um die Nachhaltigkeitsdefizite gegenwärtiger Energieversorgung und vorangegangener Energiepolitik, nämlich Klimabeeinträchtigung, Ressourcenabbau, Risiken der Kernenergie und globale Ungleichverteilung von Energie, abzubauen oder wenigstens deutlich zu mildern. Einen zurzeit noch sehr kleinen, aber besonders rasch wachsenden Anteil an den EE hat die Kollektortechnik zur direkten thermischen Nutzung von Solarwärme. In dieser Technik ist Deutschland qualitativ an der Weltspitze und quantitativ ganz weit vorn. Die aktuelle deutsche und europäische Energiepolitik hat zum Ziel, den An-

teil von EE bis zum Jahre 2010 zu verdoppeln. Dabei soll sich die in Deutschland installierte Kollektorfläche etwa verzehnfachen. Als Instrumente dieser Politik sind beispielsweise zu erkennen:

- die konsequente schrittweise Verschärfung der Bauvorschriften
- die Förderung der Entwicklung und zeitweise Subventionierung von EE
- die Ökosteuern
- der Beschluss zum Ausstieg aus der Kernenergie

Die Übersicht zeigt Problemfelder, die bei der Umstellung konventioneller Heizsysteme auf EE überwunden werden müssten. Dazu wäre ein deutlicher Strukturwandel erforderlich, welcher bisher noch nicht zu erkennen ist. Ganz deutlich wird aus der Übersicht (unten), welche zentrale Rolle dabei Nahwärme spielen müsste.

### Vor- und Nachteile großer thermischer Solaranlagen

Der wichtigste Bereich des Einsatzes von EE wird der Wärmemarkt sein. Große Anteile von EE im Wärmebereich erfordern u. a. den Einsatz größerer Anlagen mit Nahwärmenetzen, für die heute noch keine adäquaten Förderinstrumente existieren. Für Großanlagen wird weniger als die Hälfte der sonst üblichen Fördersätze gewährt. Langfristig wird sich aber der Markt der Solaranlagen hin zu größeren Einheiten entwickeln. Es ist bisher allerdings technisch erst selten gelungen, die in der Größe solcher Anlagen liegenden Potenziale richtig auszuschöpfen, welche z. B. sind:

- geringere Wärmeverluste
- günstigere statistische Verbrauchsprofile
- niedrigere spezifische Kosten für die Anlagentechnik
- niedrigere spezifische Installations- und Wartungskosten
- geringerer Verbrauch von Material (Dämmstoff, Kupfer, Stahl usw.)
- geringerer spezifischer Flächenbedarf (Kollektorfläche und Stellfläche für Haustechnik).

Die Ursachen für diesen Rückstand gegenüber kleinen Solaranlagen sind u. a.:

- fehlende Motivation bei den Bauherren (keine oder nur wenig Förderung)
- geringer Markt mit kostenintensiven Individuallösungen

- schlechte architektonische Randbedingungen im Altbau
- hemmende Prioritätensetzung von Bauherren und/oder Architekten beim Neubau
- Unsicherheiten beim Planer und beim Handwerk
- Logistik von Großbaustellen

### Solare Nahwärmesysteme

Die bekannten Erfahrungen mit einer Reihe von bereits realisierten solaren Nahwärmenetzen sind eher schlecht. Es gibt einige grundlegende Prinzipien, die streng beachtet werden müssten, häufig aber nicht genügend beachtet werden:

- Aufbau und Erhalt thermischer Schichtungen in den Speichern
- Nichtüberschreiten kritischer Leitungslängen
- Minimierung der Anzahl der Leitungen
- Minimierung der Querschnitte
- Maximale Leitungsdämmung
- konsequente Niedertemperaturtechnik.

Das Hinwegsetzen über ein einziges dieser Prinzipien kann ein solches System zerstören. Bei der Altbauanierung gibt es mitunter Einschränkungen, die einfach akzeptiert werden müssen. Sonst entstehen solare Nahwärmesysteme auf dem Reißbrett, die nicht nur hohe Investitionen verschlingen, sondern auch im Betrieb immer unwirtschaftlich bleiben. Dies soll beispielhaft für das Prinzip „Nichtüberschreiten kritischer Leitungslängen“ erläutert werden. Für Standard-Nahwärmenetze gilt unter Fachleuten die Regel, dass pro Kilowatt Anschlussleistung maximal nur 1 Meter Nahwärmeleitung wirtschaftlich sind, sonst dominieren die Netzwärmeverluste die Anlage zu stark. Dabei spielt auch ei-

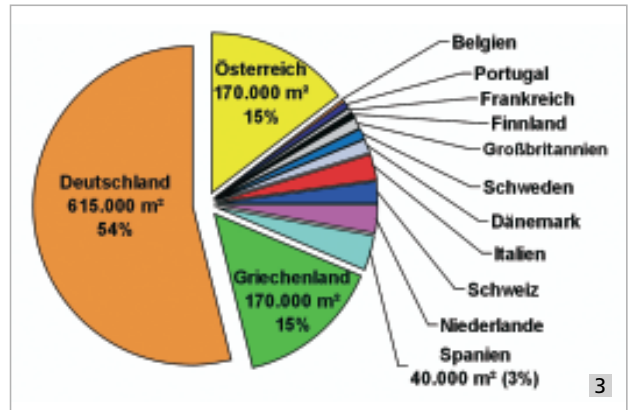
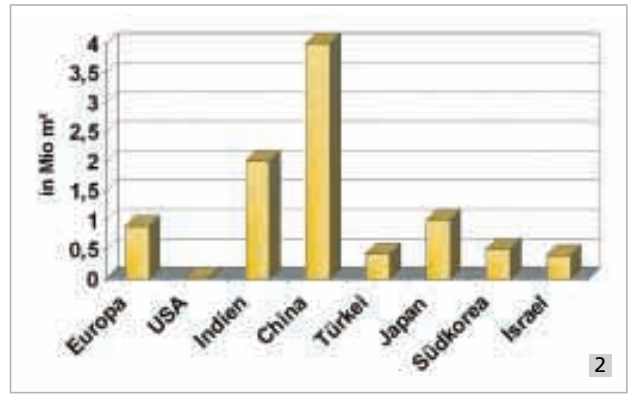


Bild 2 • 1999 weltweit installierte Kollektorfläche

Bild 3 • Verbreitung der Solarthermie in Europa im Jahr 2000

ne Rolle, dass Solarwärme sporadisch und kumulativ mit kleiner Leistung gewonnen und deshalb unbedingt zwischengespeichert werden muss. Das scheint einem k.o.-Kriterium gleichzukommen. Es endet tatsächlich immer fatal, wenn solare Nahwärmenetze bei geringer Siedlungs- (bzw. Wärmebedarfs-) dichte oder „unglücklicher“ Leitungsführung zur Anwendung kommen. Das alles gilt für Standard-Nahwärmenetze. Was ist aber ein Standard-Nahwärmenetz? Gemeint ist ein Niedertemperaturnetz (z.B. VL 65 °C/RL40 °C), das von einer zentralen Pumpe bedarfsgerecht gespeist wird. Doch je mehr Nutzer versorgt werden, umso mehr heißt, „bedarfsgerecht“ auch „Rund-um-die-

		Vorhandenes konventionelles Heizsystem					
		Fernwärme	Blockheizung	Zentralheizung		Etagenheizung	Einzelofen
		alle Brennstoffe	alle Brennstoffe	Öl	Gas, Strom	alle Brennstoffe	alle Brennstoffe
Erneuerbare Energie (EE)	Geothermie	Temperaturniveau, Temperaturleistung	zu geringen Wärmebedarf	Umrüstung auf Nahwärme notwendig		Zunächst auf jeden Fall Umrüstung auf Zentralheizung	Umrüstung auf Sammelheizung und Nahwärme
	Solare (Raum-) Wärme	Derselbe Einsparung, Rücklauftemperatur	relativ einfach	Umrüstung auf Nahwärme notwendig			Umrüstung auf Sammelheizung und Nahwärme
	Biomasse	problemlos	problemlos	entweder Nahwärme oder Holzlager (Pellets oder Ölkessel)	entweder Nahwärme oder zusätzlich Holzlager		Umrüstung auf Sammelheizung, entweder Nahwärme oder Holzlager

Uhr-Versorgung“. Außerdem heißt „bedarfsgerecht“ in der Praxis auch, dass die zur Verfügung gestellte Wärme immer nahe an der zu erwartenden Maximalleistung liegt. Das k. o.-Kriterium „Leitungsnetzlänge pro Versorgungsleistung <1 m/kW“ kann jedoch überwunden werden, wenn die Probleme des Standard-Nahwärmenetzes überwunden werden.

## Passivhaus-Wohnsiedlung im Gewerbepark Ritter

### Die Idee

Paradigma entwickelt seit 1994 Konzepte für mittelgroße und große Solaranlagen und die dazu notwendigen Komponenten wie Kollektoren, Speicher, Regelung, Heizflächen und Wärmeerzeuger. Mit der von Alfred Ritter angeregten und finanzierten Passivhaus-Wohnsiedlung im Gewerbepark Ritter ergänzte Paradigma ihr bewährtes Konzept mit einem neuen Typ von Nahwärmeversorgung. Bei der Planung und Umsetzung setzte sich das Unternehmen das Ziel, alle die oben genannten, bekannten „Schwachstellen“ und Risiken auszuschließen. Dieses Projekt wurde 2000 begonnen und im Frühjahr 2002 erfolgreich abgeschlossen.

### Erste Betriebsergebnisse

Es wurde bei der Planung folgender Wärmebedarf pro Jahr berechnet (siehe Tabelle 1).

Die ersten Häuser wurden im Herbst 2001 bezogen. Die Fertigstellung der letzten Häuser erfolgte bis zum Frühjahr 2002. Während der Bauphase wurden die Häuser im ersten Winter permanent ausgeheizt, es fehlten teilweise noch Verglasungen und Türen.

Weiterhin wurden bis in den Sommer ausgedehnte Grenzwerttests ohne Rücksicht auf Wärmeverluste durchgeführt. Eine erste vorsichtige Auswertung war erst ab dem Frühjahr 2002 möglich. Sie erfolgte anhand des Verbrauches von Holzpellets. Wärmemengenzähler in der Solaranlage und in jedem Haus vervollständigen das Bild (siehe Tabelle 2).

Ganz subjektiv kann der Autor dieses Artikels, der seit September 2001 mit seiner vierköpfigen Familie eines der Passivhäuser bewohnt, erfreut feststellen, dass sich seine Heizkosten gegenüber früher bei vergleichbarer Wohnfläche insgesamt auf etwa ein Fünftel reduziert haben.

Das Nutzerprofil ist auf einen hohen Komfort ausgerichtet. Die Passivhaus-Wohnsiedlung wird ausschließlich von Bewohnern mittleren Alters und überwiegend jugendlichen Kindern genutzt. Der Warmwasserbedarf ist dementsprechend sehr hoch. Außerdem werden Waschmaschinen und Geschirrspüler teilweise über die Warmwasser- und Heizungsanschlüsse der Schichtenspeicher betrieben. Trotzdem ist der Pufferspeicher auch im Winter meistens solar aufgeheizt. Im Sommer 2002 war die Solaranlage erwartungsgemäß permanent unterfordert. Der geplante Wärmebedarf von durchschnittlich 15 kWh pro Quadratmeter Wohnfläche und Jahr (zertifizierte Energiekennwerte Heizwärme: 11 kWh...17 kWh, je nach Lage des Hauses) wurde eingehalten. Der geplante Verbrauch von 79,8 MWh wurde nicht erreicht. Einerseits war der Warmwasserverbrauch in den bewohnten Häusern sicher höher als angenommen, andererseits war stets



Bild 4 • Alfred Ritter, der Initiator der Passivhaus-Wohnsiedlung, wurde 1997 für sein beispielgebendes ökologisches Engagement vom World Wide Fund For Nature (WWF) als „Öko-Manager des Jahres“ ausgezeichnet und erhielt weiterhin 1998 den „Prognos-Preis“ und 1999 das Bundesverdienstkreuz

mindestens ein Haus unbewohnt. Es bleiben natürlich die gleichen Verluste von ca. 24,1 MWh. Der Solargewinn von ca. 30,7 MWh war deshalb im ersten Jahr „in Teillast“ auch etwas kleiner als die erwarteten 35 MWh, gewiss auch, weil sie im Sommer nochmals für ca. 3 Wochen abgeschaltet wurde. Doch beeindruckend steht der Solaranteil für Warmwasser und Heizung trotzdem noch bei 38,7%, nur für Warmwasser + Verluste bei 69,6% und nur für Heizung + Verluste bei 85,9%. Dieses Ergebnis ist trotz noch bestehender Unsicherheiten hervorragend. Bemerkenswert erscheint, dass die erwarteten nur ca. 3% Verluste im Nahwärmenetz jetzt erst recht glaubhaft erscheinen. Die Messungen werden fortgesetzt. Der Solargewinn wird noch steigen, weil bald alle 12 Häuser bewohnt sein werden und noch einige Feinheiten in der Betriebsweise über die elektronische Regelung optimiert werden können, ohne dass der Komfort darunter leidet.

### Die Architektur

Das Projekt umfasst 12 dreigeschossige Einfamilienhäuser mit je ca. 170m<sup>2</sup> Wohnfläche in Passivhausbauweise, auf-

Tabelle 1

Wärmebedarfsprognose (Auslegung) für 4 Personen pro Passivhaus mit 155 m <sup>2</sup> Energiebezugsfläche				
geplanter Verbrauch:		1 Passivhaus	alle 12 Häuser	Anteil
Warmwasser	580 kWh pro Person und Jahr	2320 kWh	27840 kWh	34,9 %
Heizung	15,0 kWh pro Quadratmeter und Jahr	2325 kWh	27900 kWh	34,9 %
Warmwasser + Heizung		<b>4645 kWh</b>	<b>55740 kWh</b>	<b>69,8 %</b>
geplante Wärmeverluste:		alle 12 Häuser		Anteil
Nahwärmenetz (1545 kWh pro Jahr für WW + 658 kWh für Heizung)		2204 kWh		2,8 %
Heizentrale (2,5 kW x (245 <sub>WW</sub> + 120 <sub>Heiz</sub> ) Tage x 24 Stunden) = 14700 kWh + 7200 kWh)		21900 kWh		27,4 %
<b>geplanter Gesamtwärmebedarf (Verbrauch + Verluste)</b>		<b>79844 kWh</b>		<b>100,0 %</b>

Tabelle 2

gemessener Gesamtverbrauch vom 25.03.2003 bis 24.03.03		alle 12 Häuser	Anteil
Verbrauch 9,7 Tonnen Holzpellets mit 500 kWh pro Tonne		48540 kWh	61,3 %
Solargewinn (Wärmemengenzählung mit +/- 5 % Fehler)		30700 kWh	38,7 %
<b>gemessener Gesamtwärmebedarf (Verbrauch + Verluste)</b>		<b>79240 kWh</b>	<b>100,0 %</b>
Solargewinn nur Warmwasser-Bereitung			69,6 %
Solargewinn nur Heizung			85,9 %
<b>geplante Heizkosten pro Haus und Monat (0,035 €/kWh Pellet, 0,01 €/kWh Solar)</b>			<b>14,0 €</b>
gemessener Wärmeverbrauch für Passivhaus 4 (Familie Meißner) vom 25.03.2003 bis 24.03.03			
WW + Heizung		4066 kWh	
<b>aktuelle monatliche Nebenkosten für Heizung und WW für Passivhaus 4 am 25.03.03</b>			<b>12,8 €</b>



geteilt in 3 Blöcke zu 4, 3 und 5 Reihenhäusern, teilweise mit Einliegerwohnungen. Die angewandten architektonischen Prinzipien sind bekannt, einfach aber wirkungsvoll. Nach Osten und Westen gibt es keine Fenster, nach Norden weist gerade genug Fensterfläche, um ausreichende Lichtverhältnisse zu sichern. Die Außenfläche der Wohnblöcke ist im Verhältnis zum Wohnraum klein gehalten, nach Norden ist die unterste Etage in den Hang gebaut.

Die äußere Wärmedämmung wurde segmentweise geschalt und kompakt geschäumt ( $I\text{-sofloc}$ ,  $k_{\text{Dach}}=0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $k_{\text{Wand}}=0,107 \text{ kW/m}^2\text{K}$ ). Die Außenwände und freitragenden Decken aus Beton bilden eine gute natürliche, allerdings infolge von Holzböden und -decken sehr träge Speicherkapazität. Der Innenausbau erfolgte in Leichtbauweise mit viel Naturholz und anderen ökologischen Baustoffen. Große Räume, ein offenes zentrales Treppenhaus sowie Luftspalte unter den Innentüren sorgen für eine gute natürliche Zirkulation und ergänzen die automatische kontrollierte Be- und Entlüftung. Nach Süden sind die Häuser mit ca.  $50\text{m}^2$  dreifach verglast ( $U\text{-Wert DIN } 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). Vor dieser Verglasung erstrecken sich außen angehängte Balkons und davor wiederum elektrische Rollos zur bedarfsweisen Verschattung. Es bleibt so immer genug Seitenlicht. Vor dem Grundgeschoss liegen nach Süden Terrassen. Bei sonnigem Wetter kommt über die Südverglasung zu jeder Jahreszeit ein Wärmeüberschuss ins Haus. Bei Dunkelheit und schlechtem Wetter werden dadurch allerdings höhere Wärmeverluste akzeptiert. Der mittlere Wärmedurchgangswert beträgt aufgrund der Verglasung „nur“  $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Der Heizwärmebedarf ist je nach Lage des Hauses auf  $11 \dots 17 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  ausgelegt, ein Bruchteil nur des zulässigen Primär-Energiebedarfes  $q_{p\text{max}}$  gemäß WSVO 95 bzw. EnEV. In Passivhäusern gibt es praktisch keine Fugen und sonstigen Luftbrücken. Die Summe aller Leckagen eines Hauses entspricht etwa der Größe einer Scheckkarte (Blower-Door-Tests:  $n_{50} = 0,27 \dots 0,45 \text{ h}^{-1}$ ), das sind ca.  $1/10$  der Werte von „natürlicher Lüftung“. Trotzdem ist aufgrund der Bauweise die Luftfeuchtigkeit in den Räumen zu jeder Jahreszeit angenehm niedrig. Die Nachheizung er-

folgt über eine Wandheizung in einer zentralen Wärmewand, die sich neben dem Treppenhaus über alle Etagen erstreckt.

## Die Haustechnik

### Warmwasserversorgung

Jedes Haus hat einen kleinen Paradigma-Schichtenspeicher SI 201 mit 200 Litern zur Warmwasserversorgung. Das ist eines der ganz wesentlichen Merkmale zur Energiebedarfsminimierung. Die Speicher werden, in Kaskaden zusammengefasst, nur zu ganz bestimmten Zeiten nachgeladen. Eine Speicherladung erfolgt in einem stromsparenden Low-flow-Regime mit maximal 8 Litern pro Minute und dauert höchstens 20 Minuten, für alle Häuser zusammen 1 Stunde. Über den ganzen übrigen Tag jedoch bleibt der Nahwärmeverlauf kühl oder ganz aus. Wenn ein Speicher nicht nachzuladen ist, bleibt die Nachladung aus. Wenn ein Speicher außerhalb der Ladezeiten leer wird, kann jeder Bewohner auch eine außerplanmäßige Nachladung auslösen. Die Nahwärmerücklaufleitung bleibt während der Ladung immer zwischen  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  und  $35 \text{ }^\circ\text{C}$ , weil der Wärmetausch in die Schichtenspeicher über Plattenwärmetauscher im Gegenstrom erfolgt. Die Ladung erfolgt über drehzahlgeregelte Ladepumpen von oben schichtend mit einer genau einstellbaren Speichertemperatur. Diese liegt in den einzelnen Häusern zwischen  $45$  und  $52 \text{ }^\circ\text{C}$ . Dazu ist eine Nahwärmeverlauftemperatur von maximal  $58 \text{ }^\circ\text{C}$  notwendig. Die Leitungsquerschnitte der Trinkwasserleitungen sind lastgerecht differenziert und streng minimiert ausgelegt. Eine Warmwasserzirkulation kann von jeder Zapfstelle aus über Taster kurzzeitig in Betrieb gesetzt werden. Die meisten Nahwärmeversorgungen verzichten auf dezentrale Schichtenspeicher und funktionieren deshalb nur schlecht. Die Nahwärmeleitungen sind ganztägig heiß und das Rücklaufmanagement versagt häufig, insbesondere wenn stark wechselnde Lastregime zu versorgen oder gar noch Warmwasser-Zirkulationssysteme über längere Zeit im Spiel sind. Verschärfend kommen dann noch lange Versorgungsleitungen und große Leitungsquerschnitte hinzu.

(Fortsetzung folgt)



Bild 5 • Ansicht von Süden

Bild 7 • Hausansicht von Norden

Bild 6 • Blick in eine der Küchen

Bild 8 • Hausansicht von Westen

# Sauber geplant ist halb gewonnen

## Passivhaussiedlung mit solarer Nahwärmeversorgung (Teil 2)



Damit thermische Solarenergie in Zukunft einmal einen wesentlichen Beitrag am deutschen Heizenergie-markt leisten kann, müssen Nahwärmesysteme eine noch viel größere Verbreitung finden als bisher. Der Gewerbepark Ritter und die auf thermische Solarenergie spezialisierte Firma Paradigma haben bei der Errichtung einer Siedlung mit 12 Einfamilienhäusern mit einem komplexen Haustechnikkonzept alle bekannten Risiken und Probleme von Anfang an sorgfältig beachtet und ein wegweisendes Projekt mit vielen innovativen Neuerungen erfolgreich in die Tat umgesetzt. Vielleicht erstmals in der Geschichte großer Solaranlagen fielen die Betriebsergebnisse gleich im ersten Jahr besser aus als die Erwartungen der Planer.

**DR. RER. NAT. ROLF MEISSNER,  
RITTER ENERGIE- UND  
UMWELTECHNIK, KARLSBAD**

### Raumheizung

Soweit die Heizung nicht direkt durch die Sonne geschieht, erfolgt sie über eine Niedertemperatur-Wandheizung. Das Paradigma-Lago-Wandheizungssystem besteht aus Kupferrohrmäandern, die in der zentralen Wärmewand im Lehmputz verlaufen. Mit insgesamt ca. 12 m<sup>2</sup> beheizter Wandfläche wird der maximale Wärmebedarf von ca. 3 bis 4 kW pro Haus gewährleistet. Ein einzelner nach Norden weisender Raum ist mit einem für den Gipskarton-Leichtbau entwickelten Flächenheizelement Paradigma Lago Mont ausgestattet. Eine kleine Heizungs-pumpe versorgt die Wandheizflächen, geführt über die Raumtemperatur, mit maximal 4 Litern pro Minute aus der Nahwärmavorlaufleitung. Die maximal notwendige Vorlauftemperatur beträgt 40 °C, die Rücklauftemperatur liegt fast immer unter 35 °C, meistens unter 30 °C. An Sonnentagen bleibt die Heizung aufgrund der Solararchitektur bzw. Passivhausbauweise selbst bei Außentemperaturen von weit unter Null überwiegend aus.

### Die Heizzentrale

Ein Pufferspeicher mit 5000 Litern Inhalt (bzw. 240 bis 300 kWh Speicherkapazität) und einer Polystyrol-dämmung zwischen 50 und 80 cm aus verdichtetem feinen Granulat, ein Holzpelletkessel PELLETTI mit 32 kW Leistung, die elektronische Paradigma Systemregelung MES sowie die ganze Verteilertechnik befinden sich in einem unterirdischen Heizraum, ebenso ein kleines, angrenzendes Holzpelletlager mit Sacksilo.

Im Pufferspeicher werden bei Bedarf nur die obersten 600 Liter vom Holzpelletkessel auf 60 bis 65 °C aufgeheizt,

sofern dies nicht bereits durch die Solaranlage geschehen ist. Dieses Mindestbereitschaftsvolumen speichert etwa 30 kWh. Die restlichen 4400 Liter des Puffers werden nur solar beheizt. Die Solaranlage beheizt den Pufferspeicher je nach Vorlauftemperatur in zwei verschiedenen Höhen. Die Solarwärme wird so eingespeist, dass die Solarvorlauftemperatur immer knapp über der jeweils unter der Einspeisehöhe vorherrschenden Puffertemperatur liegt. Die Solarvorlauftemperatur wird durch die Drehzahlregelung der Solarpumpe stets auf gewisse Solltemperaturen getrimmt, damit ein möglichst hoher exergetischer Wirkungsgrad erzielt wird.

### Das Nahwärmesystem

Die 12 Häuser beziehen ihre Wärmeenergie aus dem Pufferspeicher über das Nahwärmenetz. Dieses weist einige Merkmale auf, die es wesentlich effizienter machen, als bisher bekannte, weiter oben als Standard-Nahwärmesysteme bezeichnete, Nahwärmeverteilungen sein können. Das Nahwärmenetz hat eine Länge von ca. 100 Metern und einen Gesamtinhalt von ca. 180 Litern. Die spezifische Leitungslänge beträgt bei einer auf ca. 50 kW ausgelegten Heizleistung demnach ca. 2 m/kW.

### Das Paradigma-Nahwärmesystem ist ...

1. ... passiv: Es gibt keine zentrale Pumpe, die es mit Wärme versorgt. Jeder der 24 Verbraucher holt sich selbst genau die Wärmemenge aus dem Pufferspeicher, die er braucht. Die 12 Niedertemperatur-Raumheizungssysteme und die 12 Schichtenspeicher zur Warmwasserbereitung sind jeweils mit einer kleinen stromsparenden Pumpen ausgestattet, die nur für die meist kurze Dauer des Wärmebedarfs in Betrieb ist und die dann ohne hydraulische Drosselung nicht mehr fördert, als unbedingt notwendig ist. Gegenüber einem aktiven System mit ständig



laufender Treiberpumpe für das Netz werden so ca. 75% an Elektroenergie gespart.

Durch den bedarfsgerechten Durchsatz eines jeden Verbrauchers sind optimal niedrige Rücklauftemperaturen von maximal 35 °C für das ganze Nahwärmesystem gewährleistet.

2. ... offen: Zwischen dem Vor- und Rücklauf gibt es nur Verbindungen über die 24 Verbraucher. Wenn alle Verbraucher aus sind, ruht das ganze Nahwärmesystem. Wenn nur einzelne Verbraucher am Anfang des Nahwärmesystems Wärme anfordern, ruht der ganze Rest des Nahwärmesystems.

Standard-Nahwärmesysteme sind dagegen geschlossen und stets durchfließen. Bei geringer Wärmeabnahme sind die Rücklauftemperaturen schwer beherrschbar.

3. ... temporär und aktiv selbstentladend: Die Warmwasserbereitung ist auf wenige Stunden des Tages begrenzt, auch bei außerordentlichen Anforderungen einzelner Bewohner. Die Heizung wird nur wenige Monate im Jahr benötigt und bleibt bei vorherrschenden Hochdruckwetterlagen überwiegend aus. Bei jedem temporären Betrieb des Nahwärmesystems wegen einer Schichtenspeicherladung werden, je nachdem, von wie weit vom Puffer entfernt die Wärmeanforderung kommt, maximal 90 Liter Vorlaufwasser auf 55 ... 60 °C und 90 Liter Rücklaufwasser auf 25 bis 35 °C aufgeheizt. Diese Wärmemenge wäre immer vergeudet, wenn das Nahwärmesystem danach wieder länger als 2 bis 3 Stunden stehen würde. Deshalb wird, wenn die letzte Speicherkaskade geladen ist und für die nächste Zeit keine Wärmeanforderung an das Nahwärmesystem zu erwarten ist, über ein sich öffnendes Magnetventil ein Kurzschluss zwischen Vor- und Rücklauf hergestellt und das Netz über eine kleine Pumpe zurück in den Pufferspeicher entladen. Nur während dieses kurzzeitigen Betriebszustandes der Selbstentladung ist das Nahwärmesystem nicht im Sinne von 1. passiv.

4. ... ist ein Low-Flow- bzw. Matched-Flow-System: Da alle Verbraucher auf große Temperaturspreizungen bzw. niedrige Rücklauftemperaturen ausgelegt sind (ca. 8 Liter pro Minute bei 55 °C/25 °C/15 °C/50 °C für die Schichtenspeicher und maximal 4 Liter pro Minute bei 40 °C/30 °C für die

Niedertemperatur-Wandheizungen), ist der Durchsatz im Nahwärmesystem ebenfalls stets gering und entsprechend druckverlustarm. Dadurch konnten die Querschnitte des Nahwärmenetzes minimiert werden. Die Querschnitte werden mit zunehmender Entfernung vom Pufferspeicher auch in dem Maße immer geringer, wie die Summe aller maximalen Volumenströme immer geringer wird. Die Optimierung eines solchen Netzes ist ohne ein geeignetes Computerprogramm, das alle hydraulischen Teilwiderstände sowie sämtliche Pumpenkennlinien beherrscht, nicht möglich. Die Kaskaden zu je 4 Schichtenspeichern sind so kombiniert, dass bei jeder Kaskade über das gesamte Nahwärmesystem stets annähernd der gleiche Druckverlust auftritt. Im Winter-Heizbetrieb ist eine Warmwasser-Vorrangschaltung möglich, so dass während der kurzen Freigabezeiten der Schichtenspeicher die Heizkreispumpen abschalten. Diese Option ist nicht notwendig, stellt aber eine wichtige Reserve für das ganze System dar.

5. ... ein Zweileitersystem: Standard-Nahwärmesysteme bestehen oft aus mehr als nur zwei Leitungen. Ein dritter oder gar vierter Leitungsstrang soll dann Systemnachteile, wie stark schwankende Vor- und Rücklauftemperaturen, ausgleichen oder wird gebraucht, um verschiedene Medien (Heizungswasser, Solarflüssigkeit, Trinkwasser) zu trennen. Doch jeder zusätzliche Leiter verschärft das ohnehin immer präsente Problem der Leitungsverluste. Das Paradigma-Großanlagenkonzept mit konsequenter Schichtlade- und -entladetechnik benötigt im Zusammenhang mit einem passiven, offenen und temporären Nahwärmesystem nur je einen Vor- und -rücklauf.

Allen Kostensparverlockungen durch Kunststoffleitungen widerstehend, wurde das gesamte System geschlossen, d. h. sauerstoffdicht in Kupfer ausgeführt. Selbst modernste Kunststoffleitungen würden durch Sauerstoffdiffusion pro Jahr einige Kilogramm Sauerstoff in die Anlage eindringen lassen, in dessen Folge mit Verschlämmung, Pumpen-Kennlinienverschiebungen, Verschmutzungen der Wärmetauscher oder gar mit Pufferspeicherschäden gerechnet werden müsste.



Bild 9 • Schichtenspeicher SI 201/30 kW



Bild 10 • Lago-Mont-Wandheizsystem

## PASSIVHAUS

aus dem Pufferspeicher stets in der Höhe entnommen, in der im Puffer die aktuelle Solltemperatur gerade noch vorherrscht. Da der Puffer zumindest ganz oben meistens heißer ist als die 4/5 des Tages herrschende Solltemperatur von ca. 40 °C, bleibt die exergetisch wertvollere Solarwärme mit über 60 °C der Warmwasserbereitung vorbehalten. Zusätzlich wird der Vorlauf stets mit Rücklaufwasser auf die Solltemperatur temperiert, sodass er auch nicht heißer wird als nötig, wenn der ganze Pufferspeicher kurz vor dem Kochen ist. Der Nahwärmerücklauf führt wahlweise in verschiedenen Höhen zurück in den Puffer. Dadurch wird der Puffer von unten nur umgewälzt, wenn die Rücklauftemperatur kleiner ist als die Pufferspei-



◀ Bild 11 • Holzpellets - Heizen mit regenerativer Sonnenenergie

▼ Bild 12 • Holzpelletkessel Pelletti

fläche Röhrenkollektoren CPC 21 Star Azzurro mit 45% Neigung installiert. Diese Low-Flow-Solaranlage speist bis zu ca. 35 kW thermische Leistung mit Solltemperatur wahlweise von oben oder bei Nichterreichen der Solltemperatur unterhalb des Warmwasser-Bereitschaftsvolumens in den Pufferspeicher. Pro Jahr kann sie eine Wärmemenge von ca. 25.000 kWh liefern.

chertemperatur auf Höhe des Rücklaufanschlusses. Durch dieses Vor- und Rücklaufmanagement wird die nutzbare Speicherkapazität maximiert und Exergieverluste durch Vermischung sowie Energieverluste durch unnötig hohe Netztemperaturen werden minimiert.

### Die Regelung

Die elektronische Regelung erfolgt mit einer modular aufgebauten Paradigma-Systemregelung MES. Fast alle Pumpen arbeiten mit automatischen, temperatursollwertgeführten Drehzahlregelungen. In der Heizzentrale befinden sich die Module für die Solaranlage, für den Pelletkessel und den Pufferspeicher sowie für das Nahwärmesystem. In jedem Haus befindet sich ein weiteres Modul für jeden Schichtenspeicher. Alle Module kommunizieren miteinander und mit dem Feuerungsautomaten des Pelletkessels über einen LON-Bus. Die kontrollierte Be- und Entlüftung wird für jedes Haus separat geregelt.

### Die Solaranlage

Nahe der Heizzentrale wurden in Flachdachständerung 56 m<sup>2</sup> Apertur-

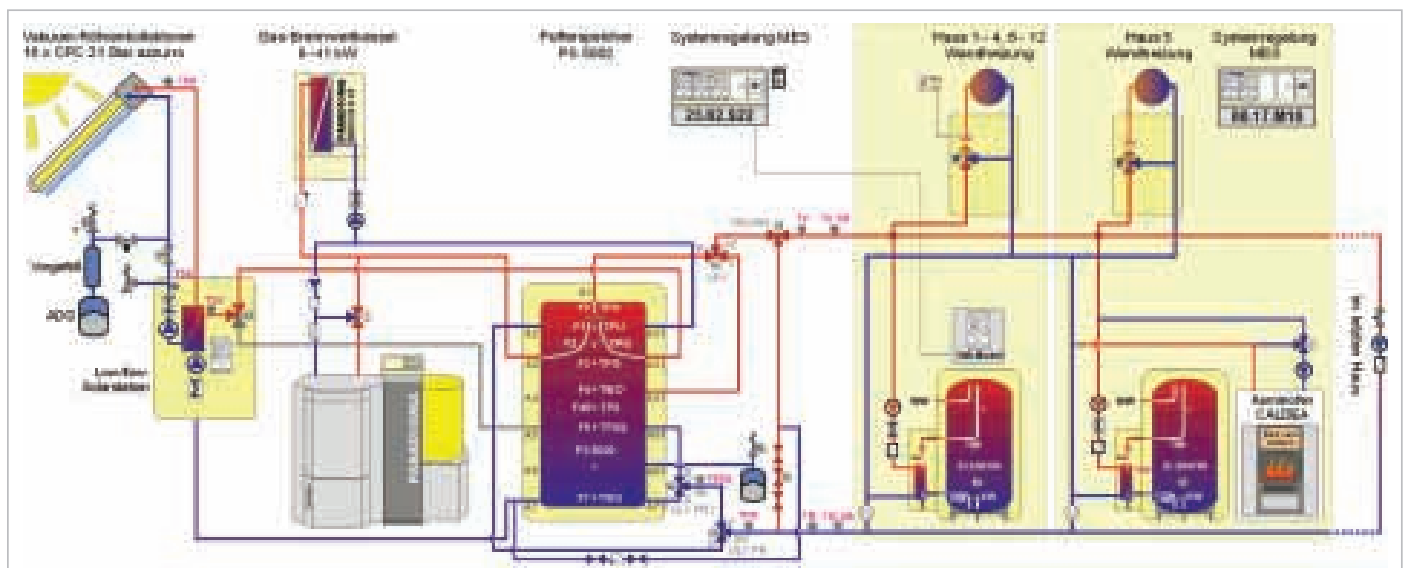
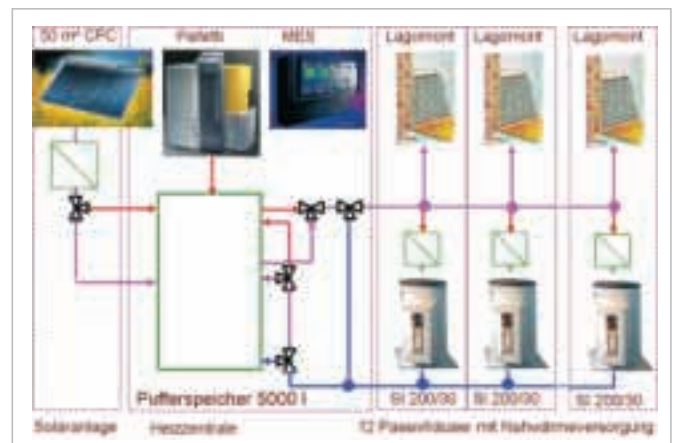


► Bild 13 • Anlagenschema zur Wohnsiedlung im Gewerbepark Ritter

▼ Bild 14 • Die Haustechnik zur Passivhausiedlung im Gewerbepark Ritter, Gesamtübersicht

### Die Lüftung

Jedes Passivhaus ist mit einer kontrollierten Be- und Entlüftung ausgestattet. Während der Heizzeit wird durch die automatische Lüftung sehr viel Energie eingespart. Neubauten sind heute so dicht, dass eine ausreichende natürliche Lüftung nicht mehr gewährleistet ist. Schon in Gebäuden nach der WSWO 95 werden die nach DIN 1946 geforderten Mindestluftwechsel in der Regel erst ab Windstärke 5 erreicht. Fensterlüftung ist nicht mehr praktikabel, für eine optimale Lüftung müssten alle 2 Stunden für 5 Minuten alle Fenster geöffnet werden. Durch falsches Lüften



wird aber auch schnell aus einem Niedrigenergiehaus ein ganz normales Gebäude.

Das Paradigma-Lüftungssystem AirA arbeitet effizient durch Querlüftung. Wohnräume werden mit Frischluft versorgt, aus Bädern und Küchen wird Abluft entsorgt. Schalldämpfer unterdrücken jede Geräuschübertragung zwischen den Räumen. Die Raumwärme wird in einem Gegenstromwärmetauscher von der Abluft auf die Zuluft übertragen und bleibt so im Haus. Ein großer Erdwärmetauscher wärmt im Winter die Zuluft vor und kühlt sie im Sommer ab. Ein Feinfilter hält Staub, Pollen und Insekten vom Haus fern. Die Regelung erfolgt automatisch mit einem Multigas- und einem Feuchte-sensor über eine Fuzzy-Logic. Der Nutzer kann eingreifen und in 8 Stufen stetig zwischen maximalem Energie- und maximalem Komfortmanagement wählen.

#### Zusammenfassung

Die Passivhaussiedlung im Gewerbepark Ritter wurde als einheitliches Ganzes geplant und ausgeführt. Die Erzielung der höchstmöglichen energetischen Effizienz durch Passivhausausbauweise und den komplexen Einsatz ökologischer Haustechnik der Firma Paradigma stand als Leitgedanke stets im Vordergrund. Mit der

Bild 17 • AirA Comfort Heat – Automatische Be- und Entlüftung



Bild 16 • Paradigma-Röhrenkollektor in Flachdachständerung

Nähe zur Firma, die ihren Sitz ebenfalls im Gewerbepark Ritter hat, war eine hohe Ingenieur-Kompetenz stets unmittelbar an oder auf der Baustelle. Sowohl der Bauherr, Alfred Ritter, die Architekten, die Bauleitung, das die Haustechnik projektbegleitende Ingenieurbüro, als auch die Meister der Gewerke pflegten ständig einen engen und direkten Kontakt zu den verantwortlichen Produktmanagern und Entwicklungsingenieuren von Paradigma, welche so zahlreiche große und kleine Entscheidungen nach den Grundsätzen des Leitgedankens selbst treffen konnten. Abgesehen von ein paar Mängeln in der Bauausführung (Undichtigkeiten im Tiefbau bei einzelnen Passivhäusern), welche mit der Heizungstechnik nichts zu tun haben, ist das Projekt



Bild 15 • MES-Systemregelung

beispielgebend gelungen. Das Nahwärmenetz stellt eine völlige Innovation dar und funktioniert hervorragend. Die Erfinder wünschen sich, dass solche Konzepte noch oft realisiert werden, um der Anwendung thermischer Solarenergie stärker zum Durchbruch zu verhelfen. [www.Paragigma.de](http://www.Paragigma.de)

## PASSIVHAUS

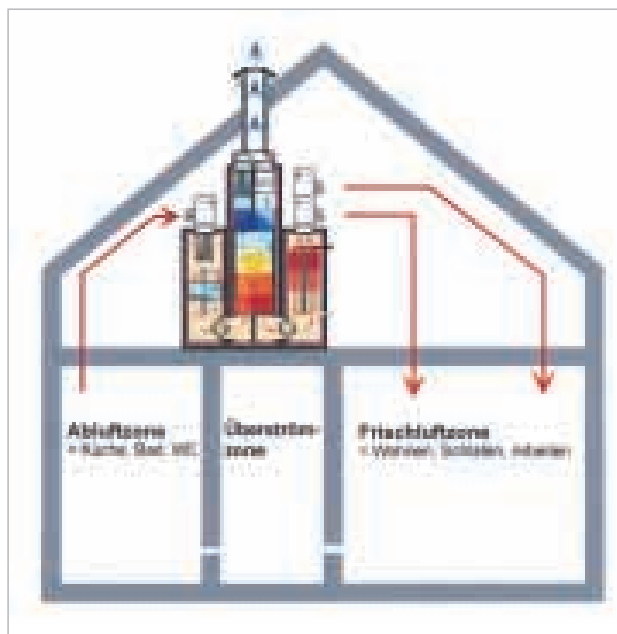


Bild 18 • Funktions-schemata der Be- und Entlüftung