

Solarthermie-Anlage in einem Mehrfamilienhaus der GEWOBAU Erlangen in Erlangen-Ost

Wohngebäude Ritzerstr. 41-45

Dokumentation zu den Heizperioden 2004/2005 und 2005/2006 und 2006



Erlanger Stadtwerke AG

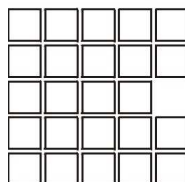
Amt für Umweltschutz und Energiefragen - Stadt Erlangen

GEWOBAU Erlangen

März 2007

GEWOBAU
Wohnungsbaugesellschaft der Stadt Erlangen

Stadt Erlangen



ESTW
ERLANGER STADTWERKE

1 Zusammenfassung

Im Rahmen der energetischen Sanierung im Wohngebiet Erlangen-Ost wurde Anfang 2004 eine thermische Solaranlage zur Warmwasserbereitung beim Wohngebäude „Ritzerstr. 41-45“ als Pilotanlage errichtet.

Die Solarwärme wird durch die leistungsstarke Wärmeübertragesstation exakt und temperaturgenau in die drei Pufferspeicher eingeschichtet. Die Entnahme der gepufferten Solarwärme erfolgt über eine Wärmeübertragesstation, die die Wärme unmittelbar auf das kalte Leitungswasser überträgt. Die zusätzliche Einbindung der Warmwasserzirkulation über einen zweiten Wärmetauscher kompensiert den nicht unerheblichen Verlust der Zirkulation.

Nach der Optimierungsphase im Jahr 2004 liefert die Solaranlage seit 2005 jetzt den maximal möglichen Ertrag für die alleinige Warmwasserbereitstellung. Die Solaranlage brachte für die Heizperioden 2005/2006 11.300 kWh/a und 2006 11.150 kWh/a. Bezogen auf den gesamten Wärmeverbrauch des Gebäudes sind dies 15 – 16,5 %. Eine Abschätzung zeigt, dass die Solaranlage einen Anteil von 54 % beim Warmwasser-Nutzwärmeverbrauch hat. Unter Berücksichtigung der Zirkulationsverluste hat die gelieferte Solarwärme einen Anteil vom Warmwasser-Wärmeverbrauch von 41 - 43 %.

Bei Einbindung der Solarwärme aus den Pufferspeichern in den Heizkreis des Mehrfamilienhauses könnte in der Übergangszeit noch zusätzliche Solarwärme verwertet werden. Simulationsrechnungen zeigen, dass hierdurch 25 % mehr Solarenergie dem Gesamtsystem zugeführt werden können, d. h. der Solarertrag könnte auf rd. 20 %, bezogen auf die gesamte benötigte Wärme in dem Gebäude, gesteigert werden. Eine Heizungseinbindung ist für die Anlage in der Ritzerstraße zu überprüfen und zukünftig auf jeden Fall anzustreben.

Die Fläche der Solarkollektoren beim Gebäude Ritzerstraße beträgt 56 m², d.h. rd. 3 m² je Wohneinheit. Geht man von dem durchschnittlichen jährlichen Warmwasserbedarf der GEWOBAU-Gebäude von 0,35 m³/m²*a aus, d.h. bei den üblichen GEWOBAU-Gebäuden mit 18 Wohneinheiten 20 – 25 m³/Wohneinheit, so könnte man mit etwa 2,2 m² Kollektorfläche je Wohneinheit auskommen. Hiermit ist eine gewisse Kostenoptimierung möglich.

Für den zukünftigen Betrieb von Solaranlagen in Mehrfamilienhäusern wird weiterhin eine Fernüberwachung empfohlen, um so mögliche Störungen sofort beheben zu können.

2 Einleitung

Im Rahmen der energetischen Sanierung von Wohngebäuden mit 535 Wohneinheiten im Wohngebiet Erlangen-Ost wurde Anfang 2004 eine thermische Solaranlage zur Warmwasserbereitung beim Wohngebäude „Ritzerstr. 41-45“ errichtet. Die Kosten der Solaranlage werden von der GEWOBAU getragen.

Die Solaranlage wird seit März 2004 betrieben. Nachfolgend soll die Energiebilanz für den Zeitraum vom 1. Juni 2004 bis Dezember 2006 dokumentiert werden.

Die Betriebsführung der gesamten Heizungsanlage obliegt den Erlanger Stadtwerken.

Aus den Erfahrungen mit dieser Anlage lassen sich Hinweise für die Errichtung weiterer Anlagen bei Mehrfamilienhäusern ableiten.

3 Anlagenkonzept

3.1 Heizungsanlage

Die Heizungsanlage besteht aus einem wandhängenden Erdgas-Brennwertkessel Logamax plus GB 112 mit 60 kW. Der Kessel hat einen modulierenden Flächenbrenner und ist über eine hydraulische Weiche an den Verteiler/Sammler mit Heizkreis und Warmwasserladepumpe angebunden. Es wird somit auf eine Warmwasservorrangschaltung verzichtet, um die Raumheizung für die Warmwasserbereitung nicht unterbrechen zu müssen. Der der Heizungsanlage zugehörige Warmwasserspeicher mit innenliegendem Wärmetauscher, hat ein Volumen von 400 Litern.

3.2 Solarthermie-Anlage (s. a. Anlagen-Schema in Abb. 1)

Die Solarwärme wird mit 20 Kollektoren CC-A/Fblue bei einer Fläche von 56 m² auf dem Dach des Mehrfamilienhauses erzeugt. Besonders wurde durch Anordnung und hydraulische Einbindung der Kollektoren darauf geachtet, dass im Fall von Stillstand der Anlage (z. B. durch Stromausfall, Übertemperatur oder Störung) eine komplette Entleerung des Kollektorfeldes ermöglicht wird. Hierdurch werden Störungen durch "Abblasen" oder "Austrocknung" des Frostmittels vermieden.

Die Solarwärme wird durch die leistungsstarke Wärmeübertragesstation exakt und temperaturgenau in die drei Pufferspeicher eingeschichtet.

Die Entnahme der gepufferten Solarwärme erfolgt über eine Wärmeübertragesstation die die Wärme unmittelbar auf das kalte Leitungswasser überträgt. Die exakte Regelung vor der Entnahme sorgt für eine sehr geringe Rücklauftemperatur im Puffer, und somit auch im Solarkreis, wodurch der Wirkungsgrad im Solarsystem nachhaltig erhöht wird.

Die zusätzliche Einbindung der Warmwasserzirkulation kompensiert den nicht unerheblichen Verlust der Zirkulation.

Der nachgeschaltete Warmwasserspeicher mit Nachheizung durch den Gaskessel sorgt für solararme Tage für ausreichend warmes Wasser.

Gemessen werden monatlich folgende Wärmemengen:

- Gesamte Wärmemenge, die der Heizkessel für Raumwärme und Warmwasser bereitstellt (WMZ 1)
- Gesamte Wärmemenge, die die Solarkollektoren bereitstellen
- Solare Wärmemenge zur Erwärmung des Brauchwassers (WMZ 2), vor dem Wärmetauscher für das Brauchwasser
- Solare Wärmemenge zur Erwärmung des Zirkulationswassers (WMZ 3)

Weiterhin wird die gesamte benötigte Brauchwassermenge mittels eines Wassermengenzählers bestimmt.

3.3 Anlagendaten

Wohngebäude

| | |
|---------------------------------|--|
| Wohneinheiten | 18 |
| Beheizte Wohnfläche | 854 m ² |
| Rechnerischer Heizwärmebedarf | rd. 75 kWh/m ² ,a (bezogen auf die beheizbare Wohnfläche) |
| Dachneigung, Gebäudeausrichtung | 32°, Süd |

Heizungsanlage/Solarthermie-Anlage

| | |
|-------------------------------|---|
| Heizkessel | Logamax plus GB 112 mit 60 kW(Buderus) |
| Warmwasser Speicher | Stehender Warmwasser Speicher (400l) mit glasierter Innenfläche, innenliegender Wärmetauscher |
| Solarkollektoren | 20 Kollektoren CC-A/Fblue (sunset) |
| Kollektorfläche | 56 m ² |
| Solar-Pufferspeicher | 3 x 800 l – Pufferspeicher (sunset) |
| Kosten der Solaranlage | Rd. 27.000 € |

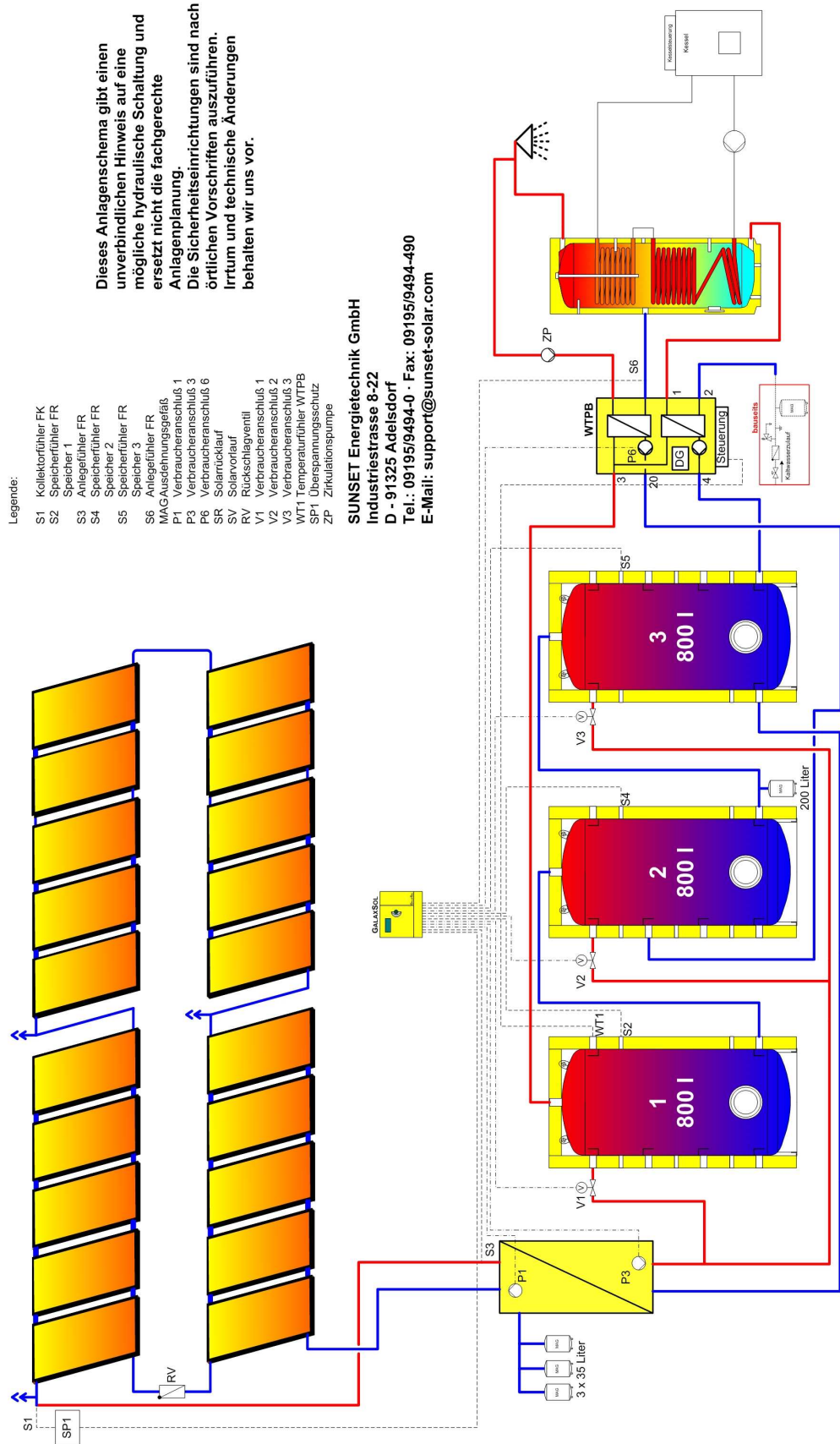


Abb. 1: Anlagenschema für die Solarthermie-Anlage und die Heizungsanlage



Abb. 2: Die nach Süden ausgerichteten Kollektoren (Drausnickstraße)

Abb. 3:
Die drei 800 l-Pufferspeicher





Abb. 4: Die zwei Wärmetauscher (Solaranlage) für die Warmwasserbereitung

4 Ergebnisse für die Heizperioden 2004/05, 2005 und 2006

4.1 Betrieb der Anlage

Wenn die Temperatur am Kollektorfühler höher ist als die Temperatur in einem der drei Pufferspeicher, wird die Solarpumpe in Betrieb gesetzt. Sie fördert die Solarflüssigkeit durch die Kollektoren und den Wärmetauscher für die Pufferspeicher. Die Sekundärpumpe für das Abführen der Wärme aus dem Solarkreislauf bleibt außer Betrieb, bis die Temperatur aus der Wärmetauscherstation Solar höher liegt, als in einem der drei Pufferspeicher. Es erfolgt über die Regelung der Solaranlage (Fabrikat Galaxol) die Ansteuerung der Ventile an den jeweiligen Pufferspeichern. Der Pufferspeicher mit der geringsten Temperaturdifferenz (Temperatur Kollektorkreislauf zu Pufferspeicher) wird zuerst beladen. Die Beladung des jeweiligen Pufferspeichers erfolgt solange, bis die Temperaturniveaus der Pufferspeicher und des Kollektorkreislaufs ausgeglichen sind. Vorrangig wird immer der Pufferspeicher beladen, aus welchem die erste Wärmeentnahme erfolgt.

Der Kaltwasserzulauf des Warmwasserspeichers wird über einen Wärmetauscher geführt, der von den Pufferspeichern beheizt wird. Über den Fühler im Kaltwasserzulauf des Speichers wird die aktuelle Temperatur erfasst. Liegt diese niedriger, als die im Pufferspeicher zur Verfügung stehende Temperatur, wird mittels der Ladepumpe Wasser aus dem Pufferspeicher Nr. 1 entnommen und zur Erwärmung des zulaufenden Kaltwassers benutzt. Die Auslauftemperatur für den Zulauf zum Speicher ist auf 60 °C begrenzt.

Das Zirkulationswasser wird über den Wärmetauscher der Zirkulationserwärmung geführt. Bei Unterschreitung der Temperatur von 60°C erfolgt eine Nachheizung, des abgekühlten Zirkulationswassers über den Wärmetauscher. Die Beheizung erfolgt aus dem Pufferspeicher Nr. 1. Die Rückführung dieses abgekühlten Wassers erfolgt in den Pufferspeicher Nr.2. In die Speicher 1 und 3 erfolgt keine Rückführung, um die Temperaturschichtung zu erhalten.

Sollte die Ladung durch den Frischwasserzulauf und die Zirkulationsanlage mit Solarwärme nicht ausreichen, um die eingestellte Temperatur von 60°C zu erreichen, veranlasst die Kesselregelung R 4111 von Buderus eine Nachheizung über den Erdgasbrennwertkessel. Die Kesseltemperatur wird auf 80 °C erhöht und die Ladepumpe am Verteiler eingeschaltet. Gleichzeitig fährt der Mischer für die Raumheizung zu, so dass keine zu hohe Vorlauftemperatur in die Heizkörper verteilt wird. Die maximale Vorlauftemperatur beträgt 75°C bei einer Außentemperatur von -16°C. Der abgesenkte Heizbetrieb beginnt um 23.50 Uhr und endet um 4.30 Uhr. Die Zirkulationspumpe und die Ladepumpe für die Warmwasserbereitung sind während des abgesenkten Betriebes abgeschaltet. Ab einer Außentemperatur von über 20°C wird der Heizbetrieb eingestellt.

4.2 Messergebnisse

| | 2004/05 | 2005/06 | 2006 |
|---|--|---|--|
| 1. Abgegebene Wärmemenge des Heizkessels für Raumwärme | 47.926 kWh/a 56 kWh/m²*a (bezogen auf die beheizte Wohnfläche) | 49.340 kWh/a 58 kWh/m²*a | 44.110 kWh/a 52 kWh/m²*a |
| 2. Gesamte Wärmemenge für Warmwasser (aus Heizkessel und Solaranlage, nach dem Heizungskessel) incl. Zirkulationsverluste | 26.427 kWh/a 30,94 kWh/m²*a 1.468 kWh/WE*a | 26.500 kWh/a 31 kWh/m²*a 1.472 kWh/WE*a | 26.950 kWh/a 31,56 kWh/m²*a 1.497 kWh/WE*a |
| 3. Gesamte Wärmemenge für Warmwasser und Heizung (aus Heizkessel und Solaranlage) | 74.353 kWh/a 87 kWh/m²*a | 75.840 kWh/a 89 kWh/m²*a | 71.060 kWh/a 83 kWh/m²*a |
| 4. Benötigte Warmwassermenge | 197 m ³ /a 10,4 m ³ /WE*a | 257 m ³ /a 14,3 m ³ /WE*a | 241 m ³ /a 13,4 m ³ /WE*a |
| 5. Gesamte Nutzwärmemenge für die Warmwasserbereitung berechnet aus Warmwassermenge (aus Heizkessel und Solaranlage) | 0,00116 kWh/(l*K) * 197.000 l * (60 – 10) K= 11.426 kWh/a entspr. rd. 13,4 kWh/m²*a (bezogen auf die beheizte Wohnfläche) | 14.910 kWh/a 17,5 kWh/m²*a | 13.980 kWh/a 16,4 kWh/m²*a |
| 6. Zirkulationsverluste | 15.000 kWh/a 17,54 kWh/m²*a | 11.600 kWh/a 13,6 kWh/m²*a | 13.000 kWh/a 15 kWh/m²*a |
| 7. Gesamte solare Warmwasserbereitung | 8.597 kWh/a | 11.300 kWh/a | 11.150 kWh/a |
| 8. Solar-Deckungsanteil, bezogen auf die gesamte Wärmemenge für Warmwasser Zum Vergleich Fließbachstr. : 23 % | rd. 33 % | 43 % | 41 % |
| 9. Solar-Deckungsanteil, bezogen auf die ges. benötigte Wärmemenge (3.) | 12 % | 15 % | 16,5 % |
| Solargedeckte Zirkulationsverluste (WMZ 3) Anteil an der gesamten Wärmemenge für die Zirkulation | 2.213 kWh/a 15 % | 3.307 kWh/a 29 % | 3.560 kWh/a 27,5 % |
| Solargedeckte Brauchwasserbereitung (WMZ 2) Anteil an der gesamten Nutzwärme für die Brauchwasserbereitung | 6.384 kWh/a 56 % | 7.993 kWh/a 54 % | 7.591 kWh/a 54 % |
| Solare genutzte Wärmemenge bezogen auf den Warmwasserverbrauch Zum Vergleich Fließbachstr. : 20 - 25 kWh/m ³ | 44 kWh/m ³ | 44 kWh/m ³ | 46 kWh/m ³ |
| Jährlich solare genutzte Wärmemenge, bezogen auf die Wohneinheit | 480 kWh/WE*a | 630 kWh/WE*a | 620 kWh/WE*a |

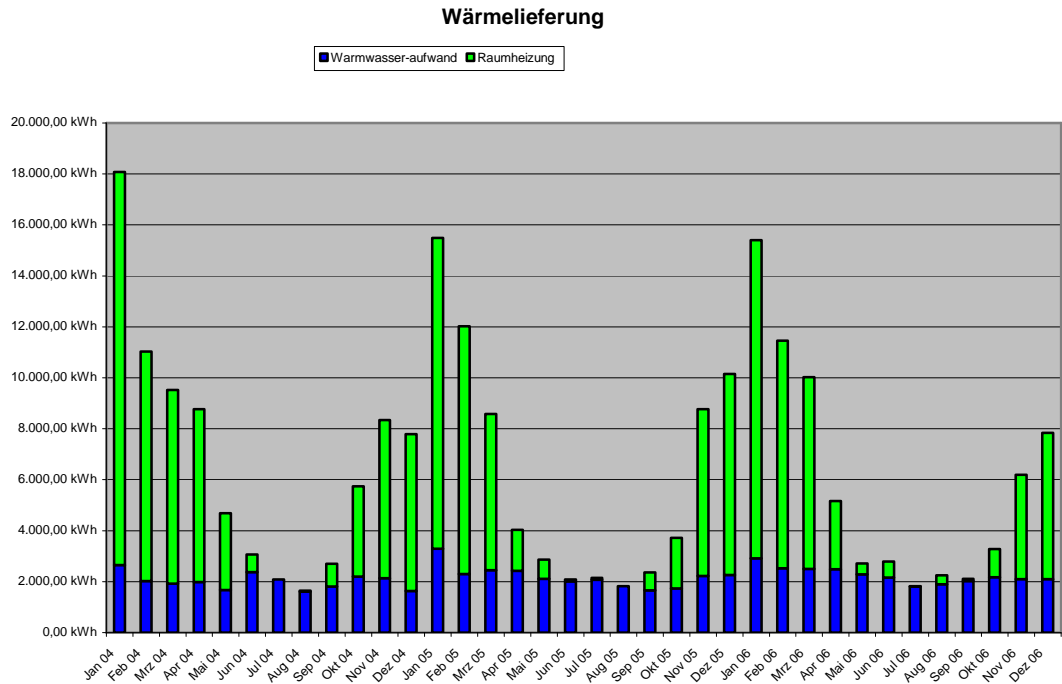


Abb. 5: Gesamte Wärmelieferung für Raumheizung und Warmwasser (incl. Zirkulationsverluste)

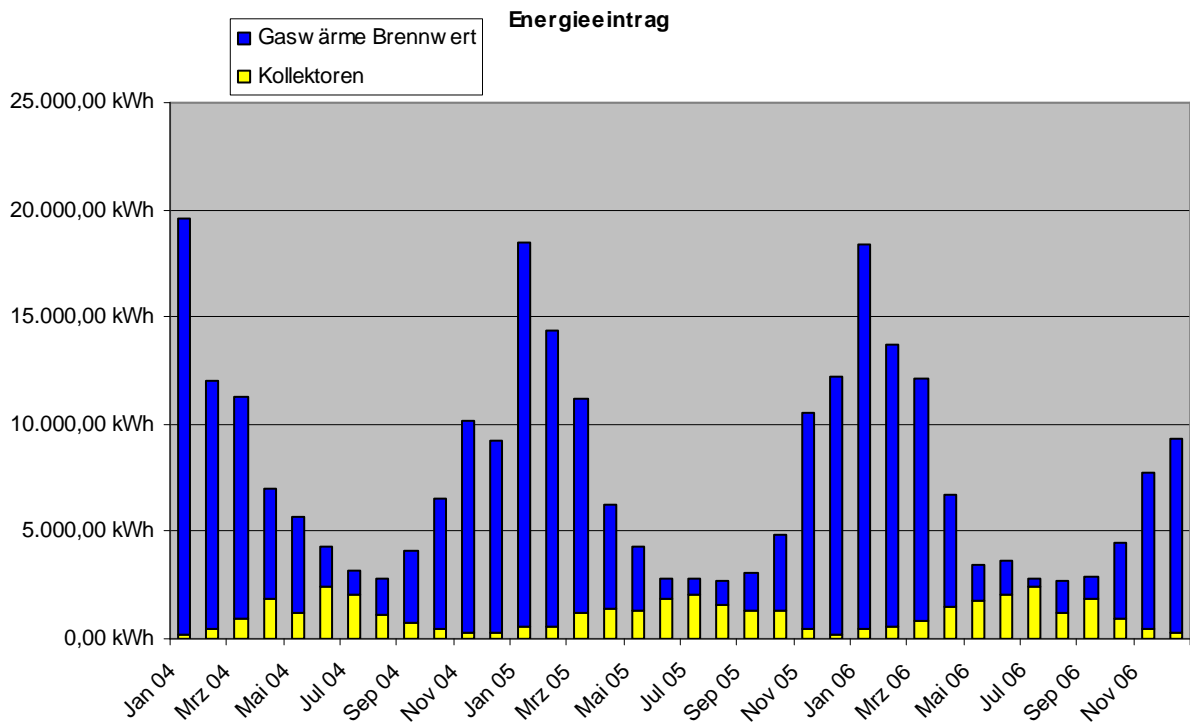


Abb. 6: Solaranteil am gesamten Endenergieverbrauch (Wärme)

Warmwasseraufwand

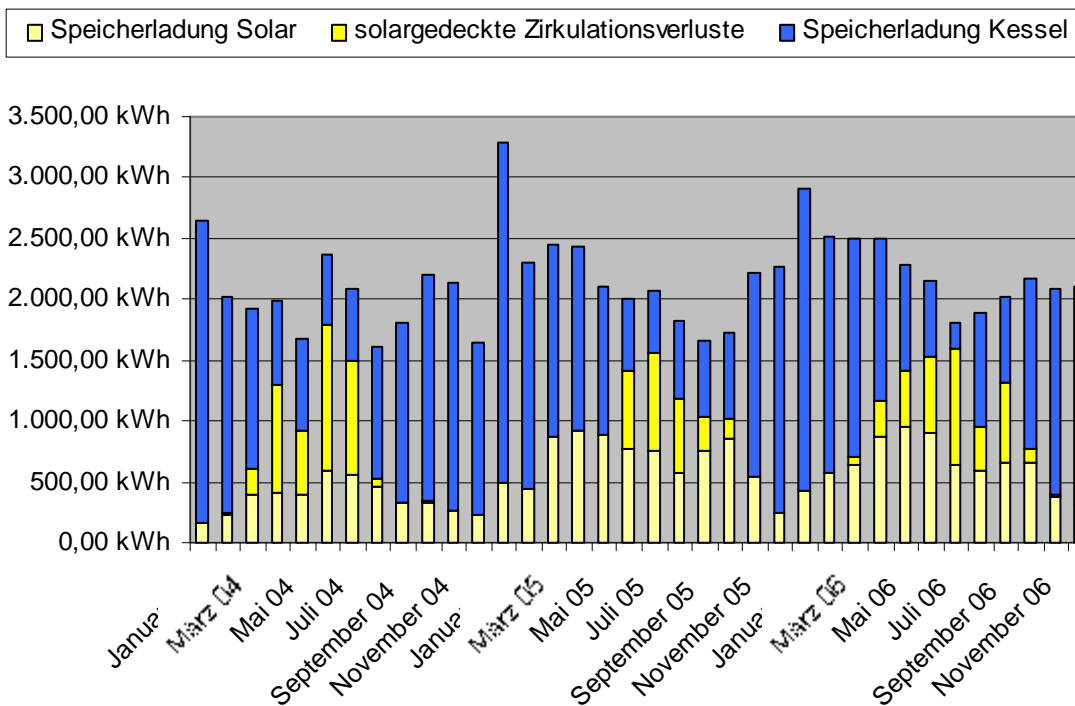


Abb. 7 : Aufteilung des Energieverbrauchs (Wärme) für Warmwasser

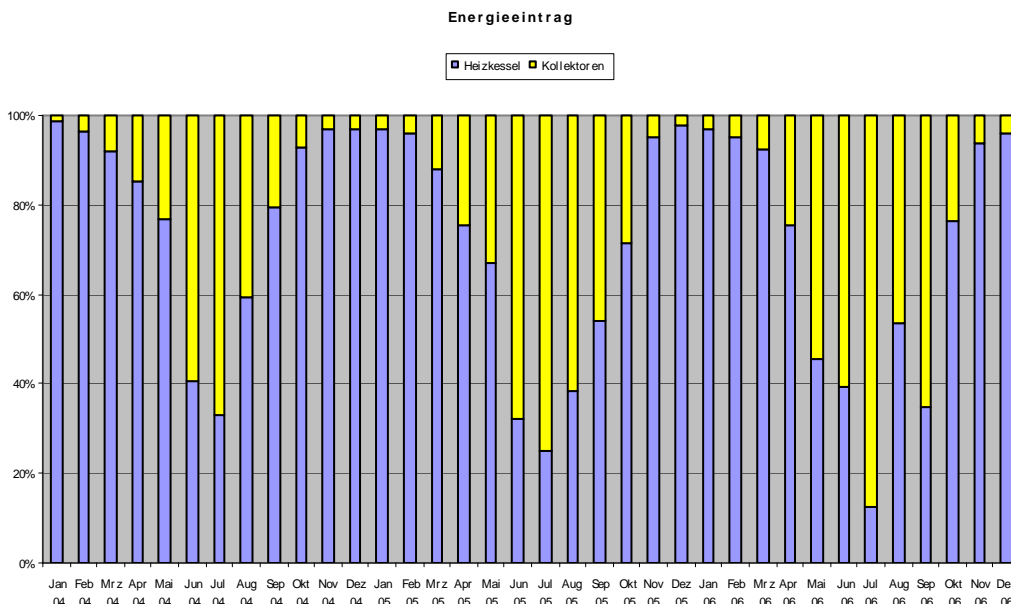


Abb. 8. : Relativer Solardeckungsanteil am Wärmeverbrauch für Warmwasser

4.3 Bewertung der Messergebnisse

Nach der Optimierungsphase im Jahr 2004 liefert die Solaranlage seit 2005 jetzt den maximal möglichen Ertrag für die alleinige Warmwasserbereitstellung: 11.150 – 11.300 kWh/a. Dies sind 41 – 43 % der gesamten notwendigen Wärmemenge für die Warmwasserbereitung bzw. 15 bis 16,5 % der gesamten Wärmemenge für Heizung und Warmwasser.

Der Anteil der Solarthermie an der direkten Nutzwärme für die Warmwasserbereitung beträgt im Jahresdurchschnitt 54 %. Bei der notwendigen Wärme für die Zirkulationsverluste beträgt der Anteil der Solarwärme im Durchschnitt 28 %.

Direkt nach der Zuleitung der Solarkollektoren, bzw. vor den Pufferspeichern, misst ein Wärmemengenzähler die direkt gelieferte Solarwärme. Aus der Differenz zur gesamt genutzten Solarwärme lässt sich der Pufferspeicherverlust bestimmen. Die Erfahrungen der letzten beiden Jahre zeigen einen Pufferspeicherverlust von rd. 20 %. Der Pufferspeicherverlust von 20 % ist durch solare Überschüsse in den Sommermonaten begründet, da in dieser Zeit Temperaturen von bis zu 100 °C in den Speichern auftreten.

In den Sommermonaten werden bis 75 % der gesamten notwendigen Wärmemenge für die Warmwasserbereitung geliefert.

Insbesondere im Frühjahr und in den Sommermonaten trägt die Solaranlage zur Deckung der Zirkulationsverluste erheblich bei: mit 45 bis 55 % der bereitgestellten Solarwärmemengen. Im Jahresdurchschnitt werden 30 % der gelieferten Solarwärme für die Zirkulationsverluste bereitgestellt.

Pro Wohneinheit lassen sich 620 – 630 kWh an solarer Wärmemenge verwerten. Bei einem Wirkungsgrad des Erdgaskessels von 0,87 (oberer Heizwert, Brennwert) ergeben sich somit 720 kWh je Jahr und Wohneinheit an eingespartem Erdgas.

In einem GEWOBAU-Wohngebäude in der Fließbachstraße wird ebenfalls eine Solarkollektoranlage, jedoch mit einem Trinkwasserspeicher, betrieben. Jedoch ist dort der jährliche Warmwasserbedarf mit 23 m³/Wohneinheit weitaus höher als in der Ritterstraße mit 14 m³/Wohneinheit. Zur Vergleichbarkeit der verwerteten Solarwärme wird daher der Ertrag auf den Warmwasserbedarf bezogen:

- Ritterstraße: 44 – 46 kWh/m³
- Fließbachstraße 22-25 kWh/m³

Der solare Ertrag beim Gebäude der Ritterstraße ist deutlich höher als bei der Fließbachstraße. Dies zeigt sich auch daran, dass bezogen auf die gesamte notwendige Warmwassermenge die Solaranlage „Ritterstraße“ 41 – 43 % bereitstellt, gegenüber nur 23 % bei der Solaranlage Fließbachstraße.

Maßnahmen zur Wirkungsgradsteigerung

Bei Einbindung der Solarwärme aus den Pufferspeichern in den Heizkreis des Mehrfamilienhauses kann in der Übergangszeit zusätzliche Solarwärme abgegeben werden.

Simulationsrechnungen zeigen, dass hierdurch 25 % mehr Solarenergie dem Gesamtsystem zugeführt werden können, d. h. der Solarertrag könnte auf 20 %, bezogen auf die gesamte benötigte Wärme in dem Gebäude, gesteigert werden.

Erfahrungen für zukünftige Anlagen

Die Fläche der Solarkollektoren beim Gebäude Ritzerstraße beträgt 56 m^2 , d.h. rd. 3 m^2 je Wohneinheit. Geht man von dem durchschnittlichen jährlichen Warmwasserbedarf der GEWOBAU-Gebäude von $0,35 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{a}$ aus, d.h. bei den üblichen GEWOBAU-Gebäuden mit 18 Wohneinheiten $20 - 25 \text{ m}^3/\text{Wohneinheit}$, so könnte man mit etwa $2,2 \text{ m}^2$ Kollektorfläche je Wohneinheit auskommen. Hiermit wäre eine gewisse Kostenoptimierung möglich. Eine Heizungseinbindung ist zukünftig auf jeden Fall anzustreben.