

erneuerbare energie



TAGUNG

SOLARE RAUMHEIZUNG



TAGUNGSBAND



bmvit
Bundesministerium für
Verkehr, Innovation
und Technologie



TAGUNG
Solare Raumheizung

30. März 2001
im Europasaal der Wirtschaftskammer Steiermark

PROGRAMM

- 09:00 h** **Registration und Kaffee**
- 09:30 h **Potenzial für solare Raumheizung in Europa und aktuelle Marktentwicklung in Österreich**
Ing. Werner Weiß, AEE Gleisdorf
- 10:30 h **Systemkonzepte für solare Kombianlagen von Mehrfamilienwohnbauten und Vergleich der Systeme anhand von Ergebnissen aus Langzeitmessungen an den Projekten Salzburg-Gneis-Moos und der Niedrigenergiehaussiedlung SUNDAYS**
Ing. Christian Fink, AEE Gleisdorf
- 11:15 h **Fassadenkollektoren – neue Chancen für solare Raumheizung**
Dipl.-Ing. Irene Stadler, AEE Gleisdorf
- 11:45 h **Sun-City Leoben**
Arch. Dipl.-Ing. Gerd Pabstmann, Architekturbüro Nußmüller, Graz
- 12:30 h** **Mittagspause**
- 14:00 h **Großanlage – Salzburg mit 1200 m² Kollektorfläche für GSWB und die Erfahrungen mit der Anlage in Judendorf**
Dr. Christian Holter, S.O.L.I.D. GmbH, Graz
- 14:45 h **Solare Raumheizung im Wagner Passiv-Solarbürogebäude**
Dipl.-Phys. Rainer Wagner, Universität Marburg, Deutschland
- 15:30 h** **Pause**
- 16:00 h **Solare Beheizung von Gewerbe- und Industriehallen**
Gebhard Bertsch, DOMA Solartechnik GmbH, Satteins
- 16:30 h **Kurzvorträge von Systemanbietern**
- 17:00 h** **Ende der Veranstaltung**

Die Tagung Solare Raumheizung wird von der AEE im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie durchgeführt. Die Tagung ist Teil einer Veranstaltungsserie, die dem verstärkten Know-how Transfer von Ergebnissen aus IEA Tasks im Rahmen des Solar Heating and Cooling Programmes dienen.



AEE Arbeitsgemeinschaft
ERNEUERBARE ENERGIE



bmvit
Bundesministerium für
Verkehr, Innovation
und Technologie



AKTUELLE MARKTENTWICKLUNG UND DAS MITTELFRISTIGE POTENZIAL FÜR SOLARE RAUMHEIZUNG

Ing. Werner Weiß
AEE - Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE
A-8200 Gleisdorf, Feldgasse 19
Tel.: +43-3112-5886, Fax: +43-3112-5886-18
e-mail: w.weiss@aee.at, Internet: <http://www.aee.at>

AKTUELLE MARKTENTWICKLUNG UND DAS MITTELFRISTIGE POTENZIAL FÜR SOLARE RAUMHEIZUNG

Ing. Werner Weiß
AEE - Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE
A-8200 Gleisdorf, Feldgasse 19
Tel.: +43-3112-5886, Fax: +43-3112-5886-18
e-mail: w.weiss@aee.at, Internet: <http://www.aee.at>

1 Solarthermischer Markt in Europa

Seit Anfang der 90er Jahre hat sich der solarthermische Markt in Europa sehr gut entwickelt. Wie die vom Deutschen Fachverband für Solarenergie veröffentlichten Zahlen zeigen, verzeichneten Flachkollektoren zwischen 1994 und 1999 ein durchschnittliches Wachstum von 18% /1/. Demzufolge wurden im Jahr 1994 europaweit 480.000 m² Kollektorfläche errichtet; bis zum Jahr 1999 konnte die jährlich installierte Kollektorfläche jedoch auf rund 890.000 m² gesteigert und damit im Zeitraum von fünf Jahren fast verdoppelt werden.

Bis Ende des Jahres 1999 waren in Europa insgesamt 8,5 Millionen Quadratmeter Kollektorfläche installiert. Bemerkenswert ist dabei, dass 75% (6,4 Mio. m²) der Kollektorfläche in den drei Ländern Deutschland, Griechenland und Österreich montiert wurden, wobei Österreich an dritter Stelle liegt. Bezieht man jedoch die im Jahr 1999 installierte Kollektorfläche auf die Einwohnerzahl, so liegt Österreich mit 17,5 m² vor Griechenland mit 15,2 m² und Deutschland mit 5,1 m² pro Einwohner. Die Schlußlichter bilden Italien, Großbritannien, Belgien und Frankreich mit weniger als 0,5 m² Kollektorfläche pro Einwohner. Zieht man in Betracht, dass drei der vier großen EU-Länder unter den Schlußlichtern bei der Verbreitung von solarthermischen Anlagen sind, so ist es wenig verwunderlich, wenn Solarthermie in den diversen EU-Energie Programmen bisher kaum Berücksichtigung fand und ihr Potenzial als „unter der statistischen Wahrnehmungsgrenze“ eingestuft wurde.

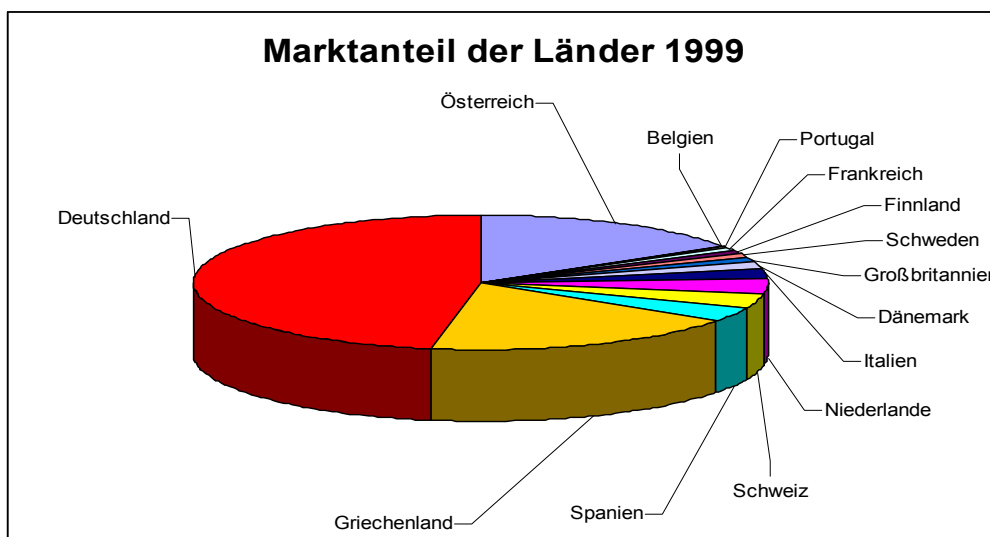


Abb. 1: Marktanteil der einzelnen europäischen Länder an der im Jahr 1999 installierten Kollektorfläche (Flachkollektoren) /1/.

Die am stärksten wachsenden Märkte zwischen 1994 und 1999 waren in Spanien mit 74%, in den Niederlanden mit 38% und in Deutschland mit 34% Wachstum. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass diese Länder 1994 – verglichen mit Griechenland und Österreich - eine noch sehr geringe Verbreitung von thermischen Solaranlagen aufwiesen. Neben der geringeren Marktdurchdringung wurden diese Zuwachsraten aber auch durch gezielte staatliche Förderprogramme ermöglicht.

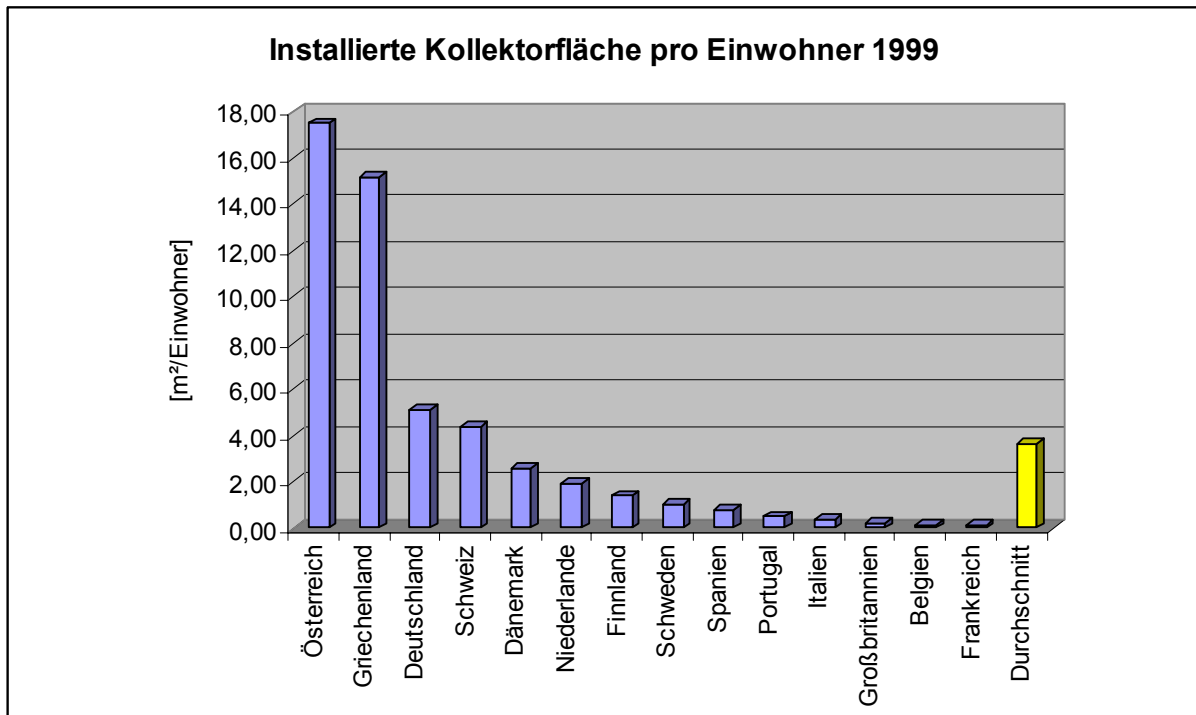


Abb. 2: Installierte Flachkollektorfläche pro Einwohner im Jahr 1999 /1/

Außerhalb Europas wurden entsprechend einer Erhebung, die im Rahmen des Solar Heating and Cooling Programmes der IEA durchgeführt wurde, im Jahr 1998 in Australien (40.000 m²), in den USA (23.000 m²), in Mexiko (11.000 m²) sowie in der Türkei und Israel nennenswerte Kollektorflächen installiert /3/.

Die Europäische Kommission formulierte in ihrem 1997 veröffentlichten Weißbuch zu Erneuerbaren Energien /4/ für solarthermische Anlagen als Ziel, bis 2010 in den Mitgliedsländern der Union 100 Millionen Quadratmeter Kollektorfläche zu installieren. Die Erreichung dieses ambitionierten Zieles setzt bis 2010 eine jährliche Zuwachsrate von 35%, d.h. eine Verdoppelung des derzeitigen Wachstums voraus. Diese Steigerungsraten sind allerdings nur erreichbar, wenn die Mitgliedsländer und die Union dies mit entsprechenden Rahmenbedingungen in den Bereichen Forschung und Entwicklung sowie mit Unterstützungsmaßnahmen zur beschleunigten Markteinführung unterstützen.

2 Beitrag von thermischen Kollektoren zur Energiebereitstellung in Europa

Da bisher kaum Datenmaterial über den Beitrag von Sonnenkollektoren zur Energiebereitstellung vorlagen, wurde das Potenzial dieser Technologie zumeist unterschätzt. Im Folgenden werden der gegenwärtige Stand und das Potenzial der solaren Bereitstellung von Niedertemperaturwärme in Europa dargestellt.

2.1 Energieverbrauch im Gebäudesektor

Der Energieverbrauch im gesamten Gebäudesektor betrug 1998 in den Mitgliedsländern der Union 16.077 PJ oder rund 40% des gesamten Endenergieverbrauchs der EU /5/. Den größten Anteil nimmt dabei mit 75% oder 12.058 PJ der Wärmebedarf für Warmwasser und Raumheizung ein. Davon entfallen 9.228 PJ auf Wohngebäude, wo derzeit auch die überwiegendste Anzahl der solarthermischen Anlagen installiert wurde.

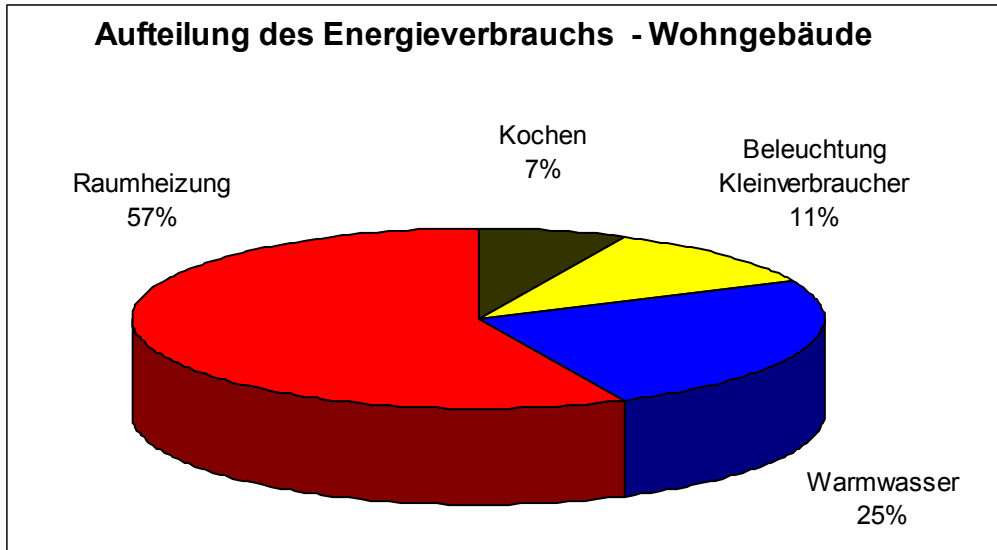


Abb. 3: Aufteilung des Energieverbrauchs in Wohngebäuden in der EU, 1998 /5/

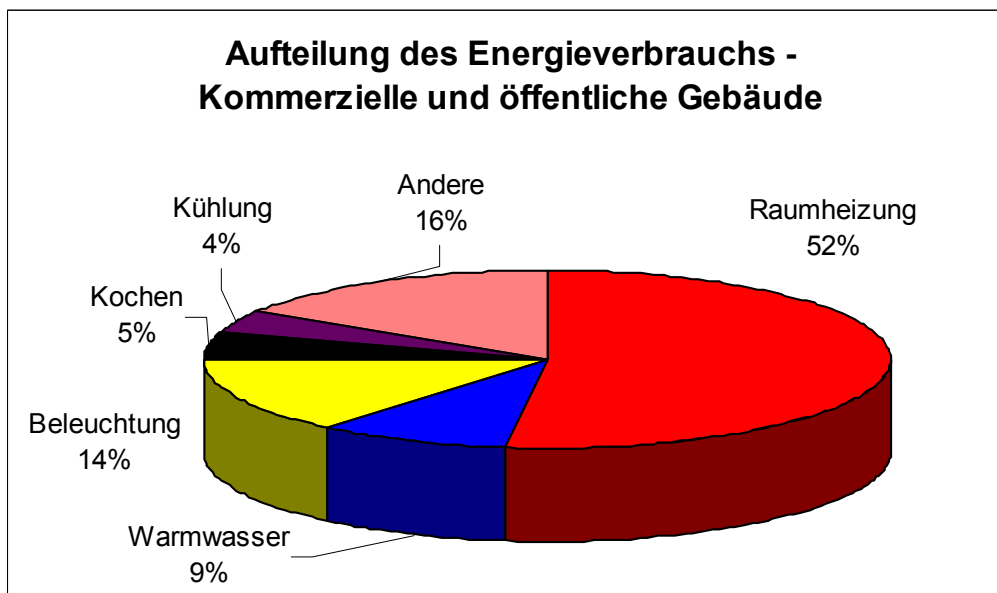


Abb. 4: Aufteilung des Energieverbrauchs in kommerziellen und öffentlichen Gebäuden in der EU, 1998 /5/

2.2 Aktuelle und mittelfristige Energiebereitstellung mit thermischen Kollektoren

Addiert man zu den oben für das Jahr 1999 dargestellten Flächen, die im Jahr 2000 installierten Kollektorflächen¹, so waren bis Ende des Jahres 2000 in Europa (EU inkl. Schweiz) insgesamt rund 9,5 Millionen Quadratmeter Flachkollektoren installiert. Mit diesen Kollektorflächen werden jährlich ca. 12 PJ an Wärme bereitgestellt.

Wenn man davon ausgeht, dass der Endenergieverbrauch für Warmwasser und Raumheizung bei den Wohngebäuden der EU seit dem Jahr 1998 nicht wesentlich gestiegen ist, so wurden im Jahr 2000 EU-weit rund 0,13% des gesamten Niedertemperatur Wärmebedarfs für Warmwasser und Raumheizung mittels solarthermischer Anlagen gedeckt.

Geht man nun davon aus, dass das im Weißbuch von der Europäischen Kommission /4/ dargestellte Ziel von 100 Mio. m² Kollektorfläche bis zum Jahr 2010 erreicht wird, so können damit jährlich 126 PJ an Wärme erzeugt werden. Bezogen auf den Wärmebedarf der Wohngebäude im Jahr 1998 könnten damit 1,4% solar gedeckt werden.

Entwicklungen im Gebäudebereich (Niedrigenergie- und Passivhäuser) zeigen, dass eine rasche Reduktion des spezifischen Wärmebedarfs bei Neubauten möglich ist. Wie Studien zeigen, besteht auch im Gebäudebestand ein mittelfristiges Reduktionspotenzial von 20% beim Heizenergiebedarf /5/.

Legt man eine mittelfristige (bis 2010) Reduktion des Wärmebedarfs von 20% zugrunde, dann könnte sich der solar bereitgestellte Anteil in Europa auf rund 2% des Endenergieverbrauchs der Wohngebäude für Warmwasser und Raumheizung erhöhen.

Tabelle 1: Aktuelle und mittelfristige Energiebereitstellung mit thermischen Kollektoren in Europa und Österreich.

	[PJ]	solarer Anteil [%]
Europa		
Wärmebedarf Warmwasser und Raumheizung - EU (1998)	9.228	
Solarwärme 2000 - EU	12	0,13
Solarwärme 2010 - EU	126	1,37
Österreich		
Wärmebedarf Warmwasser und Raumheizung - Österreich (1998)	226	
Solarwärme 2000 - Österreich	2,56	1,13
Solarwärme 2010 - Österreich	11,72	5,19

2.2.1 Mittelfristiges Potenzial in Österreich

Wie oben dargestellt, besteht derzeit nur in Deutschland, Griechenland und Österreich ein breit entwickelter Markt. Analysiert man nun den derzeitigen Beitrag der Solarthermie zur Wärmebereitstellung und das Potenzial bis 2010 für Österreich, so wird deutlich, dass es mittelfristig möglich ist, signifikante Beiträge zur Deckung des Wärmebedarfs solarthermisch bereitzustellen. Der derzeitige (2000) solare Beitrag

¹ Schätzwert für das Jahr 2000 – 1 Mio m², basierend auf den bisher vorliegenden Daten

zur Deckung des Warmwasser- und Raumheizungsbedarfs in Österreich beträgt 2,8 PJ oder 1,25%. D.h. Österreich hat schon jetzt den Wert erreicht, der mittelfristig in der gesamten EU angestrebt wird.

Wenn man davon ausgeht, dass die durchschnittlichen Steigerungsraten in Österreich bis 2010 aufgrund des schon sehr gut entwickelten Marktes mit 20% etwas unter dem europäischen Durchschnitt liegen wird, dann kann die Kollektorfläche in den nächsten 10 Jahren vervierfacht werden. Dies entspricht einer gesamten in Österreich installierten Kollektorfläche von ca. 8 Mio m². Damit können bei konstant bleibendem Endenergieverbrauch der Haushalte für Heizung und Warmwasser im Jahr 2010 rund 5,2% solar gedeckt werden.

Anzumerken ist auch, dass sich solarthermische Anwendungen bisher nahezu ausschließlich auf die Warmwasserbereitung von Ein- und Mehrfamilienhäusern konzentrierten. In einigen Ländern wie Deutschland, der Schweiz und Österreich geht der Trend seit einigen Jahren auch verstärkt in Richtung solare Raumheizungsunterstützung. Hier werden in den kommenden Jahren signifikante Zuwachsraten erwartet.

Potenziale für solarthermische Anwendungen im Bereich der industriellen Niedertemperaturwärme wurden bisher noch kaum erschlossen. Gelingt es, diese zu nutzen, so sind größere Steigerungsraten als oben genannt durchaus im Bereich des Möglichen.

2.2.2 Langfristiges Potenzial in Österreich

Das theoretische Potenzial, das in Österreich zur Verfügung steht, entspricht 332.000 PJ/a. Dies ist die durchschnittliche jährliche Globalstrahlung auf das gesamte Bundesgebiet. Um ein realistisches Bild über das langfristig nutzbare Potenzial zu bekommen, werden in die weiteren Betrachtungen nur die zur Kollektorinstallation zur Verfügung stehenden horizontalen oder geneigten Gebäudeflächen zugrunde gelegt. Auf den insgesamt 306 km² könnten nach /6/ unter Berücksichtigung von Orientierung, Dachform, Neigung, Dachflächenfenstern etc. rund 107 km² Kollektorfläche installiert werden. Damit wären mit thermischen Solarsystemen, die dem derzeitigen Stand der Technik entsprechen, ca. 193 PJ/a bereitstellbar.

Berücksichtigt man weiters die lokalen und saisonalen Schwankungen von Angebot und Nachfrage, sowie die geringeren Erträge bei Anlagen zur solaren Heizungsunterstützung - bedingt durch die jahreszeitlich eingeschränkte Nutzung – so reduziert sich dieses technische Angebotspotenzial auf das technische Nachfragepotenzial.

Tabelle 2: Technisches Nachfragepotenzial – Solare Niedertemperaturwärme (TNP-S) auf Basis des derzeitigen Standes der Technik; d.h. ohne Berücksichtigung von zukünftigen Entwicklungen im Gebäudestandard oder bei solarthermischen Systemen /6/.

	Gesamt ^{*)} [PJ]	TNP-S [PJ]	TNP-S [%]
Warmwasser (Haushalte, Industrie und öffentl. Einrichtungen)	45	25	56
Raumwärme	258	32	12,5
Prozeßwärme < 100 °C	21	8	38

*) Basis: Endenergieverbrauch 1998

Das technische Nachfragepotenzial ist jene Energiemenge, die in das Energiesystem integrierbar wäre. Neubart und Kaltschmitt /6/ weisen das technische Nachfragepotenzial für solar bereitgestelltes Warmwasser mit 25 PJ/a, jenes für Raumwärme - das derzeit wesentlich größeren Restriktionen hinsichtlich Systemintegration unterworfen ist - mit 32 PJ/a und jenes für Niedertemperaturprozeßwärme mit 8 PJ/a aus. Tabelle 2 gibt eine Übersicht über das langfristige Potenzial solarer Niedertemperaturwärme auf Basis des derzeitigen Standes der Technik; d.h. ohne Berücksichtigung von zukünftigen Entwicklungen im Gebäudestandard oder bei solarthermischen Systemen.

3 Solare Raumheizung - Künftige Potenziale in Europa

Die Erfahrungen mit Solaranlagen zur Brauchwassererwärmung zeigen, dass diese ausgereift und technisch zuverlässig sind. Parallel zur zunehmenden Verbreitung von solaren Warmwasseranlagen wurden ab 1990 auch Systeme zur solaren Raumheizung entwickelt und erprobt. Der Marktanteil dieser Kombianlagen (Warmwasser und Raumheizung) an der installierten Kollektorfläche betrug in Österreich 1998 bereits 50% /2/. Ähnliche Zuwachsraten sind auch in anderen europäischen Ländern zu verzeichnen.

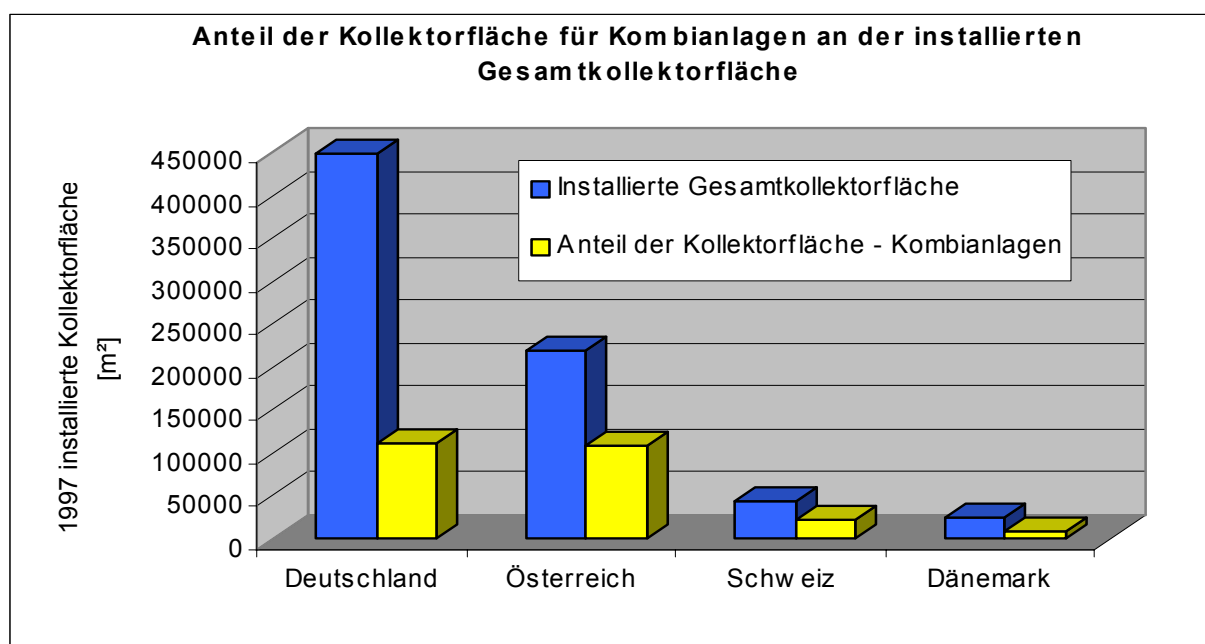


Abb. 5: Anteil der installierten Kollektorfläche an solaren Warmwasser- und Raumheizungsanlagen in ausgewählten Ländern /7/

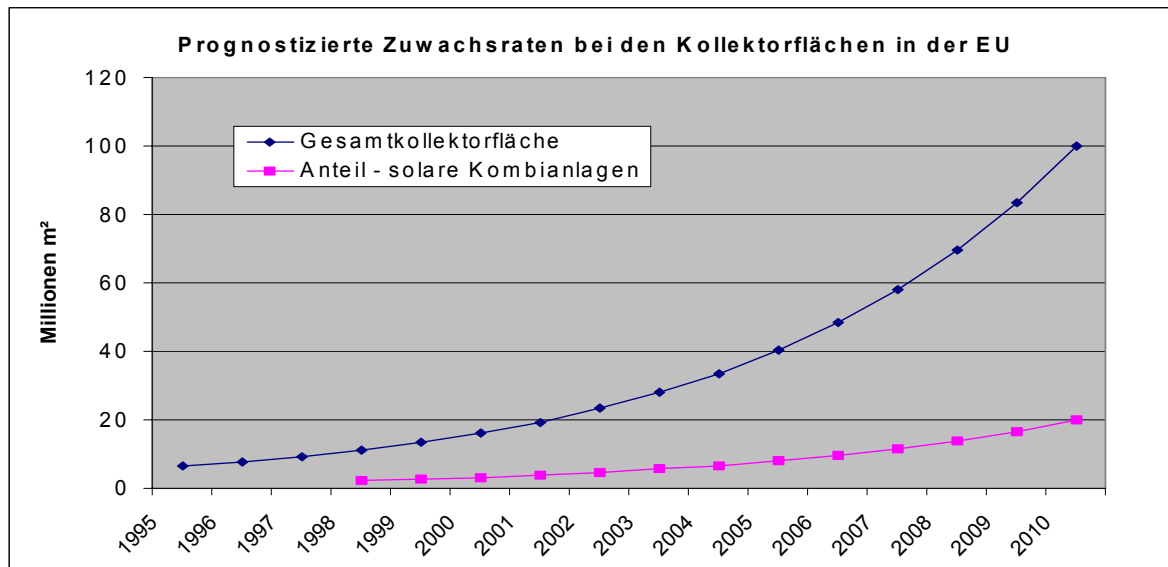


Abb. 6: Von der Europäischen Kommission prognostizierte Zuwachsraten bei thermischen Sonnenkollektoren und möglicher Marktanteil für solare Kombianlagen bis 2010 /6/.

Geht man von den im Weißbuch der Europäischen Kommission erwarteten jährlichen Zuwachsraten bei thermischen Kollektoren aus, so ist bei konservativer Abschätzung davon auszugehen, dass mindestens 20% der installierten Kollektorfläche in solaren Kombianlagen eingesetzt werden. D.h., dass in den Mitgliedsländern der EU in den kommenden 10 Jahren im Durchschnitt jährlich 120.000 solare Kombianlagen mit einer Gesamtkollektorfläche von 1,9 Millionen m² installiert werden.

Literatur:

- /1/ Stryi-Hipp, G: Der Europäische Solarthermie-Markt, Tagungsband: Gleisdorf Solar 2000, Gleisdorf 2000// Neubart, J., Kaltschmitt, M (Hrsg): Erneuerbare Energien in Österreich, Systemtechnik, Potenziale, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte, Wien, 2000.
- /2/ Faninger, G: Der Solarmarkt in Österreich 1999, Wien 2000
- /3/ Internal Paper, IEA, Solar Heating and Cooling Programme, 2000
- /4/ European Commission: Energy For the Future: Renewable Sources of Energy – White Paper for a Community Strategy and Action Plan COM(97)599 of 6.11.1997
- /5/ European Commission: Green Paper – towards a european strategy for the security of energy supply, technical document, Brussels, 2000
- /6/ Neubarth, J., Kaltschmitt, M (Hrsg): Erneuerbare Energien in Österreich, Wien, 2000
- /7/ Suter, J.M., Letz, T., Weiß, W.: Solar Combisystems – Overview 2000, IEA-SHC Task 26,2000

Systemkonzepte für solare Kombianlagen von Mehrfamilienwohnbauten und Ergebnisse aus Langzeitmessungen

Christian Fink, Gottfried Purkarthofer, Werner Weiß,
AEE - Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE
A-8200 Gleisdorf, Feldgasse 19
Tel.: +43-3112-5886-14
Tel.: +43-3112-5886-18
e-mail: c.fink@aee.at

Systemkonzepte für solare Kombianlagen von Mehrfamilienwohnbauten und Ergebnisse aus Langzeitmessungen

Christian Fink, Gottfried Purkarthofer, Werner Weiß,
AEE - Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE
A-8200 Gleisdorf, Feldgasse 19
Tel.: +43-3112-5886-14
Tel.: +43-3112-5886-18
e-mail: c.fink@aee.at

1 Einleitung

Seit Beginn der 80er Jahre verzeichnet die Nutzung von Sonnenenergie mittels thermischer Kollektoren durchschnittliche jährliche Wachstumsraten von 14% in Österreich. Bis etwa 1994 waren dies ausschließlich thermische Solaranlagen zur Brauchwasserbereitung in Einfamilienhäuser. Ab 1995 wurden die ersten teilsolaren Raumheizungen für Einfamilienhäuser installiert – mittlerweile werden rund 50% der jährlich installierten Kollektorfläche für Anlagen mit Raumheizungsunterstützung montiert (Faninger, BVS, 2000). So wie zu Beginn der 80er Jahre im Einfamilienhausbereich so entwickelt sich auch für thermische Solaranlagen im Mehrfamilienhausbereich seit 1996 ein stetig steigender Markt. Ab 1998 werden thermische Solaranlagen zur Raumheizungsunterstützung in Mehrfamilienwohnobjekten errichtet.

Die installierte Gesamtkollektorfläche beläuft sich mit Jahresende 1999 auf 2 Millionen Quadratmeter (Faninger, BVS, 2000). Trotz dieser sehr erfolgreichen Bilanz stagnieren die Zuwachsraten an installierter Kollektorfläche in den letzten zwei Jahren. Um dieser Marktentwicklung entgegenzuwirken und wieder positive Wachstumsraten zu erzielen, müssen neue Märkte für thermische Solaranlagen erschlossen werden.

Zusätzlich zu den Ein- und Zweifamilienhäusern bieten Mehrfamilienwohnbauten (kommunale und genossenschaftliche Wohnbauten) sowohl für die solare Warmwasserbereitung als auch für die teilsolare Raumheizung das größte Potential für die Marktweiterentwicklung von thermischen Solaranlagen. Es gibt mittlerweile schon Wohnbauträger, die ökologisches Bauen und Wohnen - damit auch thermische Solaranlagen - als Marketingstrategie am stark umkämpften Wohnungsmarkt einsetzen, der überwiegende Teil der privaten wie auch gemeinnützigen Bauträger steht solaren Technologien aber nach wie vor skeptisch gegenüber. Im Unterschied zum privaten Bau eines Einfamilienhauses, wo die Entscheidung für eine Solaranlage zumeist emotionell getroffen wird, dominiert im Mehrfamilienwohnbau der wirtschaftliche Aspekt. Niedrige Preise für den Quadratmeter Wohnnutzfläche werden hier niedrigen Betriebskosten vorgezogen.

Hat sich im Bereich der Anwendungen im Einfamilienhaus in den letzten Jahren ein technischer Standard durchgesetzt, so ist die Bandbreite der Dimensionierungsansätze bzw. Hydraulikkonzepte im Mehrfamilienhaus noch sehr groß und Langzeiterfahrungen sind rar. Damit eine breite Umsetzung von thermischen Solaranlagen im Bereich Mehrfamilienhäuser erwirkt werden kann, müssen diese aber mit höherer Effizienz als bisher und mit geringster Ausfallshäufigkeit bei höchster Rentabilität für Bauträger, Contractoren, Wohnungseigentümer, Mieter, etc. betrieben werden können. Eine weitgehende Optimierung von heute vorhandenen Konzepten und damit einhergehender Definition von standardisierten Systemvarianten für Neu- und Altbauten, ist hierfür unumgänglich. (Fink, Müller, 1999)

2 Voraussetzungen für solares Heizen

Bei der Planung des Gebäudes sollte auf die Auswahl des Standortes sowie auf entsprechende Form und Zonierung des Gebäudes besonderes Augenmerk gelegt werden. So erhalten am gleichen Standort südlich exponierte Lagen im Winter 10 bis 30% mehr Globalstrahlung als nördlich geneigte Hänge.

Weitere Grundvoraussetzungen für solare Heizungssysteme sind ein hoher Wärmedämmstandard des Gebäudes sowie möglichst gute passive Nutzung der Sonnenenergie.

Ideale Voraussetzungen für solares Heizen bieten Niedrigenergiehäuser mit einem Jahresheizwärmebedarf unter 65 kWh/m^2 . Der Heizenergiebedarf von Niedrigenergiehäusern liegt zwischen 30 und 50% unter dem derzeitigen Neubaubestand. Niedertemperaturheizungen, vorzugsweise Fußboden- oder Wandflächenheizungen mit geringen Vorlauftemperaturen (25 bis 40°C) sind weitere günstige Voraussetzungen für solares Heizen.

3 Darstellung und Analyse von unterschiedlichen Hydraulikkonzepten für die solare Heizungsunterstützung in Mehrfamilienwohnbauten

In Abhängigkeit von der Art der Energiesenke (zentral-dezentral, Temperaturniveau) ergeben sich unterschiedliche Verteilkonzepte mit unterschiedlicher Anzahl von Verteilsträngen. Diese Konzepte lassen sich in 2-Leiter, 3-Leiter und 4-Leiter-Netze unterteilen (Fink, 2000 a).

3.1 4-Leiter-Netze

Als 4-Leiter-Netze bezeichnet man Konzepte mit Verteilsystemen, die neben der Vor- und Rücklaufleitung für die Raumwärmeversorgung auch noch zwei (meist) trinkwasserführende Stränge für die Warmwasserverteilung aufweisen (Warmwasserverteilung und Zirkulationsleitung). Das Warmwasser wird mit einer Umwälzpumpe über die Hautverteilungen bis kurz vor die Zapfstellen und dann

über eine möglichst klein dimensionierte „Zirkulationsleitung“ zum Speicher umgewälzt. Dadurch wird das Verteilnetz ständig auf Temperatur gehalten. Der damit verbundene Energieverbrauch einer Zirkulationsleitung kann allerdings sehr groß sein. Je nach Betriebsweise, Temperatur, Leitungslänge, Umlaufmenge und Dämmgüte ergeben sich Verluste von 20 bis über 100% des eigentlichen Energiebedarfes für die Brauchwasserbereitung. Diese Wärmeverluste stellen den größten Nachteil für ein 4-Leiter-Netz dar. Als Vorteil für das 4-Leiter-Netz kann der Platzgewinn in den Wohnungen durch den Wegfall der dezentralen Boiler gesehen werden.

Bei der solaren Heizungsunterstützung erfolgt die Einbindung der Nachheizung in den Energiespeicher. Die Entnahme zur Raumwärmeversorgung wird dann direkt aus dem Energiespeicher geführt. Die solar eingebrachte Energie kann somit zur Brauchwassererwärmung und zur Heizungsunterstützung herangezogen werden.

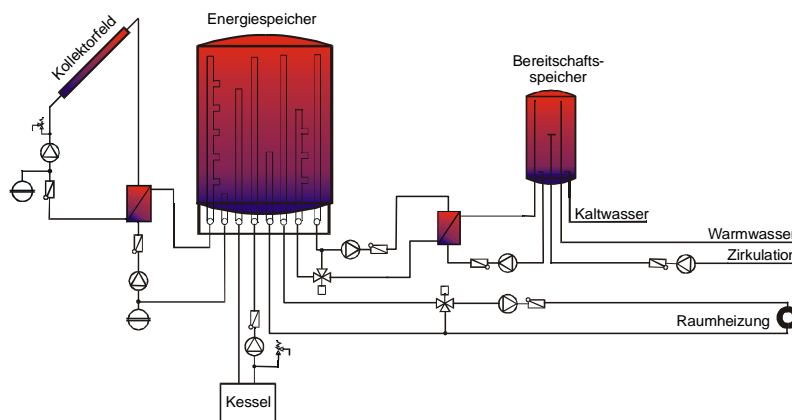


Abbildung 1: 4-Leiter-Netz mit zentralem Energie- und Bereitschaftsspeicher im Ladespeicherprinzip und mit Nachheizung im Energiespeicher.

3.2 3-Leiter-Netze

Als 3-Leiter-Netze bezeichnet man Konzepte mit Verteilsystemen, die für die Brauchwassererwärmung und Raumwärmeversorgung drei Stränge aufweisen. Je nach Einsatzfall wird entweder eine gemeinsame Vorlaufleitung oder eine gemeinsame Rücklaufleitung gewählt. Der wesentliche Unterschied zum 4-Leiter-Netz ist, dass die Brauchwassererwärmung dezentral erfolgt und somit die Verteilstränge Heizungswasser führen. In Abbildung 2 wird beispielhaft für 3-Leiter-Netze ein System mit hohen Vorlauftemperaturen der Raumwärmeversorgung (und somit auch hohe Rücklauftemperaturen) sowie eine dezentrale Brauchwasserbereitung über einen externen Wärmetauscher mit tiefen Rücklauftemperaturen dargestellt. In diesem Fall besteht das System aus einer gemeinsamen Vorlaufleitung und zwei getrennten Rücklaufleitungen. Systembedingt können 3-Leiter-Netze dieser Konstellation zur solaren Brauchwassererwärmung wie auch zur Heizungsunterstützung eingesetzt werden.

3-Leiter-Netze können überall dort sinnvoll eingesetzt werden, wo große Temperaturunterschiede zwischen den nötigen Versorgungstemperaturen oder den

Rücklauftemperaturen vorherrschen. Im allgemeinen bedeuten sie aufgrund des dritten Stranges bzw. aufgrund der dezentralen Warmwasserbereitung aber höhere Investitionskosten im Vergleich zu 2- und 4-Leiternetzen.

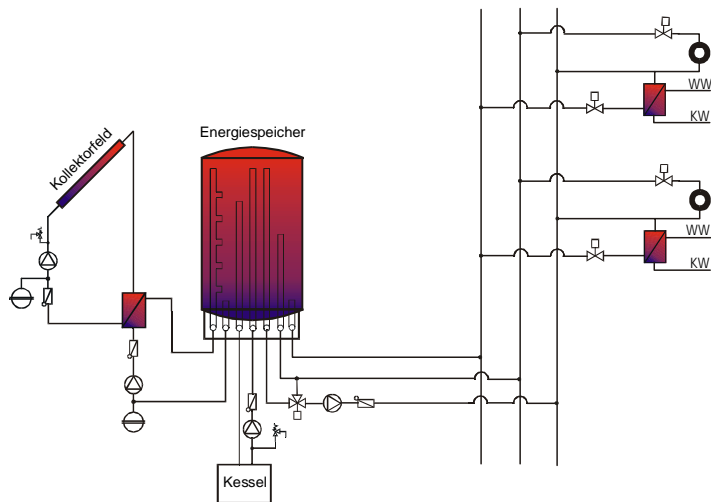


Abbildung 2: 3-Leiter-Netz mit zentralem Energiespeicher und dezentraler Brauchwassererwärmung.

3.3 2-Leiter-Netze

Als 2-Leiter-Netze bezeichnet man Konzepte mit Verteilsystemen, die für die Brauchwassererwärmung und Raumwärmeversorgung zwei Stränge aufweisen. Der wesentliche Unterschied zum 4-Leiter-Netz ist, dass die Brauchwassererwärmung dezentral erfolgt und aufgrund der Systembeschaffenheit die solaren Erträge zur Brauchwassererwärmung und Heizungsunterstützung verwendet werden können. Da nur mehr ein gemeinsamer Versorgungsstrang sowie ein gemeinsamer Rücklaufstrang durch das Gebäude geführt wird, wird bei diesen Konzepten vorausgesetzt, dass die nötigen Versorgungstemperaturen für Raumwärmeversorgung und Brauchwassererwärmung nahezu gleich sind bzw. beim Einsatz von Niedertemperaturheizungen zu Schwachlastzeiten der Raumwärmeversorgung ein dezentraler Brauchwasserspeicher geladen werden kann. In Abbildung 3 wird ein 2-Leiter-Netz mit drei unterschiedlichen Möglichkeiten zur dezentralen Brauchwassererwärmung dargestellt. 2-Leiter-Netze mit dezentralen Brauchwasserspeichern können überall dort sinnvoll eingesetzt werden, wo geringe Energieabnahmedichten bezogen auf die Länge des Leitungsnetzes (Reihenhäuser) vorherrschen. Hier müsste ohne dezentrale Speicher in den Sommermonaten das gesamte Verteilnetz für die Warmwasserversorgung auf Temperatur gehalten werden, was zu beträchtlichen Netzverlusten führen würde.

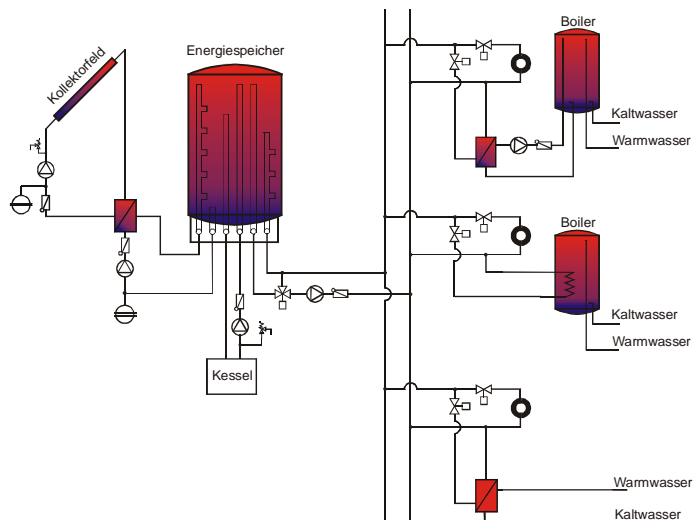


Abbildung 3: 2-Leiter-Netz mit zentralem Energiespeicher und dezentraler Brauchwassere-rwärmung (verschiedene Varianten).

Aufgrund der relativ hohen Kosten, die durch den Einsatz eines dezentralen Speichers verursacht werden, erscheinen bei höheren Energieabnahmedichten (konventioneller Mehrfamilienwohnbau) kostengünstigere Durchflusssysteme ohne Speicher als gute Alternative (siehe Abbildung 3, Variante 3). Vor allem im Bundesland Salzburg hat sich in den letzten Jahren im Mehrfamilienwohnbau in Kombination mit Solarsystemen das beschriebene Durchflusssystem durchgesetzt. Verschiedene Hersteller bieten vorgefertigte „Wohnungsstationen“ an, die neben der Brauchwassererwärmung auch die Regelung der Raumwärmeversorgung sowie die Umschaltung zwischen Brauchwassererwärmung und Heizung übernehmen.

4 Mess- und Betriebsergebnisse zu zwei teilsolaren Raumheizungsanlagen in Mehrfamilienwohnobjekten

Größere Solaranlagen, im speziellen Anlagen zur teilsolaren Raumheizung in Mehrfamilienhäusern, sind bisher noch in geringer Anzahl im Einsatz. Um Erfahrungen zu sammeln und Optimierungsschritte setzen zu können, werden von der AEE im Rahmen des EU-THERMIE Projektes "Large Scale Solar Heating Systems for Housing Developments" Anlagen mit Kollektorflächen über 150 m² realisiert. Die in den folgenden Abschnitten vorgestellten Anlagen, werden im Rahmen dieses Projektes detailliert vermessen und analysiert (Weiß, 2000).

4.1 Solare Niedrigenergiehaussiedlung SUNDAYS

In Gleisdorf wurden sechs Niedrigenergie-Reihenhäuser und ein Bürogebäude errichtet. Der Energiebedarf für die Gebäude wurde um mehr als 60% gegenüber einem Standardgebäude reduziert. Dazu wurden folgende Mittel eingesetzt:

- sehr guter baulicher Wärmeschutz,
- thermische Zonierung der Wohn- und Nutzbereiche,
- kontrollierte Belüftung mit Vorwärmung der Außenluft in einem Erdreichwärmetauscher.

Weiterhin wurde großen Wert auf den Einsatz ökologisch verträglicher Baumaterialien gelegt. Durch die Entwicklung eines innovativen Wandkonzeptes konnte ein System entwickelt werden, das einen sehr guten Wärmeschutz (U-Wert 0,11 bzw. 0,17 W/m²K) bei geringem Flächenbedarf und niedrigen Kosten erreicht. Weiterhin wurde durch das Konzept eine weitgehende Vorfertigung einzelner Komponenten ermöglicht.

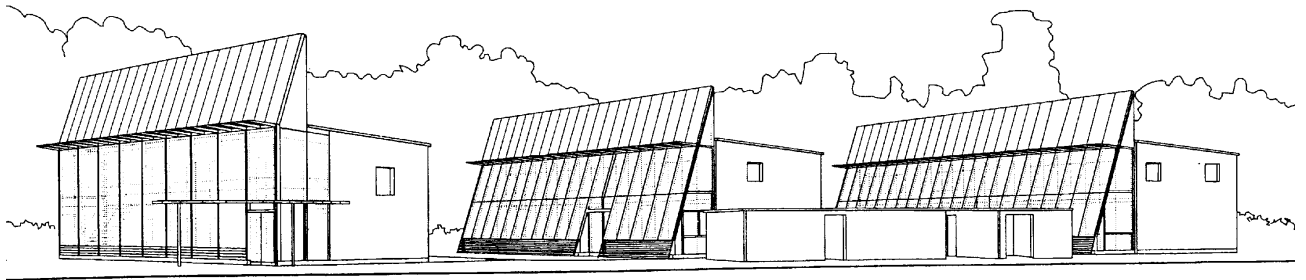


Abbildung 4: Bürogebäude (links) und Reihenhäuser in Gleisdorf

4.1.1 Technisches Konzept

Etwa die Hälfte des Wärmebedarfs für Raumheizung und Warmwasser wird durch die Solaranlage gedeckt. Die Kollektorfelder mit einer Gesamtfläche von 213 m² wurden in das Dach der Wintergärten integriert. (Abbildung 5). Der restliche Wärmebedarf wird durch einen Holzpelletskessel bereitgestellt. Dadurch wird die gesamte Wärmeversorgung zu 100% aus erneuerbaren Energien gedeckt. Überschüssige Wärme wird in einem 14 m³ großen Stahlspeicher zwischengelagert. Die einzelnen Gebäude werden aus diesem Speicher über ein Wärmeverteilnetz versorgt. Das Wärmenetz wird über 22 Stunden am Tag mit niedrigen Temperaturen von 40°C Vorlauftemperatur betrieben um die Gebäude mit Heizwärme zu versorgen. Für die Brauchwasserbereitung wird das gleiche Wärmeverteilnetz nachts für 2 Stunden mit hohen Temperaturen (65 bis 70°C) betrieben, um die dezentralen Warmwasserspeicher zu beladen. Abbildung 5 zeigt das hydraulische Konzept des Systems.



Abbildung 5: Ansicht der beiden Reihenhäuser, die Sonnenkollektoren befinden sich oberhalb des Wintergartens

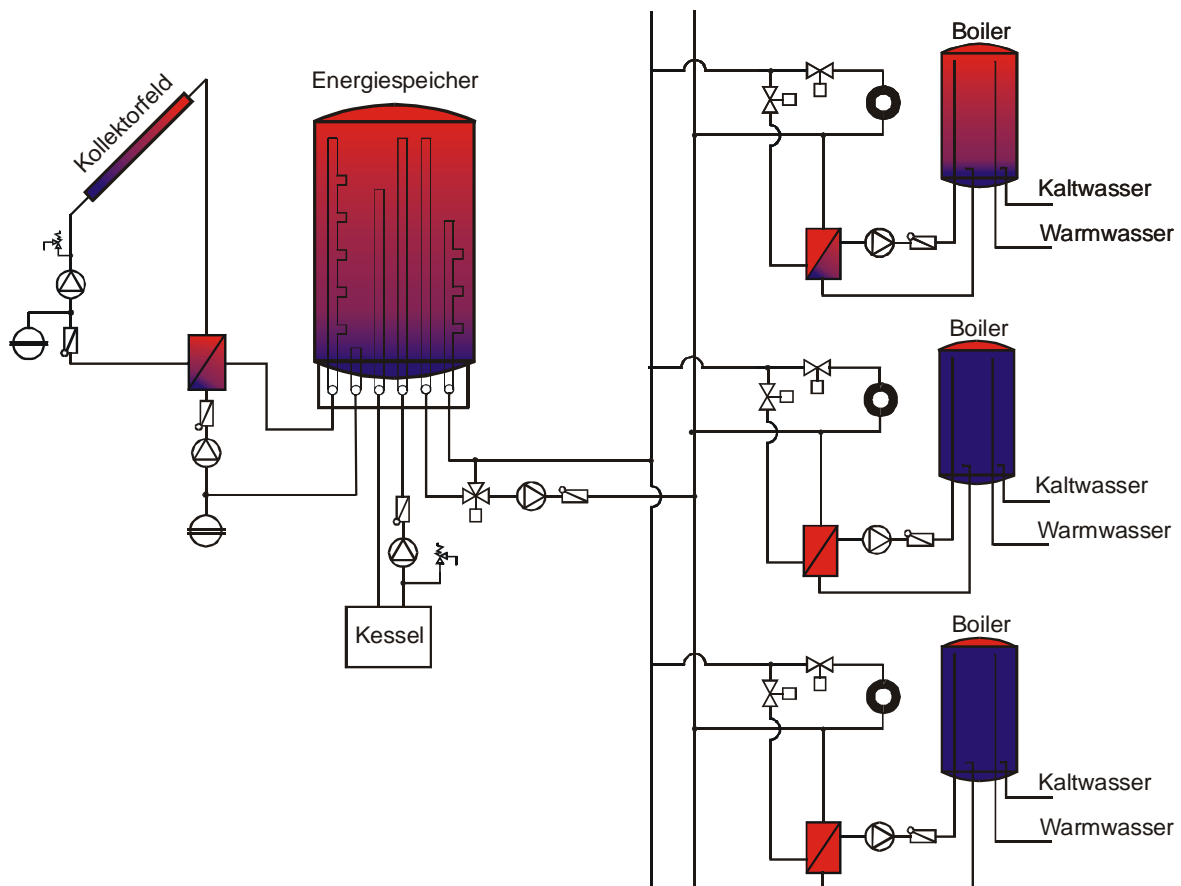


Abbildung 5: Hydraulikschema der Niedrigenergiehaussiedlung SUNDAYS in Gleisdorf

4.1.2 Messergebnisse

Da das Bürogebäude schon im Juli 1998 bezogen wurde, liegen dafür Daten über den Gesamtenergieverbrauch für einen Zeitraum von nahezu zwei Jahren vor. In Abbildung 6 ist die Energiebilanz für die Messperiode Jänner bis Dezember 2000 dargestellt.

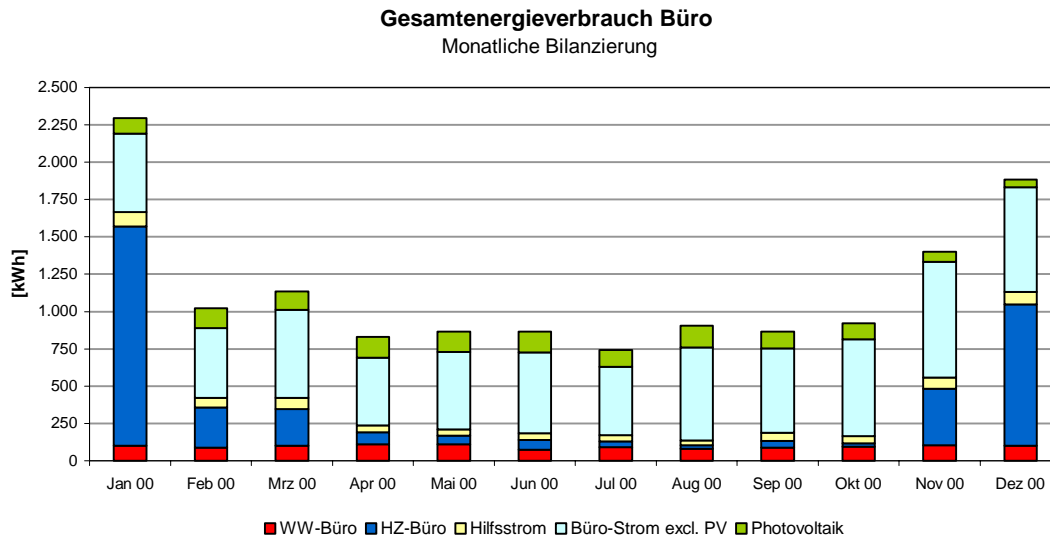


Abbildung 6: Gesamtenergieverbrauch von Jänner 2000 bis Dezember 2000 für das Bürogebäude

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

Der Gesamtenergieverbrauch des Bürogebäudes betrug in der Messperiode 2000 pro Quadratmeter beheizter Nettonutzfläche lediglich 57,48 kWh.

Davon entfallen 15,98 kWh auf Raumwärme, 5,03 kWh auf Warmwasser sowie 36,15 kWh auf Hilfsstrom (Antriebsenergie für haustechnische Einrichtungen wie Pumpen, Regelungen etc) und auf Bürostrom (Beleuchtung, EDV...). Der spezifische Stromertrag aus der Photovoltaikanlage beträgt 6,05 kWh in der Messperiode.

Wie oben dargestellt, betrug der Raumwärmeverbrauch lediglich 15,98 kWh/m².a. Davon wurden 65% durch die Solaranlage gedeckt, so dass der Restheizenergiebedarf, der von einem Pelletskessel gedeckt wird, nur noch 6 kWh/m² betrug. 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. Die Ergebnisse für die Messperiode – Jänner 2000 bis Dezember 2000 sind in Abbildung 7 dargestellt.

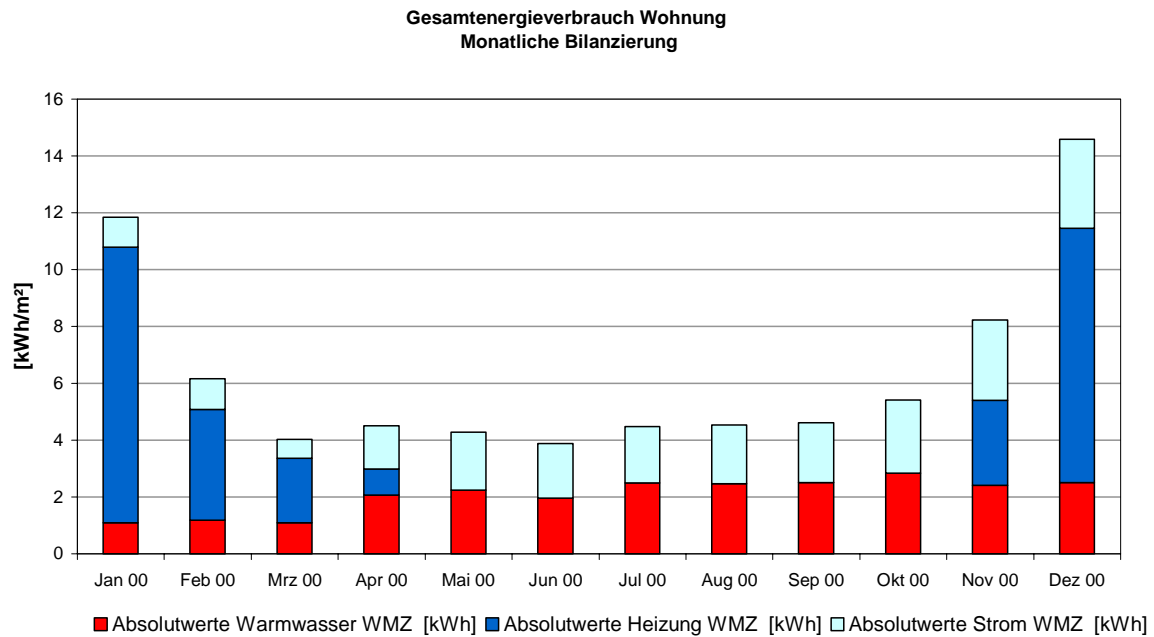


Abbildung 7: Gesamtenergiebedarf eines Reihenhauses Messperiode – Jänner bis Dezember 2000 (Wohnung West - Bauteil II)

Der Gesamtenergiebedarf des Reihenhauses betrug in der Periode Juni 1999 bis Mai 2000 pro Quadratmeter beheizter Nettonutzfläche 56,12 kWh. Davon entfallen 28,71 kWh/m² auf Raumwärme, 24,87 kWh/m² auf Warmwasser und 22,96 kWh/m² auf elektrischen Strom.

Zieht man hier wiederum in Betracht, dass ca. 65% des Heizenergiebedarfs über die Solaranlage gedeckt wurde, so beträgt der Restwärmebedarf, der über die Pelletheizung gedeckt werden musste 19,64 kWh/m².

4.2 Siedlung Gneis-Moos



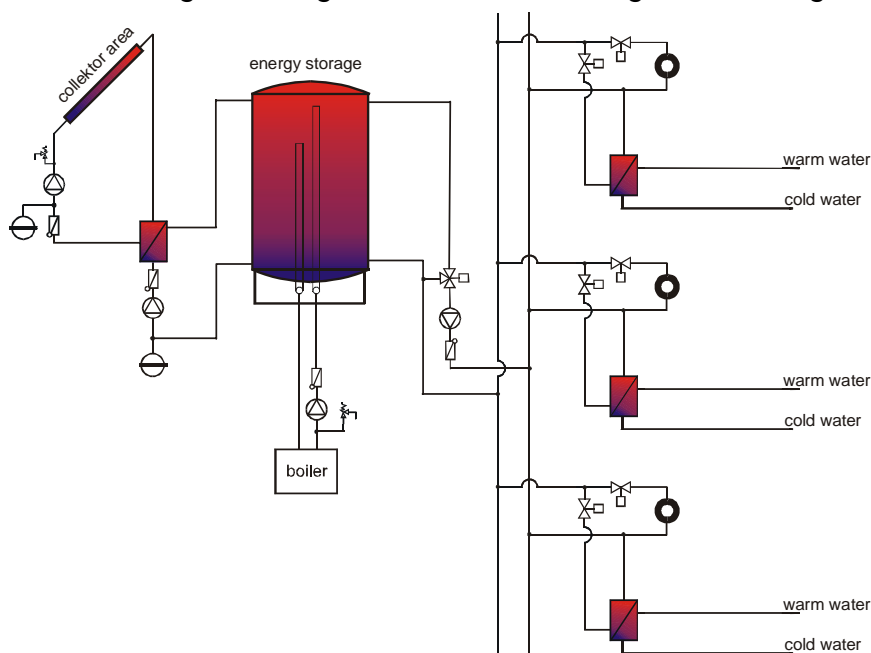
Die Siedlung Gneis-Moos mit 61 Wohneinheiten wurde mit einer Gesamtwohnfläche von insgesamt etwa 4.650 m² von der GSWB am Stadtrand von Salzburg errichtet.

Abbildung 8: Wohnsiedlung Gneis-Moos, Südansicht des Gebäudeabschnittes mit 410 m² Kollektorfläche (Bildquelle: GSWB Salzburg)

Neben einer innovativen Architektur – Niedrigenergiebauweise mit einem theoretischen Heizwärmebedarf von 50 kWh pro m² Wohnfläche und Jahr bzw. umfassende passive Sonnenenergienutzung mittels südorientierter Wintergärten – wurde vom Planungsteam besonderes Augenmerk auf eine möglichst ökologische und effiziente Wärmeversorgung gelegt.

4.2.1 Technisches Konzept

In der Siedlung Gneis-Moos wurde eine 410 m² große Kollektorfläche in Kombination mit einem 100 m³ fassenden Energiespeicher errichtet. Zur Reduktion der Lüftungswärmeverluste dient eine kontrollierte Be- und Entlüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. Der solare Deckungsanteil der gesamten Wärmeversorgung



von Gneis-Moos wurde mit etwa 35% prognostiziert. Als Komplementärenergiequelle ist ein Gas-Brennwertgerät in den oberen Teil des Energiespeichers eingebunden.

Abbildung 9: Hydraulikschema des Systems in Gneis Moos

Die Wärmeverteilung erfolgt über ein 2-Leiter-Netz mit dezentralen Wärmeübergabestationen in den einzelnen Wohnungen. Die Auslegung der Wärmeübergabestationen sowie der Radiatoren erfordert eine über das Jahr konstante Netzvorlauftemperatur von 65 °C. Die Wärmeübergabestationen beinhalten einerseits den externen Wärmetauscher zur Trinkwassererwärmung im Durchflussprinzip sowie andererseits sämtliche Regelelemente wie Differenzdruckregler und Rücklauftemperaturbegrenzer. Die damit erreichbaren niedrigen Netzurücklauftemperaturen bilden die Grundlage für gute Kollektorwirkungsgrade und somit entsprechende solare Erträge. (Fink, 2000 b)



Abbildung 10: Vorinstallierte Wohnungsstation mit externem Wärmetauscher zur Brauchwassererwärmung und sämtlichen Komponenten für den Heizbetrieb inkl. Wärmemengenzähler (Produkt: Gemina-Termix, Bildquelle: GSWB, Salzburg)

4.2.2 Messergebnisse

Der Bezug, der auf 6 Einzelhäuser aufgeteilten 61 Wohneinheiten, erfolgte im Dezember 1999 bzw. Jänner 2000. Die Inbetriebnahme des Monitoring-Systems wurde im Jänner 2000 durchgeführt. Die gesamte Wärmeversorgungsanlage zeigte im Betrachtungszeitraum ein gutes und sicheres Betriebsverhalten.

Die Kollektoranlage lieferte in 11 Monaten (von Februar 2000 bis Dezember 2000) eine Wärmemenge von 155 MWh, was einem spezifischen Kollektorsertrag von 378 kWh/m² entspricht. Das zeigt, dass der prognostizierte spezifische Ertrag von 350 kWh/m²a, trotz des in der Aufzeichnung fehlenden Jännermonats, überschritten werden konnte. Definiert man den solaren Deckungsanteil als Verhältnis zwischen Solarertrag und Gesamtwärmebedarf, so wird für die 11 Monate ein Deckungsgrad von 38 % erreicht. Dies entspricht genau dem prognostizierten Deckungsanteil.

Das zum Einsatz gelangte 2-Leiter-Netz hat sich in der Wohnanlage Gneis-Moos sehr gut bewährt. Es stellte sich als hydraulisch gut eingeregelt dar, was in Kombination mit den dezentralen Wärmeübergabestationen einerseits tiefe Netzurücklauftemperaturen und andererseits geringe Verteilverluste bedeutete. Die Netzvorlauftemperatur betrug durchschnittlich 65°C, die Netzurücklauftemperatur etwa 30-35°C. Auch bei starken Verbrauchsschwankungen, wie dies im Sommer häufig der Fall war, erreichte die Netzurücklauftemperatur nur vereinzelt - und dann auch nur kurzfristig - Werte über 35°C. Detaillierte Temperaturverläufe zum Netzverhalten sind in Abbildung 11 dargestellt.

Diese Abbildung zeigt beispielhaft für das Betriebsverhalten der Heizungsanlage Gneis-Moos die Temperaturverläufe im Wärmeversorgungssystem vom 18.03.2000 bis zum 24.03.2000. Von besonderem Interesse in dieser Abbildung ist, dass die Rücklauftemperatur über den dargestellten Bereich nahezu konstant bei 30°C liegt. Dies ist für Systeme mit Radiatorheizung ein ausgezeichneter Wert und lässt auf eine gute Funktion der Wohnungsstationen sowie auf ein gut eingeregelttes Hydraulikkonzept schließen.

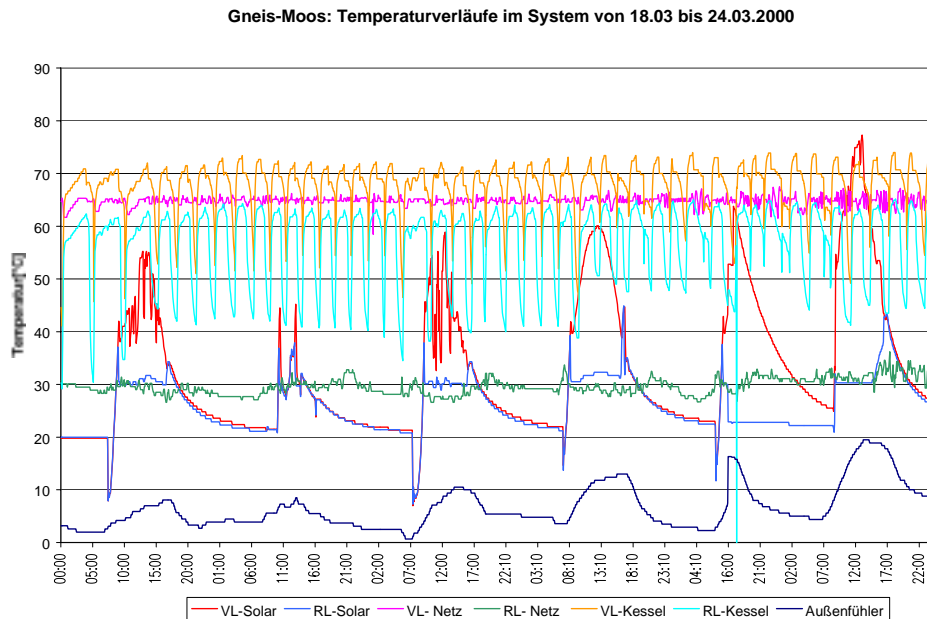


Abbildung 11: Wohnsiedlung Gneis-Moos, Temperaturverläufe im System vom 18.03.00 bis zum 24.03.00.

Aufgrund der erreichbaren tiefen Rücklauftemperaturen, erscheint das Konzept 2-Leiter-Netz mit Wohnungsstationen für eine verstärkte Umsetzung von thermischen Solaranlagen in Mehrfamilienhäusern als vielversprechend.

5 Perspektiven und weitere Aktivitäten

Der allgemeine Stand der Anlagentechnik dieser Anwendungen ist auf vertretbarem Niveau. Dennoch bestehen aufgrund des geringen Alters der Technologie noch Defizite im Bereich der Systemtechnik und der sorgfältigen Dimensionierungsmöglichkeiten, wodurch noch eine Verbesserung der Effizienz und somit günstigere Wärmepreise erreicht werden könnten. Nicht nur die Hydraulik und Dimensionierung der Kollektoranlage, sondern auch die Optimierung von Konzepten zur Wärmeverteilung muss hier bei zukünftigen Projekten im Vordergrund stehen. Das Erreichen von standardisierten Systemen mit hohem Qualitätsniveau, ähnlich der heutigen Konzepte in Einfamilienhäusern, muss das erklärte Ziel auch für Anlagen im Mehrfamilienwohnbau sein.

6 Literaturverzeichnis

Faninger, BVS, 2000

Gerhard Faninger, Bundesverband Solar: Die Marktentwicklung der Solar- und Wärmepumpentechnik in Österreich, 2000

Fink, Müller, 1999

Christian Fink, Alexander Müller: Broschüre „Thermische Sonnenenergienutzung im Mehrfamilienwohnbau“; AEE-Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE, Gleisdorf, 1999

Fink, 2000 a

Christian Fink; 5. Fachtagung des FH-Studienganges für Gebäudetechnik, Fachhochschule Pinkafeld; 2000

Weiß, 2000

Werner Weiß, 6. Zwischenbericht zum Projekt „Large Scale Solar Heating Systems for Housing Developments“; Anlage SUNDAYS; AEE-Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE, Gleisdorf, 2000

Fink, 2000 b

Christian Fink, 1. Zwischenbericht zum Projekt „Large Scale Solar Heating Systems for Housing Developments“; Anlage Gneis-Moos; AEE-Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE, Gleisdorf, 2000

Systemtechnische und bauphysikalische Grundlagen für die Fassadenintegration von thermischen Sonnenkollektoren ohne Hinterlüftung

Dipl.-Ing. Irene Stadler
AEE-Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE
Feldgasse 19, 8200 Gleisdorf, Österreich
Tel.: +43/3112/58 86-62, Fax.: +43/3112/5886-18
E-mail: i.stadler@aee.at, Internet: <http://www.aee.at>

Systemtechnische und bauphysikalische Grundlagen für die Fassadenintegration von thermischen Sonnenkollektoren ohne Hinterlüftung

Dipl.-Ing. Irene Stadler
AEE-Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE
Feldgasse 19, 8200 Gleisdorf, Österreich
Tel.: +43 (0) 3112/58 86-62, Fax.: +43 (0) 3112/5886-18
E-mail: i.stadler@aee.at, Internet: <http://www.aee.at>

1. Einleitung

Bei Anwendungen von thermischen Solaranlagen in den Bereichen solarer Raumheizung und großer Anlagen stehen nicht immer entsprechend geneigte und orientierte Dachflächen ausreichend zur Verfügung. Anlagen am Dach bilden oft auch einen Fremdkörper, wenn sie nicht integraler Bestandteil der Architektur sind. Hier ist es für eine breite Marktdurchdringung notwendig, Kollektorsysteme zu entwickeln, die eine Integration der Kollektoren in Fassaden ermöglichen.

2. Direkte Fassadenintegration

Unter einem fassadenintegrierten Sonnenkollektor wird ein direkt in die Fassade aufgenommenes Kollektorelement verstanden. Es ist keine thermische Trennung in Form einer Hinterlüftung vorhanden. Der Kollektor übernimmt

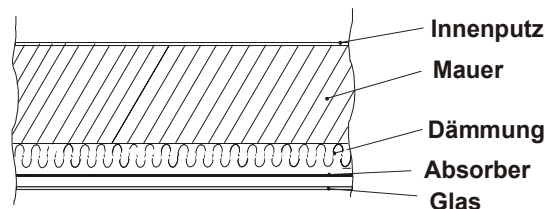


Abb.1: Wandaufbau mit integriertem Kollektor ohne Hinterlüftung

verschiedene Funktionen in einem Bauteil: Funktion als thermischer Flachkollektor, Verbesserung der Wärmedämmung des Gebäudes, als passiv solares Element bei geringer Einstrahlung, als Witterungsschutz und als Gestaltungselement der Fassade. Vorteile von nicht hinterlüfteten fassadenintegrierten Kollektoren sind demnach: Kostenersparnis durch gemeinsame Nutzung von Bauteilen, vereinfachte Fassaden-Anschlusstechnik an die konventionelle Gebäudehülle, Ersatz der konventionellen Fassade, für den Neubau und für Altbausanierungen geeignet.

3. Architektonische Aspekte

Thermische Kollektoren können in der Fassade eines Gebäudes als Gestaltungselement eingesetzt werden. Mit der Rasterung der Gläser, der Art (Metall, Holz) und Farbe der Glasabdeckleisten und der Farbe des Kollektors lassen sich unterschiedliche Effekte erzielen. Um das Anforderungsprofil für Fassadenkollektoren von Seiten der Architekten zu erheben,



Abb.2: 28 m² Kollektorfläche in der Fassade eines Holzriegelbaus, Brauchwasserbereitung und Raumheizung. Die Glasabdeckleisten sind aus Holz.

wurde in Österreich unter Architekten eine Fragebogenerhebung durchgeführt. Bezüglich Form und Farbe der Absorber zeigte sich, dass der Wunsch nach möglichst freien Gestaltungsmöglichkeiten besteht (siehe Abbildungen 3 und 4).

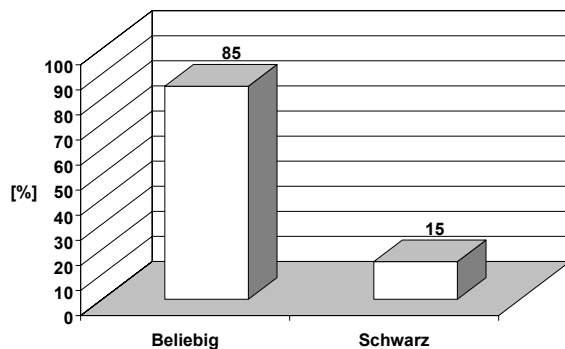


Abb.3: 85% der befragten Architekten wünschen sich eine andere Absorberfarbe als schwarz, wobei eine Verringerung des Ertrages in Kauf genommen wird. (75 Rückmeldungen)

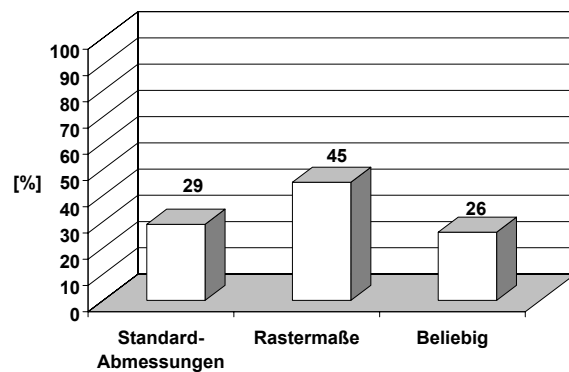


Abb.4: Nur 29% der befragten Architekten sind mit Standardabmessungen zufrieden. Die meisten wünschen sich verschiedene Rastermaße oder beliebige Rasterungen.

4. Ertragssimulationen

Um Dimensionierungsrichtlinien für Fassadenkollektoranlagen geben zu können, wurden Ertragssimulationen durchgeführt und im Vergleich zu dachmontierten Kollektoranlagen dargestellt. Dabei wurde deutlich, dass Fassadenkollektoren ihre wesentlichen Vorteile bei Kombianlagen (Raumheizung und Warmwasserbereitung) haben. Dies ergibt sich aus dem niedrigen Sonnenstand in den Übergangszeiten bzw. im Winter und dem sich daraus ergebenden günstigen Einstrahlungswinkel in die

Fassade. Je höher der solare Gesamtdeckungsgrad einer Kombianlage ist, desto geringer ist im Vergleich zu einer dachmontierten Anlage die zusätzlich benötigte Kollektorfläche in der Fassade (Abb.5). Umgekehrt verhält es sich bei Anlagen zur reinen Warmwasserbereitung: je größer der Deckungsgrad, desto größer ist das Verhältnis der benötigten Fläche in der Fassade zur benötigten Fläche mit 45° Neigung.

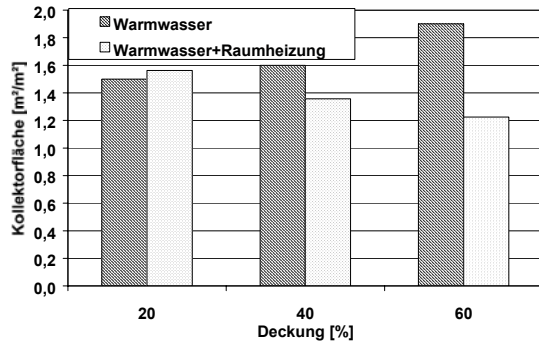


Abb.5: Nötige Kollektorfläche in der Fassade im Vergleich zu Kollektoren in 45° geneigter Fläche bei verschiedenen Deckungsgraden.

Randbedingungen: Einfamilienhaus, 2000 l Energiespeicher+300 l Brauchwasserspeicher, 160 l/d Warmwasser, 8 kW Heizlast, Klimadaten Graz

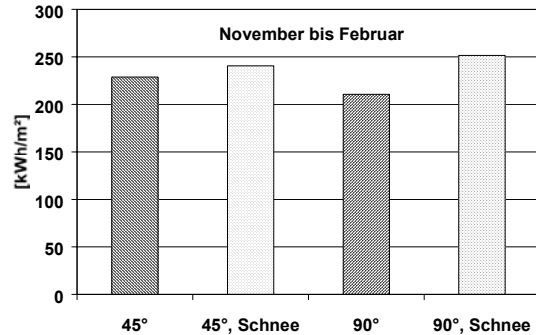


Abb.6: Erhöhung der Einstrahlung in die 45° und die 90° geneigte Fläche durch Schneereflection in der Zeit von November bis Februar, Klimadaten Graz. Die Fassade profitiert mehr von der Reflexion, als die geneigte Fläche und hat in Summe mehr Einstrahlung in dieser Zeit.

Ein Aspekt, der bei der bisherigen Diskussion nicht berücksichtigt wurde, ist der Einfluss der Reflexion auf den Ertrag. Gerade bei senkrechten Kollektoren ist die verstärkte Reflexion der Sonneneinstrahlung bei Schneelage ein wichtiger Einflussfaktor: in der Heizsaison wird die Einstrahlung in die Fassade dadurch höher, als in eine 45° geneigte Fläche (siehe Abb.6).

5. Wärmedurchgang

Um das dynamische Verhalten des Systems Wand-Kollektor beurteilen zu können, wurden Wärmestromberechnungen für verschiedene Wandaufbauten (Massiv- und Leichtbauten) durchgeführt. Um eine Aussage über die sommerliche Überhitzung treffen zu können, wurde anschließend mit TRNSYS die Temperaturerhöhung in einem Raum mit Fassadenkollektor im Vergleich zu einem Raum ohne Kollektor in der Fassade in Abhängigkeit von der Dämmstärke berechnet (Abb.7), wobei das Überschreiten von 1 K Temperaturdifferenz zum Vergleichsraum als unzulässige Überhitzung definiert wurde. Dadurch kann für einen bestimmten Wandaufbau mit Kollektor die nötige Dämmstärke in der Fassade bestimmt werden (siehe Abb.8).

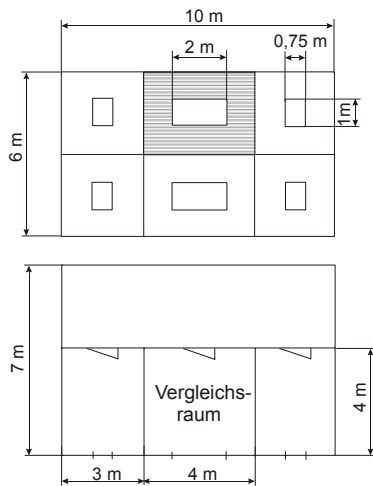


Abb.7: Vergleichsraum: 16 m² Grundfläche, 12 m² Südfassade, 10 m² Kollektor bzw. Wand ohne Kollektor, 2 m² Fenster mit 100% Verschattung

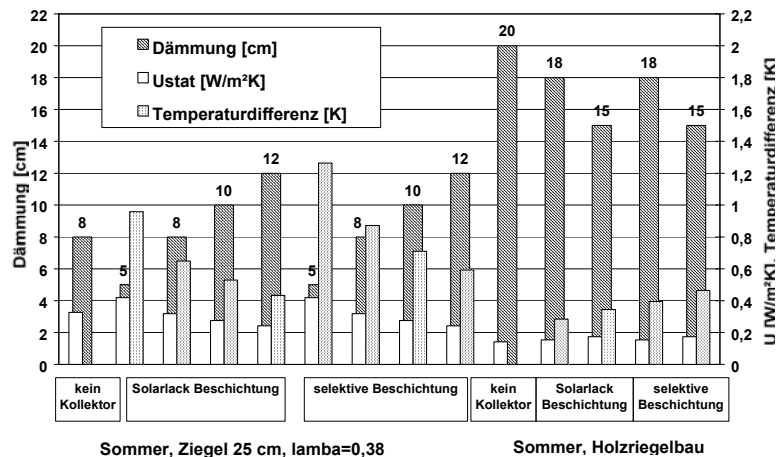


Abb.8: Erhöhung der Temperatur im Raum mit Fassadenkollektor im Vergleich zum Raum ohne Fassadenkollektor in Abhängigkeit von der Dämmstärke für einen Massivbau (Ziegel, 25 cm, lambda =0,38 W/mK) und einen Leichtbau (Holzriegelbau).

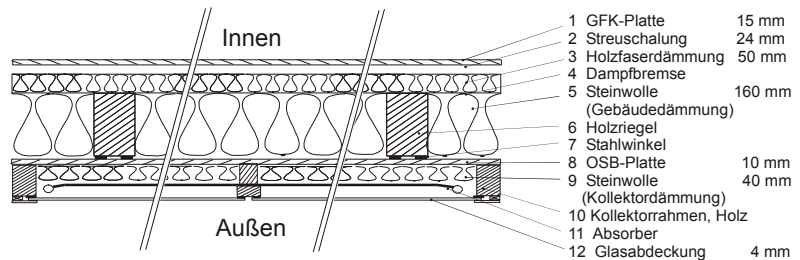
Die Simulationen zeigten weiters, dass sich der fassadenintegrierte Kollektor im Winter positiv auf die Reduktion der Transmissionswärmeverluste auswirkt. Auch außerhalb der Zeiten, in denen der Kollektor von Medium durchflossen wird, also an strahlungsarmen Tagen, wirkt er durch die direkte Integration als „passiv solares“ Element. An strahlungsintensiven Wintertagen wird je nach Wandaufbau ein effektiver U-Wert erreicht, der um bis zu 90% unter dem statischen U-Wert liegt. An strahlungsarmen Tagen wird noch eine Reduktion des U-Werts bis zu 45% erreicht.

6. Testanlagen

Im Rahmen eines vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie geförderten Projekts im Impulsprogramm „Haus der Zukunft“ werden Testfassaden mit integriertem Kollektor errichtet, um das Anlagen- und das bauphysikalische Verhalten untersuchen zu können. Beispielhaft wird hier eine Testfassade in Holzriegelbauweise dargestellt. Der Kollektor hat eine Rückwand aus Holz, die mit Stahlwinkeln an den Holzriegeln befestigt ist. Diese Art der Montage bewirkt nur sehr geringe Wärmebrückeneffekte.

Abb.9.: Wandaufbau der Testfas-
sade, Holzriegelbau.

Testanlage: Zweifamilienhaus,
55 m² Bruttokollektorfläche, 3570 l
Schichtspeicher, 500 l Brauch-
wasserspeicher, 12 kW Heizlast,
240 l/d Warmwasser mit 60°C



Speziell für Kombianlagen für Warmwasserbereitung und Raumheizung wurde ein neues **Speichermanagement** entwickelt, das die speziellen Gegebenheiten von Fassadenkollektoranlagen berücksichtigt. Das Ziel ist, außerhalb der Heizsaison möglichst rasch ein hohes Temperaturniveau für die Warmwasserbereitung zur Verfügung zu stellen und dabei den Nachheizbedarf gering zu halten. Dafür wird in dieser Zeit der Solarrücklauf vorrangig aus dem oberen Bereich des Speichers entnommen, wobei die Drehzahl der Pumpe auf die vorgegebene Vorlauftemperaturen geregelt wird. Der durch die höheren Rücklauftemperaturen etwas geringeren Kollektorwirkungsgrad wird kurzfristig in Kauf genommen, da so verhindert wird, dass eine Nachheizung zur Warmwasserbereitung notwendig ist. Das erwärmte Heizungsmedium wird über Lanzen in den Speicher eingeschichtet. Erst wenn eine einstellbare Solltemperatur erreicht ist, erfolgt durch Umschalten eines Ventils die Beladung des gesamten Speichers.

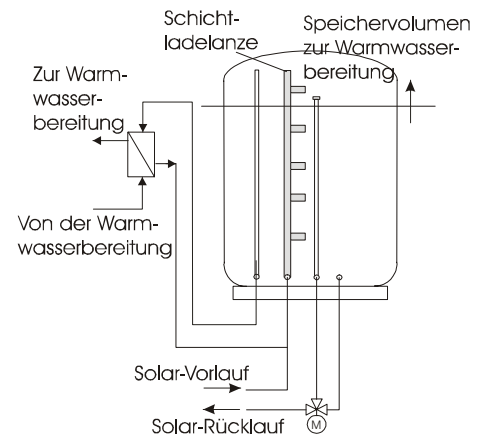


Abb.10: „Speicherteilung“ bei Fassadenkollektoranlagen zur Gewährleistung einer effizienten Warmwasserbereitung im Sommer

7. Literatur

/1/ Diem, Paul, Bauphysik im Zusammenhang, 2. Auflage 1996, Bauverlag

/2/ Rockendorf, Janßen: Facade Integrated Solar Collectors, Institut für Solarenergieforschung GmbH, Hameln

/3/ Stadler, Irene, AEE, 2. Zwischenbericht „Systemtechnische und bauphysikalische Grundlagen für die Fassadeintegration von thermischen Sonnenkollektoren ohne Hinterlüftung“, Gleisdorf, 2000

SUN-CITY LEOBEN

Arch. Dipl.-Ing. Gerd Pabstmann
Architekturbüro Nussmüller
Zinsendorfgasse 1
A-8010 Graz
Tel.: +43 (0) 316 / 38 18 12
E-mail:
buero.nussmueller@sime.com

Dipl. Ing. Richard Heimrath
Institut für Wärmetechnik
Technische Universität Graz
Inffeldgasse 25
A-8010 Graz
Tel.: +43 (0) 316 / 873 – 7306
E-mail:
heimrath@iwt.tu-graz.ac.at

Ing. Josef Schröttner
AEE-Arbeitsgemeinschaft
ERNEUERBARE ENERGIE
Feldgasse 19
A-8200 Gleisdorf
Tel.: +43 (0) 3112 / 5886 –
23
E-mail: s.schroettner@aee.at

SUN-CITY LEOBEN

Arch. Dipl.-Ing. Gerd Pabstmann
Architekturbüro Nussmüller
Zinsendorfgasse 1
A-8010 Graz
Tel.: +43 (0) 316 / 38 18 12
E-mail:
buero.nussmueller@sime.com

Dipl. Ing. Richard Heimrath
Institut für Wärmetechnik
Technische Universität Graz
Inffeldgasse 25
A-8010 Graz
Tel.: +43 (0) 316 / 873 – 7306
E-mail:
heimrath@iwt.tu-graz.ac.at

Ing. Josef Schröttner
AEE-Arbeitsgemeinschaft
ERNEUERBARE ENERGIE
Feldgasse 19
A-8200 Gleisdorf
Tel.: +43 (0) 3112 / 5886 – 23
E-mail: s.schroettner@aee.at

In Leoben – Hinterberg wird von der gemeinnützigen Leobner Wohnbau Gesellschaft die Reihenhaussiedlung „Sun-City“ im Niedrigenergiehausstandard errichtet. Von den 70 geplanten Wohneinheiten werden derzeit fünf Reihenhäuser mit 21 Wohneinheiten gebaut (1. Bauabschnitt). Diese werden im nächsten Frühjahr bezogen. Eine Nord-Süd verlaufende Grünzunge bildet den Mittelpunkt der Siedlung und stellt gleichzeitig eine großzügige siedlungsinterne Verbindung ohne Verkehr dar.

Die Konstruktion der Häuser - Massivziegelbau im Norden und hochgedämmte Holzskelettbauweise im Süden - ist den bauphysikalischen Grundbedingungen der mitteleuropäischen Klimazone angepasst (Speicher für Sommer - Niedrigenergiehaus für Winter). Großzügig dimensionierte Südverglasungen und Wintergärten, die in die Südfassade integriert werden, unterstreichen die passive Sonnenenergienutzung. Der Energiebedarf für die Warmwasserbereitung und Raumheizung wird fast zur Hälfte durch eine Solaranlage gedeckt. Um den hygienischen Luftwechsel zu decken, sind die Wohnungen mit einer kontrollierten Be- und Entlüftung ausgestattet.



1 Gesamtheitliche Planung

Bei der Entwicklung von neuen Gebäudetypen ist die Planung besonders wichtig. Dies gilt nicht nur für den großvolumigen Bau, sondern auch für Reihenhäuser, Mehrfamilienhäuser usw. Gerade bei Niedrigenergie- bzw. Passivhäusern müssen die Architektur, der Wandaufbau und die passiven und aktiven Energieversorgungssysteme optimal aufeinander abgestimmt sein. Diese Optimierungsschritte wurden bei der Planung der Sun-City mit dem dynamischen Simulationsprogramm TRNSYS durchgeführt.

Zum einen sollten die Untersuchungen die Sommertauglichkeit des leichten Baukörpers (Holzplattenbau mit aussteifender Stahlbetonscheibe) aufzeigen, bzw. Verbesserungsmöglichkeiten zur Temperatursenkung in den Sommermonaten vorschlagen. Weiteres Ziel der Simulationen war der Winterfall bzw. die Optimierung des Gebäudes, um ihn auf Niedrigenergiestandard zu bringen (unter 50 kWh/m²a Heizenergiebedarf). Zu diesem Zweck wurden sowohl die thermische Qualität der Gebäudeaußenhülle (opake und transparente Flächen), als auch Regelungsstrategien für Heizung und Lüftung einer Analyse unterzogen. Durch die Auswertungen der Simulationen wurde es dem Architekten überhaupt erst möglich, das Gebäude sowohl in energetischer, als auch in ökonomischer Hinsicht zu optimieren.

2 Passive Sonnenenergienutzung

Die Wahl bzw. Variation der Fensterverglasung führt einerseits zu unterschiedlichen solaren Gewinnen (abhängig vom Energiedurchlassgrad, g-Wert) und andererseits zu verschiedenen Transmissionswärmeverlusten (U-Wert). Wenn es eine entsprechende Verschattungsmöglichkeit (Jalousien außen und/oder einen Dachüberstand) der nach Westen, Osten und Süden ausgerichteten Fenster gibt, kann der Aspekt der höheren Raumtemperaturen bei einem hohen Energiedurchlassgrad kompensiert werden und der positive Effekt der vermehrten solaren Erträge während der Heizperiode optimal genutzt werden.

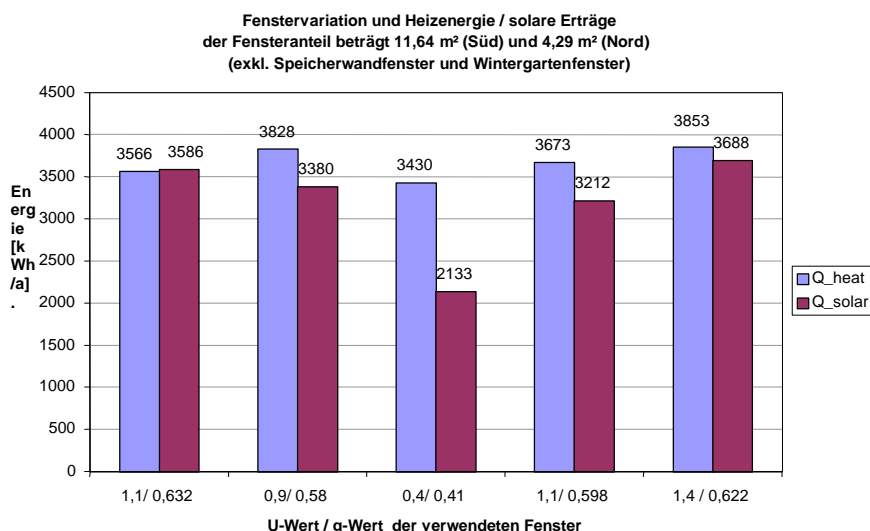


Abbildung 1 Unterschiedlicher Heizenergiebedarf bzw. Summe der solaren Erträge in allen beheizten Zonen bei Variation der Fenstertypen

Je klarer das Glas ist (hoher g-Wert, Vergleich der Variante 1 zu Variante 4 in Abbildung 1), desto größer sind die solaren Gewinne und desto geringer wird der Heizenergiebedarf, unter der Voraussetzung, dass eine entsprechende Speichermasse verfügbar ist.

3 Lüftung

Als Lüftungsanlage steht eine Abluftanlage zur Zwangsentlüftung des Erdgeschosses und des Obergeschosses zur Verfügung. Im Wintergarten sind zwei Luftklappen in Bodenhöhe, sowie ein Ventilator im Bereich der Decke vorgesehen.

Bei einer durchschnittlichen Belegung von 2,42 Personen und einem Frischluftbedarf von $30 \text{ m}^3/\text{h}$ Person belüftet sich die in alle Zulufräume zu befördernde Luftmenge auf ca. $74 \text{ m}^3/\text{h}$. Der Gesamtluftwechsel für das Gebäude liegt dann bei etwa $\text{LW} = 0,34 \text{ h}^{-1}$.

Die Zuluft wird in der Übergangszeit und in der gesamten Winterzeit, selbst wenn die Wintergartentemperatur unter der Raumtemperatur liegt, im Bereich des Wintergartens über einen Erdreichwärmetauscher angesaugt, um dann über die im Norden der Zonen EG/OG gelegenen Abluftkanäle nach außen geblasen zu werden (siehe Abbildung 2). Dies ermöglicht einen maximalen Gewinn durch Überströmung aus dem warmen Wintergarten in die kälteren Wohnzonen und somit eine Minimierung der Lüftungsverluste durch die Nutzung des Wintergartens zur Vorkonditionierung der Außenluft .

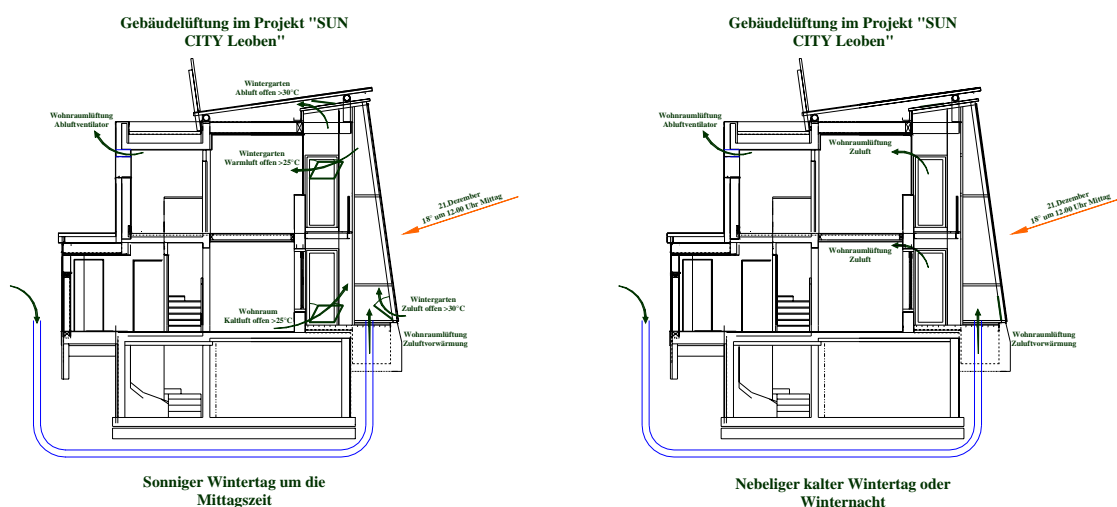


Abbildung 2 Gebäudelüftung im Winter an einem sonnigen und einem nebligen Tag, Belüftung erfolgt über einen Erdreichwärmetauscher, der die Zuluft vorwärmt.

Ein weiterer wichtiger Punkt im Lüftungskonzept ist der Erdreichwärmetauscher (EWT). Der EWT wärmt im Winter die Frischluft vor ($85 \text{ m}^3/\text{h}$), im Sommer versorgt er den Wintergarten mit gekühlter Luft. In den Sommermonaten kann der Wintergarten und vor allem der EWT nicht zur Lüftung der Wohnräume verwendet werden, da die Wintergartentemperatur weit über der Raumtemperatur liegt. In diesem Zeitraum wird die

konventionelle Fensterlüftung verwendet und die Türen zum Wintergarten werden geschlossen gehalten. Die Abluft wird im Norden der beiden Wohnzonen abgesaugt und über das Dach abgeblasen. Dabei wird es möglich sein die Luftmenge im Bereich von 50 bis 100% vom Nennvolumenstrom zu variieren. Vorgesehen sind Ventilatoren in Küche, Bad und WC.

4 Wärmebedarf

Um den Wärmebedarf der Wohnungen zu berechnen, sind die solaren Gewinne durch die Fenster, die internen Gewinne durch Personen und elektrische Geräte sowie die Lüftungsstrategie ausschlaggebend. Zu den Gewinnen der Wärmebilanz (Abbildung 3) der Wohnungen zählen die Nachheizung, die internen Gewinne und die passiven solaren Gewinne. Die Nachheizung erfolgt über Radiatoren mit einer maximalen Vorlauftemperatur von 60°C. Als Energiequelle für die Nachheizung wird eine thermische Solaranlage und Energie aus einem Biomassefernwärmenetz eingesetzt. Die internen Gewinne entstehen durch die Anwesenheit von Personen, der Beleuchtung, Kochen, Baden, Duschen und der Restwärme von Elektrogeräten. Die passiven solaren Gewinne ergeben sich durch die südorientierten Fensterflächen mit ihrem jeweiligen Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert).

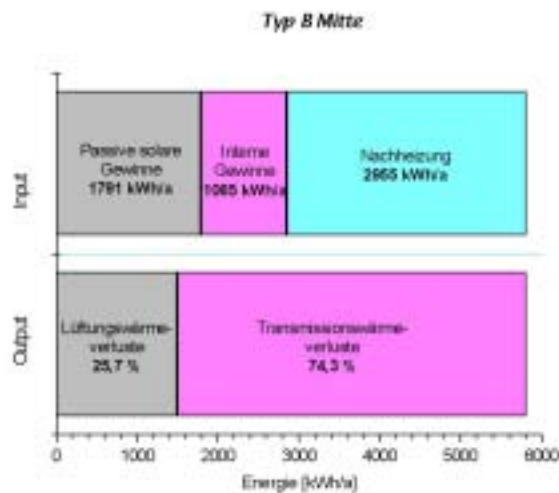


Abbildung 3 Jährliche Gesamtenergiebilanz der Wohnungen in der Mitte („Typ B Mitte“)

Die Gebäudeverluste setzen sich aus den Lüftungsverlusten und den Transmissionsverlusten zusammen. Die Aufteilung des spezifischen Heizenergiebedarfes auf die Monate zeigt, dass die Wohnungen in der Mitte („Typ B Mitte“) in den Monaten April bis September ohne zusätzlicher Heizung auskommen (siehe Abbildung 4).

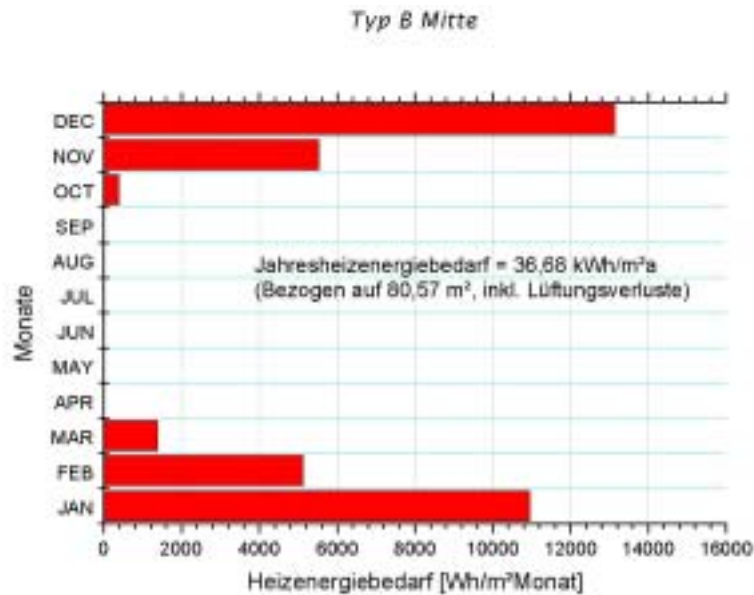


Abbildung 4: Heizenergiebedarf je Monat der Wohnungen in der Mitte („Typ B Mitte“) bezogen auf 80,57 m²

Der spezifische Jahresenergiebedarf ergibt sich dann mit 36,68 kWh/m²a. Für die Randwohnung kommt ein erhöhter spezifischer Jahresenergiebedarf, bedingt durch größere Außenwandflächen, von 41,69 kWh/m²a zustande.

Die maximal erforderliche Heizlast wurde mit sogenannten „Design Days“ ermittelt. Dabei wurde ein Klimadatensatz mit einer konstanten Normaußentemperatur (für Leoben –14°C) und ohne solarer Einstrahlung generiert. Die Randbedingungen wurden ähnlich der DIN 4701 festgelegt (ohne innere Gewinne und einer konstanten Lüftung von 0,5 h⁻¹). Unter diesen Randbedingungen stellen sich dann die maximal notwendigen Heizlasten für die Wohnungen in der Mitte („Typ B Mitte“) und die Wohnungen am Rand („Typ B Rand“) ein (siehe Abbildung 5).

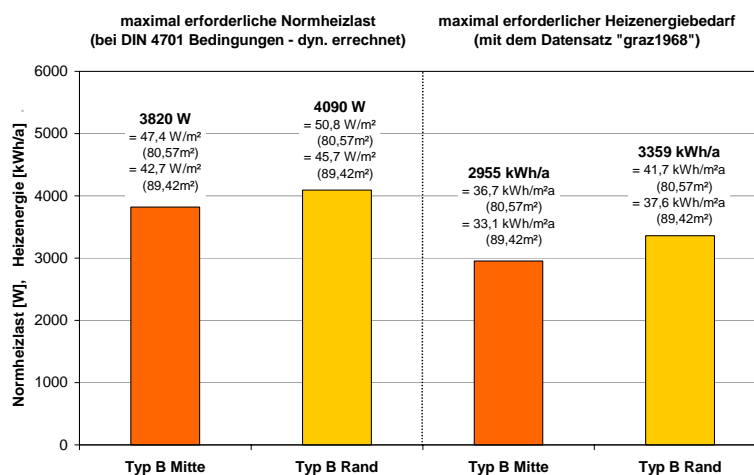


Abbildung 5: Vergleich der maximal erforderlichen Normheizlast und des Heizenergiebedarfs für die Wohnungen in der Mitte und am Rand („Typ B Mitte“, „Typ B Rand“).

Mit dem Erreichen von $40 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ für das gesamte Gebäude mit 4 Wohnungen wurde die NEH - Heizenergiegrenze von $50 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ deutlich unterschritten. Die Simulation konnte somit bereits im Planungsstadium wichtige Entscheidungsgrundlagen für den planenden Architekten liefern und ermöglicht bereits im Vorfeld des Baustadiums wichtige Aussagen über das thermische Verhalten des Baukörpers.

5 Aktive Sonnenenergienutzung

Man entschloss sich aufgrund der positiven Erfahrungen mit den in den letzten Jahren realisierten teilsolaren Raumheizungsanlagen nicht nur für eine solare Warmwasserbereitung, sondern auch für eine solare Heizungseinbindung. Wunsch des Architekten war es, die Kollektorfläche dezent im Hintergrund zu halten bzw. den seitlich an das jeweilige Reihenhaus angegliederten Technikraum mit einer Kollektorfläche zu verdecken.

Gewählt wurde eine ca. 1,2 m hohe Kollektorfreiraufständerung mit einem Neigungswinkel von 70° , um die flach einfallende Wintersonne für den hochgedämmten Gebäudetyp und der daraus resultierenden kurzen Heizzeit optimal zu nutzen. Die Kollektorfläche erstreckt sich längs über das gesamte Reihenhaus und schließt mit dem sogenannten Energieschild seitlich über dem Technikraum bis zum Boden ab.

Die von den Kollektoren eingebrachte Energie wird in einen Pufferspeicher mit Schichtladeeinrichtung bis zur Entnahme gespeichert. Dabei wird die Energieeinbringung in den Pufferspeicher von der Regelung temperaturgesteuert über die Pumpendrehzahl so eingebracht, dass zwischen dem Mindesttemperaturniveau für die Raumheizung und Warmwasserbereitung unterschieden wird und in der Folge auch sofort zur Verfügung steht. Die Nachheizung an den sonnenarmen Wintertagen, wenn die Solaranlage nicht ausreichend Energie liefern kann, erfolgt über ein Biomassenahwärmenetz.

Mit Kollektorflächen zwischen 45 m^2 (Reihenhaus mit 3 Wohneinheiten) und 65 m^2 (Reihenhaus mit 5 Wohneinheiten) und Pufferspeichervolumina zwischen 3 m^3 und 5 m^3 , werden solare Deckungsgrade von bis zu 50% für die Warmwasserbereitung und Raumheizung erreicht.

Da der solare Deckungsgrad von teilsolaren Raumheizungsanlagen auch von der Vorlauf- und Rücklauftemperatur des Wärmeabgabesystems abhängt, wurde diese auf eine maximale Vorlauf/Rücklauftemperatur von $60/40^\circ\text{C}$ ausgelegt. Um auch die Energieverteilverluste niedrig zu halten, wurde von einer zentralen Warmwasserbereitung, insbesondere von einer Zirkulationsleitung, Abstand genommen.

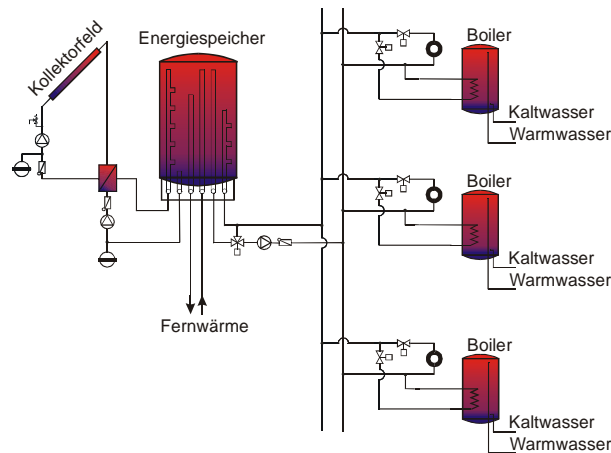


Abbildung 6: Hydraulikschema der Anlage Sun-City Leoben

Die Warmwasserbereitung erfolgt in diesem Projekt über dezentrale Boiler in den einzelnen Wohnungen. Nur während der Warmwasserbereitung wird die Vorlauftemperatur des Heizungsvorlaufes so weit erhöht, dass eine Boilerladung auf 55°C möglich ist. Die Warmwasserboiler werden einmal in der Nacht und einmal in der Mittagszeit beladen. Ist die Boilerladetemperatur von 55°C erreicht, wird die Vorlauftemperatur über den Heizungsmischer wieder auf die für den normalen Heizbetrieb nötige Vorlauftemperatur zurückgenommen. An den sonnenarmen Wintertagen wird die benötigte Zusatzenergie für die Warmwasserbereitung und Raumheizung aus dem Biomassefernwärmenetz entnommen.

SOLARE RAUMHEIZUNG IM WAGNER PASSIV-SOLARGEBÄUDE

Dipl. Phys. Rainer Wagner
Dipl. Phys. Astrid Spieler, Dr. Klaus Vajen
Universität Marburg, Fachbereich Physik
Renthof 5, D-35032 Marburg
Tel.: (+49)-6421 / 282 - 4131, Fax: - 6535
E-Mail: solar@physik.uni-marburg.de

SOLARE RAUMHEIZUNG IM WAGNER PASSIV-SOLARGEBÄUDE

Dipl. Phys. Rainer Wagner
Dipl. Phys. Astrid Spieler, Dr. Klaus Vajen
Universität Marburg, Fachbereich Physik
Renthof 5, D-35032 Marburg
Tel.: (+49)-6421 / 282 - 4131, Fax: - 6535
E-Mail: solar@physik.uni-marburg.de

1 Einleitung

Das Passiv-Bürogebäude der Fa. Wagner & Co Solartechnik ist seit September 98 in Betrieb. Das dreigeschossige Gebäude stellt auf einer Nettogeschoßfläche (hier: Bezugsfläche) von 1948 m² etwa 50 Büroarbeitsplätze bereit. Darüber hinaus sind eine Kantine, zwei Seminarräume, ein Empfang mit Ausstellungsfläche sowie eine Werkstatt in das Gebäude integriert.

2 Planung, Bau und Überprüfung des Passiv-Solarhauses

Bei der Planung des Verwaltungsgebäudes der Fa. Wagner & Co wurden bezüglich eines möglichst niedrigen Primärenergiekennwertes ehrgeizige Ziele verfolgt. Die energetische Planung des Gebäudes, vorgenommen durch das Passivhaus-Institut Darmstadt, erfolgte für den Heizfall auf Basis des "Passivhaus-Projektierungspaketes" (Feist 98) und wurde durch Detailuntersuchungen bzgl. Wärmebrücken und durch dynamische Simulationen bzgl. des Kühlfalles im Sommer ergänzt (Schneider 99). Insgesamt wurden folgende Aspekte besonders berücksichtigt: (i) Begrenzung der passiven und inneren Gewinne, (ii) Einsatz einer energieeffizienten, möglichst passiven Kühltechnik und (iii) der Einsatz regenerativer Energiequellen zur Bereitstellung des thermischen "Rest"-Energiebedarfs.

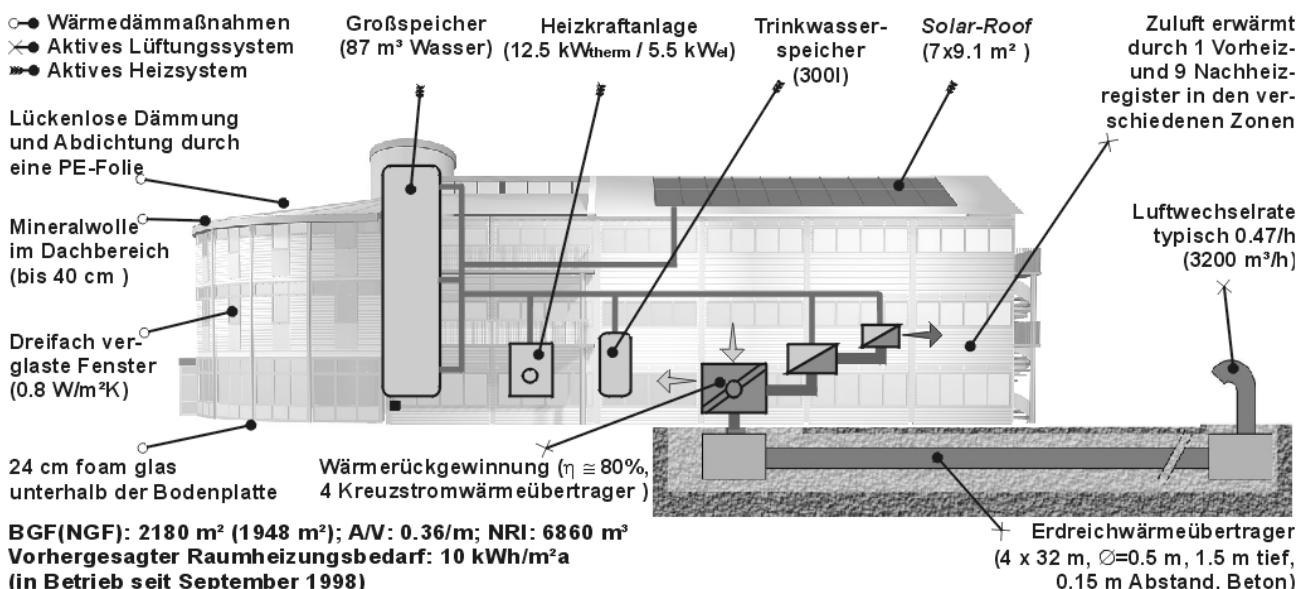


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Gebäude-Konzeptes.

2.1 Gebäude-Konzept

Die baulichen Maßnahmen und die installierte Systemtechnik, welche den Passivhaus-Standard sicherstellen sollen, lassen sich drei Bereichen zuordnen (vgl. Abbildung 1):

2.1.1 Wärmedämmmaßnahmen

Hierzu zählt eine lückenlose, nachweislich dichte Bauausführung. Eine in die Konstruktion eingearbeitete PE-Folie begrenzte die Lecklufrate beim Blower-Door Test auf 0.8 /h, wobei die Leckagen überwiegend auf nicht einwandfrei eingestellte Schließmechanismen der Fenster zurückgeführt werden konnten. Zur thermischen Isolation wurden unterhalb des Gebäudes eine 24 cm dicke Foamglass-Schicht und im Fassaden/Dachbereich Mineralwolle bis zu einer Stärke von 40 cm verwendet. Über das Jahr gesehen sichert eine dreifach-Wärmeschutzverglasung einen Netto-Energieeintrag in das Gebäude, eine außenliegende Jalousie an Ost-, Süd- und Westfassade dient der Kontrolle der passiven Gewinne.

2.1.2 Kontrollierte Lüftung

Die Frischluft wird ganzjährig über einen Erdreichwärmeübertrager angesaugt und je nach Bedarf durch eine Wärmerückgewinnung sowie ein zentrales Vorheizregister vorerwärmt. Für eine bedarfsgerechte Konditionierung der Zuluft in jeder der neun thermischen Zonen ist darüber hinaus in jeder Zone ein Nachheizregister montiert. Die Abluft gelangt durch Überströmöffnungen in die Bereiche starker Luftbelastung (Sanitärbereiche, Serverraum,...), in denen sie abgesaugt wird.

Da die Kühlleistung des Erdreichwärmeübertragers nicht ausreichen würde um sommerliche Überhitzungen zu verhindern, wurde das Kühlkonzept um eine gezielte Nachlüftung ergänzt.

2.1.3 Aktiv-Solares Heizsystem

Ein Trinkwarmwasser-Speicher und die insgesamt zehn Heizregister werden durch ein HKA-gestütztes solares Heizsystem gespeist. Ein Ziel bei der Planung des solaren Heizsystems war es, für Forschungsarbeiten möglichst viele prinzipiell sinnvolle hydraulische Verschaltungsvarianten zu ermöglichen. Aus den untersuchten Varianten sollen funktionstaugliche, aber hydraulisch möglichst einfache Systeme abgeleitet werden. Technisch realisiert ist eine 3-Schicht Be- und Entladung durch die Solaranlage mit einer Nachheizung des oberen Drittels des Speichers durch die HKA.

2.2 Überprüfung des Planungsziels

Da mit diesem Gebäude zum ersten Mal ein Verwaltungsgebäude nach dem Passivhaus-Standard realisiert ist, wurde eine umfangreiche Meßwerterfassung installiert. Insgesamt 264 Sensoren und weitere 54 Aktoren werden kontinuierlich über die Gebäudeleittechnik aufgezeichnet. Die gesammelten Daten werden per E-mail automatisch zur Universität Marburg übertragen, ebenfalls automatisch in einer Datenbank abgelegt und stehen unmittelbar der Universität Marburg, dem Passivhaus-Institut, Darmstadt und dem Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme, Freiburg zur Verfügung.

2.2.1 Meßtechnischer Nachweis des Passivhaus-Standards

Für den Nachweis, daß das Verwaltungsgebäude den Passivhaus-Standard erfüllt müssen zwei Kenngrößen betrachtet werden: So soll zum einen der Heizenergieverbrauch nicht

höher als 15 kWh/m²a sein, zum anderen soll der primärenergetisch gewichtete Gesamtenergieverbrauch 120 kWh/m²a nicht überschreiten (Feist 98).

Für den Zeitraum von Mai 99 bis April 00 ergab sich ein gemessener Heizenergieverbrauch von 12.5 kWh/m²a. Um diesen niedrigen Wert zu illustrieren, wurde in Abbildung 2 die (gemessene) spezifische Heizlast für den gleichen Zeitraum über der Umgebungstemperatur aufgetragen. Es zeigt sich, daß 75 % aller gemessenen Stundenmittelwerte zwischen 2 und 7 W/m² liegen.

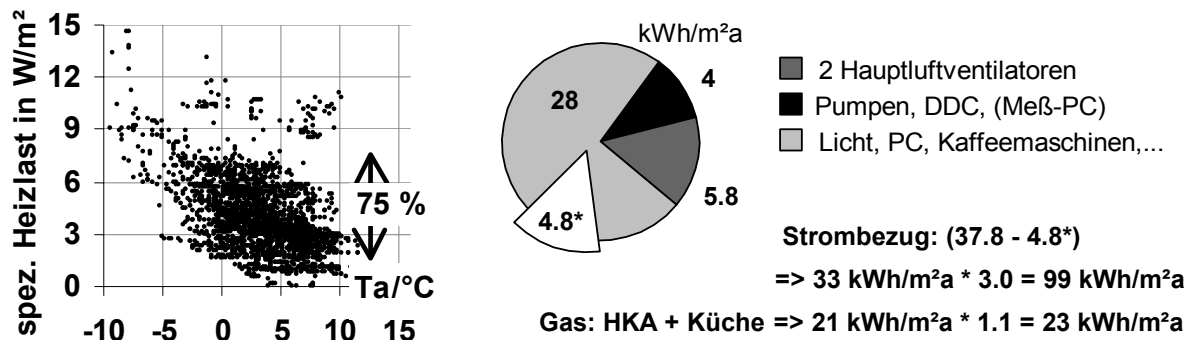


Abbildung 2: Nachweis des Passivhaus-Standards: Links: Stundenmittelwerte der spezifischen Heizlast. Rechts: Fremdenergiebezug. Zeiträume jeweils Mai 99 bis April 00.

Zur Ermittlung des Primärenergiebedarfs des Gebäudes müssen der Fremdstrom- und Gasbezug ermittelt werden. Die Eigenproduktion an Strom reduziert den Fremdbezug um 4.8 kWh/m²a. Mit den primärenergetischen Wichtungsfaktoren für die BRD (DIN4701-10) ergibt sich aus der Messung 99/00 ein Primärenergie-Kennwert von etwa 120 kWh/m²a (Abbildung 2, rechts).

Trotz des hohen Elektrizitätsbedarf für die Bürotechnik erfüllt das Verwaltungsgebäude damit den Passivhaus-Standard!

3 Bewertung der Lüftungsanlage

3.1 Erträge

Die Lüftungsanlage wird ganzjährig mit einer den hygienischen Erfordernissen angepaßten Luftwechselrate von 0.4 /h betrieben. Da für den Erdreichwärmeübertrager kein Bypass installiert ist, führte dieser kontinuierliche Betrieb zu deutlichen Mindererträgen: So fiel im Sommer Heizenergie (1.4 kWh/m²a) sowie im Winter Kühlenergie (-1.4 kWh/m²a) an. Unter Umständen könnten diese Mindererträge durch einen zusätzlichen Bypass für den Erdreichwärmeübertrager unterbunden werden. Dabei muß jedoch berücksichtigt werden, daß jede zusätzliche Durchbrechung der Dämnhülle im Passivhaus sorgfältig geplant werden muß. Darüber hinaus kann sich das Erdreich nicht mehr wie im Mischbetrieb regenerieren. Zu berücksichtigen ist allerdings, daß im vorliegendem Fall der energetische Beitrag des Erdreichwärmeübertragers im Vergleich zu dem der Wärmerückgewinnung nur gering ist (Abbildung 3).

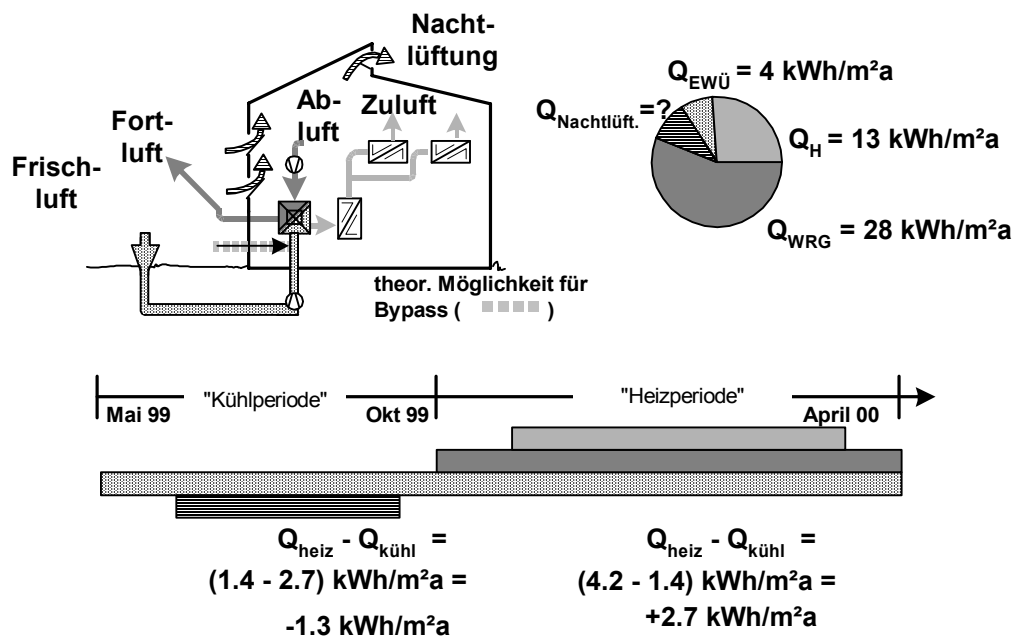


Abbildung 3: Schematische Darstellung des Lüftungskonzeptes mit gemessenen Energien im Untersuchungszeitraum Mai 99 bis April 00. Der Beitrag der Nachtauskühlung ist nicht bezifferbar, wird aber wie angedeutet größer als der Ertrag des Erdreichwärmeübertragers sein.

3.2 Effizienz

Zur Beurteilung der Effizienz der Lüftungsanlage wurde der Stromverbrauch der Hauptluftventilatoren erfaßt (Abbildung 2, rechts). So ergab sich im Untersuchungszeitraum Mai 99 bis April 00 ein spezifischer Leistungsbedarf von $0.4 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$. Dieser Wert entspricht noch dem von Feist vorgeschlagenen Grenzwert (Feist 98). Das Verhältnis aus Nutzwärme (Netto-Kühl- und Heizertrag des Erdreichwärmeübertragers sowie Heizertrag der Wärmerückgewinnung) und aufgewandter elektrischer Arbeit lag im ganzjährigen Mittel über 5. Für die primärenergetische Anlagenaufwandszahl ohne Berücksichtigung des Stromanteils für die Regelung der Lüftungsanlage ergibt sich: $\varepsilon_{p,WRG} = 3 \cdot 5.8 / (28 + 4) = 0.54$ (Meßwerte siehe Abbildung 2 und Abbildung 3).

3.3 Raumluftqualität

Zur Beurteilung der mittleren Raumluftqualität im Gebäude wurden Feuchte und Temperatur jeweils am Einlaß des Erdreichwärmeübertragers und der Wärmerückgewinnung sowie in der Abluft gemessen. Nach einer Einteilung der Temperatur-Feuchte-Meßwerte kann damit eine über alle Gebäudezonen gemittelte Aussage zur Behaglichkeit getroffen werden. Darüber hinaus stehen als Meßwerte die Raumtemperaturen der einzelnen Zonen zur Verfügung. Eine Häufigkeitsauszählung nach Temperaturklasse und Tageszeit kann Aufschluß über eine mögliche Überhitzung geben. Tabelle 1 faßt wesentliche Aussagen dieser Auswertungen zusammen, Detail-Ergebnisse zu Behaglichkeit, Lüftungsanlage und Erdreichwärmeübertrager können bei (Voss 98) digital abgerufen werden.

Tabelle 1: Kennzahlen zur möglichen Überhitzung bezogen auf eine Normarbeitszeit von 2750 h/a sowie zur Behaglichkeit nach (RWE 96).

Zeitraum	Aussage	Meßgröße (Stundenmittelwerte)
Sommer 99	84 % behaglich	Temperatur und Feuchte im Gesamtabluftstrom
Winter 99/00	58 % behaglich	
Sommer 99 +Winter 99/00	nie unbehaglich	
Sommer 99	nur während 3 % der Normarbeitszeit über 26 °C	Raumtemperatur im wärmsten Büro

4 Beurteilung der Anlagenqualität der Solaranlage

Aktiv-solare Heizsysteme für Passiv-Verwaltungsgebäude treffen auf Randbedingungen, wie sie nicht typisch für den Einsatz thermischer Solarenergie sind:

(i) Betrachtet man die Auswertung (Prognose) für die Zeit von Mai 99 bis April 00, so ergab sich ein Raumheizenergieverbrauch von 24.2 MWh (21 MWh), sowie ein Trinkwarmwasserverbrauch, gemessen am Beladewärmeübertrager, von 5.5 MWh (3 MWh). Diese Verbrauchswerte entsprechen in etwa denen eines schlecht isolierten Einfamilienhauses. Der wesentliche Unterschied ist, daß sich die Anzahl der Heiztage (mit aktiver Nachheizung) auf etwa die Hälfte reduziert. Dies macht es besonders schwierig, hohe solare Deckungen zu erreichen.

(ii) In Verwaltungsgebäuden spielen Energiekosten im Vergleich zu den Kosten für die MitarbeiterInnen eine sehr stark untergeordnete Rolle. Dabei wird aber möglicherweise die erhöhte Produktivität der MitarbeiterInnen durch eine stark verbesserte Raumluftqualität und durch das positive Image des Gebäudes unterschätzt.

4.1 Technische Ausführung des solaren Heizsystems

Das solare Heizsystem läßt sich wie folgt charakterisieren: (i) 3-Schicht Be- und Entlademöglichkeit in einem 87 m³ Pufferspeicher mit zusätzlichem 300 ℓ Trinkwarmwasserspeicher. (ii) Die Raumheizungsunterstützung erfolgt überwiegend über den Pufferspeicher als hydraulische Weiche für die 64 m² Solaranlage und die HKA; nur selten werden Pufferspeicher und HKA seriell geschaltet. (iii) Die Nachheizung hat keine Möglichkeit zum Takten oder zum Modulieren; lange Laufzeiten sind wünschenswert.

Da der Wasserspiegel im Speicher etwa 2.5 m über dem höchsten Punkt des wasserführenden Heizsystems liegt, konnte der Speicher drucklos ausgeführt werden. Es wurde kein Ausdehnungsgefäß installiert, zur Ausdehnung werden ca. 35 cm der Speicherhöhe unterhalb des Überlaufs genutzt.

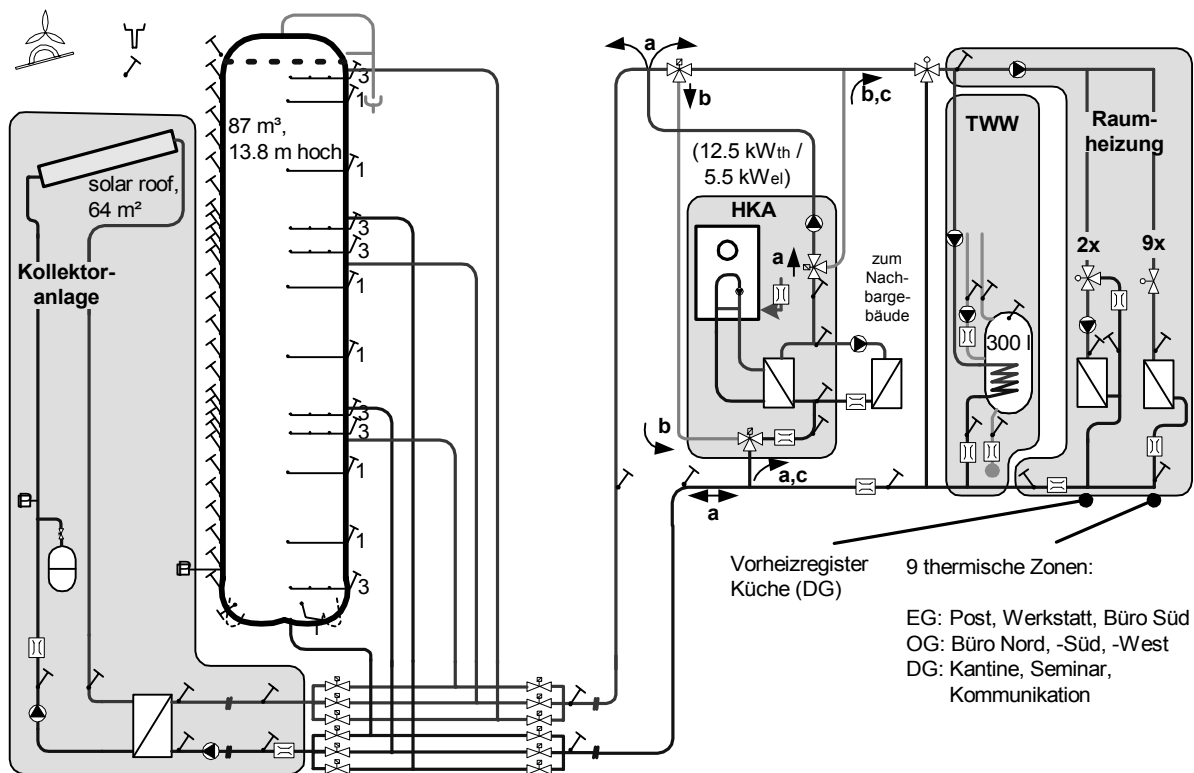


Abbildung 4: Hydraulische Verschaltung des HKA-gestützten Heizsystems.

Die hydraulische Verschaltung des solaren, HKA-gestützten Heizsystems ermöglicht viele hydraulische Varianten (Abbildung 4). Die derzeit realisierte Betriebsführung ist die folgende: (1) Falls im Passiv-Solarhaus kein Wärmebedarf vorliegt, wird die HKA zum Heizsystem des Nachbargebäudes zugeschaltet. (2) Beginnt die Heizzeit im Passiv-Solarhaus, wird der Großspeicher zur Deckung der Heizlast entladen. (3) Bevor das Bereitschaftsvolumen entladen wird, übernimmt die HKA vorrangig die Versorgung des Passiv-Solarhauses.

Bei der Vorrangschaltung sind wiederum 3 Betriebszustände denkbar: (a) Die HKA arbeitet ausschließlich für das Passiv-Solarhaus, dann wird wahlweise der Speicher be- oder entladen - je nachdem, ob die Last kleiner bzw. größer als die thermische Leistung der HKA ist. (b) Der Speicher und die HKA sind seriell verschaltet oder (c) die HKA arbeitet direkt für die Last. In beiden letzten Fällen wird die Überschusswärme von der HKA ins Nachbargebäude abgeführt. Da die Fälle (b) und (c) praktisch nicht von Bedeutung sind, sollte bei weiteren Planungen über ein alternatives Konzept nachgedacht werden. Beispielsweise könnte die HKA direkt mit dem Speicher als hydraulische Weiche verbunden werden (die Fälle a, b und c sind in Abbildung 4 markiert).

4.2 Betriebsweise

Zur Betrachtung des Großspeichers soll ein Be- und Entladezyklus von Mai 99 bis April 00 zugrunde gelegt werden (Abbildung 5). Im September 99 war der Speicher im Mittel auf 94 °C aufgeladen. Eine Entnahme erfolgte bis zum Beginn der Heizperiode nur für den Trinkwarmwasserbedarf. Innerhalb der ersten 25 Tage der Heizperiode wurde der

Speicher vollständig auf etwa 35 °C entleert, danach übernahm die HKA die Wärmebereitstellung für das Verwaltungsgebäude (zu wissenschaftlichen Zwecken erfolgte auch die Entleerung des Bereitschaftsvolumens).

Die größten solar bereitgestellten und eingespeicherten Energiebeiträge ergaben sich in den Monaten Mai 99 und April 00 mit fast 2 MWh/Monat (siehe Abbildung 5, Punkt 1). Aus dem Be-/Entladevorgang läßt sich dem Speicher ein Speichervermögen von etwa 6 MWh zuordnen (siehe Abbildung 5, Punkt 2). Während der Betriebszeit der HKA diente das obere Drittel des Speichers als Puffer. Da die HKA nicht modulierend betrieben werden kann, kommt es zu (unbedenklichen) Temperaturschwankungen im Speicher (siehe Abbildung 5, Punkt 3). Bis zum Beginn der nächsten Heizperiode wird der Großspeicher nur noch zur Beladung des Trinkwarmwasserspeichers eingesetzt. Im Februar/März kann man daher eine deutliche Abkühlung im unteren Speicherbereich feststellen, welche auch dadurch verursacht wird, daß nur noch ein Nachheizregister mit relativ niedrigem Primärvolumenstrom betrieben wird (siehe Abbildung 5, Punkt 4). Im September 99, also vor Beginn der Heizperiode, wurde nur das untere Drittel des Speichers be- und entladen. Aus der Abkühlung des Speicherwassers im oberen Drittel um 11.6 K in 1200 h bei einer mittleren Speichertemperatur von 89 °C läßt sich eine Verlustleistung des Speichers von etwa 920 W abschätzen. Dieser Wert liegt nur 5 % über den theoretisch zu erwartenden Verlusten, ermittelt mit der Wärmeleitungsgleichung. Größere Wärmeverluste durch Verdunstung über die Entlüftungsöffnung oder Konvektionsverluste an den Anschlüssen traten daher offenbar nicht auf (siehe Abbildung 5, Punkt 5).

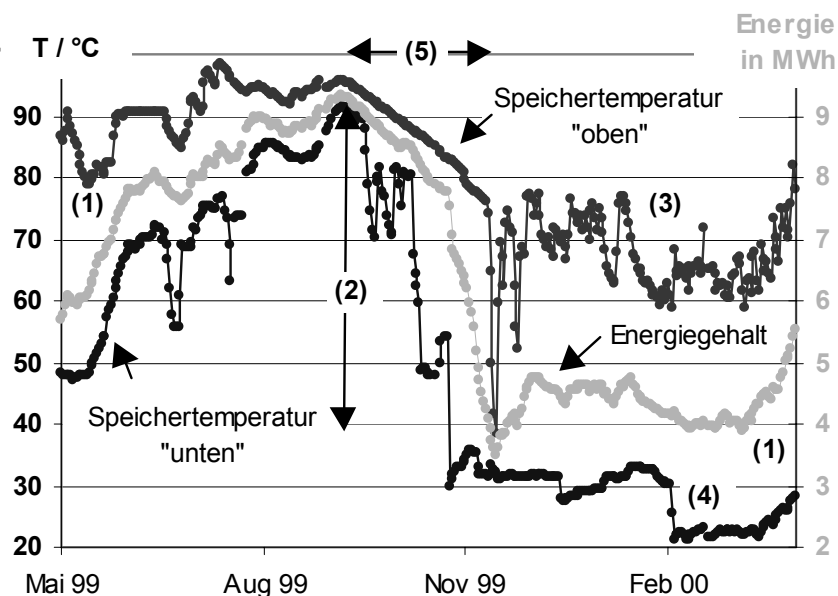


Abbildung 5: Temperatur und Energiegehalt des Speichers, jeweils gemessen um Mitternacht für den Zeitraum von Mai 99 bis April 00 (Energiegehalt bezogen auf 0 °C). Erläuterungen zu den einzelnen Markierungen siehe Fließtext.

4.3 Bilanzierung des solaren Heizsystems

Für eine energetische Bewertung des solaren Heizsystems wurden die gemessenen Energien zu 12 Monats- bzw. einem Jahreswert aggregiert (Abbildung 6). Aufgrund von Meßdatenausfällen und Problemen bei der Volumenstrommessung in der Anfangsphase sind die Monatswerte der Last und des solaren Ertrags mit einem Fehler von maximal 10 % behaftet - im Jahresertrag ist dieser Fehler wahrscheinlich deutlich geringer. Für die Speicher- und Verteilungsverluste muß dagegen eine durch Fehlerrechnung ermittelte Unsicherheit von etwa 20 % für den Jahreswert angenommen werden.

In Abbildung 6 ist zu erkennen, daß der solare Beitrag zwischen März und September mehr als die Verluste und den Trinkwarmwasserbedarf deckt. Die in den Speicher eingebrachte Solarenergie wird im Oktober und November komplett entnommen, so daß zwischen Dezember und März die HKA zur Deckung des Raumheizenergiebedarfs zugeschaltet wird.

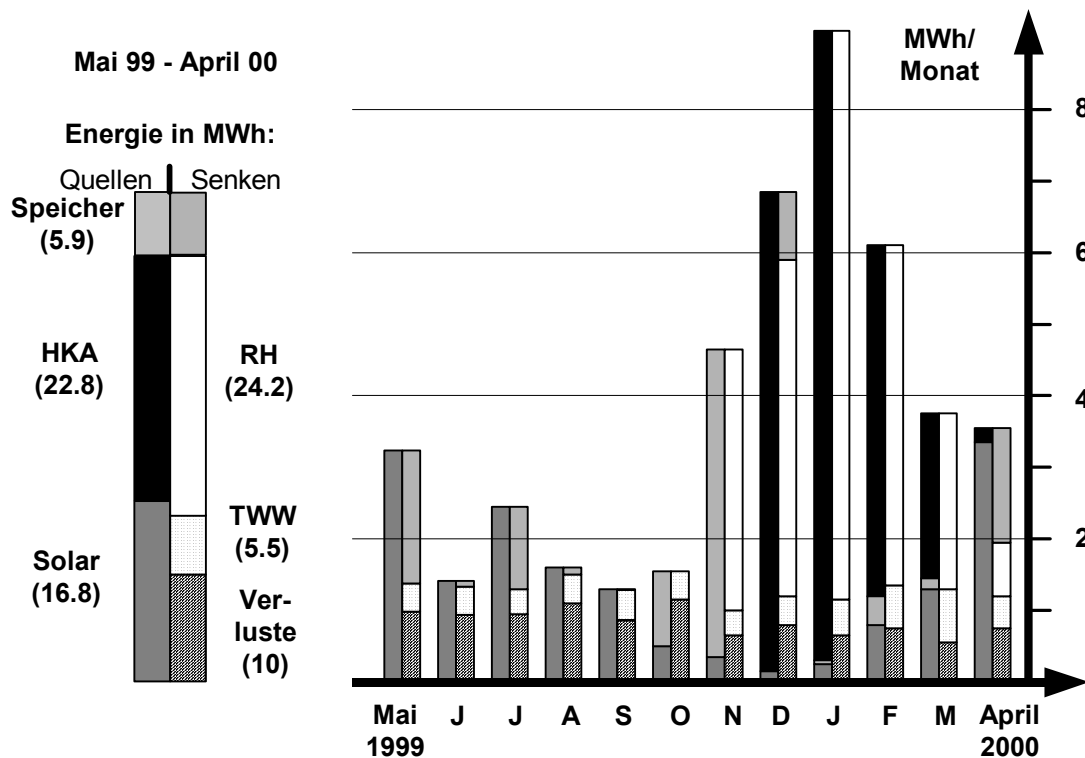


Abbildung 6: Monats- und Jahresbilanz des aktiv solaren Heizsystems.

Insgesamt liefert die Solaranlage einen Beitrag, der den Speicher-/Verteilungsverlusten zusammen mit der Energie für die Trinkwarmwasserbereitung entspricht. Die HKA-Laufzeit beträgt dabei etwa 2000 h/a für das Verwaltungsgebäude und kam durch einen Nahwärmeverbund auf insgesamt 4730 h/a.

Der gesamte Strombedarf für die Haustechnik (DDC, Pumpen, Beleuchtung in den Technikräumen inklusive Meß- und Überwachungs-PC) betrug 4 kWh/m²a. Dabei entfallen auf die insgesamt 9 Pumpen etwa 1 kWh/m²a. Für eine konservative Abschätzung der Anlagenaufwandszahl werden neben dem Pumpenstrom 50 % des DDC-Stromverbrauchs als Hilfsenergie berücksichtigt.

Als Nutzenergie werden die Energien für die Beladung des Trinkwarmwasserspeichers und der Raumheizenergieverbrauch aus Abbildung 6 mit Reduktionsfaktoren versehen. Im Falle des Trinkwarmwassers kann eine Obergrenze für den Reduktionsfaktor aus der Messung der gezapften Wassermenge bei Zapf- und Kaltwassertemperatur über das Jahr im Vergleich zur Beladeenergie angegeben werden. Es stellt sich heraus, daß Übergabe-, Verteilungs- und Speicherverluste in diesem Fall maximal 50 % ausmachten. Es wird davon abgesehen, einen Teil dieser Verluste als Wärmegutschrift für die Heizung auszuweisen, da die Verluste überwiegend außerhalb des beheizten Bereichs anfallen. Für den Raumheizenergieverbrauch werden die Übergabe und Verteilungsverluste mit 20 % angenommen. Tabelle 2 zeigt die relevanten Daten zur Abschätzung der Anlagenaufwandszahl. Dabei ist zu erwähnen, daß dieser Wert bei weiteren Anlagen sogar leicht unterboten werden kann. Allein die Annahme, daß 25 % des DDC-Stroms für die Abbildung der Regelung und Betriebsführung ausreichen könnten, würde die Anlagenaufwandszahl auf 1.21 reduzieren.

Tabelle 2: Zur Berechnung der Anlagenaufwandszahl des aktiv-solaren Heizsystems (HKA: Leistungsaufnahme 20.5 kW, $\eta_{el} = 27\%$, $\eta_{therm} = 61\%$).

	Primärenergie kWh/m²a	Nutzenergie kWh/m²a
Hilfsenergie	6.6	
Pumpen	1.03*3.0	
50 % DDC	1.17*3.0	
Wärme	9.1	
HKA	11.70*0.78	
Solar	8.62*0	
Nutzenergie		11.35
50 % TWW		1.41
80 % Raumheizung		9.94

Anlagenaufwandszahl (Obergrenze): $(6.6+9.1)/11.3 \approx 1.38$

5 Schlußbemerkung

Obwohl die Grenzwerte zur Definition eines Passivhauses nur für Wohnhäuser definiert sind, erreicht das Passiv-Bürogebäude in der ersten Heizperiode 99/00 bei einem Gesamtprimärenergieverbrauch von 122 kWh/m²a und einem Heizenergieverbrauch von 12.5 kWh/m²a den Passivhaus-Standard.

Dieses Ergebnis dokumentiert das gute Gebäudedesign und die effiziente Haustechnik: Für die Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung und Erdreichwärmeübertrager kann eine primärenergetische Aufwandszahl von 0.54 angegeben werden. Die Bereitstellung der thermischen Energie durch das HKA-gestützte aktiv-solare Heizsystem erfolgt mit einer konservativ abgeschätzten Aufwandszahl von 1.38. Dabei konnten durch die Solaranlage die Energien für die Trinkwarmwasserbereitung sowie die Speicher- und Verteilungsverluste bereitgestellt werden. Die HKA kam auf eine Laufzeit von ca. 2000 h/a für das Verwaltungsgebäude.

Die Luftqualität im Gebäude konnte für die überwiegende Zeit als "behaglich", nie jedoch als "unbehaglich" eingestuft werden. In lediglich 3 % der Normarbeitsstunden im Sommer 99 wurde im Großraumbüro (wärmste Zone) eine kritische Temperatur von 26 °C überschritten.

Die intensive, zeitlich hoch aufgelöste Vermessung über drei Jahre dient u.a. als Grundlage zur Validierung von TRNSYS-Systemsimulationsmodellen. Diese sollen Auslegungshilfen in bezug auf Dimensionierung und Regelalgorithmen großer aktiv-solarer Heizsysteme liefern.

Wolfgang Feist und Jürgen Schnieders vom Passivhaus-Institut (D-64283 Darmstadt) sowie Ulrich Rustige und Klaus Schweitzer von der Fa. Wagner & Co (D-35039 Cölbe) sei für die gute Zusammenarbeit gedankt.

Die Forschungsarbeiten werden unterstützt vom deutschen Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (FöNr. 0335006L).

6 Literatur

Feist, W., (1998), Passivhaus-Projektierungspaket, Anforderungen an qualitätsgeprüfte Passivhäuser, Passivhaus-Institut, D-64283 Darmstadt.

DIN 4701-10, (2000), Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth-Verlag GmbH, D-10772 Berlin.

RWE (1996), RWE Bauhandbuch, 12. Auflage, RWE-Energie, D-45117 Essen.

Schnieders, J. (1999), Nachtlüftung mit natürlichem Auftrieb am Beispiel des Passiv-Verwaltungsgebäudes in Cölbe. In: Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Nr. 15, Passivhaus-Sommerfall, D-64283 Darmstadt.

Voss, K. (1998), Solarbau: Monitor (www.solarbau.de), Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, D-79100 Freiburg.

SOLARE RAUMHEIZUNG – AUSGEFÜHRTE BEISPIELE

Dr. Christian Holter
S.O.L.I.D. Ges.m.b.H.
Hergottwiesgasse 188, A-8010 Graz
Tel.: +43 (0) 316 / 292840-40, Fax: +43 (0) 316 / 292840-28
E-mail: solid@styria.com

SOLARE RAUMHEIZUNG – AUSGEFÜHRTE BEISPIELE

Dr. Christian Holter
S.O.L.I.D. Ges. m. b. H.
Hergottwiesgasse 188, A-8010 Graz
Tel.: +43 (0) 316 / 292840-40, Fax: +43 (0) 316 / 292840-28
E-mail: solid@styria.com

1 Einleitung

Solaranlagen im Einfamilienhausbereich werden schon seit vielen Jahren häufig mit Raumheizung kombiniert; ich selbst kenne seit rund 10 Jahren die Wohn- und Lebensgefühle in einem überwiegend solarbeheizten Haus. In den letzten Jahren konnte unser Unternehmen einige kombinierte Warmwasser- und Raumheizungsanlagen bei Geschoßwohnbauten realisieren. Da wir bei solchen Anlagen über das Partnerunternehmen Nahwärme Schuster GmbH & Co KG auch als Betreiber auftreten, sind mir nicht nur mehr die Auslegungs-, sondern auch die Betriebs- und Erfahrungswerte bestens bekannt.

Folgend möchte ich drei verschiedene Anlagen vorstellen, welche auf Basis drei verschiedener Konzepte errichtet wurden.

Die Anlage Gneis/Moos in Salzburg versorgt 60 Wohnungen mit 410 m² Sonnenkollektor, welche in einer dachintegrierten Fläche realisiert wurden. Über einen großen Speicher (100.000 l) werden die Wohnungen dann mittels Wohnungsstationen im direkten Durchlaufsystem mit Warmwasser und Heizung versorgt. Die Anlage Bolaring mit 1056 m² Kollektor ist technisch gleich aufgebaut, allerdings erst seit Dezember 2000 in Betrieb, sodaß im folgenden bei den meßdaten jen von Gneis Moos vorgestellt werden.

In Judendorf/Straßengel bei Graz werden 27 Wohneinheiten mit 110 m² Sonnenkollektoren sowie einem Biomassekessel von uns komplett mit Wärme versorgt. Aufgrund der relativ langen Verteilnetze zwischen den einzelnen Häusern befindet sich in jedem Haus ein Warmwasserspeicher, sodass im Sommer das Netz überwiegend abgeschaltet werden kann.

Das dritte Objekt befindet sich in Graz St. Peter und versorgt 35 Wohneinheiten gleichfalls mit Warmwasser und Raumheizung aus Solarwärme und Biomasse. Da die Siedlungsstruktur hier extrem dicht ist, wurde in diesem Fall das technische System einer Zirkulationsleitung und eine Heizverteilung gewählt.

Somit verfügen all diese Systeme über komplett unterschiedliche technische Strategien, welche jeweils angepasst sind an die Energiedichten und Notwendigkeiten des Abgabernetzes.

2 Anlagenbeschreibung

Solaranlage "Judendorf/Straßengel"



Kurzbeschreibung

Die Wohnhausanlage besteht aus 5 Reihenhäusern und 8 Kleinwohnungen, welche in jeweils einem Block untergebracht sind sowie 13 Einfamilienhäuser, welche rundherum gruppiert sind.

Baubeginn war August 1998; die Fertigstellung war im Herbst 2000.

Die Gesamtheizlast der Wohnhausanlage beträgt 110 kW; die dafür notwendige Wärmeenergie wird aus einem zentralen Heizhaus auf Basis Biomasse/Solarenergie zur Verfügung gestellt.

Dabei kommt ein Biomassekessel (100 kW) mit Industriestandard zum Einsatz; als Ausfallsreserve sowie für allfälliges Nachheizen im Sommerbetrieb ist ein einschwenkbarer Ölbrenner vorhanden. 110 m² Sonnenkollektoren wurden auf den 2 Wohnblöcken der Kleinwohnungen und der Reihenhäuser platziert und versorgen über das Bio-Nahwärmenetz sämtliche Abnehmer mit Sommerenergie.

Die Ausrichtung der Kollektoren ist südseitig, die Neigung beträgt teilweise 30°.

Im Heizhaus ist ein 5000 l Pufferspeicher vorhanden, aus dem Pufferspeicher heraus übernimmt das Nahwärmenetz die Energie. Die Heizungen sind direkt mit dem Netz verbunden sind; Brauchwasser seitig sind Warmwasserspeicher mit 300 l Volumen für jedes Einfamilienhaus und Reihenhäuser vorhanden sowie 1000 l für die Kleinwohnungen.

Die Anlage wird fernüberwacht, sodaß wesentliche Betriebsparameter, Störungsmeldungen etc. über PC und Modem jederzeit kontrollierbar und gegebenenfalls justierbar sind.

Der Heizraum wird ostseitig an das Gebäude mit den Kleinwohnungen als erweiterter Keller angebaut und besteht aus einem Bunker mit 5 m x 5 m, einem Heizraum sowie einem abgetrennten Hydraulikraum mit einem Öllager.

Zwischen dem Bauträger und dem Betreiber wurde ein Werkvertrag zur Errichtung der Heizungsanlage abgeschlossen, in weiterer Folge überbindet der Bauträger im Laufe des Grundstücksverkaufs den Käufern einen Wärmelieferungsvertrag.

Gemäß Heizkostenrechnung wurden monatliche Kosten im ersten Betriebsjahr pro Einfamilienhaus von öS 800,-- bis 1000,-- inkl. MwSt. für die Bereitstellung von Warmwasser und Heizung abgerechnet.

3 Anlagenbeschreibung Solaranlage "Graz/St. Peter"



Kurzbeschreibung

Das Projekt

Der Gebäudekomplex, bestehend aus 4 Einzelobjekten wird durch eine zentrale Biomasse-Heizungsanlage, betrieben mit Waldhackgut, mit Wärme zur Raumheizung und Warmwasserbereitung versorgt. Außerhalb der Heizperiode erfolgt die Warmwasserbereitung durch eine Solaranlage mit einer Kollektorfläche von 76 m². Die Nachheizung an Schlechtwettertagen erfolgt wahlweise durch automatische Zündung der Biomassefeuerung oder durch einen einschwenkbaren Biodiesel-Brenner.

Die vertraglich vereinbarte Anschlussleistung beträgt 125 kW.

Als Ausfallsreserve (z.B bei Bruch der automatischen Bunkeraustragung, Gebrechen der Regelung u.ä.) kann die Holzfeuerungsanlage vorübergehend auch mit einem einschwenkbaren Biodiesel-Brenner betrieben werden.

Solaranlage

Die Sonnenkollektoren wurden als Indach-Kollektoren ausgeführt, d.h. sie wurden in die Dachfläche integriert. Der Solarkreis ist vom Wärmeverteilnetz und Pufferspeicher durch einen Wärmetauscher getrennt. Bei Anlagenstillstand kann der verdampfte Kollektorinhalt im Ausdehnungsgefäß aufgenommen werden. Die Sicherheitseinrichtungen werden gem. Ö-Norm B 8131 ausgeführt. Die Abdichtung zur Dachfläche erfolgt durch Eindeckrahmen aus eloxiertem Alu-Blech.

Pufferspeicher

Der Pufferspeicher dient zur Spitzenlastabdeckung an kalten Wintertagen.

Inhalt:	3.000 l
Betriebsdruck:	2,0 bar
max. Anlagendruck:	4,0 bar
Wärmedämmung:	10 cm PU-Schaum
Höhe (incl. WD):	ca. 2,75 m
Durchmesser (incl. WD):	ca. 1,60 m

4 Anlagenbeschreibung Solaranlage Warmwasserversorgung "Bolaring/Salzburg"



Kurzbeschreibung

◆ Das Projekt

Die Wohnhausanlage Bolaring in Salzburg ist mit einer Zentralheizung ausgestattet. Das Objekt besteht aus 13 einzelnen Häusern; auf der westlichen Seite des Objektes 9 befindet sich unterirdisch der Übergaberaum Bolaring. In diesem Übergaberaum befindet sich derzeit die Energieverteilung der Wohnanlage Bolaring. Weiters gelangen alle Komponenten der Solaranlage in diesem Übergaberaum zur Aufstellung.

Auf der Wohnanlage Bolaring wird eine Solaranlage mit 1.056 m² Kollektorfläche installiert. Mit Hilfe dieser Solaranlage sollen jährlich ca. 450.000 kWh Solarenergie für 350 Wohnungen und einen Kindergarten gewonnen werden.

Im Übergaberaum Bolaring ist der Einbau des Pufferspeichers geplant. Der aus dem Hauptverteilnetz kommende Rücklauf mit Temperaturen von +45° C wird über diese Puffer geführt. Der Rücklauf soll nun durch die Solaranlage von +45 ° C auf +70° C und mehr aufgewärmt werden. Werden über die Solaranlage Temperaturen erreicht, die eine Aufwärmung des Rücklaufes ermöglichen wird die Energie aus der Solaranlage in die Pufferspeicher geführt.

Pro m² *Gluatmugl*- Sonnenkollektor werden für Produktion, Fertigung und Montage etwa 180 kWh grauer Energie benötigt. Binnen **weniger Monate** gewinnt der Kollektor die für seine Erzeugung notwendige Energie und stellt dann über Jahrzehnte umweltfreundliche Energie zur Verfügung.

5 Betriebserfahrungen

Eine Gemeinsamkeit zeichnet alle die vorher genannten Projekte aus: die tatsächlich gemessenen Solarerträge sowie die solaren Deckungsgrade liegen deutlich über den erwarteten Zahlen. So konnte in Gneis/Moos im ersten Betriebsjahr ein solarer Deckungsgrad von über 30 % bei einem spezifischen Energieertrag von 377 kWh pro m² und Jahr erzielt werden.

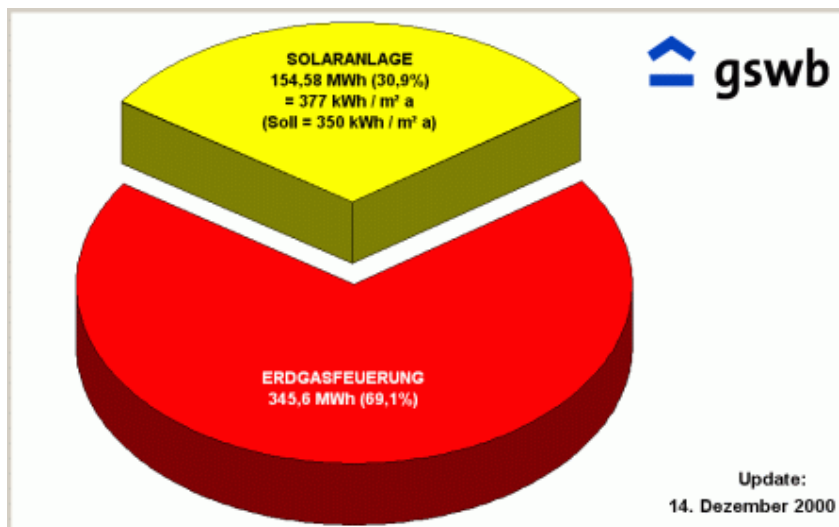


Abbildung 1

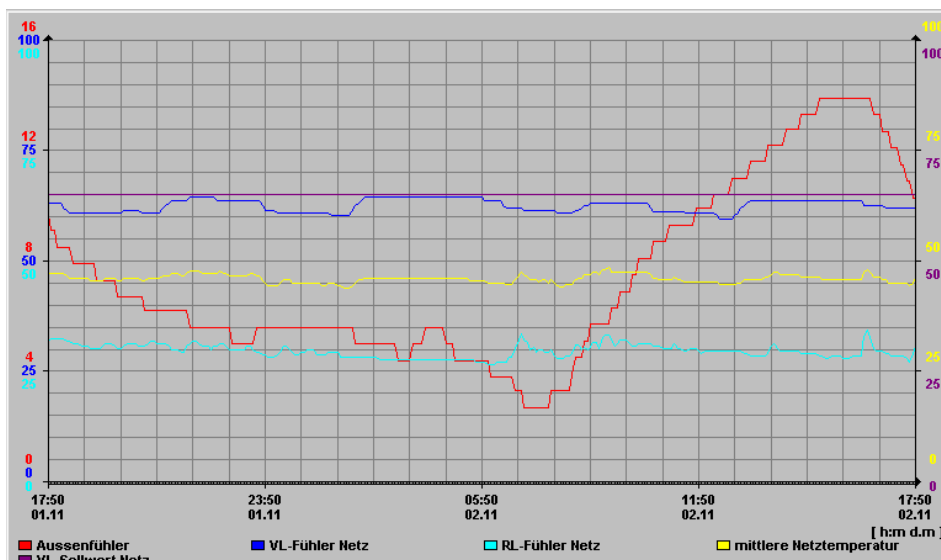


Abbildung 2

Beide Netze zeichnen sich durch ausgesprochen niedrige Rücklauftemperaturen (ca. 30°), Abbildung 1 + 2.

Auch in Judendorf/Straßengel konnte ein spezifischer Solarertrag von 425 kWh pro m² bei einer Solardeckung von fast 25 % erreicht werden.

Wie wichtig eine qualitativ hoch stehende Solaranlage und eine dazugehörige Regelung ist, zeigt unsere Erfahrung mit der Solaranlage Graz/St. Peter, wo ein Teilfeld des Sonnenkollektors sich im Nachhinein wieder mit etwas Luft gefüllt hat und dadurch mangelhaft durchströmt war. Aufgrund der detaillierten Fernüberwachung und Auswertung konnte sehr schnell festgestellt werden, dass ein Teilfeld regelmäßig in Stagnation geht, sodass die entsprechenden Maßnahmen getroffen werden konnten und die Anlage sofort wieder auf 100 % der erwarteten Leistung gebracht werden konnte. Bei konventionellen Solarreglern, welche in einem "Stand alone" Betrieb gefahren werden und eine entsprechende Fernüberwachung nicht möglich ist, bleiben solche Fehler häufig über lange Betriebszeiten —wenn nicht sogar Jahre— unentdeckt und führen zu unnötig großen Energieverlusten.

SOLID hat in Zusammenarbeit mit dem Technischen Büro Kaufmann und der Partnerfirma für Betreibermodelle, der Nahwärme Schuster GmbH & CoKG ein ausgeklügeltes System zur **Optimierung und Fernüberwachung** von Solaranlagen und Biomassezentralen entwickelt.

Durch die Optimierung können Fehl- und Minderfunktionen erkannt werden, welche ansonsten häufig überhaupt unentdeckt bleiben, wir glauben, daß dadurch mittlere Ertragssteigerung von 25% aus der Solaranlage erzielt werden können.

Durch laufende Kontrolle der Betriebsdaten ist neben der Optimierung auch eine frühzeitige Erkennung von Betriebsstörungen und in weiterer Folge Behebung derselben möglich, bevor tatsächlich Schäden an einzelnen Anlageteilen auftreten.

Hintergrundmenüs enthalten komplette Verstellmöglichkeiten für sämtliche Sollwerte sowie einen manuellen Betrieb von Pumpen und Ventilen. Darüberhinaus werden auch Dokumentation und Ersatzteillisten in der PC- Visualisierung aufgenommen, sodass später ein allfälliger Austausch von Komponenten mit minimalen Aufwand möglich ist.

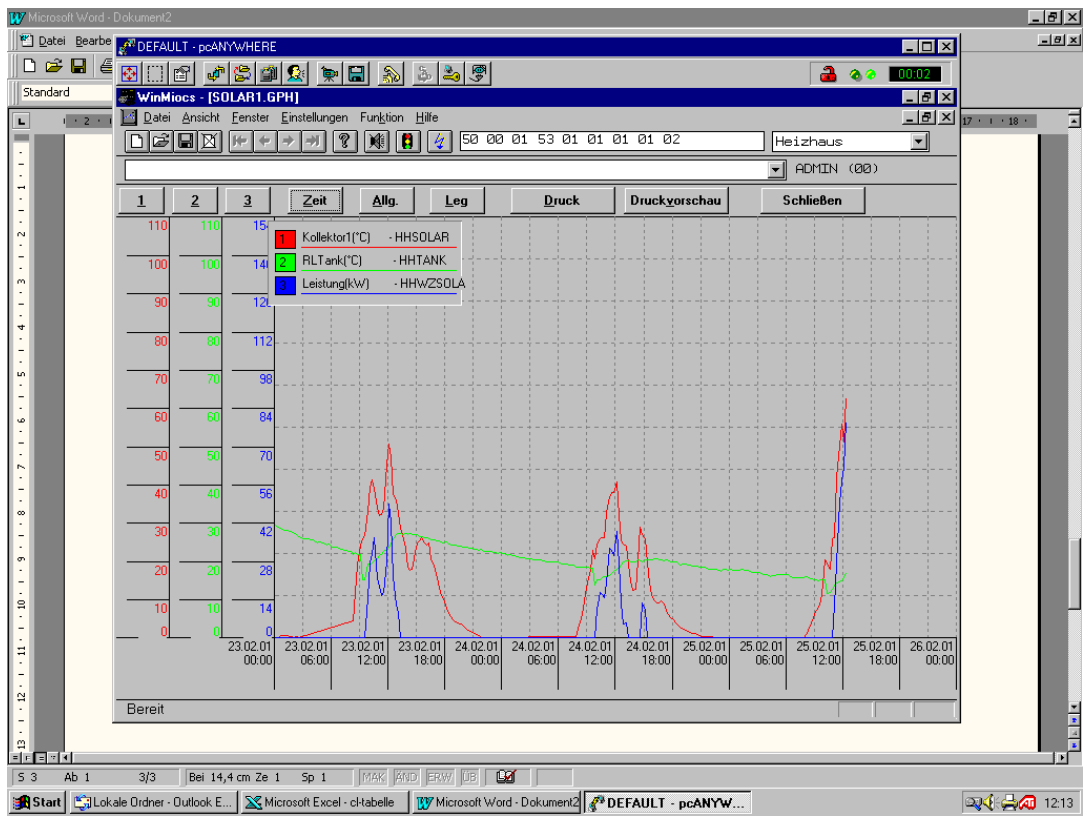
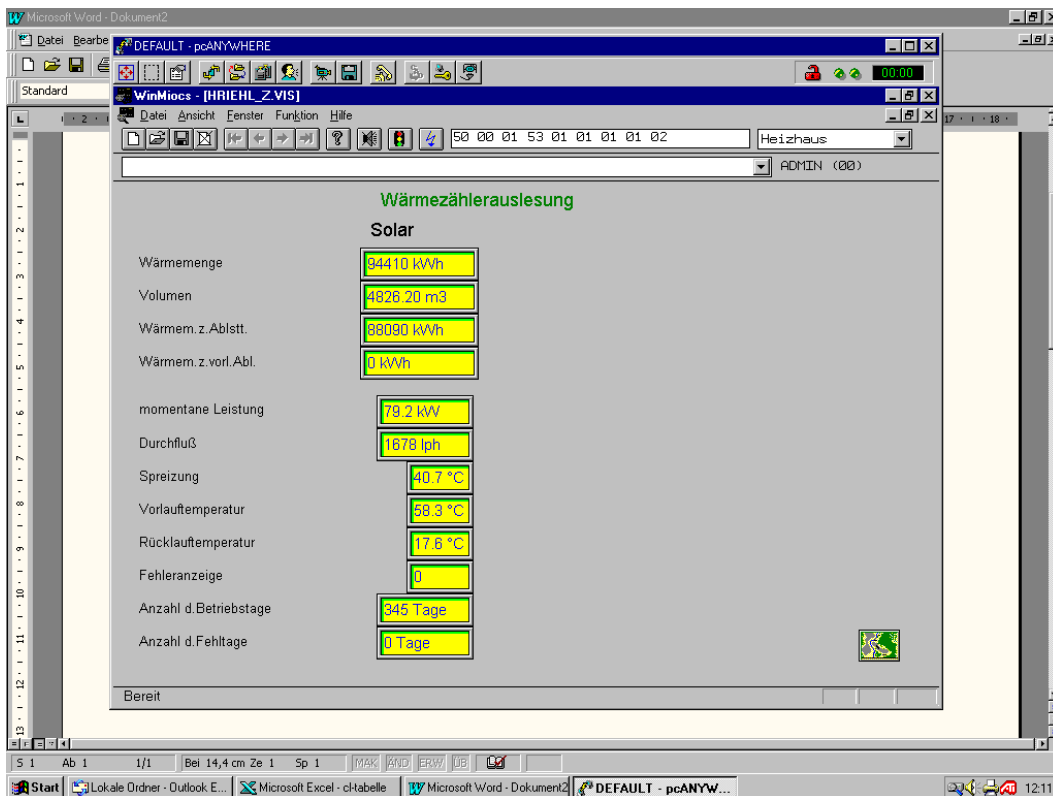


Abbildung 3 Schaltbild mit dem Basiswerten

Abbildung 4 Protokollierung Wärmemengenzähler

Protokoll der Betriebsdaten. Bis zu sechs Werte sind über beliebige Zeitachsen darstellbar



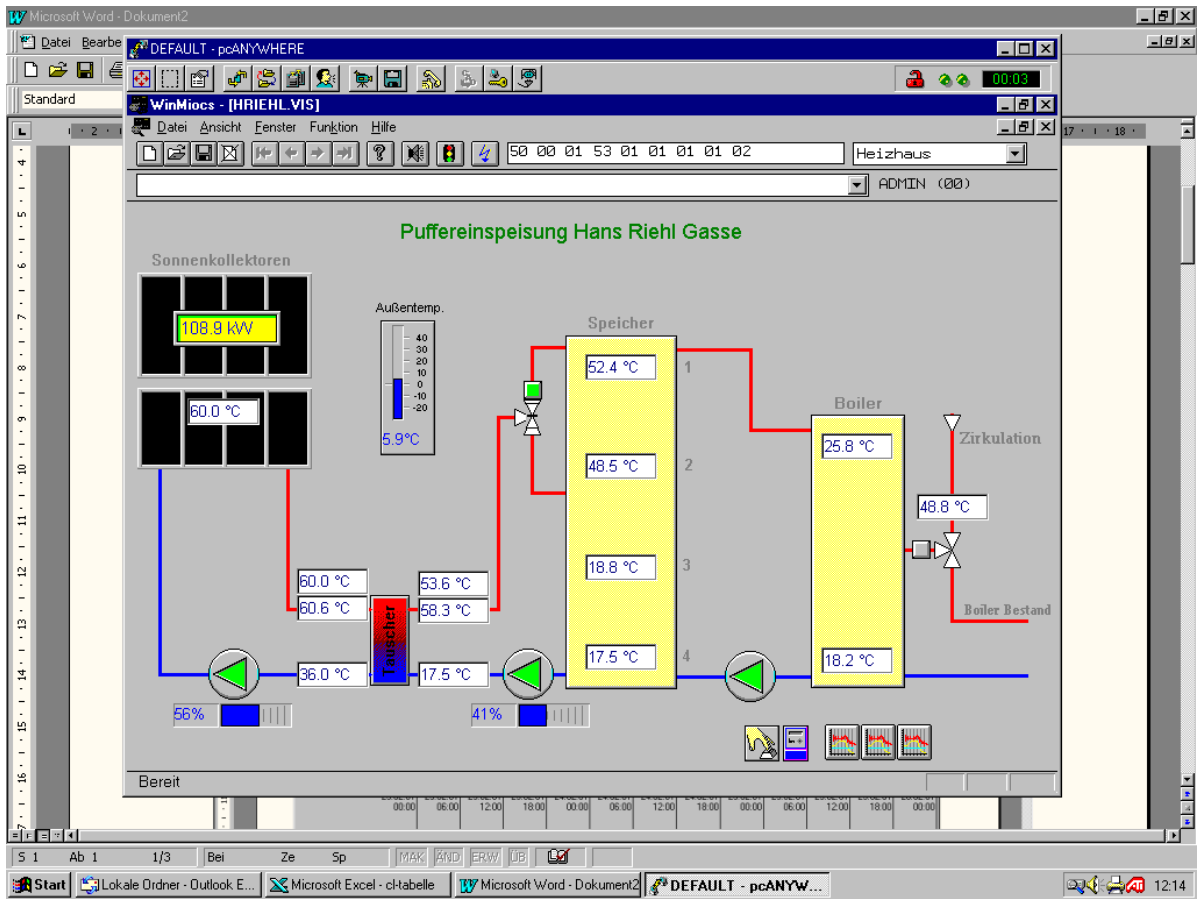


Abbildung 5

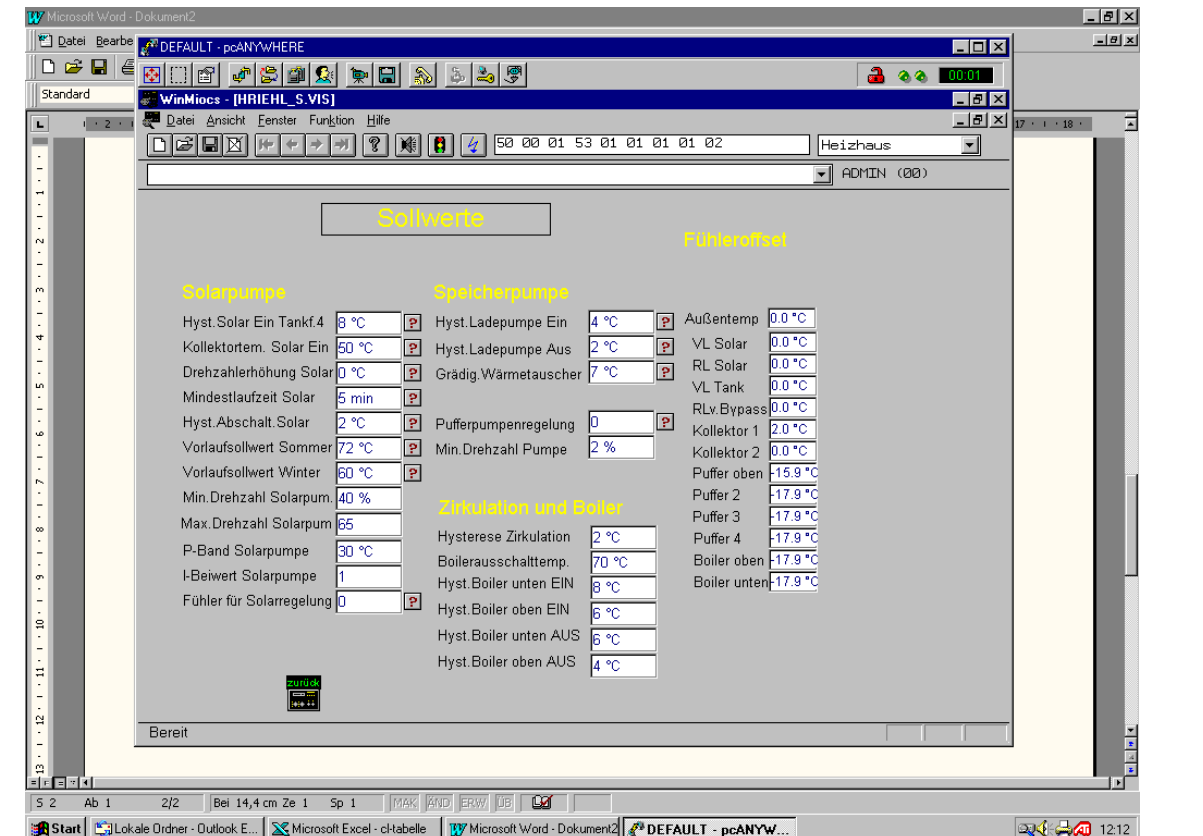


Abbildung 6

Sämtliche Sollwerte sind verstellbar und können zur Optimierung der Anlage nachjustiert werden. Ein händisches Ein- und Ausschalten der Pumpen und Ventile ist ebenso möglich.

6 Ausblick

Solaranlagen sowohl zur Raumheizung als auch zum Warmwasser haben sich auch im Mehrgeschoßwohnbau durchaus bewährt. Wichtig ist die Auswahl der geeigneten technischen Konzepte in Abhängigkeit mit der Abnehmerstruktur sowie ein optimiertes regeltechnisches System. Generell ist hier anzumerken, dass über Betreibermodelle, bei welchen der Solarenergiegewinn direkt zu Nutzen des professionellen Betreibers beiträgt, Anreiz für eine technische Optimierung der Anlage darstellen, wo hingegen konventionell und gekaufte Solaranlagen oft unter ihrem technischen Potential betrieben werden.

Je nach regionalen Förderungen sind solche Anlagen durchaus auch als wirtschaftlich einzustufen; detaillierte Aussagen hierzu sind allerdings nur projektspezifisch möglich.

100 PROZENT ERNEUERBARE ENERGIETRÄGER FÜR EIN BÜROGEBÄUDE UND EINE PRODUKTIONSHALLE

Gebhard Bertsch
DOMA Solartechnik
Sonnenstraße 1, A-6822 Satteins
Tel. +43 (0) 5524 / 5353, Fax: +43 (0) 5524 / 53 53-10
E-mail: g.bertsch@aksdoma.com

100 PROZENT ERNEUERBARE ENERGIETRÄGER FÜR EIN BÜROGEBÄUDE UND EINE PRODUKTIONSHALLE

Gebhard Bertsch
DOMA Solartechnik
Sonnenstraße 1, A-6822 Satteins
Tel. +43 (0) 5524 / 5353, Fax: +43 (0) 5524 / 53 53-10
E-mail: g.bertsch@aksdoma.com

1 Einleitung

Der Energiepark West wurde im Frühjahr 1999 als neues Betriebsgebäude der Firmen Doma Solartechnik, stromaufwärts Photovoltaik und SAG Solarstrom eröffnet. Wärme und Strom für die 470 Quadratmeter Bürofläche und 1.380 Quadratmeter Produktionsfläche stammen ausschließlich aus erneuerbaren Energieträgern. Das Gebäude wurde nach den Plänen der beiden Architekturbüros „Gruppo Sportivo“ (Bludenz) und MHM (Dornbirn) errichtet. Durch optimale Planung und Wärmedämmung erfüllt der Bürotrakt mit einem spezifischen Energiebedarf von 50 kWh je Quadratmeter Fläche und Jahr die Anforderungen des Vorarlberger Energiesparhauses. Neben der vollständigen Energieversorgung aus erneuerbaren Energieträgern, war die ökologische Bauweise des Objektes von Bedeutung. So wurde im ganzen Gebäude auf die Verwendung umweltschädlicher Materialien wie PVC verzichtet.

2 Energieversorgung des Bürogebäudes und der Produktionshalle

Durch die ideale Anordnung des Büros und der Produktionshalle wird die passive Sonnenenergie optimal genutzt. An aktiven Systemen zur Stromerzeugung, Brauchwasserbereitung und Raumheizung sind zwei mit Biodiesel betriebene BHKW's, eine Photovoltaikanlage und eine thermische Solaranlage installiert. Die Energiefassade an der Südfront bildet dabei das Kernstück der Energieversorgung für das Gebäude. In dieser 220 Quadratmeter großen Fassade sorgen 143 polykristalline Kyocera Hochleistungsphotovoltaik-Module mit gut 130 Quadratmetern für die Versorgung mit Strom. Die Jahresleistung liegt bei 17,16 kWp. Produzierte Stromüberschüsse werden in das öffentliche Netz eingespeist. Ebenfalls in der Südfassade integriert sind 80 Quadratmeter fassadenintegrierte Sonnenkollektoren für die Warmwasserbereitung und teilsolare Raumheizung (Büro und Produktionshalle). Für längere Schlechtwetter- und Kälteperioden wurden zwei mit Biodiesel betriebene Blockheizkraftwerke mit je 10,2 kW thermischer und 5,4 kW elektrischer Leistung installiert. Strom, Beheizung und Warmwasser werden also zu hundert Prozent aus erneuerbaren Energiequellen und somit CO₂-neutral bezogen.

Die Wärmeabgabe im Bürogebäude erfolgt mittels Wandflächenheizung (65 m²). In der Produktionshalle wird der Monofinish-Betonboden (90 Kubikmeter) als Wärmespeicher und Heizkörper genutzt, der wie die Wandkollektoren im Büro angenehme Strahlungswärme abgibt. Dabei wird das Heizsystem mit sehr niedrigen Vorlauftemperaturen betrieben. Im Bürogebäude beträgt diese maximal 30°C, in der Produktionshalle maximal 25°C bei einer Außentemperatur von minus 14°C. Durch den

Fußbodenspeicher konnte der wassergeführte Pufferspeicher auf ein Minimum von 950 l reduziert werden.

3 Erste Erfahrungen

Um Erfahrungen zu sammeln wird gerade die thermische Seite der Energieversorgung detailliert vermessen. Eine visualisierte Oberfläche steigert den Komfort der Regelung beträchtlich. Dabei können die thermischen und hydraulischen Vorgänge im gesamten Energieversorgungsnetz mittels PC jederzeit kontrolliert und gegebenenfalls korrigiert werden.

Dass das Konzept schlüssig ist, konnte spätestens nach dem ersten Betriebsjahr belegt werden. Gerade 4.200 Liter Biodiesel wurden benötigt – trotz einer überdurchschnittlich langen und intensiven Kälteperiode im Winter 99/2000 und trotz des üblichen Mehrverbrauchs bei Neubauten. Die beiden Blockheizkraftwerke werden wärmegeführt gesteuert und schalten sich nur ein, wenn der thermische Ertrag der Solar-Fassade nicht ausreicht.

Elektrische Energie:	
Photovoltaik-Fassade Süd	11.076 kWh
Blockheizkraftwerke	16.728 kWh
Strombezug vom Netz	14.601 kWh
Stromlieferung ans Netz	17.703 kWh
Überschuss	3.102 kWh
Thermische Energie:	
Blockheizkraftwerk 1 + 2	20.653 kWh
Thermische Solaranlage ab Feb. 2000	10.166 kWh

Tabelle 1 Energieinput und Energieoutput vom 1.09.1999 bis 1.09.2000. Die Erträge der thermischen Solaranlage wurden ab 1.02.2000 erfasst.

Über die eigene Energieversorgung hinaus, wurde von der SAG Solarstrom GesmbH. auf dem Dach des Energiepark West das in Österreich bislang größte Photovoltaik-Kraftwerk für Privatanutzer installiert. Die Leistung des mit 450 Quadratmetern PV-Modulen ausgestatteten Sonnenkraftwerkes wird in „SolarPlus“ – Paketen zum Preis von monatlich 99 Schilling für 120 kWh/Jahr an Privatinteressenten verkauft.

Der Energiepark West war von Anfang an als Zentrum für erneuerbare Energieformen konzipiert. Das gesamte Betriebsgelände des Energiepark West umfasst ca. 7.000 Quadratmeter, wovon derzeit ca. 1.800 Quadratmeter verbaut sind. In weiteren Ausbaustufen ist an eine Ansiedlung von adäquaten Betrieben und Institutionen gedacht. Die Verleihung des europäischen Eurosolarpreises Ende November in Berlin betrachtet man im Energiepark West einerseits als motivierende Anerkennung für die konsequente Umsetzung eines modernen und zukunftsweisenden Energiekonzeptes, andererseits auch als Auftrag für die weitere Entwicklung des Energiepark West als Zentrum für die

Anwendung, Weiterentwicklung und Nutzung von Technologien für erneuerbare Energieträger.

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Verleger:

AEE - Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE

A-8200 Gleisdorf, Feldgasse 19, Postfach 142

Tel.: +43(0)3112 / 58 86, Fax: +43(0)3112 / 58 86-18

e-mail: r.stranzl@aee.at