

**SOLARE NIEDRIGENERGIEHAUSSIEDLUNG SUNDAYS
ERGEBNISSE AUS EINER ZWEIJÄHRIGEN MESSPHASE**

Werner Weiß, Christian Fink, Waldemar Wagner

SOLARE NIEDRIGENERGIEHAUSSIEDLUNG SUNDAYS ERGEBNISSE AUS EINER ZWEIJÄHRIGEN MESSPHASE

Werner Weiß, Christian Fink, Waldemar Wagner
AEE - Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE
Feldgasse 19, A-8200 Gleisdorf
Tel.: +43-3112 - 5886, Fax.: +43-03112 - 5886-18
e-mail: w.weiss@aee.at

1 Einleitung

Im Rahmen eines von der Europäischen Union (THERMIE), der Wissenschaftsabteilung des Landes Steiermark sowie des Innovations- und Technologiefondes des FFF geförderten Projekts wurde in Kooperation von AEE, Architekturbüro Reinberg und dem Fertighausunternehmen HOLZ-BAU-WEIZ ein Niedrigenergie-Reihenhaus entwickelt und ein Demonstrationsprojekt mit sechs Reihenhäusern und einer Büroeinheit in Gleisdorf errichtet.

Abb. 1: Südansicht der drei Gebäude



Neben Energie- und Kostenoptimierung bildete die Entwicklung eines innovativen und ökologischen Holzbaukonzeptes einen wesentlichen Schwerpunkt des Projektes. Durch eine speziell für diesen Haustyp entwickelte Wandkonstruktion mit hohem Wärmedämmstandard, sowie durch thermische Zonierung und kontrollierte Be- und Entlüftung

über Erdreichwärmetauscher konnte der Heizenergieverbrauch dieser Gebäude auf Werte zwischen 20 kWh/m²·a beim Bürogebäude und 33 kWh/m²·a bei den Reihenhäusern reduziert werden.

Da der Heizenergiebedarf zu rund 60% von einer Solaranlage gedeckt wird, beträgt der Restheizenergieverbrauch, der über einen Biomasse-Pelletkessel zugeführt werden muß für das **Bürohaus 8 kWh/m²·a** und für die **Reihenhäuser 13 kWh/m²·a**. Damit wird der sehr ambitionierte Grenzwert für den Raumwärmebedarf von Passivhäusern, der mit 15 kWh/m²·a festgelegt wurde, deutlich unterschritten.

2 Das Bausystem

Durch eine speziell für diesen Haustyp entwickelte Wandkonstruktion, konnte der geforderte Wärmedämmstandard ($U = 0,11$ bzw. $0,17$ [W/m²K]) kosten- und flächensparend erreicht werden. Weiters ermöglichte dieses Holzbausystem einen weitgehenden Vorfer-

tigungsgrad. Einen zusätzlichen Vorteil bietet die völlig wärmebrückenfreie Wand- und Deckenkonstruktion. Sowohl die Außenwände, wie auch die Decken- und Dachkonstruktion bestehen aus 10 bzw. 12 cm dicken, mehrschichtig verleimten Vollholzplatten (KLH). Diese Platten übernehmen neben der tragenden Funktion auch die Diagonalaussteifung sowie die Luft- und die Dampfsperre. Die Wärmedämmung, bestehend aus 20 bis 35 cm dicken Holzweichfaserplatten, wurde außen aufgebracht. Als Witterungsschutz wurden die Wärmedämmplatten im Außenwandbereich verputzt. Durch diesen Wand- und Deckenaufbau können die üblichen – und in der Praxis oft nur schwer zu bewältigenden –

- 1 Befestigungsdübel
- 2 10 cm Pavatherm
- 3 10 cm Diffutherm
- 4 Trockenspachtel
- 5 Armierungsgewebe
- 6 Deckputzbeschichtung
- 7 Sockelabschlußschiene
- 8 Tragholz
- 9 Fundamentdämmung
- 10 Fundamentplatte
- 11 Fugendichtband
- 12 KLH - Dickholzplatte
- 13 Gipskartonplatte

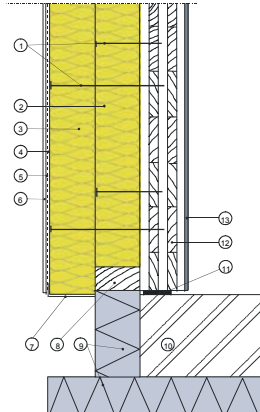


Abb. 2: Wandaufbau (Schnitt: Außenwand, Eckanschluß)

Detailprobleme von Holzständerkonstruktionen mit hoher Wärmedämmung vermieden werden. Die Mittelwand und Wohnungstrennwände wurden als massive mit Lehm verputzte Betonwand ausgeführt. Damit stehen entsprechende Speichermassen für die passiv gewonnene Solarenergie zur Verfügung, die sich zudem ausgleichend auf das Raumklima auswirken.

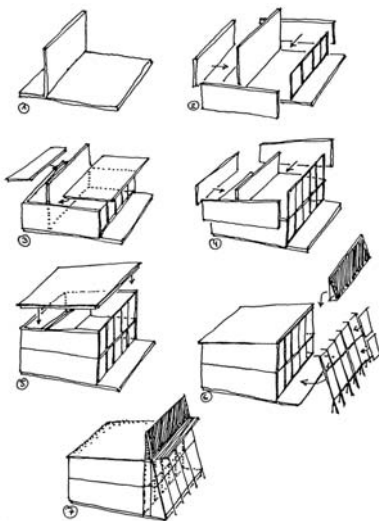


Abb. 3: Systemskizze



Abb. 4: Versetzen der Holz-Fertigteilmwände

Wesentliches Augenmerk bei der Ausführung der Bauteile wurde auf die Winddichtigkeit gelegt, daher wurde eine „Vor-Ort-Prüfung“ der Luftdichtheit gemäß ISO 9972 mittels „Blower Door“ durchgeführt.

3 Das Energiekonzept

3.1 Passive Solarenergienutzung

Die im Wintergarten gewonnene Wärme kann einerseits in den Speichermassen der Mauerwand und des Estrichs gespeichert werden und kann andererseits zur Nacherwärmung, der über das Erdregister in den Wintergarten gelangenden Zuluft genützt werden.

Im Sommerbetrieb gewährleisten die am Wintergartenfußpunkt liegenden Zuluft- und am höchsten Punkt liegenden Abluftklappen eine effiziente Nachtlüftung. Weiters besteht eine innenliegende Verschattungsmöglichkeit mit Faltjalousien.

3.2 Aktive Solarnutzung

Die Bereitstellung des Warmwassers und des Raumwärmebedarfs erfolgt überwiegend über thermische Kollektoren. Die Kollektorflächen im Ausmaß von 213 m² wurden in die Wintergardendächer integriert. Der verbleibende Restwärmebedarf wird durch einen Biomasse-Pelletkessel gedeckt. Damit erfolgt die Wärmebereitstellung der Gebäude zu 100% mit erneuerbaren Energien. Die Energiespeicherung erfolgt in einem 14 m³ Stahlspeicher. Die einzelnen Häuser werden aus diesem zentralen Speicher über ein Nahwärmenetz versorgt.

Zur Abrundung des solaren Gesamtkonzeptes liefert eine dachintegrierte, netzgekoppelte Photovoltaikanlage mit einer Leistung von 1,44 kW_{peak} einen Teil des elektrischen Strombedarfs.

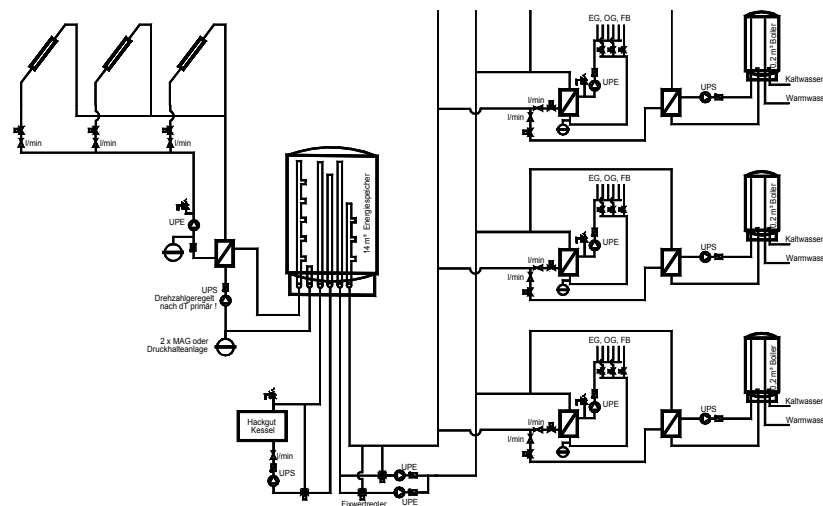


Abb. 5: Hydraulikkonzept für das „Mikronetz“

3.3 Das Niedertemperatur-Wandheizsystem

Die Effizienz von solaren Heizsystemen wird auch vom Temperaturniveau der Wärmeabgabe bestimmt. D.h. je geringer die erforderlichen Vor- und Rücklauftemperaturen des Wärmeabgabesystems sind, desto eher können diese auch im Winter von der Solaranlage bereitgestellt werden.

Aus diesem Grund wurden die Gebäude mit Niedertemperatur-Wandheizsystemen in Kombination mit Fußbodenheizungen ausgestattet. Die mittlere Vorlauftemperatur bei Niedertemperatur-Wandheizsystemen liegt während der Heizperiode unter 30°C. Dieses Temperaturniveau kann von der Solaranlage auch bei geringen winterlichen Einstrahlungen zumeist erreicht werden.

3.4 Kontrollierte Be- und Entlüftung über Erdwärmetauscher

Die Frischluft wird über Erdwärmetauscher angesaugt und vorgewärmt (Winterbetrieb) bzw. vorgekühlt (Sommerbetrieb). Im Bürogebäude wird diese Frischluft in den Wintergarten eingebracht und dort bei Wintersonne weiter erwärmt und über entsprechende Lüftungsklappen durch die Speicherwand in die Räume eingebracht. Von hier wird die Luft über einen zentralen Abluftventilator abgesaugt. Die Funktionstüchtigkeit dieser Anlage wird durch die sehr dichte Gebäudehülle gewährleistet.

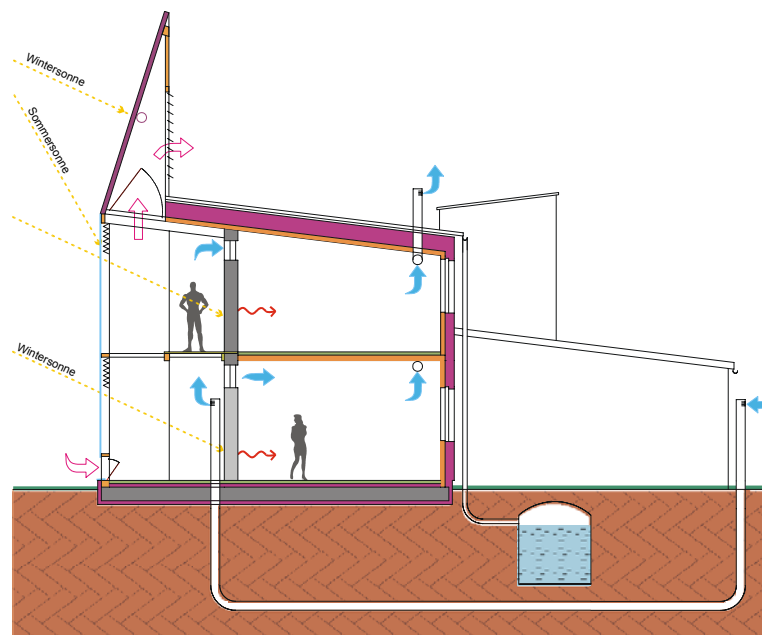


Abb. 6: Schnittdarstellung - Bürogebäude

4 Messergebnisse

Um detaillierte Aussagen bezüglich des dynamischen Gebäudeverhaltens und der Wechselwirkungen und Funktion der eingesetzten Technologien (Solare Warmwasserbereitung und Raumheizung, Biomassefeuerung, kontrollierte Lüftungsanlage mit Erdreichwärmetauscher) zu erhalten, wurden die Gebäude mit Messgeräten und Sensoren ausgestattet. Die Daten wurden seit Herbst 1998 kontinuierlich erfasst und ausgewertet.

4.1.1 Der Gesamtenergieverbrauch im Bürogebäude

Da der Bauteil I (Bürogebäude) schon im Juli 1998 bezogen wurde, liegen dafür Daten über den Gesamtenergieverbrauch über einen Zeitraum von nahezu zwei Jahren vor.

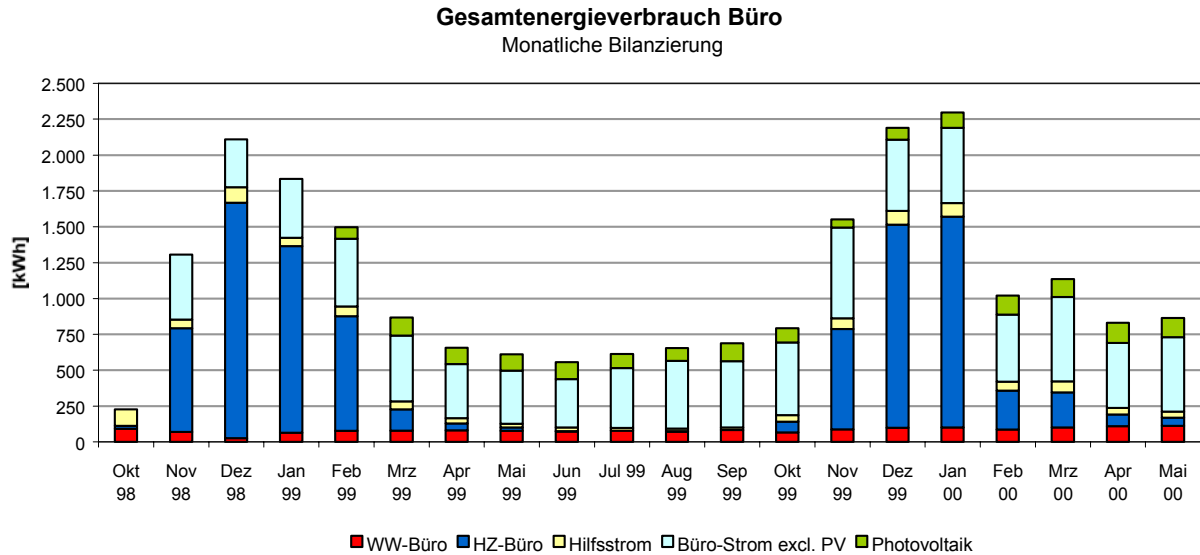


Abb. 7: Gesamtenergieverbrauch von Oktober 98 bis Mai 2000 (Bauteil I - Bürogebäude)

Der Gesamtenergieverbrauch setzt sich aus Wärme (Warmwasser und Raumheizung) sowie elektrischem Strom (Bürostrom sowie der anteilige Strom für haustechnische Geräte wie Pumpen oder Regelungen für das Heizungssystem) zusammen.

Bezieht man den Gesamtenergieverbrauch auf die beheizte Nettonutzfläche, so erhält man den spezifischen Energieverbrauch pro Quadratmeter. Erst diese spezifische Kenngröße ermöglicht den Vergleich des Energieverbrauchs verschiedener Gebäude. Die spezifischen Energieverbrauchsdaten für Wärme und Strom zwischen Oktober 1998 und September 1999 bzw. Oktober 1999 und Mai 2000 sind in Tabelle 1 und 2 dargestellt.

Der Gesamtenergiebedarf des Bürogebäudes betrug in der Periode Oktober 1998 bis September 1999 pro Quadratmeter beheizter Nettonutzfläche lediglich 43,41 kWh. Davon entfallen 20,67 kWh auf Raumwärme, 3,81 kWh auf Warmwasser, 2,7 kWh auf Hilfsstrom (Antriebsenergie für haustechnische Einrichtungen wie Pumpen, Regelungen etc) und 20,02 kWh auf Bürostrom (Beleuchtung, EDV...). Der spezifische Stromertrag aus der Photovoltaikanlage beträgt 3,79 kWh. Dieser wurde beim Gesamtenergieverbrauch in Abzug gebracht.

Tabelle 1: Messdaten - Gesamtenergiebedarf (Oktober 1998 bis September 1999)

	HZ-Büro	WW-Büro	Hilfsstrom	Büro-Strom	Photovoltaik	Gesamt
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²
Okt 98	0,09	0,40	0,50	0,00	0,00	1,00
Nov 98	3,17	0,30	0,27	1,99	0,00	5,73
Dez 98	7,20	0,11	0,50	1,46	0,00	9,27
Jan 99	5,70	0,28	0,26	1,80	0,00	8,05
Feb 99	3,51	0,34	0,30	2,06	0,36	5,85
Mrz 99	0,66	0,34	0,24	2,01	0,55	2,70
Apr 99	0,21	0,36	0,16	1,66	0,50	1,88
Mai 99	0,11	0,34	0,12	1,62	0,50	1,68
Jun 99	0,00	0,33	0,12	1,48	0,51	1,42
Jul 99	0,00	0,34	0,08	1,84	0,43	1,83
Aug 99	0,02	0,31	0,08	2,07	0,39	2,09
Sep 99	0,00	0,36	0,08	2,02	0,55	1,92
98/99	20,67	3,81	2,70	20,02	3,79	43,41

In der Periode Oktober 1999 bis Mai 2000 ist vor allem der Stromverbrauch im Bürogebäude signifikant angestiegen. Dies ist in der Anstellung von drei weiteren Mitarbeitern und der damit verbundenen Anschaffung von 3 PC und weiterer Büroausstattung (Drucker sowie verlängerte Laufzeiten des Servers) begründet.

Tabelle 2: Messdaten - Gesamtenergiebedarf (Oktober 1999 bis Mai 2000)

	HZ-Büro	WW-Büro	Hilfsstrom	Büro-Strom	Photovoltaik	Gesamt
	KWh/m ²	KWh/m ²	KWh/m ²	KWh/m ²	KWh/m ²	KWh/m ²
Okt 99	0,33	0,29	0,20	2,22	0,43	3,47
Nov 99	3,07	0,39	0,32	2,78	0,25	6,81
Dez 99	6,21	0,43	0,42	2,18	0,36	9,61
Jan 00	6,44	0,44	0,42	2,30	0,47	10,08
Feb 00	1,18	0,38	0,28	2,05	0,58	4,47
Mrz 00	1,08	0,44	0,34	2,58	0,54	4,98
Apr 00	0,36	0,48	0,20	1,99	0,62	3,65
Mai 00	0,25	0,49	0,18	2,27	0,59	3,79

4.1.1.1 Heizenergieverbrauch

Der Heizenergieverbrauch in der ersten Heizsaison betrug im Bauteil 1 wie oben dargestellt, lediglich 20 kWh/m²·a. Davon wurden 60% durch die Solaranlage gedeckt¹, so dass der Restheizenergiebedarf, der von einem Pelletskessel gedeckt wird, nur noch 8 kWh/m² betrug.

Zum Vergleich: Neubauten, die nach den derzeit gültigen Bauordnungen errichtet werden, haben einen Heizenergiebedarf zwischen 60 und 90 kWh/m²·a. D.h. der Heizenergieverbrauch des Gebäudes liegt bei rund 10% des derzeitigen Neubaustandards.

¹ Als Basis für die solare Deckung des Heizenergiebedarfs wurden die Energieeinträge der Solaranlage und des Pelletkessel in den Pufferspeicher während jener Zeit herangezogen, in der Heizenergiebedarf bestand.

4.1.1.2 Stromverbrauch

Die Analyse des Stromverbrauchs zeigt für das Bürogebäude, dass der überwiegende Teil des elektrischen Stromes für EDV und Beleuchtung verbraucht wird. Der Anteil des Hilfsstromes für haustechnische Anlagen ist relativ gering. Die jahreszeitlichen Schwankungen sind durch den Heizbetrieb (Pumpenlaufzeiten) begründet.

Der ab Juni 1999 steigende Bürostrombedarf ist in der gestiegenen Mitarbeiterzahl begründet.

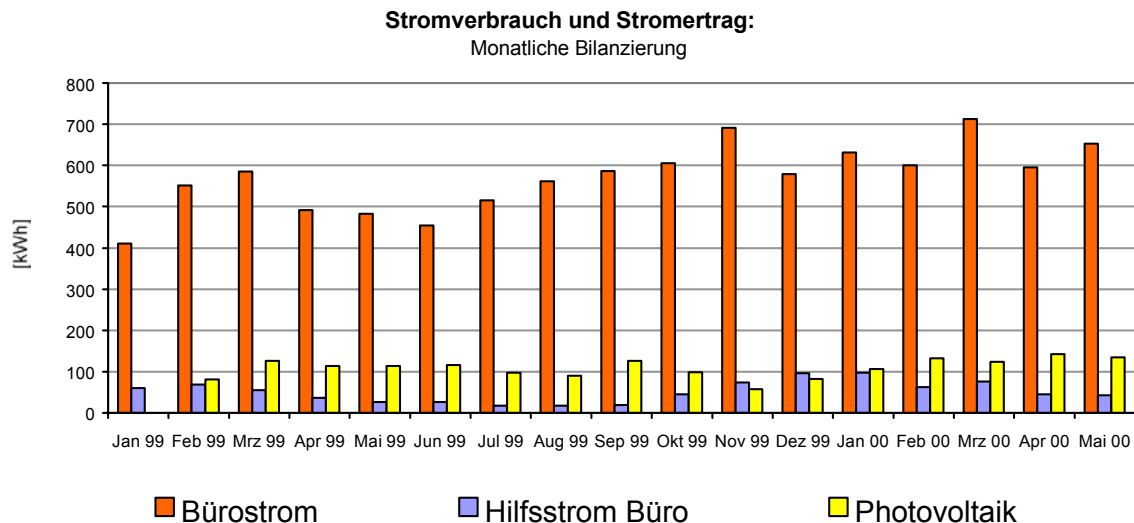


Abb. 8: Stromverbrauch und Photovoltaikertrag - Jänner 1999 bis Mai 2000

Die am Bürogebäude installierte Photovoltaikanlage mit einer Leistung von 1,44 kW wurde so konzipiert, dass damit zumindest sämtliche elektrische Energie, die zum Betrieb der Heizungs- und Lüftungsanlage benötigt wird, gedeckt werden kann. Wie im Vergleich von „Hilfsstrom Büro“ und „Photovoltaik“ in Abbildung 8 ersichtlich, wurde dieses Ziel erreicht. Der Ertrag aus der Photovoltaikanlage lag wesentlich über dem zum Betrieb der Heizungs- und Lüftungsanlage erforderlichen Strombedarf.

Der jährliche Stromertrag pro installiertem kW_{Peak} betrug 1210,3 kWh.

4.1.2 Der Gesamtenergieverbrauch eines Reihenhauses in Bauteil II

Da die Energieverbrauchsstruktur in einem Wohnhaus naturgemäß anders ist als in einem Bürogebäude, wurden im Rahmen der Messungen auch die Energieverbräuche eines Reihenhauses erfaßt. Dafür wurde die Westwohnung in Bauteil 2 herangezogen.

Erfaßt wurden – wie im Bürogebäude – der Wärmebedarf für Warmwasser und Raumheizung sowie der Stromverbrauch. Da der Bauteil II erst später fertiggestellt wurde, sind in Tabelle 3 die Messergebnisse zwischen Juni 1999 und Mai 2000 dargestellt. Die linke Seite der Tabelle zeigt den jeweiligen Gesamtenergieverbrauch; auf der rechten Seite sind die spezifischen Verbräuche je m^2 beheizter Nett Nutzfläche dargestellt.

Tabelle 3: Gesamtenergieverbrauch des Reihenhauses (Mai 1999 – Mai 2000)

Datum	Wohnung 2/W Heizung	Wohnung 2/W Warmwasser	Wohnung 2/W Strom	Wohnung 2/W Heizung	Wohnung 2/W Warmwasser	Wohnung 2/W Strom
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]
30.06.99	0,00	39,60	77,30	0,00	0,45	0,88
31.07.99	0,00	333,30	135,00	0,00	3,79	1,53
31.08.99	0,00	658,30	162,00	0,00	7,48	1,84
30.09.99	1,30	173,80	97,90	0,01	1,98	1,11
31.10.99	84,30	134,40	105,30	0,96	1,53	1,20
30.11.99	555,00	94,20	123,70	6,31	1,07	1,41
31.12.99	801,00	100,40	122,00	9,10	1,14	1,39
31.01.00	852,50	96,60	93,40	9,69	1,10	1,06
29.02.00	342,70	104,70	102,20	3,89	1,19	1,16
31.03.00	199,50	96,50	134,70	2,27	1,10	1,53
30.04.00	81,00	181,40	134,70	0,92	2,06	1,53
31.05.00	0,00	197,10	179,00	0,00	2,24	2,03
Gesamt 99/00	2.917,30	2.210,30	1.467,20	33,15	25,12	16,67

Der Gesamtenergieverbrauch des Reihenhauses betrug in der Periode Juni 1999 bis Mai 2000 pro Quadratmeter beheizter Nettonutzfläche 74,94 kWh. Davon entfallen 33,15 kWh/m² auf Raumwärme, 25,12 kWh/m² auf Warmwasser und 16,67 kWh/m² auf elektrischen Strom.

Zieht man hier wiederum in Betracht, dass ca. 60% des Heizenergieverbrauchs über die Solaranlage gedeckt wurde, so beträgt der Restwärmebedarf, der über die Pelletheizung gedeckt werden mußte 13 kWh/m². D.h. dass damit das „Passivhauskriterium“ von 15 kWh/m² erreicht bzw. unterschritten werden konnte.

Spezifischer Gesamtenergieverbrauch der Wohnung
Monatliche Bilanzierung

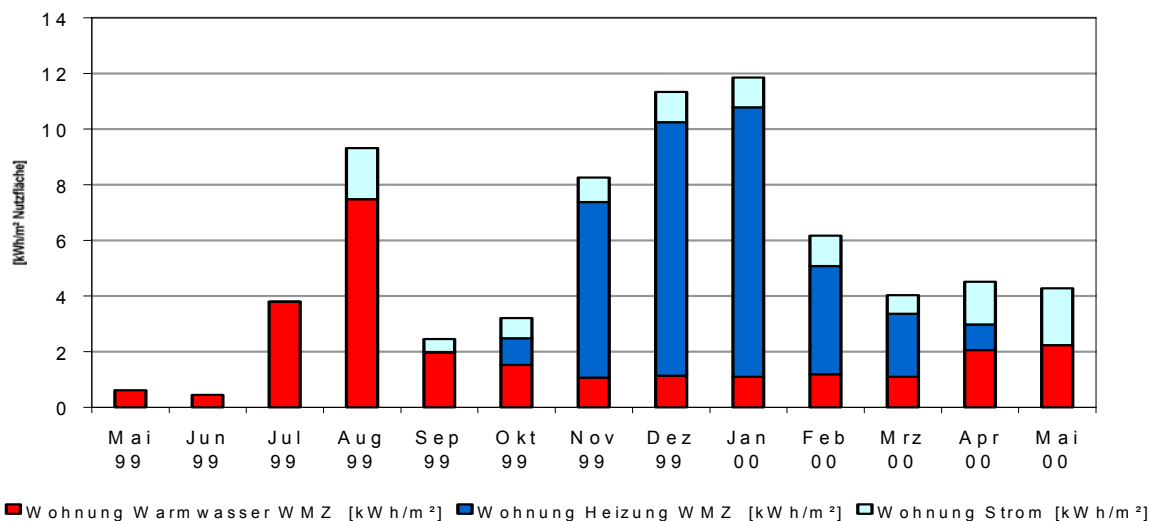


Abb. 9: Spezifischer Gesamtenergiebedarf eines Reihenhauses von Mai 99 bis Mai 00 (Randwohnung West - Bauteil II)

4.1.3 Gesamtwärmebilanzen

Da im Messzeitraum nicht alle Wohnungen fertiggestellt bzw. bewohnt waren und zu Beginn auch nur ein Teil der Kollektorfläche in Betrieb war, ist die Gesamtenergiebilanz unter Berücksichtigung dieser Rahmenbedingungen zu betrachten. Dennoch lassen sich erste Aussagen bzgl. einer Gesamtenergiebilanz davon ableiten.

4.1.3.1 Solare Erträge und Zusatzenergie aus dem Biomassekessel

Die Solaranlage lieferte im Zeitraum von November 1998 bis Ende Oktober 1999 in Summe 25.595 kWh in den Speicher. Dies entspricht einem Kollektorertrag von 150 kWh/m², wenn man eine Kollektorfläche von 170 m² zugrunde legt (Mittelwert der über diesen Zeitraum an den Speicher angeschlossenen Fläche).

In der Periode von November 1999 bis Mai 2000 lieferte die Solaranlage in Summe 22.027,1 kWh in den Speicher. Das entspricht im Vergleich mit dem gleichen Zeitraum ersten Periode (Nov. 98 – Mai 99) einer Steigerung des Ertrages um 24%. Dies ist vor allem durch den gestiegenen Verbrauch in den teilweise bewohnten Reihenhäusern begründet. Entsprechend der Simulation wird bei voller Belegung der Gebäude ein spezifischer Kollektorertrag von 230 kWh/m² erwartet.

Tabelle 4: Solarerträge und Zusatzenergie aus dem Biomassekessel, die in den Speicher geladen wurden, sowie die Gesamtentnahme aus dem Energiespeicher (Zeitraum 11.98 – 10.99)

Monat	Solar-Input [kWh]	Biomassekessel-Input [kWh]
November 98	1160,6	2026,7
Dezember 98	2212,7	5604,1
Jänner 99	3459,4	2422,2
Februar 99	4316,6	1058,2
März 99	3231	0
April 99	1791,2	0
Mai 99	1627,3	190,3
Juni 99	1241,6	0
Juli 99	1201	0
August 99	1351,6	0
September 99	1814,6	16,5
Oktober 99	2187,3	0
Summe	25594,9	11318
Prozent [%]	69,3	30,7

Die Zusatzenergie, die vom Biomassekessel bereitgestellt werden musste, betrug im dargestellten Zeitraum 11.318 kWh. D.h., dass *die gesamte Wärmebereitstellung (Warmwasser und Raumheizung) zu rund 70% von der Solaranlage gedeckt werden konnte.*

Aus den in Abbildung 10 dargestellten Wärmebilanz wird deutlich, dass der Zeitraum, in dem der Biomassekessel im Jahr 1999 in Betrieb war, lediglich 4 Monate beträgt (Jänner und Februar bzw. November und Dezember). Der dargestellte Wärmeeintrag vom Biomassekessel im Mai ist durch ein kurzzeitiges Abschalten der Solaranlage begründet, da während dieser Zeit der letzte Teil der Solaranlage in Betrieb genommen wurde. Im Jahr 2000 war der Biomassekessel nur im Jänner in Betrieb. Der gesamte Wärmebedarf konnte ab Februar ausschließlich mit der Solaranlage gedeckt werden (s. Abbildung 11).

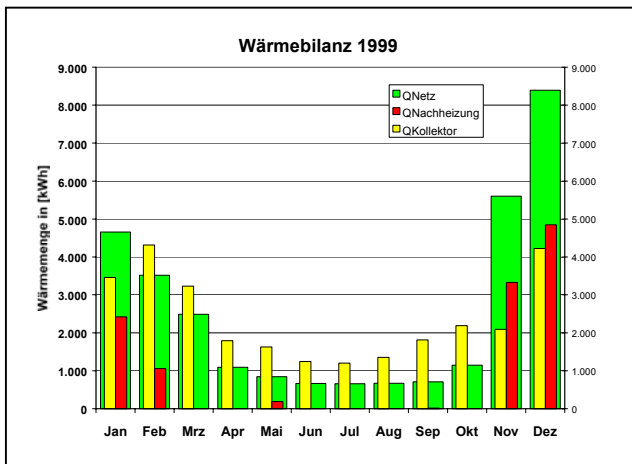


Abb. 10: Wärmebilanz 1999

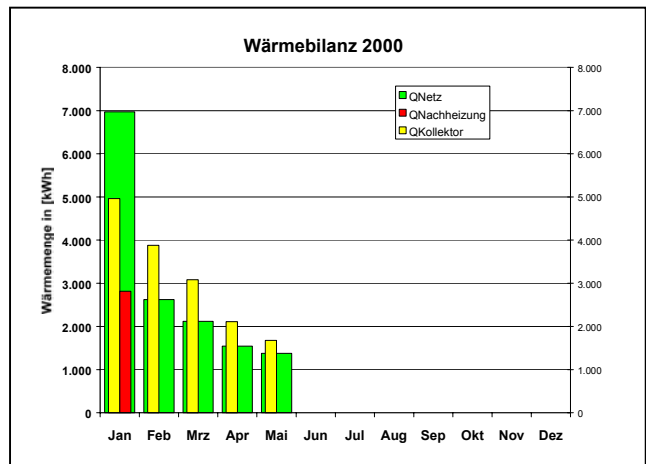


Abb. 11: Wärmebilanz 2000

Wie aus Abbildung 7 ersichtlich, dauerte die Heizsaison sowohl 98/99 wie auch 99/00 von Oktober bis Mai. D.h. der Zeitraum, in dem Heizenergiebedarf besteht, beträgt 8 Monate. Davon werden 4 bzw. 5 Monate ausschließlich über die Solaranlage gedeckt. Nur in der Kernheizzeit von 3 bis 4 Monaten ist der Biomassekessel in Betrieb.

4.1.3.2 Netztemperaturen

Im Rahmen der Messungen erfolgte auch eine Überprüfung der Netzbetriebsstrategie. Diese sah vor, das Nahwärmenetz zur Verringerung der Netzverluste täglich 22 Stunden in Abhängigkeit von der Außentemperatur auf einem maximalen Temperaturniveau von 45°C (Vorlauf) zu betreiben. Diese geringe Vorlauftemperatur ist im sehr hohen Wärmedämmstandard der Gebäude und einer entsprechenden Auslegung des Niedertemperatur-Wandheizsystems begründet. Die Warmwasserbereitung in den 7 Speichern der Wohneinheiten bzw. des Bürogebäudes sollte entsprechend dem Versorgungskonzept über das gleiche Netz erfolgen. Da für die Warmwasser – Speicherladung ein höheres Temperaturniveau als für die Raumheizung erforderlich ist, erfolgt diese während der Nacht in einem zweistündigen Zeitfenster. In diesem Zeitfenster wird das Nahwärmenetz auf einem Temperaturniveau von 65°C betrieben.

Die durchgeführten Messungen haben die Funktion dieses Konzeptes bestätigt. In Abbildung 12 sind die relevanten Temperaturen und Energiemengen in einer kalten Winterperiode (23.1. bis 31.1. 2000) dargestellt. Die nächtlichen Außentemperaturen lagen in diesem Zeitraum zwischen -15°C und -4°C, das Tagesmaximum lag zwischen -3°C und +8°C. Die Vorlauftemperatur am Heizungsverteiler betrug rund 35 °C; die Rücklauftempe-

ratur schwankt zwischen 22 und 28 °C. Dies bietet optimale Voraussetzungen für den Betrieb der Solaranlage. Die Raumtemperaturen liegen im gesamten Zeitraum zwischen 19 und 25 °C.

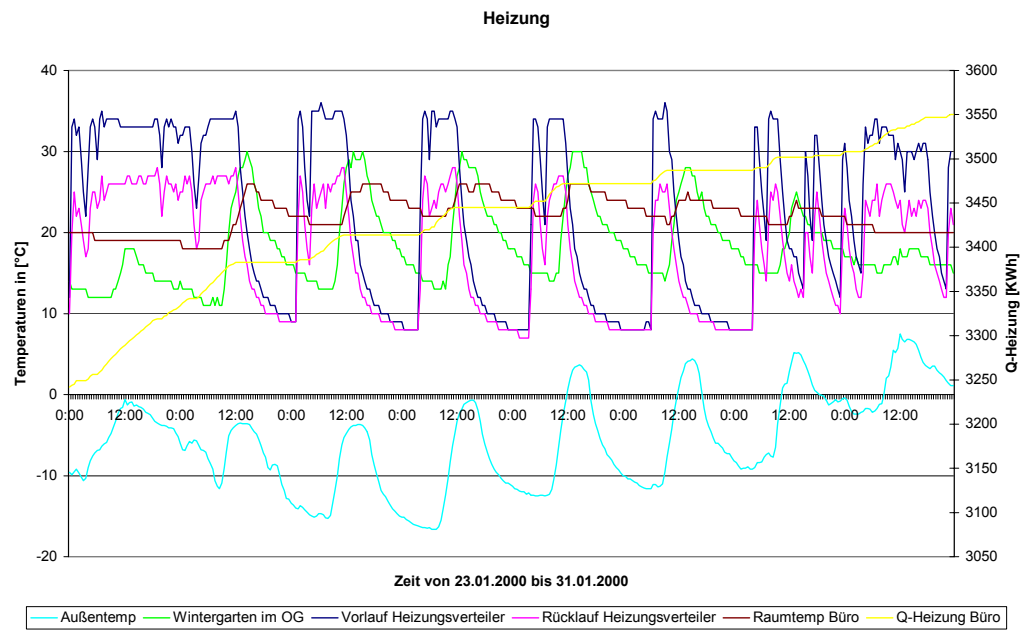


Abb. 12: Temperaturverlauf im Heizungssystem zwischen dem 23. und 31.1.2000

In Abbildung 13 und Abbildung 14 sind für den gleichen Zeitraum die Temperaturverläufe in der Kollektoranlage bzw. im Speicher dargestellt. Die maximalen Kollektortemperaturen lagen zwischen 43 und 130°C; dieses Maximum wurde am 28.1. bei Außentemperaturen von +5°C erreicht. Die durchschnittliche Speichertemperatur wurde trotz nächtlicher Entnahme für Raumheizung und Warmwasserbereitung von 42°C am 24.1. auf 85°C am 28.1. angehoben.

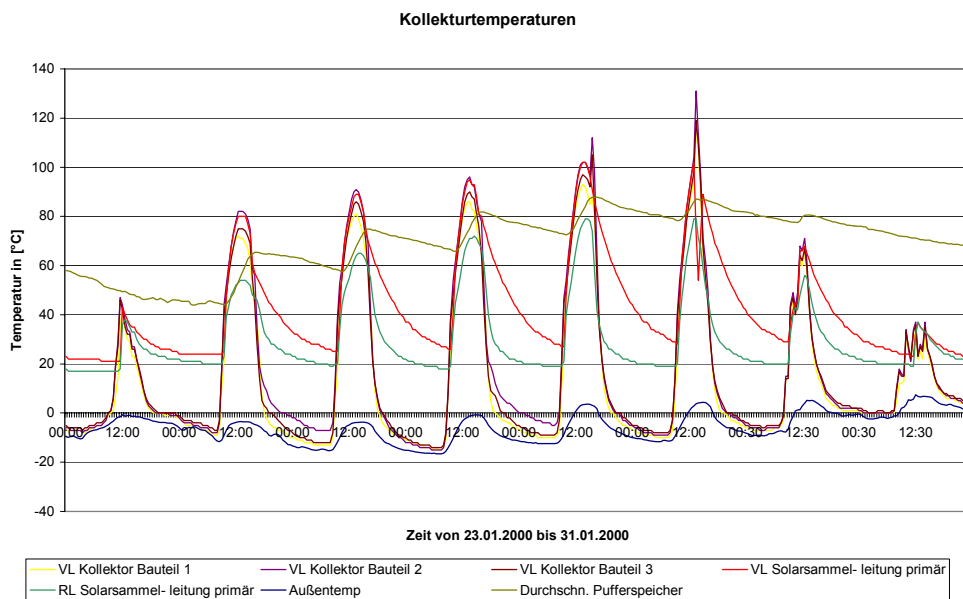


Abb. 13: Kollektor- und Speichertemperaturen zwischen dem 23. und 31.1.2000

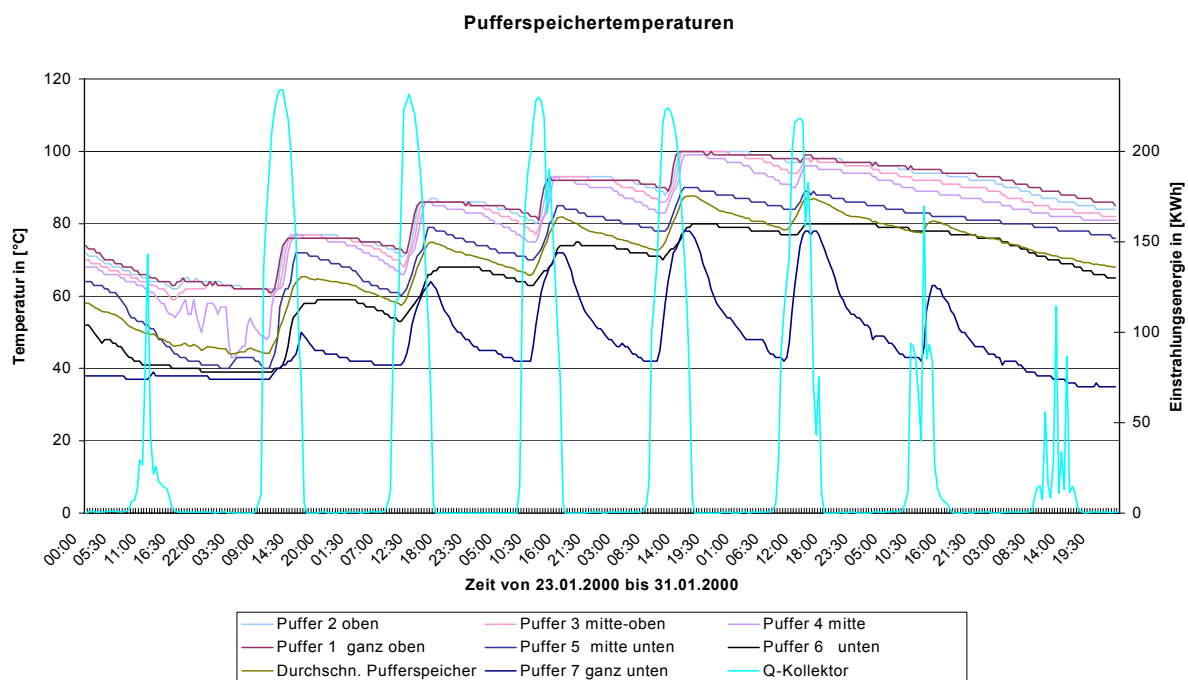


Abb. 14: Speichertemperaturen zwischen dem 23. und 31.1.2000

Die Warmwasser-Speicherladung im nächtlichen Zeitfenster erfolgte ebenfalls wie geplant.

5 Schlussfolgerung

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sowohl das bautechnische wie auch das energetische Konzept die Erwartungen voll erfüllt haben. Teilweise wurden die Zielgrößen sogar unterschritten.

Die umfangreichen Messungen an den Objekten haben es nicht nur ermöglicht, das dynamische Gebäude- und Anlagenverhalten im Detail zu untersuchen, sondern sie haben auch Optimierungspotentiale für zukünftige Projekte aufgezeigt.