

**SOLARANLAGEN AUF MEHRFAMILIENHÄUSERN –  
SYSTEMENTWICKLUNGEN UND BETRIEBSERFAHRUNGEN**

Christian Fink

# **Solaranlagen auf Mehrfamilienhäusern – Systementwicklungen und Betriebserfahrungen**

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

## **1 Einleitung**

In Österreich wurde im Laufe des Jahres 1999 die 2 Millionen Quadratmetermarke an insgesamt installierter Fläche thermischer Sonnenkollektoren überschritten (Faninger, BVS, 2000). Trotz dieser sehr erfolgreichen Bilanz musste in den letzten zwei Jahren eine Stagnation der Zuwachsraten an installierter Kollektorfläche festgestellt werden. Um die Marktsituation zu stabilisieren bzw. wieder positive Wachstumsraten zu erzielen, muss die Erschließung von weiteren Märkten für thermische Solaranlagen in Angriff genommen werden. Zusätzlich zur Ausstattung von Ein- und Zweifamilienhäusern mit heute technisch zuverlässigen Solaranlagen bieten sich kommunale und genossenschaftliche Wohnbauten an.

Zwar gibt es mittlerweile schon vereinzelt Wohnbauträger, die ökologisches Bauen und Wohnen - damit auch thermische Solaranlagen - als Marketingstrategie am stark umkämpften Wohnungsmarkt einsetzen, der überwiegendste 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 Erfahrungen 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, scheint hierfür unumgänglich.

## **2 Mess- und Betriebsergebnisse zu drei solaren Warmwasserbereitungssystemen auf Mehrfamilienhäusern**

Im Zuge einer österreichweiten Dokumentation von installierten Solaranlagen an Mehrfamilienhäusern mit mehr als vier Wohneinheiten konnten mit Stand Jänner 1998 rund 240 Anlagen erhoben werden (Fink, Müller, 1999). Mit Stand Juni 2000 dürfte sich diese Zahl um etwa 100 bis 150 Anlagen erhöht haben. Nur an einem kleinem Anteil der

bisher installierten Anlagen wurden Ertragsmessungen bzw. Systemanalysen durchgeführt. Beispielhaft dafür werden die Messergebnisse von drei in Österreich im Detail vermessenen Anlagen dargestellt (Fink, Purkarthofer, 2000). Die Eckdaten dieser Anlagen sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 1: Eckdaten von drei detailliert gemessenen solaren Warmwasserbereitungssystemen.

<b>Eckdaten</b>	<i>J.J. Fuxgasse</i>	<i>Hohenwartweg</i>	<i>Heinrichstrasse</i>
<b>Anzahl der Wohneinheiten</b>	8	11	29
<b>Anzahl der Personen im Wohnobjekt</b>	19	20	< 43
<b>Kollektorfläche (Bruttofläche) in m<sup>2</sup></b>	60 m <sup>2</sup>	66 m <sup>2</sup>	101 m <sup>2</sup>
<b>Kollektortype</b>	Flachkollektor	Flachkollektor	Flachkollektor
<b>Ausrichtung</b>	Süd-Ost	Süd	Süd-West
<b>Kollektorneigung</b>	22°	35°	20°
<b>Energiespeichermedium</b>	Heizungswasser	Heizungswasser	Trinkwasser
<b>Energiespeichervolumen</b>	2.050 l	2.400 l	6.000 l
<b>Bereitschaftsspeichervolumen</b>	500 l	500 l	
<b>Warmwassertemperatur</b>	ca. 50	ca. 50	ca. 50

Die im Detail vermessenen Anlagen wurden entsprechend dem Stand der Technik in den Jahren 1996/97 als zentrale Kollektoranlagen mit zentraler Warmwassererwärmung und Verteilung mit Zirkulationsleitung ausgeführt. Zwei Anlagenkonzepte (J.J. Fuxgasse und Hohenwartweg) entsprechen dem Zwei-Speicher-System mit Energiespeicher und Bereitschaftsspeicher. Die Zwischenspeicherung der solaren Erträge erfolgt im Energiespeicher mit Heizungswasser als Wärmeträger. Die dritte Anlage (Heinrichstrasse) wurde als trinkwassergeführtes Mehr-Speicher-System ausgeführt. Die Zwischenspeicherung der solaren Erträge erfolgt hier in 6 x 1000 l Trinkwasserspeichern.

Durch die Installation von Wärmemengenzählern in jedem hydraulischem Kreis, konnten einerseits Bilanzen gebildet sowie andererseits die Qualität der einzelnen Systemabschnitte (Energiebereitstellung, Zwischenspeicherung, Verteil- und Zirkulationsnetz) bewertet werden. Erkenntnisse aus diesen Betrachtungen gaben den Anlass, zusätzlich zu vorhandenen Bewertungsziffern noch den Systemwirkungsgrad als Qualitätskennzahl einzuführen. In den untersuchten solaren Warmwasserbereitungssystemen wurden die Abschnitte mit Verlusten auf „Speicherverluste“ sowie „Verteil- und Zirkulationsverluste“ reduziert. Wärmeverluste an Rohrleitungen und Armaturen zwischen dem Wärmemengenzähler im Sekundärkreis der Solaranlage sowie dem Wärmemengenzähler auf der Verbrauchsseite wurden zu den Speicherverlusten hinzugerechnet. Die Darstellung der Gesamtverluste erfolgte durch Bilanzierung des Energieinputs (solare Erträge und Nachheizenergiebedarf) und des Verbrauchs. Durch die Erfassung der Verteil- und Zirkulationsverluste konnte auf die Speicherverluste rückgerechnet werden. Aufgrund der für ein Jahr vorliegenden Wärmeströme in den drei Anlagen wurden die Zahlen in einem Input – Output Diagramm dargestellt.

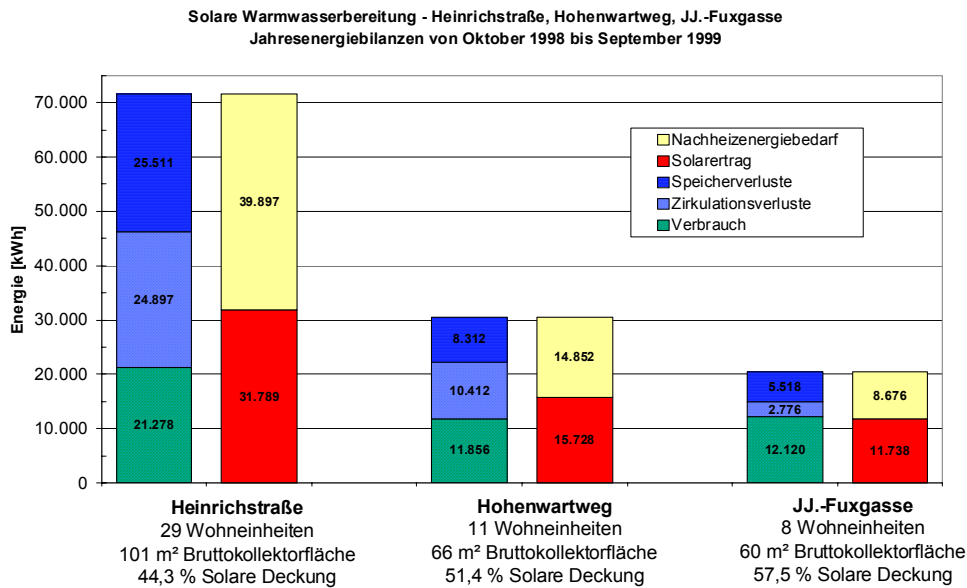


Abbildung 1: Jahresenergiebilanzen der drei detailliert gemessenen solaren Warmwasserbereitungssysteme.

Durch diese Darstellung wird deutlich, dass zusätzlich zum eigentlichen Warmwasserverbrauch noch andere „Verbraucher“ - sprich beträchtliche Verluste - im System auftreten, die so weit wie möglich reduziert werden sollten. Wesentlich ist auch, dass die unvermeidbaren Verluste möglichst exakt bei der Dimensionierung berücksichtigt werden. Auf der einen Seite verringern Systemverluste den Systemwirkungsgrad, auf der anderen Seite stellen sie einen weiteren „Verbraucher“ dar und liefern dem Solarsystem die Möglichkeit höhere Erträge zu erbringen.

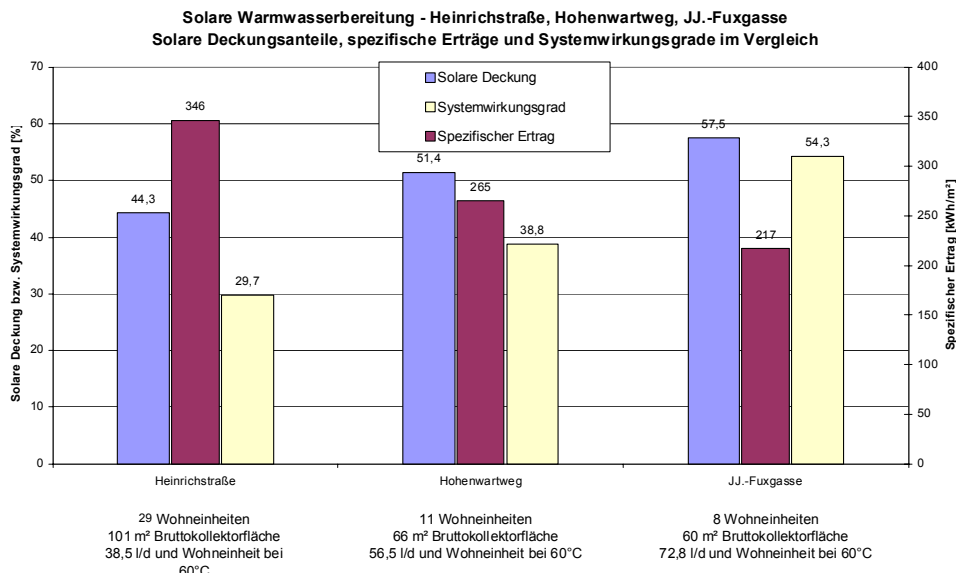


Abbildung 2: Solare Deckungsanteile, Spezifische Erträge und Systemwirkungsgrade der Messanlagen im Vergleich.

Bei sonst gleichen Rahmenbedingungen erreicht ein ineffizientes System somit höhere spezifische Erträge als ein effizientes System. Dieser Zusammenhang reduziert den Stellenwert des spezifischen Kollektorsertrags als alleinig aussagekräftige Kennzahl zur Bewertung der Leistungsfähigkeit von solaren Warmwasserbereitungssystemen. Für die Bewertung von solaren Warmwasserbereitungssystemen bedeutet dies, dass zusätzlich zum spezifischen Ertrag und dem solaren Deckungsanteil auch dem Systemwirkungsgrad Bedeutung beigemessen werden muss.

### 3 Der Warmwasserverbrauch als Dimensionierungsgrundlage

Das größte Problem bei der Auslegung thermischer Solaranlagen an Mehrfamilienhäusern ist, dass zum Zeitpunkt der Planung in den wenigsten Fällen bekannt ist, wie viele Personen genau in den Wohnungen leben werden und wie sich diese in Bezug auf den Warmwasserverbrauch verhalten werden. Für die Dimensionierung kleiner Solaranlagen an Einfamilienhäusern sind diese Werte oft einfach abzuschätzen, da die zukünftigen Bewohner und damit auch deren Verbrauchsverhalten bekannt sind. Mit zunehmender Größe der Wohnanlage ist es einerseits zwar schwierig den persönlichen Verbrauch der einzelnen Bewohner abzuschätzen, andererseits werden Schwankungen im Energiebedarf durch Mittelwertbildung geglättet.

Von den drei im Detail vermessenen Anlagen wird nachfolgend der Monatsverbrauch über das Messjahr dargestellt.

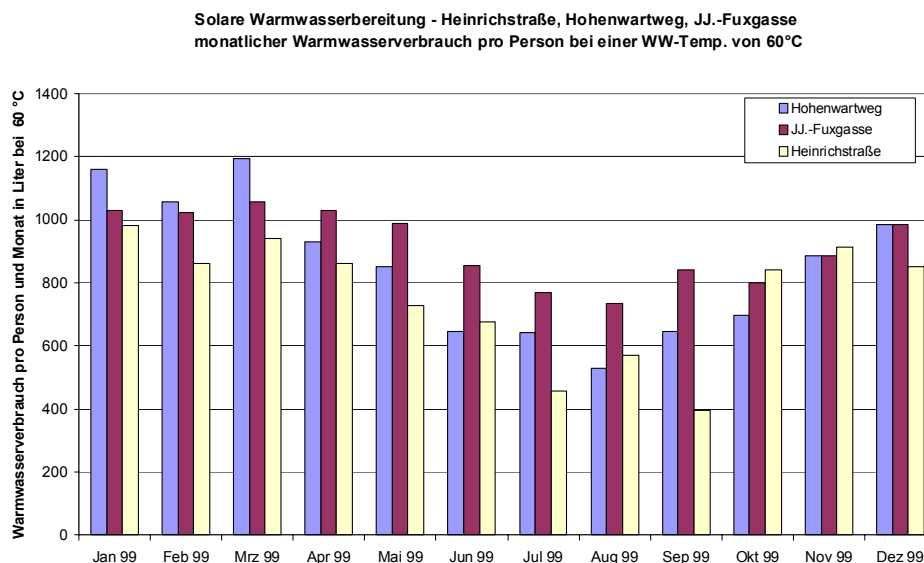


Abbildung 3: Der monatliche Warmwasserverbrauch der drei Messanlagen über das Messjahr.

Deutlich ist der reduzierte Warmwasserverbrauch in den Sommermonaten zu erkennen, der sich im wesentlichen auf Urlaubszeit und daraus resultierende Teilbelegung sowie auf eine geringere Zapftemperatur aufgrund hoher Außentemperaturen zurückführen lässt. Bei der Wohnanlage Heinrichstrasse gibt es unter den Bewohnern einen großen Studentenanteil, weshalb aufgrund der extremen Teilbelegung in den Sommermonaten

der Verbrauch noch zusätzlich reduziert wird. Die Anlagendimensionierung ist somit unter spezieller Berücksichtigung des geringeren Sommerverbrauchs zur Vermeidung von Anlagenstillständen in der einstrahlungsreichsten Jahreszeit durchzuführen.

Die Ergebnisse dieser Messungen zeigen deutlich, dass keine fixe Größe für den zu erwartenden täglichen Warmwasserbedarf angegeben werden kann. Über ein Jahr betrug der personenbezogene mittlere Verbrauch in der J.J. Fuxgasse 30 l/d bei 60°C, am Hohenwartweg 28 l/d bei 60°C und in der Heinrichstraße 25 l/d bei 60°C. Innerhalb der Planungsarbeiten für neu zu errichtende Objekte bleibt es aber unerlässlich, den Warmwasserbedarf unter Berücksichtigung der speziellen Rahmenbedingungen neu abzuschätzen.

## **4 Konzepte solarer Brauchwasserbereitungssysteme**

Im Gegensatz zu Anwendungen im Bereich Einfamilienhäuser, wo sich bei Anlagen zur Brauchwassererwärmung ein technischer Standard entwickelt hat, ist im Bereich Mehrfamilienhäuser eine wesentlich größere Bandbreite an verschiedenen Hydraulikkonzepten verfügbar. Nicht alle Verwendung findenden Hydraulikkonzepte sind aber auch wirklich Garant für ein effizientes solares Brauchwasserbereitungssystem. Stellvertretend für die Vielzahl an verfügbaren Konzepten werden nachfolgend zwei vielversprechende Konzepte – eines aus der Kategorie der 4-Leiter-Netze sowie eines aus der Kategorie der 2-Leiter-Netze - dargestellt.

### **4.1 Ladespeicherkonzept - 4-Leiter-Netz**

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, Dämmgüte sowie Abnahmedichte/m Rohr ergeben sich Verluste von 20 bis über 100% des eigentlichen Energiebedarfes für die Brauchwasserbereitung (siehe Kapitel 2). 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.

Für eine geringe Anzahl zu versorgender Wohneinheiten kann aufgrund von Kostenvorteilen ein trinkwassergeführtes System (die Energiespeicherung erfolgt direkt mittels Brauchwasser) eingesetzt werden. Bei diesem Anlagentypus muss aber im speziellen auf Wasserhygiene (Legionellen) sowie auf Verkalkung geachtet werden. Als besonders geeignet kann in der Kategorie der 4-Leiter-Netze das Ladespeicherkonzept mit Pufferspeicher und Bereitschaftsspeicher betrachtet werden. Der größte Vorteil liegt in den geringeren Kosten für Pufferspeichersysteme bei mittleren bis großen Anlagen im Vergleich zu Trinkwasserspeichern. Dies führt zu einer Reduktion des Systempreises. Da das Medium im Pufferspeicher nicht ausgetauscht wird, gibt es kein Verkalkungsproblem und der Energiespeicher kann somit nahe an die Siedetemperatur erwärmt werden, was einen wesentlich besseren Speichernutzungsgrad bedeutet.

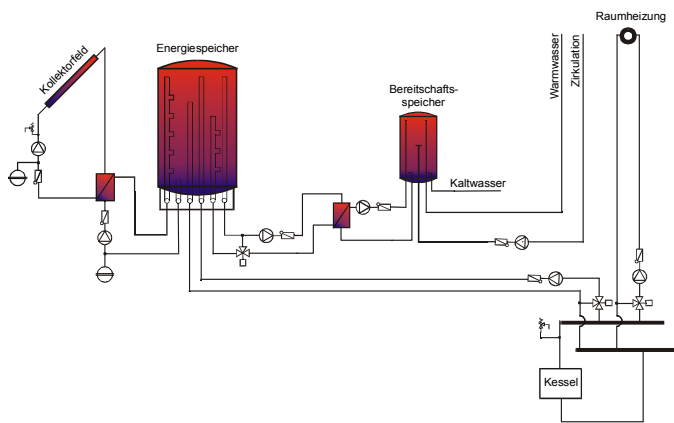


Abbildung 4: 4-Leiter-Netz mit zentralem Energie- und Bereitschaftsspeicher im Ladespeicherprinzip und mit Nachheizung im Energiespeicher.

#### 4.2 Dezentrale Brauchwassererwärmung - 2-Leiter-Netz

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 5 wird ein 2-Leiter-Netz mit zwei 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.

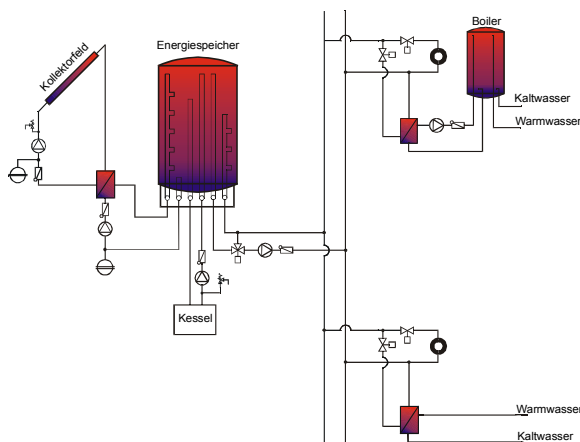


Abbildung 5: 2-Leiter-Netz mit zentralem Energiespeicher und dezentraler Brauchwassererwärmung (Trinkwasserspeicher bzw. Durchflusssystem).

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 5, Variante 2). 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. In Abbildung 6 ist beispielhaft eine vorinstallierte Wohnungsstation (ohne Abdeckhaube) abgebildet.



Abbildung 6: Vorinstallierte Wohnungsstation mit externem Wärmetauscher zur Brauchwassererwärmung und sämtlichen Komponenten für den Heizbetrieb inkl. Wärmemengenzähler (Produkt: Gemina-Termix, Bildquelle: GSWB, Salzburg).

Eines der ersten Wohnprojekte mit Wärmeversorgung über ein 2-Leiter-Netz in Kombination mit dezentralen Wohnungsstationen wurde im Salzburger Stadtteil Gneis-Moos errichtet. Die 60 Wohneinheiten umfassende Siedlung wird zu 35% des Gesamtenergiebedarfs über Solarwärme versorgt. Die Kollektorfläche beträgt 400 m<sup>2</sup>, das Speichervolumen 100 m<sup>3</sup>. In Abbildung 7 sind beispielhaft für das Betriebsverhalten der

Heizungsanlage Gneis-Moos die Temperaturverläufe im Wärmeversorgungssystem vom 18.03.00 bis zum 24.03.00 dargestellt.



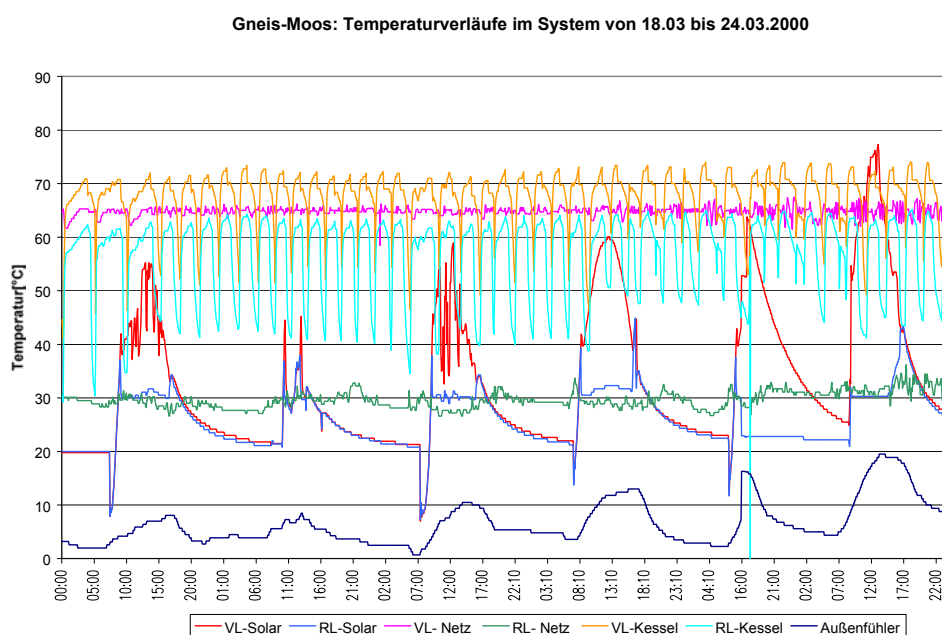


Abbildung 7: Wohnsiedlung Gneis-Moos, Temperaturverläufe im System vom 18.03.00 bis zum 24.03.00.

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. 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 sein.

In Zusammenarbeit mit dem Institut für Wärmetechnik an der TU Graz, arbeitet die Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE - AEE im Rahmen des Projektes „Solarunterstützte Wärmenetze“ (beauftragt vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Forschungsprogramm „Haus der Zukunft“, Laufzeit von Jänner 2000 bis Juni 2001) an der Standardisierung von solaren Brauchwasserbereitungs- und Heizungsunterstützungssystemen für Mehrfamilienhäuser. Schwerpunktmäßig werden

die Zusammenhänge Ökologie und Ökonomie bei der Anlagendimensionierung (Wärmepreis) behandelt sowie Vergleichsrechnungen zwischen verschiedenen Hydraulikkonzepten durchgeführt. Die vielversprechendsten Hydraulikkonzepte (beinhalten die Systemabschnitte Energiebereitstellung, Wärmespeicherung und Wärmeverteilung) werden hinsichtlich Effizienzsteigerung und Kostensenkung optimiert. Die Simulationsrechnungen werden mit dem dynamischen Simulationsprogramm TRNSYS durchgeführt. Die Ergebnisse dieses Projektes werden in einer Planungsbroschüre zusammengefasst, welche für interessierte Planer, Solartechnikfirmen, Installateure, etc. ab Juni 2001 erhältlich ist.

## **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“; Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE - AEE, Gleisdorf, 1999

Fink, Purkarthofer, 2000

Christian Fink, Gottfried Purkarthofer: Endbericht zum EU-Projekt „Garantierte Wärmelieferung aus thermischen Solaranlagen im Wohnbau“, Contract N° 4.1030/Z97-014, Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE-AEE, Gleisdorf, 2000