

Niedrigenergie-Mehrfamilienhaus mit Solartechnik



- ▶ **Wintergärten energetisch problematisch**
- ▶ **Verzicht auf eine mechanische Lüftungsanlage auf Grund einer Kosten/Nutzen-Abwägung**
- ▶ **Solare Hybridsysteme noch nicht wirtschaftlich**
- ▶ **Kosteneffiziente Solaranlage zur Unterstützung der Brauchwassererwärmung**

Das Mehrfamilienhaus in München Baumgartner-/Ganghoferstraße

Mehrfamilienhäuser im sozialen Wohnungsbau werden zunehmend als Niedrigenergiehäuser geplant und umgesetzt. Finanzielle Mehraufwendungen für einen hochwertigen Wärmeschutz lassen sich jedoch nur in dem Maße umsetzen, wie die entstehenden Mehrkosten über höhere Mieten refinanzierbar sind. Mit dem Modellprojekt Niedrigenergie-Mehrfamilienhaus in München soll gezeigt werden, dass sich auch auf einem städtebaulich schwierigen Grundstück ein Niedrigenergiehaus im sozialen Wohnungsbau mit aktiver Solarenergienutzung kosteneffizient realisieren lässt.

Das Gebäude befindet sich an einer sehr verkehrsreichen Straße (Verkehrsaufkommen 47.000 Autos/Tag), so dass ein wirkungsvoller Lärmschutz notwendig ist. Es wurde ein Gebäudekonzept mit einem hufeisenförmigen Grundriss gewählt, so dass ein lärmgeschützter Innenhof entsteht. Die Südfassade des Wohnhauses liegt direkt an der Straße und erfordert besondere schallschutztechnische Maßnahmen, die mit einer Immissionsschutzwand aus Glas gelöst wurden. Diese erfüllt zwei Funktionen; sie dient dem Lärmschutz und bildet gleichzeitig eine thermische Pufferzone vor dem Gebäude, die den Heizwärmebedarf des Gebäudes mindert. Als positiver Nebeneffekt

entsteht ein für die Bewohner zugänglicher Raum, der die Qualität der Wohnungen steigert.

Zusätzlich zu den wärmeschutztechnischen Verbesserungen der Gebäudehülle gegenüber den Anforderungen der Wärmeschutzverordnung, sollte im Rahmen zweier Forschungsvorhaben, die vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) gefördert wurden, die aktive und passive Nutzung von Solarenergie in das Gebäudekonzept integriert und so der Heizwärmeverbrauch weiter reduziert werden. Zu Versuchszwecken wurden einige, der im 5. und 6. Obergeschoss des Gebäudes befindlichen Maisonette-Wohnungen mit solaren Hybridheizanlagen oder passiven Systemen versehen. Bei diesen Prototypen handelt es sich um Weiterentwicklungen marktgängiger Systeme, die unter praktischen Bedingungen getestet werden sollten. Ziel der Maßnahmen war es, den fossil zu deckenden Heizwärmebedarf auf $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ zu reduzieren. Die solare Warmwasserbereitung wurde im Rahmen von „Solarthermie 2000“ mit dem Ziel gefördert, die Anlagen unter höchstmöglicher Kosteneffizienz zu installieren und zu betreiben. Das Modellvorhaben in München bot gute Voraussetzungen, so dass die Warmwasserbereitung durch eine Solaranlage unterstützt wird.

► Planungsphase

Das Baugrundstück befindet sich in einer innerstädtischen Lage mit allen erforderlichen Infrastruktureinrichtungen, ist aber erheblichen Belastungen durch Lärm- und Schadstoffimmissionen ausgesetzt. Um den Anforderungen möglichst gerecht zu werden, wurde ein Architektenwettbewerb mit

der Maßgabe ausgeschrieben, das Grundstück optimal zu nutzen und wirksame Maßnahmen gegen die Immissionen zu realisieren. Das verwirklichte Konzept wurde aufgrund seiner guten Grundstücksnutzung, den günstigen Baukosten und seiner kompakten Gebäudeform ausgewählt. Der

Niedrigenergiehausstandard war ursprünglich nicht geplant und wurde erst nachträglich realisiert. Hierzu bedurfte es u. a. einer aufwendigen Abstimmung mit der Baubehörde, um eine geringfügige Mieterhöhung im sozialen Wohnungsbau zu ermöglichen.

► Realisiertes Gebäudekonzept

Das Gebäude zeichnet sich durch eine kompakte Bauweise sowie einen hohen Wärmedämmstandard aus. Es handelt sich um eine 4-7 geschossige Wohnanlage mit 79 Wohneinheiten unterschiedlichster Grundrisse, einem Kindergarten und Kinderhort. Das Gebäude besteht aus drei Baukörpern, die hufeisenförmig angeordnet sind und ein energetisch günstiges A/V-Verhältnis aufweisen. Die Form des Gebäudes lässt einen gegen Lärm gut abgeschirmten Innenhof entstehen, zu dem jede Wohnung einen Zugang hat. Sämtliche Wohnungen haben die Möglichkeit, per Querlüftung einen ausreichenden Luftaustausch durchzuführen. Trotz der Lage des Gebäudes konnte auf eine mechanische Lüftungsanlage verzichtet werden, die zusätzliche Baukosten und Stromverbräuche für die notwendigen Ventilatoren verursacht hätte. Nur innenliegende Bäder sind mit einer Abluftanlage

ausgestattet. Aus Gründen des Lärmschutzes wurde vor der Südfassade eine Immissionsschutzwand (Abstand 2 m) aus Glas errichtet, die individuell geöffnet werden kann. Sie bildet auch eine thermische Pufferzone vor den Wohnungen und ist von diesen aus begehbar. Die Gebäudehülle ist als Stahlbeton-Schotterkonstruktion ausgeführt, so dass die Trennwände zwischen den Wohnungen die Last des Gebäudes tragen und die Außenfassade aus vorgefertigten Elementen in Holzständerbauweise erstellt werden kann. Die seitlichen Fassa-

denbereiche sowie die Außenwände im 5./6. Obergeschoss wurden aus Stahlbeton errichtet. **Abb 2** fasst die wichtigsten Daten des Gebäudes zusammen.

Abb 2 Gebäudedaten München

Wohnfläche gesamt, m ²	5.200
Fertigstellung	Nov. 1996
k-Wert (W/m ² K):	
Fassade	0,27
Dach	0,23
Kellerdecke	0,28
Außen-Fenster	1,1
Fenster zur Glaswand	1,4
Glaswand	3,0
Dämmmaterial	Mineralwolle
A/V Verhältnis (m ⁻¹)	0,36
Heizungsanlage	Gas-Brennwertkessel 2x170 KW
Heizwärmebedarf (berechnet)	42 kWh/m ² a (inkl. Verteilverluste)
	29 kWh/m ² a (ohne Verteilverluste)
Heizwärmeverbrauch	58 kWh/m ² a (inkl. Verteilverluste)
(gemessen in der Heizperiode 1997/98)	43 kWh/m ² a (ohne Verteilverluste)
Brauchwassererwärmung, solar	109 m ² Flachkollektoren

► Solarhybridtechnik

Die Maisonette-Wohnungen im 5./6. Obergeschoss sind mit unterschiedlichen Systemen zur solaren Heizungsunterstützung ausgestattet. Wohnung 41 mit konventioneller Beheizung dient als Referenzwohnung.

Luftgeführtes

Solarenergiegewinnsystem

In den Wohnungen 39, 37, 38 (Systeme A-C) wird ein luftgeführtes Solarenergiegewinnsystem erprobt. Es besteht jeweils aus zwei Luftkollektoren, deren Kollektorfläche zusammen 6,6 m² beträgt. Beim geschlossenen System A und C wird die im Luftkollektor absorbierte Sonnenenergie in einer Betonwand abgespeichert, in deren Wandmitte sich Rohre befinden, die oben und unten mit einem Verteilerkanal verbunden sind. Die erwärmte Luft strömt durch die Röhren und dann zurück in den Kollektor. Die Regelung der Speicherbeladung erfolgt über eine Temperaturdifferenzschaltung. Der Lufttransport erfolgt über Ventilatoren, die mit photovoltaisch erzeugtem Strom betrieben werden.

System A: Der solare Luftkollektor bildet

einen geschlossenen Kreislauf mit der Speicherwand, der innenliegenden Wohnungstrennwand im 5. OG. Die Entladung des Energiespeichers erfolgt aktiv über schmale Öffnungen, die sich unten und oben in einer der Speicherwand vorgestellten Vorsatzschale befinden. Unterhalb der oberen Öffnung ist ein Konvektor installiert. Wird Heizwärme benötigt, öffnen sich ein Thermostatventil am Radiator sowie die untere Klappe in der Vorsatzschale, so dass kalte Raumluft durch die untere Öffnung hereinströmen kann und sich während des Aufsteigens erwärmt. Anschließend strömt die erwärmte Luft durch die obere Öffnung wieder in den Wohnraum zurück (**Abb 4**).

System B: Die Zuluft wird im Luftkollektor erwärmt und direkt in die Aufenthaltsräume geblasen. Dies geschieht nur, wenn die Lufttemperatur im Kollektor 5 K über der Raumlufttemperatur bzw. die Raumlufttemperatur unter 24° C liegt. Im Bad kann die Abluft über ein Ventil nach außen strömen (**Abb 5**).

System C: Es besteht aus einer Kombination der Systeme A und B. Bei Solarangebot

und Bedarf wird die vorgewärmte Luft direkt in die Aufenthaltsräume eingeblasen; ist der Wärmebedarf gedeckt, erfolgt die Be- und Entladung der Speicherwand in der gleichen Weise wie bei System A (**Abb 6**).

Wassergeführtes

Solarenergiegewinnsystem

System D: Das Funktionsprinzip entspricht System A; als Wärmeübertragungsmedium wird Wasser verwendet. Der Wasserkollektor bildet mit der Speicherwand, in der 15 mm dicke Kupferrohre im Putz eingebettet sind, einen geschlossenen Kreislauf (**Abb 7**).

Transparentes

Wärmedämmsystem (TWD)

TWD-1: In Wohnung 36 ist die südliche Außenwand des 6. OG partiell mit einem transparenten Wärmedämmverbundsystem gedämmt. Es handelt sich um eine 12 cm starke TWD-Schicht aus Polycarbonat, die mit einem transparenten Glasputz beschichtet ist. Ein Teil der auf den Glasputz auftretenden Solarstrahlung wird reflektiert und ein Teil in die Kapillarplatte geführt, abhängig vom Einfallswinkel der Strahlung.

► Solaranlage zur Brauchwassererwärmung

Auf dem Dach des südlichen Baukörpers wurde eine aufgeständerte Flachkollektoranlage zur Brauchwassererwärmung errichtet. Für die Abschätzung des Warmwasserverbrauchs (60°C) wurde von 240 Bewohnern (Bedarf 30 l/Pers. d) sowie 70 Personen im Kinderhort (Bedarf 5 l/Pers. d) ausgegangen, so dass ein Tagesbedarf von 7,5 m³ entsteht. Der Jahresmittelwert des täglichen Warmwasserverbrauchs lag mit 8,5 m³/d gut 10% höher als der bei der Planung zu Grunde gelegte Wert. Die leichte Unterdimensionierung der Solaranlage ist jedoch unkritisch, da dadurch die Effizienz der Solaranlage insgesamt verbessert wird. Die Anlage arbeitet als Vorwärmanlage. **Abb 3** zeigt, dass die garantierten Werte der Anlage gut mit den tatsächlich gemessenen Werten übereinstimmt.

Abb 3 Auslegungs- und Messwerte der Solaranlage in München

	Auslegung / Garantie	Messperiode		
		17.07.97 – 16.07.98	17.07.98 – 16.07.99	
Strahlung auf das Kollektorfeld	MWh	145,5	150,1	137,9
Jahres-Zapfverbrauch	m ³	2.737	3.083	3.293
aktive Kollektorfläche	m ²	109		
Speichervolumen	m ³	6		
Jahresertrag solare Nutzenergie	MWh	55,0	56,6	48,1
Jahresmittel Systemnutzungsgrad	%	37,8	37,7	34,8
solarer Deckungsanteil am Zapfverbrauch	%		31,7	27,6
solarer Deckungsanteil am Gesamtverbrauch	%		22,4	19,6
solarer Wärmepreis (Lebensdauer: 20 a; Zins: 6%; Annuität: 8,72%)	DM/kWh	0,25	0,25	0,29

Über die Betonwand wird die Wärme zeitverzögert in den Raum abgegeben (**Abb 8**). **TWD-2:** Wohnung 42 ist mit einem Fassadenelement zur passiven Solarenergienutzung ausgestattet. Auf der Betonwand befindet sich eine 6 cm dicke Dämmung, die mit einem schwarzen Absorbervlies abgedeckt ist. Vor der Dämmschicht (Abstand 3 cm) ist eine Zweischiebenisolierverglasung angebracht. Die auftreffende Solarstrahlung wird in der Absorbierschicht in Wärme umgewandelt und erwärmt sowohl den Absorber als auch die Luft im Luftspalt. Hierdurch werden die Transmissionsverluste der Wand reduziert (**Abb 9**).

Messergebnisse

Die Wohnungen wurden kontinuierlich vermessen, so dass komplette Energiebilanzen vorliegen (**Abb 10**). Die Heizwärmeverbräuche der Wohnungen mit Hybridtechnik konnten um 12-17,5 kWh/m²a, die mit TWD um 3-4 kWh/m²a gesenkt werden. Die Messungen zeigen auch, dass der Einfluss der Nutzer auf den Heizwärmeverbrauch (durch Raumlufttemperaturen, Luftwechselraten und interne Gewinne) deutlich höher sein kann, als der Beitrag der solaren Hybridsysteme bzw. der TWD. In einigen Wohnungen führen sehr lange Fensteröffnungszeiten zum Wintergarten zu hohen Luftwechselraten. Beim Wintergarten wurde bewusst auf eine luftdichte Ausführung verzichtet, um die Luftfeuchtigkeit zu regulieren und Tauwasserbildung zu vermeiden.

Der Einbau strahlungsabhängiger Ventilatoren (PV-betrieben) hat sich als Vorteil erwiesen, da die Ventilatorzahl bei geringer Solarstrahlung reduziert wird und die Luft ein deutlich höheres Temperaturniveau erreicht. Bei Netzbetrieb würde der Strombedarf der Ventilatoren pro Heizperiode bei ca. 160 kWh liegen.

Das TWD-2-System zeigt die geringste Effizienz der untersuchten Modelle. Hier wirkt sich die Wärmedämmung der Speicherwand auf den Solargewinn aus. Bezogen auf die Aperturfläche liegt der Beitrag bei 31 kWh/m²a (TWD-1 = 114 kWh/m²a).

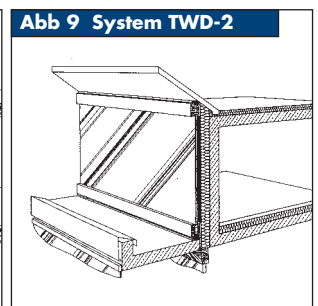
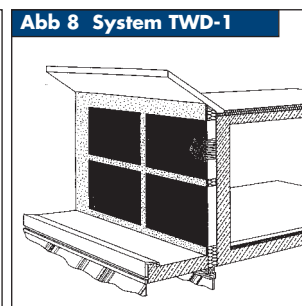
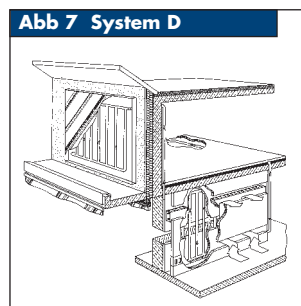
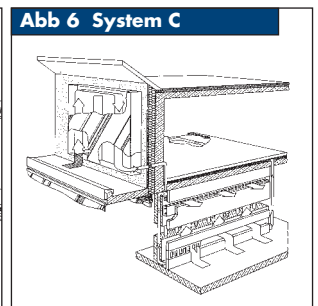
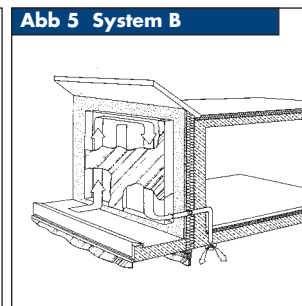
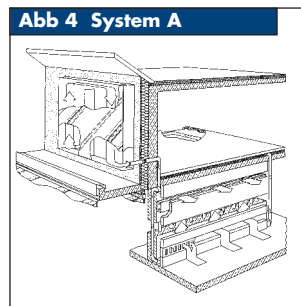


Abb 10 Zusammenstellung einiger Energiebilanzteile und wichtigster Einflussgrößen*

System/ Wohnungsnr.	Mehrkosten gegenüber Referenzwhg. DM/m ²	Raumluf ^t °C	Winter- garten °C	Heizwärme- verbräuche		Interne Gewinne kWh	Solare Gewinne		Verluste kWh			Fenster- öffnungszeiten h/d	
				kWh	kWh/m ² a		Hybrid/TWD kWh/m ² a	Hybrid/ TWD kWh	Fenster	Trans- mission	Lüftung	nach außen	zum Wintergarten
A/39	361	22,1	17,8	1941	25,2	1062	15,5	1196	1572	3098	2673	1,1	5,2
B/37	179	21,9	14,9	1231	16,0	1794	12,4	955	1572	3193	2359	3,5	2,9
C/38	400	22,2	15,6	3959	51,4	1604	17,5	1348	1572	3264	5219	4,0	6,6
D/40	336	21,5	14,8	2339	30,4	3923	12,4	953	1572	1401	7386	5,0	9,8
TWD-1/36	-11	22,9	17,6	1849	20,0	3847	4,1	375	2748	3951	4868	3,0	5,1
TWD-2/42	27	21,8	18,3	6900	86,1	2768	3,0	229	1572	2263	9206	3,0	14,8
Ref/41	-	22,5	16,9	3467	45,0	3059	-	-	1572	3251	4847	5,4	2,4

*Heizperiode 1997/98; durchschnittliche Außentemperatur: 7°C

► Kosten des Niedrigenergiehauses

Die Sondermaßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauches, um den Niedrigenergiehausstandard zu erreichen, haben zu Mehraufwendungen geführt, die durch die knapper dimensionierte Heizungsanlage und den Verzicht auf Rollläden zum größten Teil ausgeglichen wurden. Der nicht gedeckte Anteil der Mehrkosten musste durch eine um 0,40 DM/m² höhere Kaltmiete ausgeglichen werden. Aufgrund der geringeren Heizkosten ergeben sich für die Mieter gegenüber den üblichen Mietkosten im sozialen Wohnungsbau keine höheren Kosten. Für die solare Warmwasserbereitung sowie die solare Hybridtechnik standen staatliche Zuschüsse zur Verfügung.

► Erfahrungen

Umfragen unter den Bewohnern ergaben, dass diese mit den Wohnungen und den Heizkosten sehr zufrieden sind. Jeder Mieter erhält durch die GWG eine Wohnungseinführung, in der auf die Möglichkeiten der Heizwärmeeinsparung und richtiges Lüften hingewiesen wird. Sämtliche Wohnungen sind mit einem Hygrometer ausgestattet, um eine effiziente Lüftung zu unterstützen. Trotzdem wird das Energieeinsparpotential von den Mietern sehr unterschiedlich genutzt. Ursache hierfür ist das Lüftungsverhalten, die gewünschte Raumlufttemperatur, sowie die Bewohnerstruktur. Einige Mieter nutzen die Pufferzone als zusätzlichen Wohnraum im Winter, andere halten die Glasfassade ständig geöffnet, damit die Satelittenschüssel funktioniert.

► Fazit

Die Ergebnisse aus München bestätigen die Erfahrungen aus anderen Vorhaben, dass der Heizwärmeverbrauch sehr stark vom Verhalten der Nutzer abhängig ist und zwischen den Wohnungen große Schwankungen auftreten. Beispielsweise führt die Lärmschutzwand zu einer verminderten Lärmbelästigung; der gewünschte Effekt als thermischer Puffer zu wirken und Heizenergie einzusparen, konnte nicht erreicht werden, obwohl die Bewohner über die Wirkung des Wintergartens informiert wurden.

Das Vorhaben hat gezeigt, dass es möglich ist, den Niedrigenergiehausstandard kostenneutral zu realisieren und darüberhinaus durch passive (TWD) und hybride Solarenergiesysteme den Heizwärmeverbrauch zu senken. Die Effizienz der Systeme konnte gegenüber früheren Projekten gesteigert werden, die Kosten für einen wirtschaftlichen Betrieb sind jedoch noch zu hoch. Der Einsatz vorgefertigter Bauteile könnte die Ausgaben reduzieren, eine Wirtschaftlichkeit wäre damit nicht erreichbar. Daher sollten die untersuchten Systeme erst eingesetzt werden, wenn das Gebäude sehr gut gedämmt ist und einen Heizwärmebedarf von ca. 20-30 kWh/m²a aufweist.

► PROJEKTADRESSEN

- Gemeinnützige Wohnstätten- und Siedlungsgesellschaft MBH (GWG)
Bernd Krönert,
Herbert Maier-Unkelhäufer
Postfach 330 480
80064 München
- Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP)
Hans Erhorn, Johann Reiß
Nobelstraße 12
70569 Stuttgart
- ZfS-Rationelle Energietechnik GmbH
Reiner Croy, Hans Peter Wirth
Verbindungsstraße 19
40723 Hilden

► ERGÄNZENDE INFORMATIONEN

Literatur

- Gemeinnützige Wohnstätten- und Siedlungsgesellschaft mbH, München: Geförderter Wohnungsbau in München. Niedrigenergiehaus Baumgartner-/Ganghoferstr. Juli 1997. 24 S.
- Reiß, J.; Erhorn, H.; Rief, M. (Fraunhofer-Institut für Bauphysik): Energetische Bewertung ausgeführter optimierter solarer Hybridsysteme und Entwicklung von Diagrammen und Nomogrammen zur Systemdimensionierung. Abschlussbericht Forschungsvorhaben 0338928D. 28. April 1999. 74 S.
- Croy, R.; Wirth, H.-P.: Zwischenbericht zur Solaranlage „Wohngebäude Baumgartner-/Ganghoferstraße München“. 1999.
- Schierer, S. (Fraunhofer-Institut für Bauphysik): Ausgeführte passive und hybride Solarsysteme. Energetische Bewertung von drei Systemen unter realen Nutzungsbedingungen. Diplomarbeit. Okt. 1999. 60 S.

PROJEKTORGANISATION

- Förderung des Vorhabens
Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi)
Godesberger Allee 185, 53175 Bonn
- Projektbegleitung im Auftrag des BMWi
Projektträger Biologie, Energie, Umwelt (BEO)
Forschungszentrum Jülich GmbH
Horst Dummin
52425 Jülich
- Förderkennzeichen
0338928 D
0329652 A

IMPRESSUM

- ISSN
0937 – 8367
- Herausgeber
Fachinformationszentrum Karlsruhe,
Gesellschaft für wissenschaftlich-technische
Information mbH
76344 Eggenstein-Leopoldshafen
- Nachdruck
Nachdruck des Textes nur zulässig bei
vollständiger Quellenangabe und gegen
Zusendung eines Belegexemplares;
Nachdruck der Abbildungen nur mit
Zustimmung der jeweils Berechtigten.
- Redaktion
Micaela Nolte

BINE – INFORMATIONEN UND IDEEN ZU ENERGIE & UMWELT

BINE ist ein vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderter Informationsdienst.

BINE informiert über neue Energietechniken und deren Anwendung in Wohnungsbau, Industrie, Gewerbe und Kommunen.

BINE bietet Ihnen folgende kostenfreie Informationsreihen

- Projekt-Infos
- Profi-Infos
- Bildung & Energie

Nehmen Sie mit uns Kontakt auf, wenn Sie vertiefende Informationen, spezielle Auskünfte, Adressen etc. benötigen, oder wenn Sie allgemeine Informationen über neue Energietechniken wünschen



BINE
Informationsdienst

Fachinformationszentrum Karlsruhe
Büro Bonn
Mechenstr. 57
53129 Bonn

Fon: 0228 / 9 23 79-0
Fax: 0228 / 9 23 79-29

eMail: bine@fiz-karlsruhe.de
Internet: <http://bine.fiz-karlsruhe.de>