



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
**Bundesamt für Energie BFE**

# **WARMWASSERVERSORGUNG GBZ 7 SANIERUNG MIT UMSTELLUNG AUF EIN DEZENTRALES SOLARES SYSTEM**

## **Schlussbericht**

Ausgearbeitet durch

**Alex Primas, Petra Karlström, Basler & Hofmann Ingenieure und Planer AG**

Forchstrasse 395, CH-8032 Zürich, [basler-hofmann@bhz.ch](mailto:basler-hofmann@bhz.ch), [www.bhz.ch](http://www.bhz.ch)

## **Impressum**

Datum: November 2007

**Im Auftrag des Bundesamt für Energie**, Pilot- & Demonstrationsprogramms Solarwärme

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen

Postadresse: CH-3003 Bern

Tel. +41 31 322 56 11, Fax +41 31 323 25 00

[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

BFE-Projektleiter: Bereichsleiter, [urs.wolfer@bfe.admin.ch](mailto:urs.wolfer@bfe.admin.ch)

Projektnummer: 100171; Vertrag Nr.: 150239

Bezugsort der Publikation: [www.energieforschung.ch](http://www.energieforschung.ch)

Für Inhalt und Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren des Berichts verantwortlich.

## Inhaltsverzeichnis

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| Zusammenfassung .....                                                           | 3  |
| 1. Ausgangslage .....                                                           | 4  |
| 1.1. Unterstützung .....                                                        | 4  |
| 2. Zielsetzung und Vorgehen .....                                               | 5  |
| 3. Untersuchungsmethodik .....                                                  | 5  |
| 3.1. Messtellen .....                                                           | 5  |
| 3.2. Bauetappen und Erfassungsperiode .....                                     | 6  |
| 3.3. Anlagen .....                                                              | 7  |
| 3.4. Anlagenfunktion .....                                                      | 9  |
| 4. Resultate .....                                                              | 9  |
| 4.1. Solarertrag in Periode Juni 2004 bis Juni 2007 .....                       | 9  |
| 4.2. Zusatzenergiebedarf und Verluste .....                                     | 12 |
| 4.3. Energieflüsse .....                                                        | 14 |
| 4.4. EnergieBedarf Der Warmwassererzeugung .....                                | 17 |
| 4.5. Einfluss der Gebäudehüllensanierung .....                                  | 19 |
| 4.5.1 Energiebedarf der Gesamtsiedlung .....                                    | 19 |
| 4.5.2 Einfluss auf die Warmwassererwärmung .....                                | 20 |
| 4.5.3 Heizwärmebedarf der Gebäude .....                                         | 21 |
| 5. Reduktion der CO <sub>2</sub> -Emissionen und des Primärenergiebedarfs ..... | 22 |
| 5.1. Warmwassererzeugung .....                                                  | 22 |
| 5.2. Gesamtenergiebedarf der Siedlung .....                                     | 22 |
| 6. Mängel .....                                                                 | 23 |
| 7. Umsetzungsarbeiten .....                                                     | 24 |
| 7.1. Informationstafel .....                                                    | 24 |
| 7.2. Weitere Aktionen .....                                                     | 25 |
| 8. Fazit und Ausblick .....                                                     | 25 |
| 8.1. Fazit der Erfolgskontrolle .....                                           | 25 |
| 8.2. Ausblick, weitere Optimierungen .....                                      | 25 |
| 9. Literaturverzeichnis .....                                                   | 26 |
| 10. Anhang .....                                                                | 27 |
| 10.1. Messresultate .....                                                       | 27 |
| 10.2. Anlagenschemas .....                                                      | 30 |
| 10.2.1 Gebäude mit Solaranlage .....                                            | 30 |
| 10.2.2 Gebäude ohne Solaranlage .....                                           | 30 |
| 10.2.3 Gebäude Drusbergstrasse 22 mit Heizzentrale .....                        | 31 |
| 11. Bilddokumentation Solaranlagen GBZ 7 .....                                  | 32 |
| 11.1. Gebäudesituation .....                                                    | 32 |
| 11.2. Anlagenbeschrieb .....                                                    | 33 |

## Zusammenfassung

### Ausgangslage

Die Siedlung der gemeinnützigen Wohnbaugenossenschaft Zürich 7 (GBZ 7) in Zürich Witikon besteht aus insgesamt 18 Liegenschaften an der Drusbergstrasse, Wasserstrasse und der Witikonstrasse. Im Zuge einer Gesamtsanierung wurde die zentrale Warmwasserversorgung auf ein dezentrales System mit solarer Vorwärmung umgestellt. Das eingesetzte System besteht aus einem Vorwärmespeicher (Solar) und einem zweiten Speicher als Bereitschaftsvolumen. Seit Sommer 2005 sind insgesamt 12 Solaranlagen installiert und in Betrieb.

### Ziel und Vorgehen

In der Erfolgskontrolle wurden die Energieflüsse der Warmwasserbereitstellung (Input, Output) erfasst um eine abgestützte Aussage über die Anlageneffizienz sowie die Effizienzsteigerung durch die Anlagensanierung zu erhalten. Dazu wurden Daten vor und nach der Sanierung erhoben, um die Effizienzsteigerung präzise quantifizieren zu können. In erster Priorität wurden die Messwerte der Heizzentrale erfasst, um zuverlässige Daten über den Gesamtenergiebedarf der Siedlung für das Warmwasser zu erhalten und um die Zirkulationsverluste der zentralen Warmwasserverteilung zu messen. In den neuen dezentralen Anlagen erfasst die Erfolgskontrolle die wichtigsten Betriebskennwerte der Solaranlage (Systemnutzungsgrad, Solarer Deckungsgrad, Energieanteile für el. Nachwärmung und aus Fernwärme).

### Resultate

Die neu installierten dezentralen Solaranlagen zeigen durchwegs hohe Solarerträge (über 500 kWh/m<sup>2</sup> a). Damit wurde im Mittel knapp 50% des Wärmebedarfs für das Warmwasser (inkl. Speicher- und Zirkulationsverluste) solar gedeckt. Der Anteil der fossilen Nachwärmung über die Heizgruppen liegt mit nur 8% unter den Erwartungen. Dadurch war der elektrische Nachwärmbedarf mit 42% höher als erwartet. Der Grund dafür liegt in den tieferen Vorlauftemperaturen, welche durch die gleichzeitige Sanierung der Gebäudehülle erreicht wurden. Dadurch wird die Nachwärmung über die Heizung stark eingeschränkt.

Wie erwartet wurden hohe Zirkulationsverluste in der bestehenden zentralen Warmwasserverteilung gemessen. Sie betragen 50-60% des Wärmebedarfs der Warmwassererzeugung. Innerhalb der Messperiode wurden diese Zirkulationsverluste durch die Dezentralisierung von 580 kWh pro Tag (April 2004) auf etwa 300 kWh pro Tag (seit Sommer 2006) reduziert.

Es zeigten sich überraschend grossen Unterschiede zwischen den einzelnen Gebäuden bei den Speicher- und Zirkulationsverlusten. Die Analyse der Daten zeigte einen deutlichen Zusammenhang zwischen dem spezifischen Warmwasserbedarf und den Verlusten. Bei einem Gebäude mit sehr tiefem Warmwasserbedarf (5.6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> Kollektor und Jahr) machten diese Verluste mehr als 60% aus. Dadurch wies diese Gebäude mit 127 kWh/m<sup>3</sup> einen sehr hohen spezifische Wärmebedarf für die Warmwassererzeugung auf. Demgegenüber sind die Zirkulations- und Speicherverluste in einer Anlage mit hohem Warmwasserbedarf (19.6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> Kollektor und Jahr) von untergeordneter Bedeutung (10%) und der spezifische Wärmebedarf pro m<sup>3</sup> Warmwasser mit 51 kWh/m<sup>3</sup> sehr tief.

Durch die Dezentralisierung konnte eine Energieeffizienzsteigerung von 27% erreicht werden. Durch die Solaranlagen wurde die benötigte externe Endenergie (Gas und Strom) pro m<sup>3</sup> Warmwasser um 48% reduziert. In absoluten Zahlen wurde der Anteil Solarwärme von etwa 35 MWh/a (vor der Sanierung) auf 155 MWh/a (Periode 2006-2007) erhöht. Die Wärmemenge aus fossilen Brennstoffen oder Strom dagegen konnte von etwa 555 MWh/a auf 326 MWh/a reduziert werden. Dadurch wurde eine Reduktion der benötigten nichterneuerbaren Primärenergie von 23% oder gut 150 MWh sowie eine Reduktion der Treibhausgasemissionen von 66 Tonnen pro Jahr oder 49% erreicht. Der Warmwasserbedarf stieg in derselben Zeit um gut 10% von 4360 m<sup>3</sup>/a auf 4890 m<sup>3</sup>/a.

Optimierungsbedarf besteht beim derzeit relativ hohen Stromverbrauch für die Nachwärmung des Warmwassers in der Heizperiode. Um diesen zu reduzieren sollen zukünftig die Heizgruppen in der Heizzentrale über eine Regulierung für 1-3 Zwangsladungen pro Tag auf etwa 65°C hochgefahren werden. Dadurch wird der Anteil der Nachladung über die Heizung stark erhöht und der Stromverbrauch entsprechend reduziert.

## 1. Ausgangslage

Die Siedlung der Wohnbaugenossenschaft GBZ 7 in Zürich Witikon besteht aus insgesamt 18 Liegenschaften an der Drusbergstrasse, Wasserstrasse und der Witikonerstrasse. Diese wurden bisher zentral mit Wärme für die Raumheizung und Warmwasser versorgt. Das bestehende Konzept der zentralen Warmwassererwärmung mit dem weitläufigen Fernleitungssystem und dem ganzjährig hohen Temperaturniveau von ca. 60°C, ergibt hohe Zirkulationsverluste. In Abbildung 1.1 ist die Gebäudesituation der Siedlung ersichtlich.

Zusammen mit der wärmetechnischen Sanierung<sup>1</sup> von 14 mehrheitlich 1930-1932 erstellten Gebäuden wurde eine Umstellung der zentralen Warmwasserversorgung auf eine dezentrale Lösung mit solarer Vorwärmung vorgenommen. Dadurch konnten die Zirkulationsverluste stark reduziert werden und ein bedeutender Teil des Warmwassers solar erwärmt werden.

Mit der messtechnischen Begleitung der Sanierung sollen die energietechnischen Vorteile dokumentiert und einer breiten Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden.

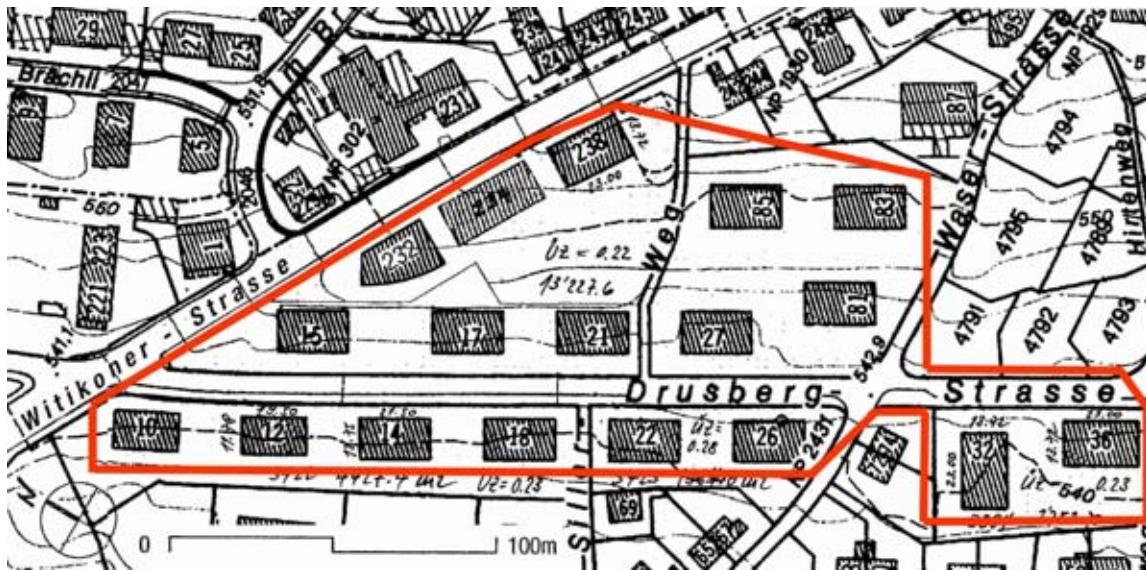


Abbildung 1.1 Situationsplan, Gebäude der Wohnbaugenossenschaft GBZ 7 in Zürich Witikon

### 1.1. UNTERSTÜTZUNG

Die Realisierung der Anlagen wurde unterstützt vom Bundesamt für Energie und dem ewz-Stromsparerfonds.

<sup>1</sup> Ohne Gebäude Drusbergstrasse 27 und Gebäude an der Wasserstrasse.

## 2. Zielsetzung und Vorgehen

Erneuerungsbedürftige Systeme mit zentraler Wärmeversorgung für Raumheizung und Warmwasser sind typisch für Siedlungen grosser Wohnbaugenossenschaften. Viele dieser aus den 50-er und 60-er stammenden Liegenschaften stehen in nächster Zeit vor einer Sanierung.

Dies war auch der Fall bei den in diesem Messprojekt untersuchten Gebäuden der gemeinnützigen Wohnbaugenossenschaft Zürich 7 (GBZ 7) in Zürich Witikon. Im Zuge einer Gesamtsanierung wurde hier eine Umstellung der zentralen Warmwasserversorgung auf ein dezentrales System mit solarer Vorwärmung vorgenommen.

Durch die Systemumstellung werden grosse Energieeinsparungen einerseits durch tiefere Zirkulationsverluste und andererseits durch die Nutzung von Solarwärme erwartet. Ziel dieses Projekts ist es, die erreichte Effizienzsteigerung gegenüber dem bisherigen System sowie das Betriebsverhalten und die Leistungskennwerte des neuen Anlagekonzepts zu untersuchen und zu dokumentieren. Insbesondere sind dies:

- Solarer Deckungsgrad (Erwartung 40-48%)
- Zusatzenergie in Form von Gas (Heizwärme) bzw. Elektrisch
- Höhe der Zirkulationsverluste des bisherigen zentralen Systems
- Höhe der Verluste im sanierten dezentralen System
- Einfluss der Gebäudesanierung auf die Nachheizung über die Heizwärme

## 3. Untersuchungsmethodik

### 3.1. MESSTELLEN

An den für eine Energiebilanz der gesamten Siedlung notwendigen Messstellen wurden Wärme- oder Elektrozähler installiert (siehe Schemas im Anhang). Es wurden folgende Messungen installiert:

- Wärmemessung Warmwasser; Kaltwassermenge am Eintritt des Vorwärmboilers.
- Elektrozähler für Elektroinsätze der Boiler sowie die Solarkreispumpe
- Wärmezähler für die Solaranlagen
- Wärmezähler für Warmwassernachladung ab Fernwärme sowie für die Heizwärme.

Abbildung 3.1 zeigt ein vereinfachtes Funktionsschema der Anlagen und den erwarteten Deckungsgraden. Weitere Funktionsschemas mit den Messstellen sind im Anhang zu finden.

- **Sommer (z.B. Juli)**  
80-90% Sonnenenergie  
10-20% Elektrisch
- **Winter (z.B. Dezember)**  
10% Sonnenenergie  
50% Elektrisch  
40% aus Heizzentrale
- **gesamtes Jahr**  
45% Sonnenenergie  
40% Elektrisch  
15% aus Heizzentrale

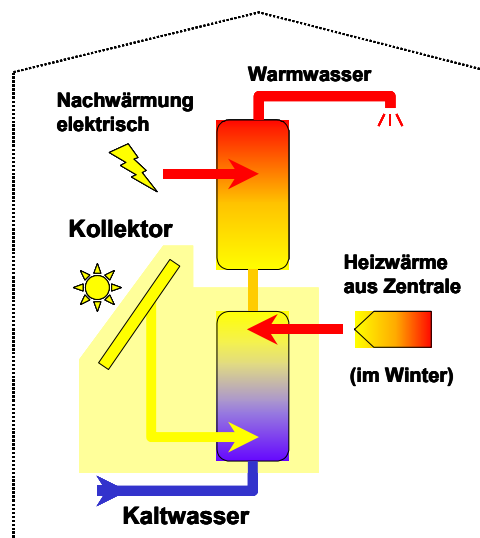


Abbildung 3.1 Vereinfachtes Funktionsschema der Warmwassererzeugung in den Gebäuden mit Solaranlage

Ziel der Messungen ist die Erfassung der Energieflüsse der Warmwasserbereitstellung um gut abgestützte Aussagen über die Anlageneffizienz sowie die Energiesubstitution dieser Anlagensanierung zu erhalten.

### 3.2. BAUETAPPEN UND ERFASSUNGSPERIODE

Um die Effizienzsteigerung quantifizieren zu können, war es notwendig die Daten vor und nach der Sanierung zu erheben. Daher wurden die Messdaten bereits während den verschiedenen Bauetappen erhoben (Bauperiode 2003-2005; Messperiode 2004-2007). Die Solarerträge sowie der Strom- und Wärmebedarf für das Warmwasser wurden erfasst sobald die jeweilige Solaranlage in Betrieb genommen wurde. Insgesamt wurden die Daten von 12 Solaranlagen erfasst und ausgewertet. Eine Zusammenstellung der Kenndaten der Anlagen ist in Tabelle 3.1 dargestellt. Abbildung 3.2 zeigt die Entwicklung der installierten Kollektorfläche über die Zeit. Innerhalb der gut dreijährigen Messperiode standen Messdaten aus 1 ½ Jahren mit Betrieb aller 12 Anlagen für die Auswertung zur Verfügung.

Die Messdaten (Solarertrag, Fernwärme, Elektrisch, Warmwasserproduktion) wurden in über insgesamt 3 Jahre monatlich erfasst (März 2004 – Juni 2007). Die Auswertung erfolgte zusammen mit den zugehörigen Meteodaten.

Tabelle 3.1 Übersicht über die Solaranlagen der Baugenossenschaft GBZ 7

|                     | Gebäude                           | Kollektorfläche          | Ausrichtung* | Neigung | Inbetriebnahme |
|---------------------|-----------------------------------|--------------------------|--------------|---------|----------------|
| Bestehend           | Heizzentrale (Drusbergstrasse 22) | 48.0 m <sup>2</sup>      | 60° W        | 45°     | März 1999      |
|                     | Witikonerstrasse 234              | 15.6 m <sup>2</sup>      | 30° W        | 30°     | April 1999     |
|                     | Drusbergstrasse 32                | 24.8 m <sup>2</sup>      | 30° O        | 45°     | Juli 2002      |
|                     | Drusbergstrasse 36                | 24.8 m <sup>2</sup>      | 60° W        | 45°     | Juli 2002      |
| Erstellt 2003/ 2004 | Drusbergstrasse 14                | 22.5 m <sup>2</sup>      | 60° W        | 45°     | Sept. 2003     |
|                     | Drusbergstrasse 17                | 22.5 m <sup>2</sup>      | 60° W        | 45°     | Okt. 2004      |
|                     | Drusbergstrasse 21                | 22.5 m <sup>2</sup>      | 60° W        | 45°     | Okt. 2004      |
|                     | Witikonerstrasse 232              | 12.0 m <sup>2</sup>      | 30° W        | 30°     | Okt. 2004      |
|                     | Witikonerstrasse 238              | 25.0 m <sup>2</sup>      | 30° W        | 45°     | Okt. 2004      |
| Erstellt 2005       | Drusbergstrasse 10                | 17.5 m <sup>2</sup>      | 60° W        | 45°     | Sept. 2005     |
|                     | Drusbergstrasse 12                | 17.5 m <sup>2</sup>      | 60° W        | 45°     | Sept. 2005     |
|                     | Drusbergstrasse 15                | 17.5 m <sup>2</sup>      | 60° W        | 45°     | Sept. 2005     |
| <b>Alle Anlagen</b> | <b>12 Gebäude mit Solaranlage</b> | <b>275 m<sup>2</sup></b> |              |         |                |

\*) Ausrichtung als Abweichung von Süden angegeben

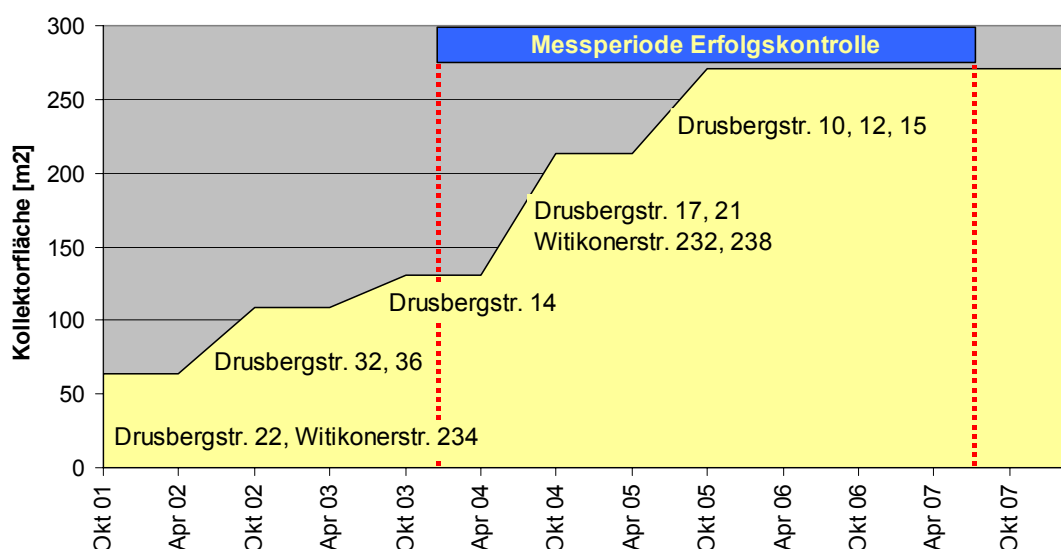


Abbildung 3.2 Veränderung der Kollektorfläche innerhalb der Messperiode der Erfolgskontrolle

### 3.3. ANLAGEN

Abbildung 3.3 und Abbildung 3.4 zeigen eine der Anlagen mit 22.5 m<sup>2</sup> Kollektorfläche (9 Kollektormodule) und zwei Speichern. In einer der Anlagen (Witikonerstr. 232) wurde aus Platzgründen ein System mit nur einem Speicher eingesetzt. Ebenfalls mit nur einem Speicher (System „Rossnagel“) wird die seit 1999 bestehende Anlage im Gebäude Witikonerstr. 234 betrieben (Abbildung 3.5). Abbildung 3.6 zeigt die seit 1999 bestehende Anlage auf dem Dach der Heizzentrale. Eine Dokumentation aller Anlagen ist im Anhang zu finden.



Abbildung 3.3 Solaranlage des Gebäudes Drusbergstrasse 14, Ansicht von Süden



Abbildung 3.4 Solarspeicher (links); Bereitschaftsspeicher (rechts) der Anlage im Gebäude Drusbergstrasse 17



Abbildung 3.5 Solaranlage des Gebäudes Witikonerstrasse 234, Ansicht von Südosten



Abbildung 3.6 Solaranlage auf dem Gebäude der Heizzentrale, Drusbergstrasse 22, Ansicht von Südwesten

### 3.4. ANLAGENFUNKTION

Durch die Umstellung der zentralen Warmwasserversorgung auf ein dezentrales System mit solarer Vorwärmung werden die Zirkulationsverluste der Warmwasserversorgung stark reduziert. Zudem wird ein bedeutender Teil des Warmwassers solar erwärmt. Die Nachladung der dezentralen Warmwasserspeicher erfolgt mit der Heizungsfernwärme und ergänzend elektrisch. Das eingesetzte System besteht bei 22.5 m<sup>2</sup> Kollektorfläche aus einem 850 l grossen Vorwärmerspeicher (solar) und einem Bereitschaftsvolumen von 850 l (siehe Schema in Abbildung 3.7 und im Anhang). Die Solarwärme wird nur über einen Wärmetauscher am Boden des Vorwärmervolumens eingebracht. Das System besitzt zudem eine Umschichtpumpe, welche bei hohen Solarerträgen (höhere Temperatur im Vorwärmerspeicher als im Bereitschaftsspeicher) die Ladung des Bereitschaftsspeichers mit Solarwärme sicherstellt.

In den Sommermonaten wird aufgrund der hohen Solarerträge ein hoher Deckungsgrad durch die Solaranlage erwartet. Reicht der Solarertrag nicht aus, so wird das Warmwasser elektrisch nachgewärmt. Im Winter ist wenig Solarenergie verfügbar und die Wärme wird soweit wie möglich durch Wärme aus den Raumheizgruppen der Heizzentrale gedeckt. Steht nicht genügend Temperatur von der Heizung zur Verfügung wird ebenfalls elektrisch nachgewärmt. Durch die zeitgleich erfolgte Erneuerung der Gebäudehülle wurden die Vorlauftemperaturen der Heizung ebenfalls reduziert, was sich in einem erhöhten Strombedarf für die Nachwärmung niederschlägt. In Zukunft soll dieser Konflikt durch eine zeitgesteuerte Nachwärmung mit höheren Heizwärmeparametern entschärft werden (siehe Kapitel 8.2).

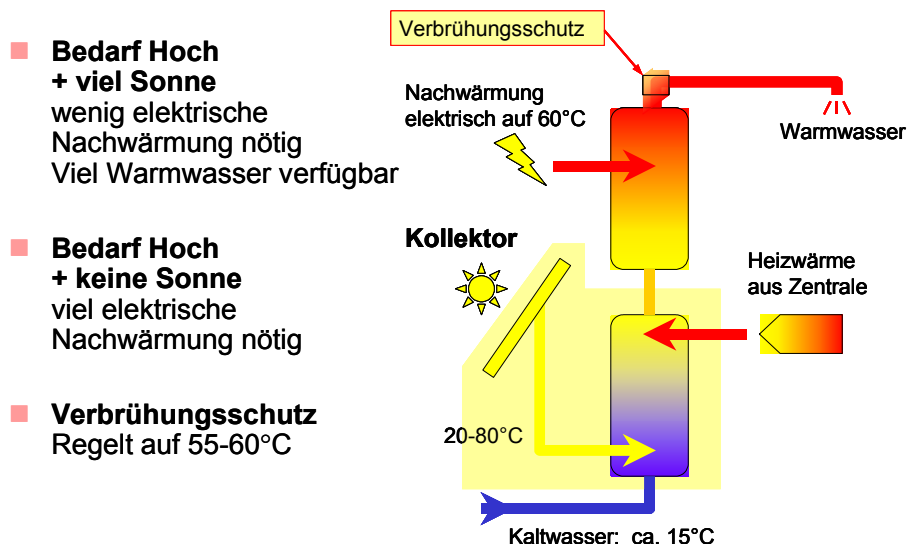


Abbildung 3.7 Temperaturverhältnisse und Energieträger der dezentralen Warmwassererzeugung

## 4. Resultate

### 4.1. SOLARERTRAG IN PERIODE JUNI 2004 BIS JUNI 2007

Für die Anlagen auf den Gebäuden Drusbergstrasse 14, 32 und 36 standen Daten über insgesamt drei Messjahre zur Verfügung. Für die später installierten Anlagen sind entsprechend nur für zwei komplette Jahre<sup>2</sup> Daten verfügbar. In der Messperiode 2006-2007 lagen die Erträge pro Quadratmeter Kollektorfläche im Mittel über alle Anlagen bei gut 560 kWh/m<sup>2</sup> a (siehe Abbildung 4.1). In diesem Jahr entsprach die Einstrahlung (Globalstrahlung) praktisch dem langjährigen Durchschnitt gemäss den Meteodaten<sup>3</sup>. Damit wurden 42-59% des Wärmebedarfs für das Warmwasser (inkl. Speicher- und Zirkulationsverluste) solar gedeckt.

Zum Vergleich sind in Abbildung 4.1 auch die Erträge der Anlage auf der Heizzentrale (Drusbergstrasse 22, Inbetriebnahme 1999) aufgetragen. Die deutlich tieferen Erträge in den Jahren 2004 bis 2006 sind auf einen verschmutzten Wärmetauscher im Solarkreis zurückzuführen. Nach dem Aus-

<sup>2</sup> Daten 2005-2006 für Anlagen Drusbergstr. 10, 12, 15 basierend auf Periode Aug. 2005 bis Aug. 2006.

<sup>3</sup> Basis Messstation Zürich SMA. Mittelwert: 1190 kWh/m<sup>2</sup>

tausches und Reinigung des Wärmetauschers wurden in der Messperiode 2006-2007 wieder ein plausibler spezifischer Ertrag von knapp 600 kWh/m<sup>2</sup> a gemessen.

Ebenfalls auffallend tiefe Erträge weist die Anlage Drusbergstr. 15 auf. Der Grund dafür liegt im tiefen Warmwasserbedarf im Gebäude. Wie in Abbildung 4.2 zu sehen ist, liegt der Warmwasserbedarf pro m<sup>2</sup> Kollektor um mehr als 50% tiefer als bei den übrigen Gebäuden.

Die bestehende Anlage an der Witikonerstrasse 234 (Inbetriebnahme 1999) wurde im Februar 2004 ebenfalls mit einer Messausrüstung versehen. Diese Anlage verfügt im Gegensatz zu den übrigen Anlagen über einen Kombispeicher. Die erfassten Messdaten zeigen einen etwa 10-20% tieferen Solarertrag als bei den übrigen dezentralen Anlagen.

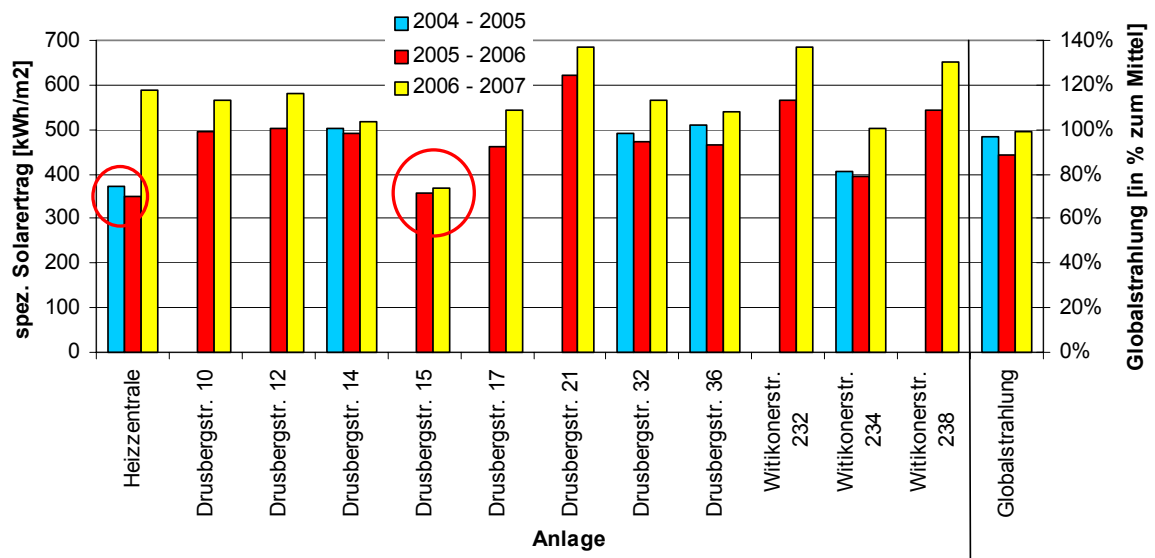


Abbildung 4.1 Solarerträge über drei Messjahre (Juni 2004 bis Juni 2007)

Durch die Dezentralisierung der Warmwassererzeugung sank der spezifische Warmwasserbedarf pro m<sup>2</sup> Kollektor für die Anlage auf dem Gebäude der Heizzentrale deutlich. Vor der Sanierung betrug der spezifische Warmwasserbedarf etwa 86 Kubikmeter pro m<sup>2</sup> Kollektor und Jahr. Wie Abbildung 4.2 zeigt ist dieser Wert auf 34 Kubikmeter pro m<sup>2</sup> Kollektor und Jahr gesunken, da nun nur noch 7 Gebäude über die Heizzentrale mit Warmwasser versorgt werden. Demgegenüber stieg der solare Deckungsgrad der Anlage von ca. 6% vor der Sanierung auf heute 13%.

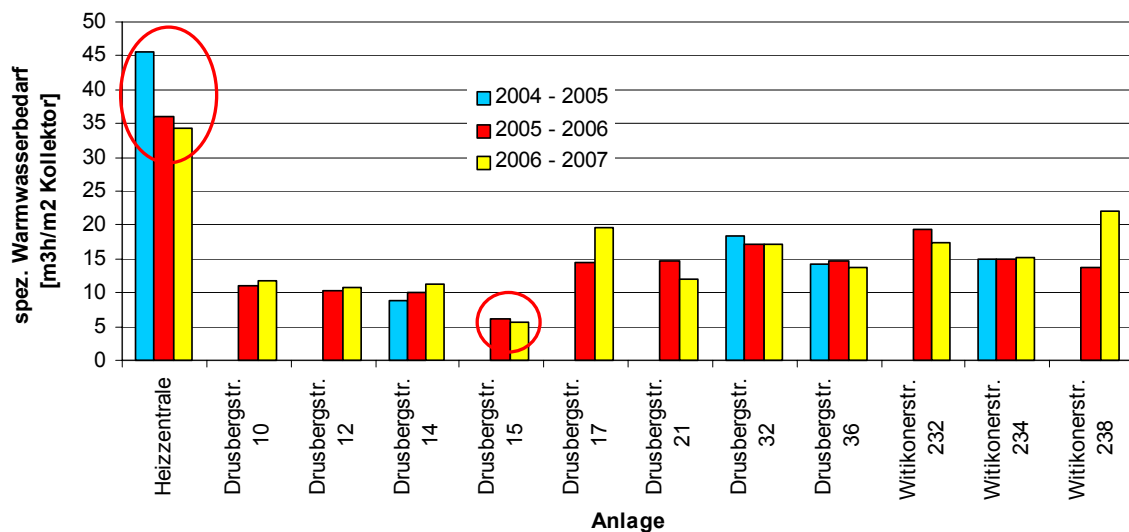


Abbildung 4.2 Spez. Warmwasserbedarf pro m<sup>2</sup> Kollektor über drei Messjahre (Juni 2004 bis Juni 2007)

Abbildung 4.3 zeigt die mittleren Solarerträge in den einzelnen Monate über die gesamte Messperiode. Die Fehlerbalken stellen dabei den Bereich der gemessenen Erträge der einzelnen Anlagen dar. Die grosse Streuung der spezifischen Erträge im August ist auf Ferienabwesenheiten zurückzuführen. Beim dadurch geringem Warmwasserbedarf sinkt der Solarertrag stark ab, da die Rücklauftemperatur im Solarkreis infolge des fehlenden Verbrauchs ansteigt. Da der Warmwasserbedarf im August zwischen den einzelnen Gebäuden stark variiert ist auch die Streuung der Solarerträge entsprechend hoch.

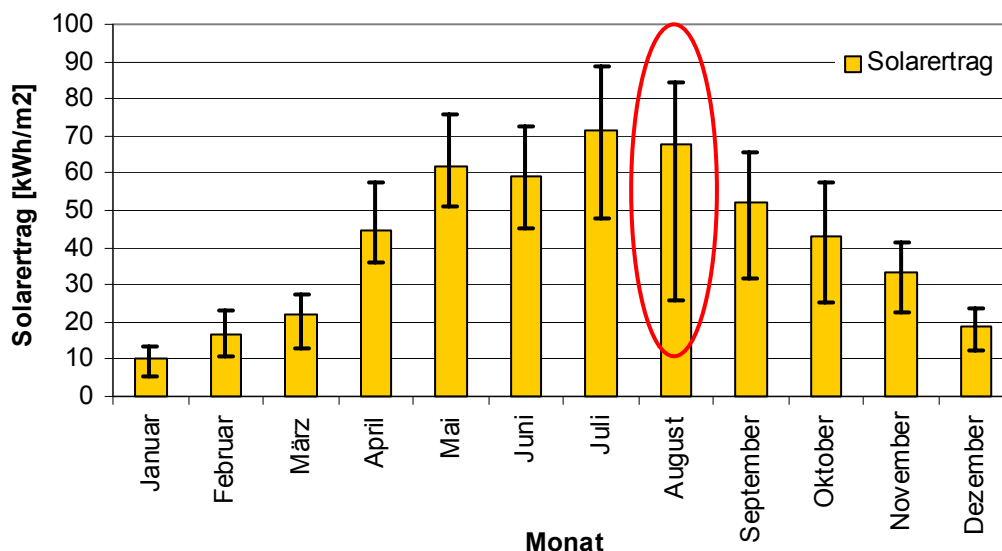


Abbildung 4.3 Mittlere Monatswerte der Solarerträge über die gesamte Messperiode (Juni 2004 bis Juni 2007)

Abbildung 4.4 zeigt den solaren Deckungsgrad<sup>4</sup> der verschiedenen Anlagen und Messperioden. In den Zahlen schlägt sich die in der Periode 2005/2006 gut 10% geringere Einstrahlung deutlich nieder. Der Einbruch bei der Anlage Drusbergstrasse 32 in der Periode 2004/2005 ist auf einen Stillstand infolge Überdruck im Solarkreis zurückzuführen (im September und Oktober 2004). Beim solaren Deckungsgrad der Anlage in der Heizzentrale zeigt sich wiederum die Verschmutzung des Wärmetauschers in den Daten der Periode 2004/2005 und 2005/2006.

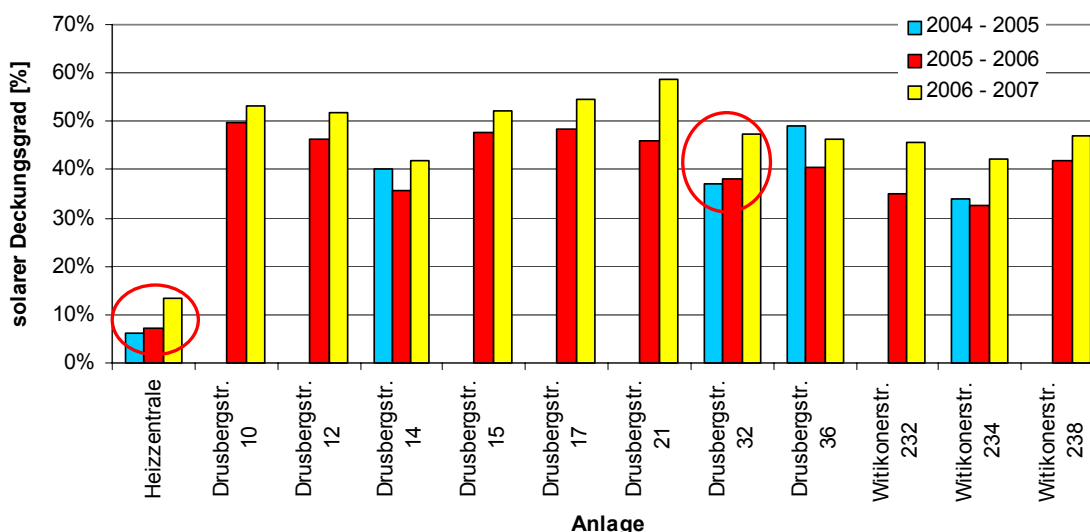


Abbildung 4.4 Solarer Deckungsgrad der Anlagen über drei Messjahre (Juni 2004 bis Juni 2007)

<sup>4</sup> Anteil des solaren Bruttoertrags Bezogen auf den gesamten Wärmebedarf für die Warmwassererzeugung (inkl. Speicher- und Zirkulationsverluste)

## 4.2. ZUSATZENERGIEBEDARF UND VERLUSTE

Ein wichtiger Punkt für die Beurteilung der Anlagenfunktion ist der Zusatzenergiebedarf. Bei den 11 dezentralen Anlagen wird in der Heizperiode mit Heizwärme aus der Heizzentrale sowie elektrisch nachgeheizt. Bei der Anlage in der Heizzentrale (Drusbergstrasse 22) wird direkt über den Heizkessel nachgeheizt. In Abbildung 4.5 sind die Anteile am gesamten Wärmebedarf der Warmwassererzeugung (inkl. Speicher- und Zirkulationsverluste) für die Periode 2006/2007 dargestellt. Es zeigt sich deutlich, dass der Anteil, welcher in den dezentralen Anlagen über die Heizwärme nachgeladen werden kann, relativ gering ist. Im Mittel werden in diesen Anlagen nur knapp 10% der Wärme über die Heizwärme erbracht. Daher ist der Anteil elektrischer Nachwärmung entsprechend hoch. Der Grund liegt in den durch die Sanierung der Gebäudehülle nun deutlich tieferen Vorlauftemperaturen der Heizwärme. Dadurch wird der Anteil der Nachwärmung über die Heizung stark eingeschränkt. In Zukunft soll dieser Konflikt durch eine zeitgesteuerte Nachwärmung mit höheren Temperaturen entschärft werden (siehe Kapitel 8.2).

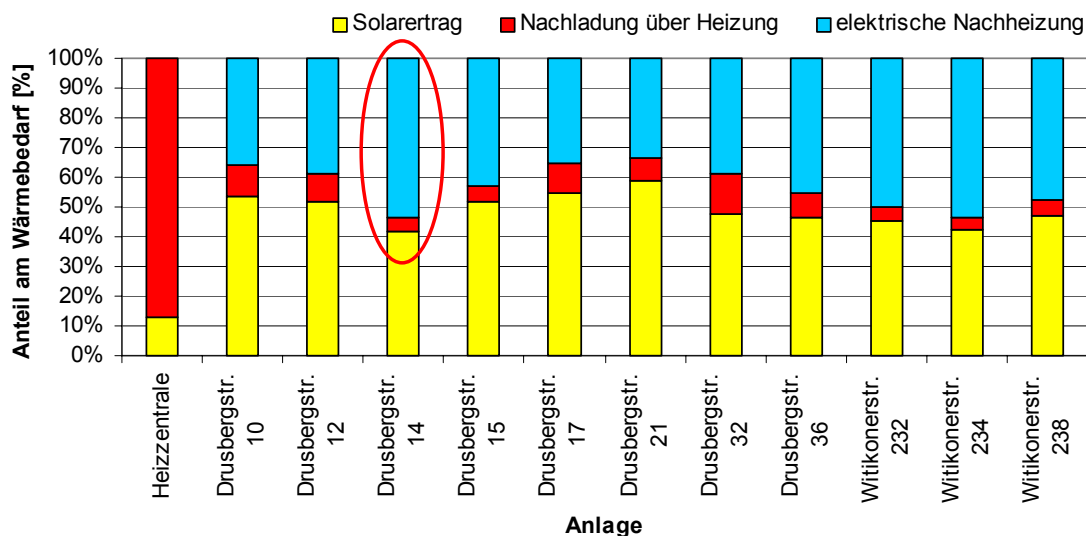


Abbildung 4.5 Anteile am Wärmebedarf für Warmwasser in den Anlagen für die Periode Juni 2006 bis Juni 2007

Der sehr hohe Anteil der elektrischen Nachwärmung bei der Anlage Drusbergstr. 14 ist auf den hohen spezifischen Wärmebedarf pro  $\text{m}^3$  Warmwasser zurückzuführen (Abbildung 4.6). Aufgrund des hohen Wärmebedarfs wurde zuerst eine Fehlfunktion des Verbrühungsschutzes vermutet. Dieser wurde anschliessend ersetzt und die Anlage auf weitere Fehlfunktionen (z.B. Speicherverluste) untersucht. Da keine Fehlfunktion festgestellt werden konnten, die Verluste aber weiterhin hoch sind wird vermutet, dass die Verluste durch die Zirkulationsleitungen verursacht werden.

In der Anlage Drusbergstr. 15 dagegen ist der hohe spezifische Wärmebedarf pro  $\text{m}^3$  Warmwasser vor allem auf den geringen Warmwasserbedarf im Gebäude zurückzuführen. Dadurch werden die Zirkulations- und Speicherverluste bestimmend für den Wärmebedarf. Genau das Gegenteil trifft für die Anlage Drusbergstr. 17 zu. Durch den hohen Warmwasserbedarf (3.5 mal höher als im Gebäude Drusbergstr. 15) sind die Zirkulations- und Speicherverluste hier von untergeordneter Bedeutung und der spezifische Wärmebedarf pro  $\text{m}^3$  Warmwasser sehr tief.

Abbildung 4.6 zeigt den Nutzungsgrad der Warmwassererzeugung<sup>5</sup> für die verschiedenen Anlagen sowie den spezifischen Wärmebedarf pro  $\text{m}^3$  Warmwasser.

<sup>5</sup> Wärmebezug für Warmwasser (Output) bezogen auf den Wärmeinput aus Solaranlage, Heizwärme und el. Nachwärmung

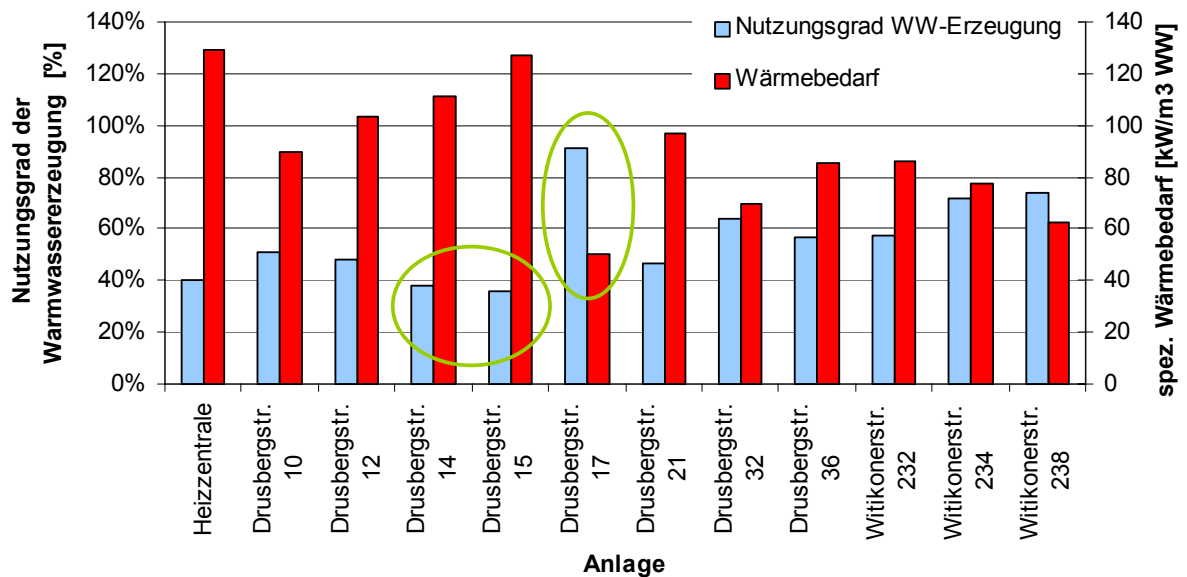
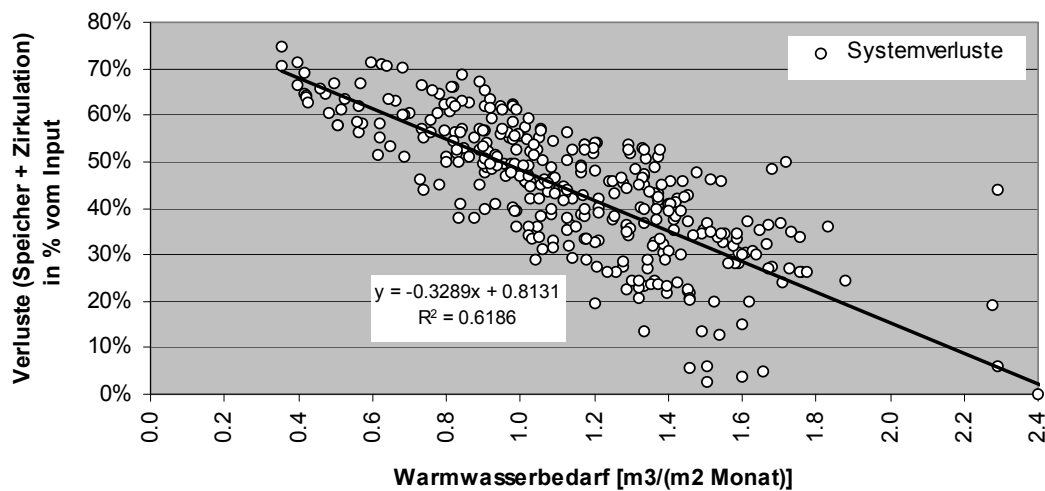


Abbildung 4.6 Nutzungsgrad der Warmwassererzeugung in den Anlagen für die Periode Juni 2006 bis Juni 2007

Aus den Daten der gesamten Messperiode (2004-2007) wurde in Abbildung 4.7 der Zusammenhang zwischen dem spezifischen Warmwasserbedarf (in m³ pro m² Kollektorfläche und Monat) und den Wärmeverlusten (Speicher und Zirkulationsverluste) für alle dezentralen Anlagen aufgetragen. Es zeigt sich, dass ein deutlicher Zusammenhang zwischen dem Warmwasserbedarf und den Verlusten besteht. Dadurch sind die grossen Unterschiede im Nutzungsgrad der Warmwassererzeugung in Abbildung 4.6 erklärbar.



Daten der dezentralen Anlagen zwischen Juni 2004 und Juni 2007

Speicher- und Zirkulationsverluste bezogen auf Warmwasserbedarf pro Monat und m² Kollektor

Abbildung 4.7 Korrelation zwischen Warmwasserbedarf und den Verlusten der Warmwassererzeugung

### 4.3. ENERGIEFLÜSSE

Im folgenden sind die Resultate für einzelne Anlagen als Energieflussdiagramme dargestellt. Darin werden die verschiedenen Energie- und Verlustanteile über die Messperiode 2006 / 2007 pro m<sup>3</sup> produziertes Warmwasser dargestellt.

Abbildung 4.8 zeigt den Energiefluss der Anlage in der Heizzentrale. Hier wird nach wie vor das Warmwasser für insgesamt 7 Gebäude produziert. Es zeigt sich, dass die solare Deckung mit etwa 13% des gesamten Wärmebedarfs<sup>6</sup> tief ist. Die Zirkulationsverluste durch das Warmwassernetz sind nach wie vor von grosser Bedeutung. Sie betragen knapp das anderthalbfache des effektiven Warmwasserbedarfs<sup>7</sup>. Allerdings sind diese Verluste in absoluten Zahlen deutlich tiefer als zu Beginn der Messperiode (siehe dazu Abbildung 4.16).

Werte in kWh pro m<sup>3</sup> Warmwasser

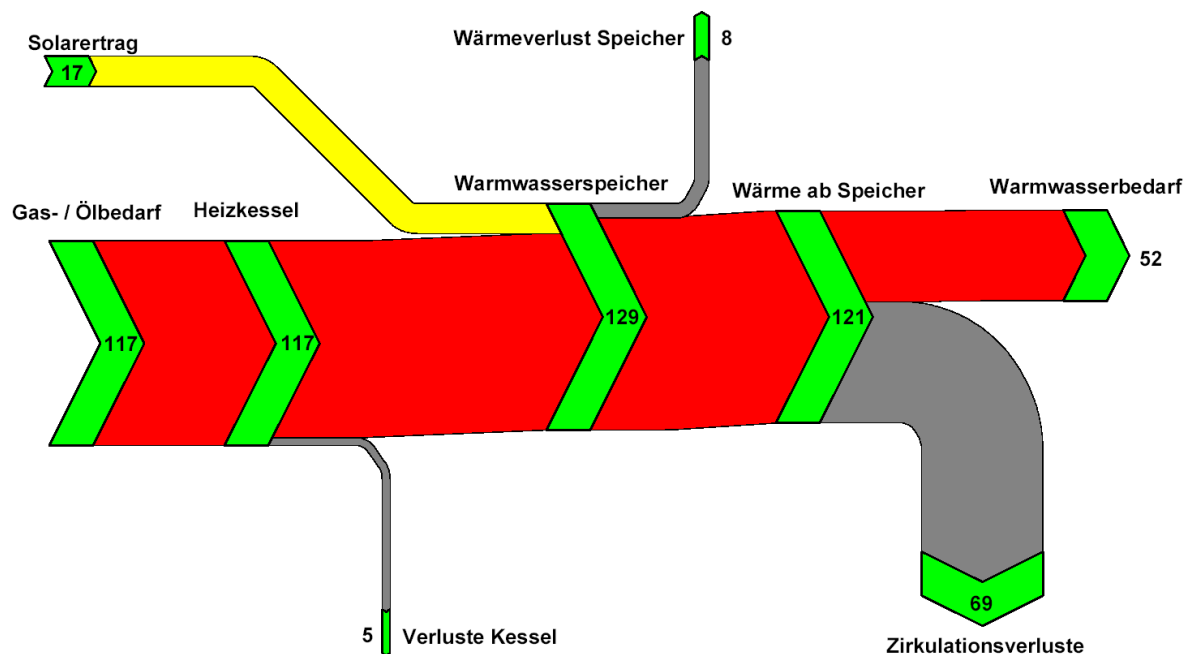


Abbildung 4.8 Energiefluss, Warmwasserproduktion in der Heizzentrale. Werte pro m<sup>3</sup> Warmwasser Mittelwert Periode Juni 2006 bis Juni 2007

Abbildung 4.9 zeigt den mittleren Energiefluss der Gebäude mit dezentraler solarer Warmwassererwärmung. Die dargestellten Daten stellen den Mittelwert über alle untersuchten Anlagen dar. Der solare Deckungsgrad liegt mit 49% im erwarteten Bereich. Die mittleren Zirkulations- und Speicherverluste sind mit 42% hoch. Der Warmwasserbedarf liegt im Mittel über alle Anlagen gut 20% unterhalb des für die Auslegung verwendeten Wertes. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Gebäuden sind jedoch mit Faktor 3.5 zwischen dem Gebäude mit dem geringsten und dem höchsten spezifischen Wasserbedarf sehr hoch. Der Anteil Nachwärmung über die Heizwärme ist mit 8% tief. Entsprechend hoch ist der Anteil der elektrischen Nachwärmung. Dieses Resultat ist auf die häufig tiefen Vorlauftemperaturen der Heizung zurückzuführen, wodurch oft keine Nachwärmung über die Heizwärme stattfinden kann.

<sup>6</sup> Gesamter Wärmebedarf beinhaltet auch Speicher- und Zirkulationsverluste.

<sup>7</sup> Der effektive Bedarf wird über den Kaltwasserbedarf und die Erwärmung gemessen.

Werte in kWh pro m<sup>3</sup> Warmwasser

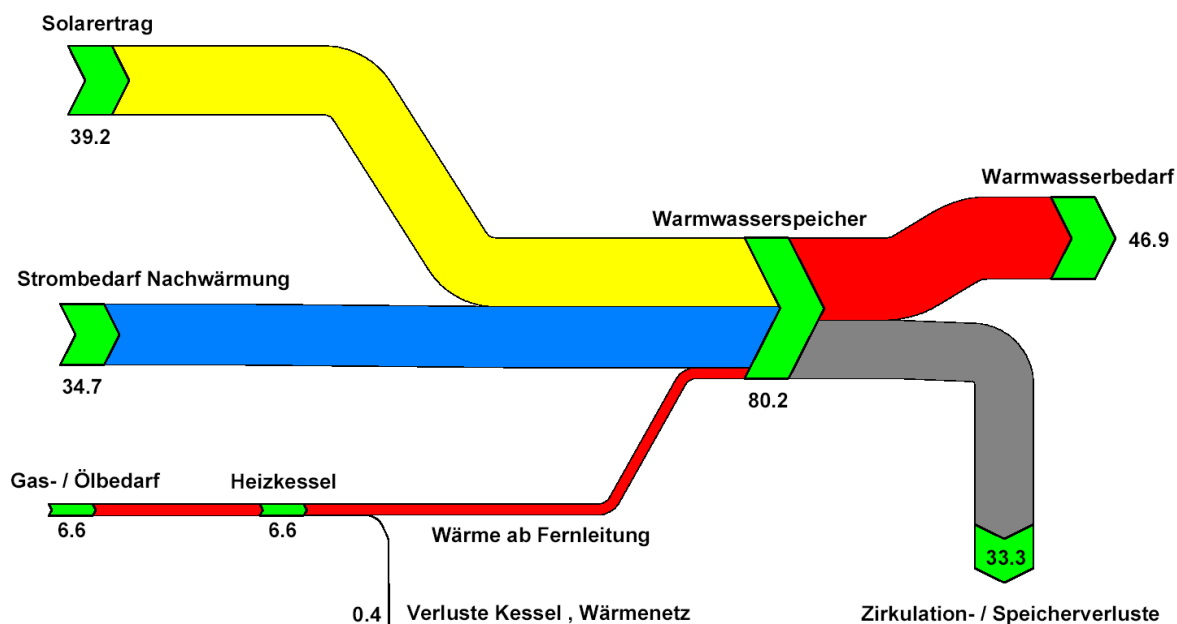


Abbildung 4.9 Energiefluss, Warmwasserproduktion, Mittelwert aller dezentralen Anlagen. Werte pro m<sup>3</sup> Warmwasser Mittelwert Periode Juni 2006 bis Juni 2007

Abbildung 4.10 zeigt den Energiefluss des Gebäudes Drusbergstrasse 15. Der solare Deckungsgrad ist hier mit 52% ebenfalls im erwarteten Bereich. In diesem Gebäude sind die Zirkulations- und Speicherverluste sehr hoch (64%). Der Warmwasserbedarf ist in diesem Gebäude durch eine geringe Belegung und den tiefen Verbrauch sehr niedrig, was zu hohen Zirkulationsverlusten führt. Die Verluste weisen absolut gesehen einen vergleichbaren Wert wie in den Gebäuden Drusbergstrasse 32 oder Drusbergstrasse 36 auf. Allerdings ist in diesen Gebäuden der Warmwasserbedarf etwa drei mal höher. Der Nachwärmanteil über Fernwärme ist mit 5% sehr tief. Entsprechend hoch ist der Anteil der elektrischen Nachwärmung.

Werte in kWh pro m<sup>3</sup> Warmwasser

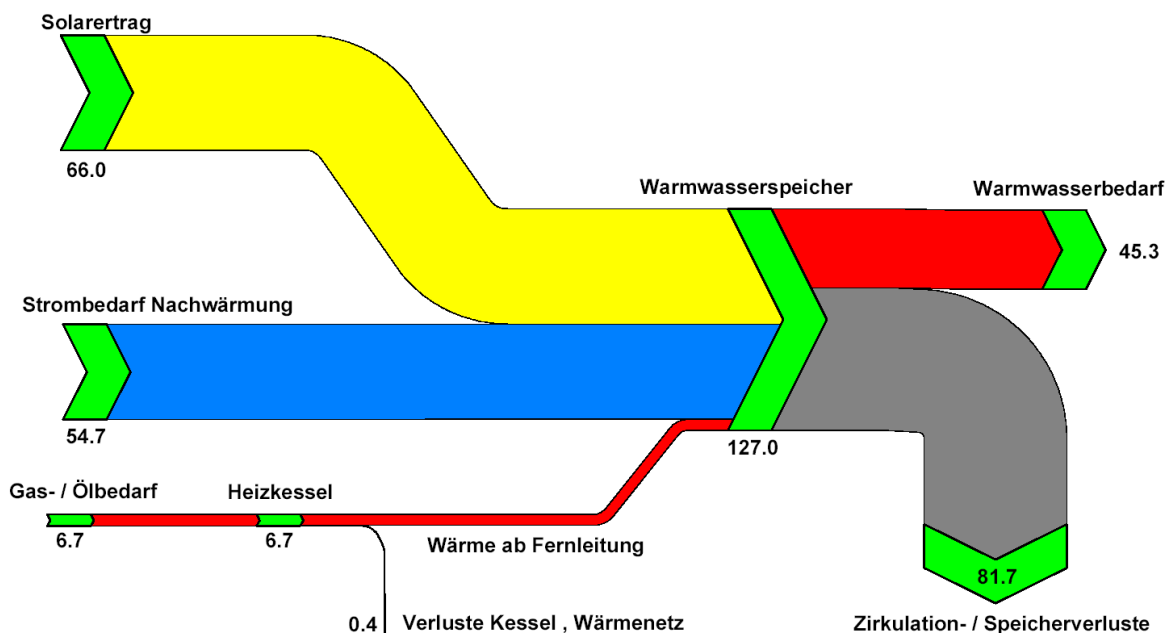


Abbildung 4.10 Energiefluss, Warmwasserproduktion im Gebäude Drusbergstrasse 15. Werte pro m<sup>3</sup> Warmwasser Mittelwert Periode Juni 2006 bis Juni 2007

Abbildung 4.11 zeigt den Energiefluss des Gebäudes Drusbergstrasse 17. Der solare Deckungsgrad ist hier mit 55% leicht höher als in der Anlage Drusbergstrasse 15. Die Zirkulations- und Speicherverluste sind jedoch in dieser Anlage sehr niedrig. Der Hauptgrund dafür dürfte die hohe Auslastung der Anlage durch den hohen Warmwasserbedarf sein, was zu geringen Zirkulationsverlusten führt. Zudem sind die Verluste auch absolut gesehen in diesem Gebäude viel tiefer. Bei der Beurteilung der Messdaten ist jedoch zu beachten, dass die Zirkulations- und Speicherverluste aus der Differenz mehrerer Messgrößen<sup>8</sup> berechnet wird und daher eine grössere Unsicherheit aufweist (min +/- 10% bis +/- 30%). Auch bei diesem Gebäude ist der Nachwärmanteil über Fernwärme mit 10% tiefer als erwartet, aber deutlich höher als in der Anlage in Drusbergstrasse 15.

Werte in kWh pro m<sup>3</sup> Warmwasser

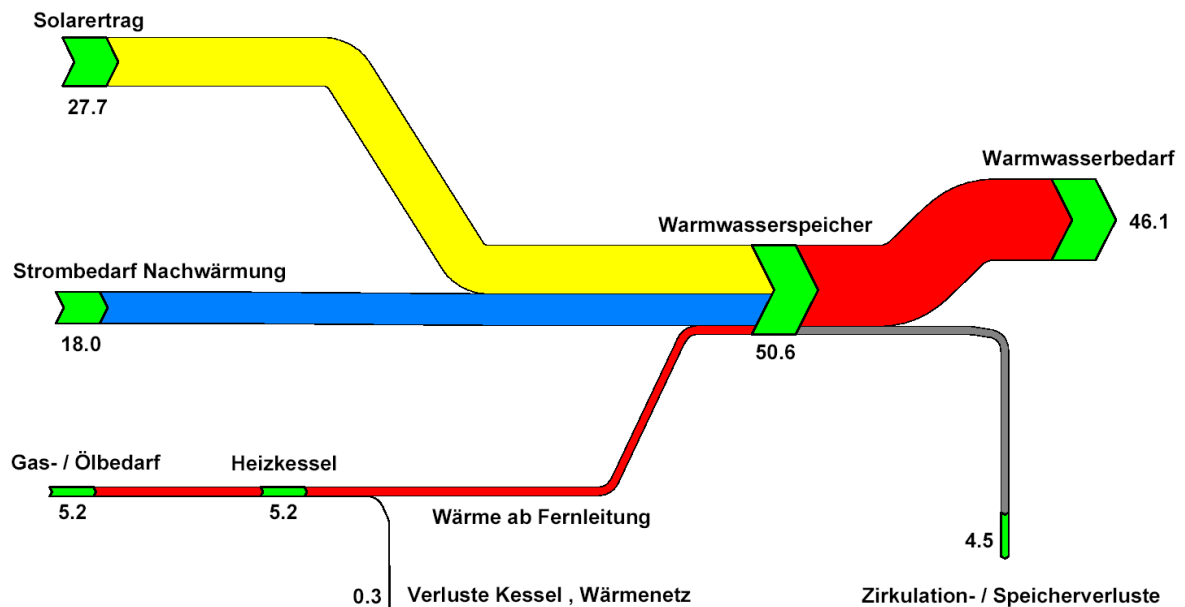


Abbildung 4.11 Energiefluss, Warmwasserproduktion im Gebäude Drusbergstrasse 17. Werte pro m<sup>3</sup> Warmwasser Mittelwert Periode Juni 2006 bis Juni 2007

<sup>8</sup> Solarertrag + Strombedarf Nachwärmung + Wärme ab Fernleitung - Warmwasserbedarf

#### 4.4. ENERGIEBEDARF DER WARMWASSERERZEUGUNG

Seit Sommer 2005 sind total 12 Solaranlagen in Betrieb. Wie in Abbildung 4.12 ersichtlich, wurde dadurch der Anteil Solarwärme von etwa 35 MWh/a (vor der Sanierung) auf 155 MWh/a (Periode 2006-2007) erhöht. Der Energiebedarf für fossile Brennstoffen oder Strom wurde dagegen von etwa 555 MWh/a (vor der Sanierung) auf 326 MWh/a (Periode 2006-2007) reduziert. Der Warmwasserbedarf stieg in derselben Zeit um gut 10% von 4360 m<sup>3</sup>/a (vor der Sanierung) auf 4890 m<sup>3</sup>/a (Periode 2006-2007).

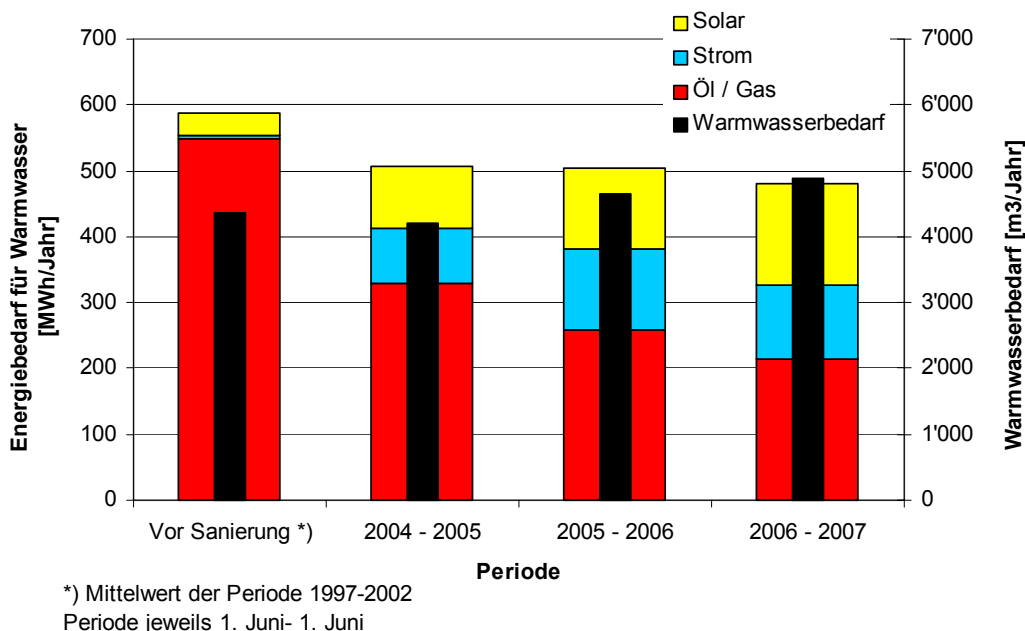
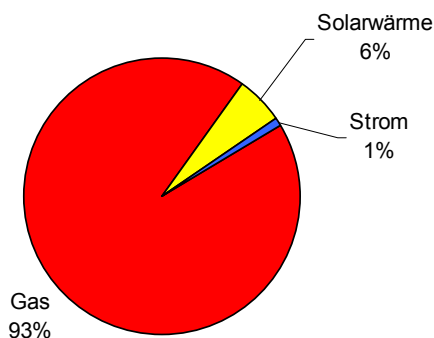


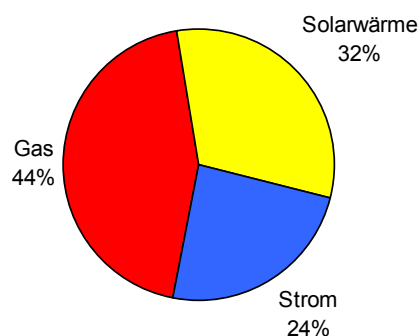
Abbildung 4.12 Entwicklung des Energiebedarfs für die Warmwassererzeugung

Der Anteil Solarwärme am Energiebedarf für das Warmwassers stieg durch die dezentralen Solaranlagen von 6% auf 32%, während der Wärmeanteil aus Gas von 93% auf 44% reduziert wurde. Durch die, in den dezentralen Anlagen notwendige elektrische Nachwärmung stieg der Stromanteil von 1% auf knapp 24%.

vor Sanierung (1997 bis 2002)



nach Sanierung (2006 bis 2007)



vor Sanierung: Periode 1.6.1997 bis 1.6.2002  
nach Sanierung: Periode 1.6.2006 bis 1.6.2007

Abbildung 4.13 Veränderung des Energiebedarfs der Warmwassererzeugung vor und nach der Sanierung

Betrachtet man die Veränderungen des Energiebedarfs bezogen auf die produzierte Warmwassermenge, so zeigt sich eine Verbesserung der Effizienz der Warmwasserversorgung von 27% durch die neuen dezentralen Anlagen (Abbildung 4.14). Insbesondere die Verteilverluste sind massiv gesunken

(Abbildung 4.15). Andererseits sind durch die neuen dezentralen Speicher höhere Speicherverluste vorhanden. Insgesamt wurde eine Effizienzsteigerung von 27% erzielt. Durch den stark erhöhten Anteil solarer Wärme ist die benötigte externe Endenergie (Gas und Strom) um 48% reduziert worden.

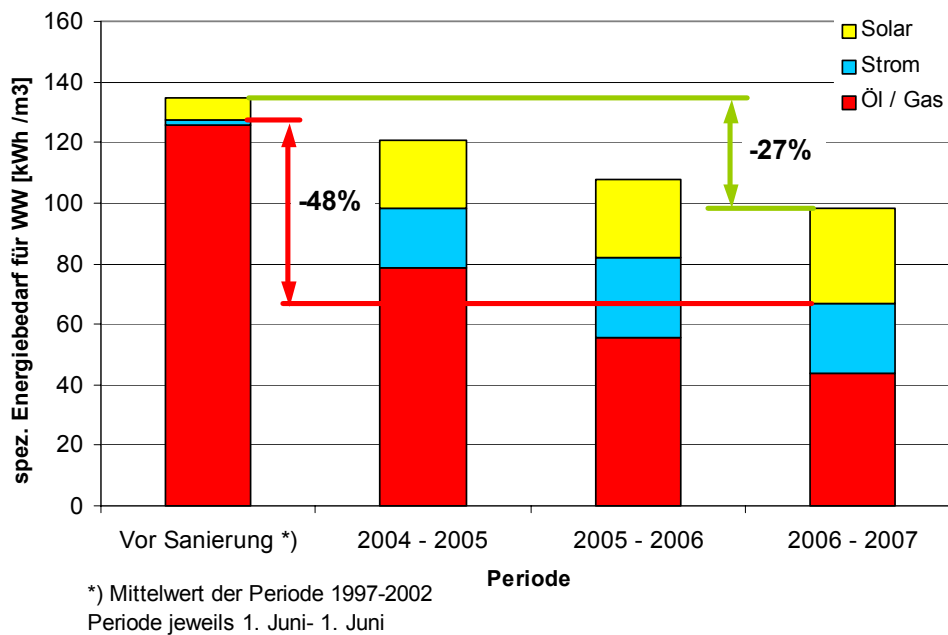


Abbildung 4.14 Veränderung des spezifischen Energiebedarfs der Warmwassererzeugung vor und nach der Sanierung

Abbildung 4.15 zeigt die Anteile am Gasverbrauch für die Warmwassererzeugung. Durch die starke Reduktion des weitläufigen zentralen Warmwassernetzes wurden die Zirkulationsverluste stark reduziert. Zwischen der Periode 2004 / 2005 (10 Gebäude zentral versorgt) und der Periode 2006 / 2007 (7 Gebäude zentral versorgt) wurden die Verluste um 44% reduziert.

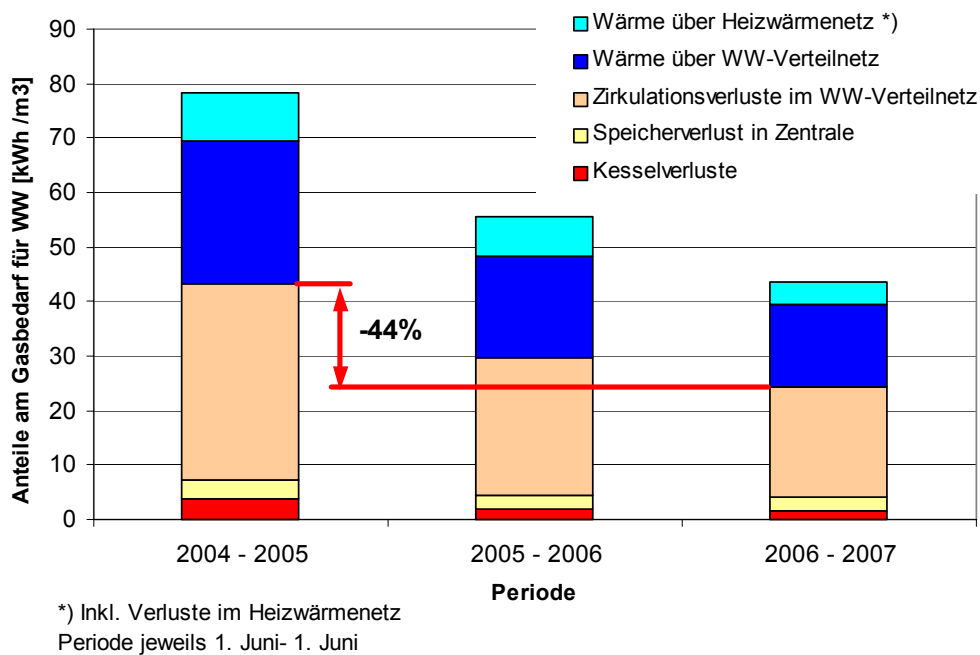


Abbildung 4.15 Gasbedarf für die Warmwassererzeugung, Verbrauchsanteile

Wie Abbildung 4.16 zeigt wurden die Zirkulationsverluste von 580 kWh pro Tag (April 2004) auf etwa 300 kWh pro Tag (seit Sommer 2006) reduziert. Dabei sind die Zirkulationsverluste primär durch die kürzere Netzlänge und die damit auch geringere Wassermenge zurückgegangen. Die relativen Zirkulationsverluste bei den zentral versorgten Gebäude sind über die Messperiode bei 50% bis 60% konstant geblieben. Die saisonalen Schwankungen der relativen Verluste hängen mit dem im Sommer geringeren Warmwasserbedarf zusammen. Dies führt zu höheren relativen Verlusten (in %) im Sommer.

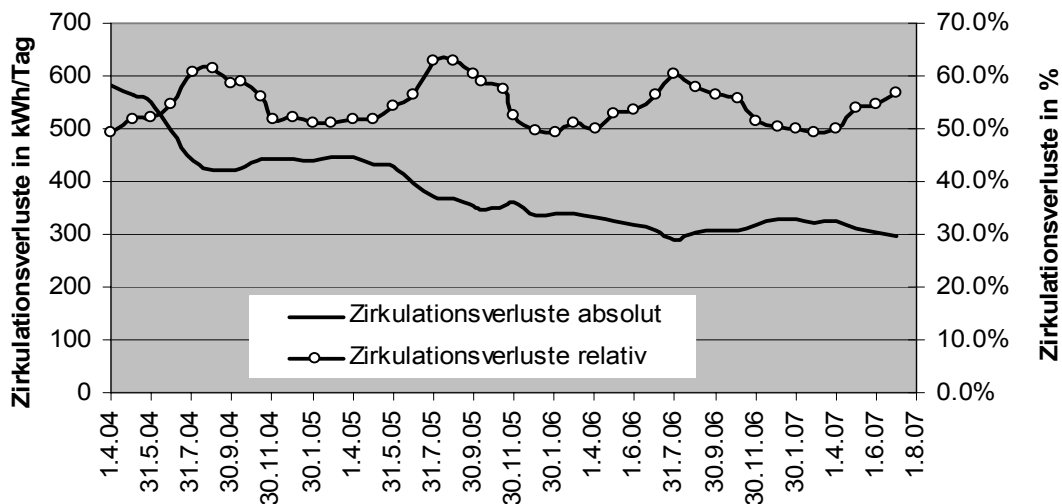


Abbildung 4.16 Entwicklung der Zirkulationsverluste der zentralen Warmwassererzeugung

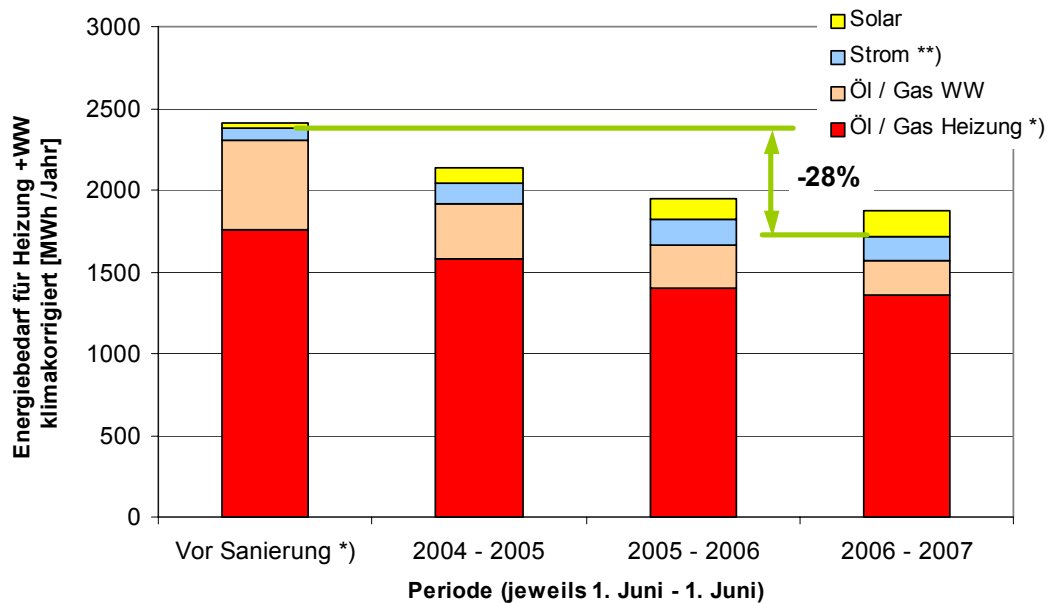
Aus den Messdaten kann der spezifische Zirkulationsverlust der Fernleitung pro Meter Leitungslänge bestimmt werden. Der Verlust pro Meter Leitungslänge beträgt zwischen 0.5 und 0.6 kWh pro Tag (pro Trasse meter entsprechend zwischen 1 und 1.2 kWh pro Tag). Aus diesen Angaben lässt sich ein Verlust von etwa 20 bis 25 W/m berechnen (Rohrlänge).

#### 4.5. EINFLUSS DER GEBÄUDEHÜLLENSANIERUNG

Da der Einbau der Solaranlage zeitgleich mit einer Gebäudehüllensanierung durchgeführt wurde, werden nachfolgend auch die Einsparungen bezogen auf den Gesamtenergiebedarf (Heizung und Warmwasser) sowie die erzielten Verbesserungen beim Heizwärmebedarf aufgezeigt.

##### 4.5.1 Energiebedarf der Gesamtsiedlung

Durch die wärmetechnische Sanierung der Gebäude konnte der Heizwärmebedarf der Gebäude deutlich gesenkt werden. Abbildung 4.17 zeigt, dass der Endenergiebedarf der Siedlung (Gas und Strom) durch die Erneuerung der Warmwasseraufbereitung und der Gebäudehüllensanierung um 28% oder 661 MWh pro Jahr gesenkt wurde. Der Gasbedarf sank dabei um 736 MWh während der Strombedarf durch die elektrische Nachwärmung um 75 MWh zunahm.



\*) Mittelwert der Periode 1997-2002

\*\*) Strom für Solaranlage und Nachwärmung sowie Brenner- / Pumpenstrom ind Heizzentrale  
Klimakorrektur für Heizwärme bezogen auf 15 jähriges Mittel der Heizgradtagzahl (3364 Kd)

Abbildung 4.17 Energiebedarf der Gesamtsiedlung für Heizwärme und Warmwasser (Öl, Gas, Strom, Sonne)

#### 4.5.2 Einfluss auf die Warmwassererwärmung

Die deutliche Zunahme des Strombedarfs für die Warmwassererwärmung ist auch stark durch die infolge der Gebäudehüllensanierung tieferen Temperaturen im Heizungsvorlaufs und dem dadurch geringeren Anteil der Nachwärmung über die Heizgruppen bestimmt. Für die Gebäude Drusbergstrasse 14, 32, 36 und Witikonerstr. 234 konnte dieser Einfluss nachvollzogen werden (Abbildung 4.18). Während in der Periode 2004/2005 noch zwischen 11% und 29% der Wärme über die Heizwärme gedeckt werden konnte, reduzierte sich dieser Anteil auf nur 4% bis 14% in der Periode 2006 / 2007. Der Anteil reduzierte sich damit um 50% bis 70%.

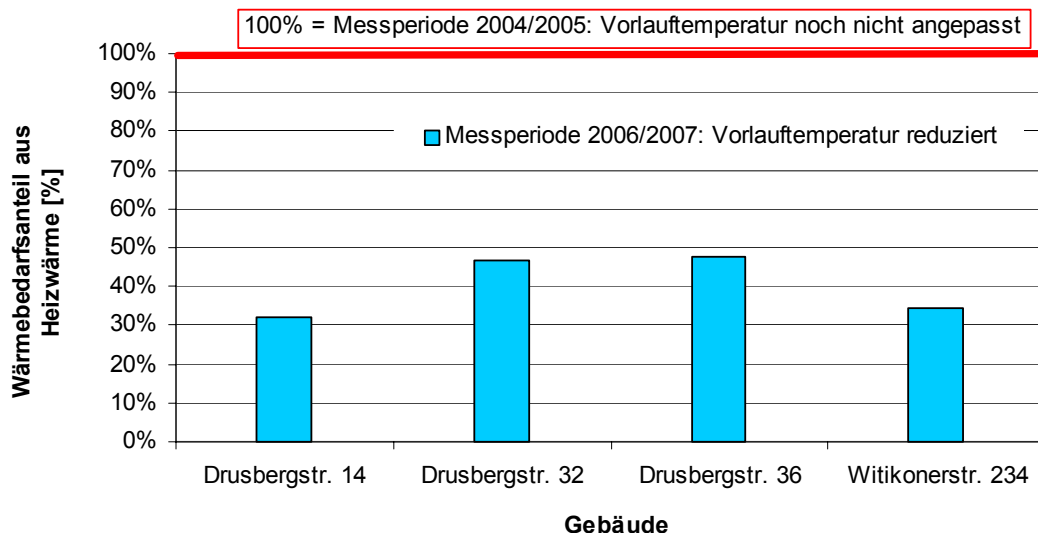
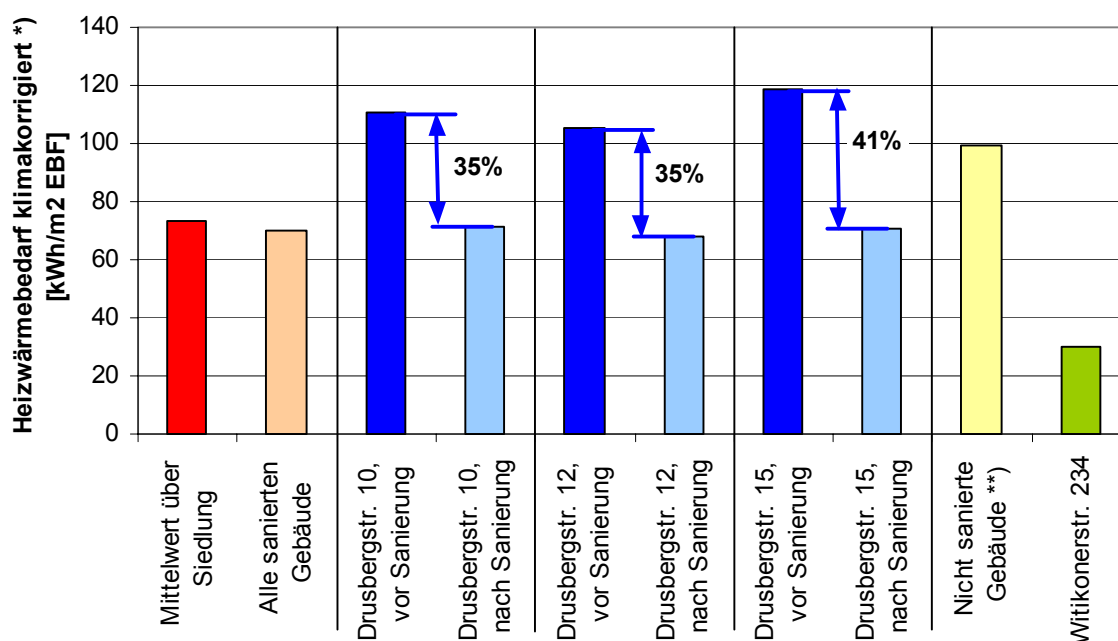


Abbildung 4.18 Einfluss der Gebäudehüllensanierung auf die Nachwärmung des Warmwassers mit Heizwärme

#### 4.5.3 Heizwärmebedarf der Gebäude

Für die Gebäude Drusbergstr. 10, 12 und 15 standen für die Auswertung sowohl Messwerte vor als auch nach der Gebäudehüllensanierung zur Verfügung. In Abbildung 4.19 sind diese Daten dargestellt. Durch die Erneuerung der Gebäudehülle wurde der Heizwärmebedarf zwischen 35% und 41% reduziert. Eine vergleichbare Reduktion des Heizwärmebedarfs ist auch für die übrigen bereits sanierten Gebäude zu erwarten.

Die derzeit noch nicht sanierten Gebäude (Drusbergstr. 27, Waserstr. 81, 83, 85) weisen im Vergleich ebenfalls einen deutlich höheren Heizwärmebedarf auf als die sanierten Gebäude. Durch die bereits bestehende Aussendämmung von 5 cm, liegt der Heizwärmebedarf jedoch bereits heute 10-20% tiefer als bei den Gebäuden Drusbergstr. 10, 12 und 15 vor der Sanierung. Den mit Abstand geringsten Heizwärmebedarf weist das 1999 im Minergie-Standard erstellte Gebäude an der Witikonstr. 234 auf.



Daten vor Sanierung: 6.2005 bis 6.2005, Daten nach Sanierung: 6.2006 bis 6.2007

\*) Klimakorrektur für Heizwärme bezogen auf 15 jähriges Mittel der Heizgradtagzahl (3364 Kd)

\*\*) Gebäude Drusbergstr. 27 und Waserstr. 81, 83 und 85 (Daten 6.2006 bis 6.2007)

Abbildung 4.19 Reduktion des Heizwärmebedarfs durch die Gebäudehüllensanierung

## 5. Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen und des Primärenergiebedarfs

### 5.1. WARMWASSERERZEUGUNG

Durch die Umstellung auf ein dezentrales, solares System konnte insbesondere der Ausstoss an Treibhausgasen (insbesondere CO<sub>2</sub>) reduziert werden. Wie Abbildung 5.1 zeigt, wurden die Treibhausgasemissionen<sup>9</sup> der Warmwassererzeugung durch diese Umstellung um 49% oder 66 Tonnen pro Jahr reduziert. Durch den erhöhten Strombedarf ist die Reduktion beim nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf nur 23% oder gut 150 MWh pro Jahr. Der Grund ist der höhere Primärenergiebedarf für die Stromproduktion (Primärenergiefaktor 2.3)<sup>10</sup>.

Die in Abbildung 5.1 dargestellten, absoluten Zahlen beinhalten auch den gestiegenen Warmwasserbedarf der Siedlung. Werden die Resultate pro Kubikmeter Warmwasser bezogen, so ist die Reduktion leicht höher. Die Treibhausgasemissionen wurden in diesem Betrachtungsfall um 55% oder 17 kg pro m<sup>3</sup> Warmwasser reduziert. Der nicht erneuerbare Primärenergiebedarf wurde um 31% oder 48 kWh pro m<sup>3</sup> Warmwasser reduziert.

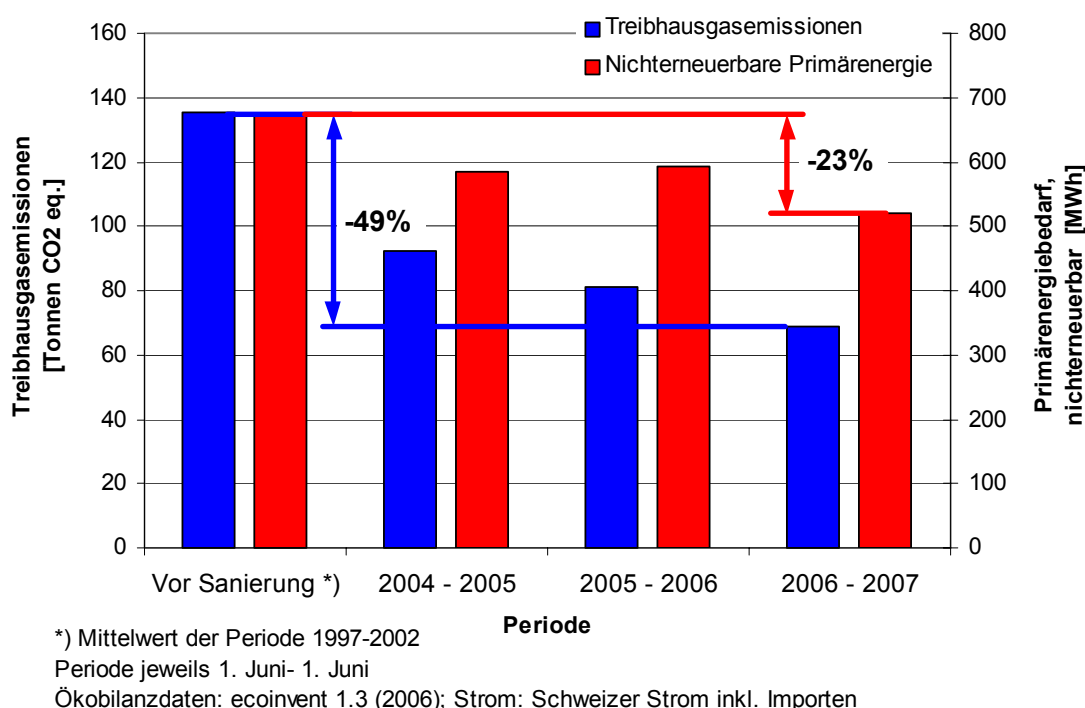


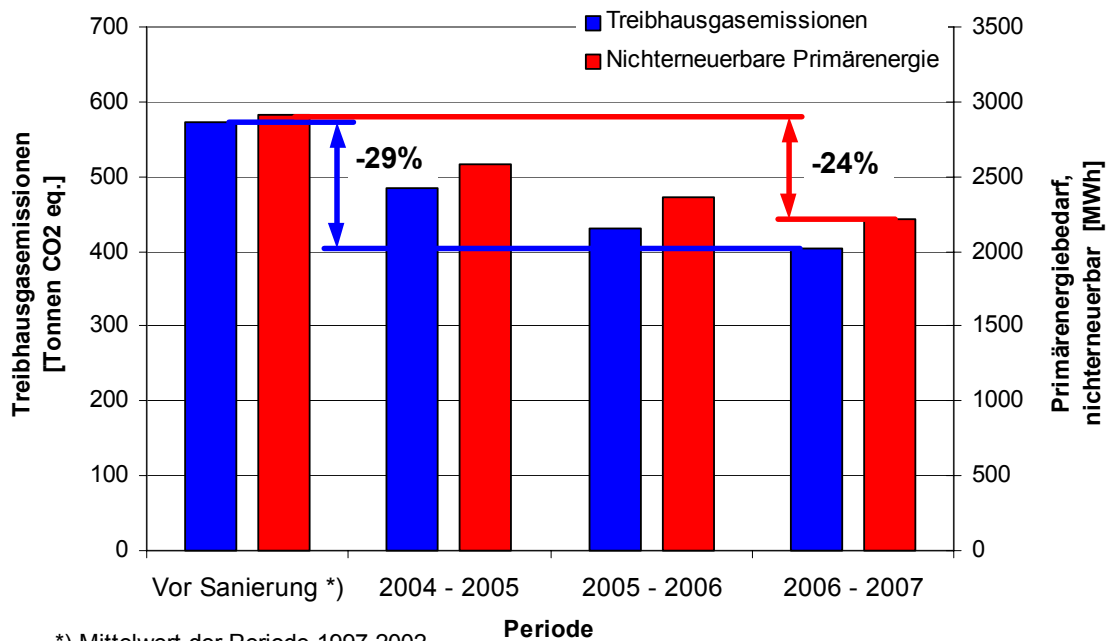
Abbildung 5.1 Erzielte Treibhausgas- und Primärenergiebedarfsreduktion der Warmwassererzeugung

### 5.2. GESAMTENERGIEBEDARF DER SIEDLUNG

Der gesamte Energiebedarf der Siedlung konnte durch die parallel durchgeführte Gebäudehüllensanierung noch stärker reduziert werden (Abbildung 5.2). Die Sanierung der Warmwasserversorgung und der Gebäudehülle an den 12 Gebäuden reduzierte den nichterneuerbaren Primärenergiebedarf der Siedlung um 24% oder gut 700 MWh pro Jahr. Der Ausstoss an Treibhausgasen wurde um 29% oder knapp 170 Tonnen pro Jahr reduziert.

<sup>9</sup> Treibhausgasemissionen als kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente ausgedrückt (gemäss Methode IPCC 2001, 100 Jahre)

<sup>10</sup> Fossiler und nuklearer Primärenergieaufwand. Bewertung gemäss Methodik in Datenbank ecoinvent (V1.3, 2006)



\*) Mittelwert der Periode 1997-2002

Periode jeweils 1. Juni- 1. Juni

Ökobilanzdaten: ecoinvent 1.3 (2006); Strom: Schweizer Strom inkl. Importen

Abbildung 5.2 Erzielte Treibhausgas- und Primärenergiebedarfsreduktion der Gesamtsiedlung (Heizung + WW)

## 6. Mängel

Im Verlauf der Datenauswertung während der Erfolgskontrolle wurden folgende Mängel festgestellt:

- Drusbergstrasse 14: Massiv höhere Verluste in der Warmwassererzeugung als bei den anderen Gebäuden. Bei dieser Anlage kam, im Gegensatz zu den anderen Anlagen, ein anderer Typ des Temperaturmischers (Irgumat) zum Einsatz. Mit dem in dieser Anlage eingesetzten Typ gab es auch bereits in anderen Anlagen Probleme (hohe Temperaturdifferenzen in der Zumischung). Das Gerät wurde ersetzt. Da die Resultate sich danach nicht massiv verbesserten wird vermutet, dass dieses Gebäude deutlich höhere Verluste innerhalb der Zirkulationleitungen aufweist.
- Bei der bestehenden Solaranlage der Heizzentrale (Inbetriebnahme 1999) wurden massiv tiefere Erträge gemessen als erwartet. Ein Austausch des verschmutzten Solarwärmetauschers führte im letzten Messjahr zu deutlich höheren und plausiblen Ertragswerten. Dies zeigt, dass ein regelmässiges Monitoring der Messdaten auch nach Abschluss der Erfolgskontrolle sinnvoll ist und daher fortgeführt werden sollte.
- Volumen- und Wärmemessungen: An verschiedenen Messwerken wurden Fehler in der Messwerterfassung festgestellt. Bei den betroffenen Geräte wurde das Messwerk ersetzt. Dadurch konnten nicht alle Messdaten in die Auswertungen einbezogen werden. In diesem Zusammenhang zeigte sich, dass gerade durch die regelmässige Ablesung der Werte durch den Hauswart Defekte schnell erkannt wurden und Massnahmen eingeleitet werden konnten.

## 7. Umsetzungsarbeiten

Der Öffentlichkeitsarbeit wurde eine grosse Bedeutung zugemessen. Neben dem Schlussbericht wurden verschiedene Aktivitäten für die Information einer breiteren Öffentlichkeit durchgeführt. Neben den Bewohnern der Siedlung sollen damit auch Aussenstehende über die Solaranlage informiert werden. Folgende Aktivitäten wurden durchgeführt:

- Informationstafel in einem Gebäude mit Vorstellung des Projekts und Darstellung erster Resultate (Frühling 2005).
- Präsentation der Resultate an einer Veranstaltung der GBZ 7
- Gestaltung von Informationsblätter zur regelmässigen Verbreitung aktueller Resultate der Erfolgskontrolle („News“ für Informationstafel drei mal aktualisiert während der Messperiode).
- Platzieren eines Fachbeitrages in einer Fachzeitschrift (derzeit noch in Arbeit).

### 7.1. INFORMATIONSTAFEL

Als Bestandteil der Öffentlichkeitsarbeit wurde im Projekt eine Informationstafel gestaltet und erstellt. Die Informationstafel dient primär zur Information der Anwohner über die Anlage. Inhalt ist die Darstellung des Projekts sowie der Wirkung (Energieeinsparung) der neu erstellten Anlage.

Mit der Aufstellung der Informationstafel wird einer breiteren Öffentlichkeit die Solaranlage der GBZ 7 nähergebracht. Die Informationstafel wurde auch dazu verwendet interessierten Personen den Fortschritt des Projekts „Erfolgskontrolle Solaranlage GBZ 7“ mit regelmässig aktualisierten „News“ näher vorzustellen (Wechselrahmen zur Präsentation aktueller Resultate).



Abbildung 7.1 Ansicht der Informationstafel

Innerhalb der Laufzeit der Erfolgskontrolle wurden die Infoblätter im Wechselrahmen der Informationstafel drei mal aktualisiert (21. Sept. 2005; 22. Mai 2006; 21. Mai 2007).

## 7.2. WEITERE AKTIONEN

Um den GenossenschafterInnen ein besseres Verständnis der Solaranlage und deren Leistungen zu geben, wurde an einer Veranstaltung der GBZ 7 (am 21.9.2005) über das Projekt informiert. Folgende Schwerpunkte wurden für diese Information vorgesehen:

- Information über den Projektstand, das bisher Erreichte und das noch Folgende
- Informationen über die Anlage
- Informationen über den aktuellen Stand der Messungen
- Beantwortung von Fragen

Im weiteren Verlauf der Erfolgskontrolle wurden jeweils, aktualisierte Präsentationen dem Vorstand zur Verfügung gestellt (21. Sept. 2005, 22. Mai 2006 und 21. Mai 2007).

Derzeit noch in Planung ist ein Fachartikel zum Projekt.

## 8. Fazit und Ausblick

### 8.1. FAZIT DER ERFOLGSKONTROLLE

In Bezug auf den gemessenen Solarertrag arbeiten die meisten Anlagen sehr gut (Erträge über 500 kWh/m<sup>2</sup>). Auch der solare Deckungsgrad liegt im erwarteten Bereich (im Mittel bei ca. 50%). Der Anteil der Nachwärmung über die Heizwärme liegt mit 8% unter den Erwartungen. Dies steht in Zusammenhang mit den, nach der Hüllensanierung nun tieferen Vorlauftemperaturen, welche oft nicht ausreichen für einen massgebenden Wärmebeitrag. Damit ist der elektrische Nachheizbedarf höher als erwartet (42%). Überraschend waren die grossen Unterschiede zwischen den Gebäuden bei den Speicher- und Zirkulationsverlusten. Die Analyse der Daten zeigte, dass dies Verluste in Zusammenhang mit dem Warmwasserbedarf stehen. Bei Gebäuden mit einem tiefen Warmwasserbedarf (z.B. Drusbergstrasse 15) können diese Verluste prozentual sehr hoch sein. In einem Gebäude (Drusbergstrasse 14) werden zusätzlich hohe Verluste durch die Zirkulationsleitung vermutet.

Wie erwartet wurden hohe Zirkulationsverluste in der bestehenden zentralen Warmwasserverteilung gemessen. Die Verluste betragen zwischen 50% und 60% des Wärmebedarfs. Wie auch in anderen Untersuchungen [1] [2] gezeigt wurde, können die Zirkulationsverluste einen wesentlichen Anteil des gesamten Wärmebedarfs für das Warmwasser ausmachen. Mit der Dezentralisierung der Warmwasserversorgung konnten die Zirkulationsverluste deutlich verringert werden. In den Gebäuden selbst sind jedoch zum Teil nach wie vor grosse Zirkulationsverluste vorhanden.

Insgesamt konnte durch die Dezentralisierung der Warmwasserversorgung die Energieeffizienz deutlich verbessert werden. Durch die Solaranlagen wurde zudem der Bedarf an fossilen Brennstoffen und damit die CO<sub>2</sub>-Emissionen stark reduziert.

Verschiedene Ausfälle und Defekte bei den Messgeräten führten dazu, dass nicht alle Messdaten ausgewertet werden konnten. Es zeigte sich aber auch, dass durch die regelmässige Ablesung der Werte durch den Hauswart Defekte schnell erkannt wurden und Massnahmen eingeleitet werden konnten.

### 8.2. AUSBLICK, WEITERE OPTIMIERUNGEN

Es ist geplant in den Jahren 2008 und 2010 die noch nicht wärmetechnisch sanierten Gebäude ebenfalls zu erneuern und mit Solaranlagen auszurüsten. Dadurch kann die Heizkurve weiter gesenkt werden und die Nachladung mit dem Heizregister über die Raumheizung wird weiter eingeschränkt. .

Um den Stromverbrauch für die Nachwärmung des Warmwassers in der Heizperiode zu senken, sollen zukünftig die Heizgruppen in der Heizzentrale über eine Regulierung für 1-3 Zwangsladungen pro Tag, während ca. 1-2 Stunden auf etwa 65°C hochgefahren werden. Bei dieser Zwangsladung der Warmwasserspeicher, wird die Wärme nur noch auf den Speicherr geführt und die Wärmezufuhr auf die Heizkörper unterbrochen. Sind die Bereitschaftsspeicher geladen, wird über den 3-Weg-Kugelhahn wieder auf Raumheizung mit tiefen Vorlauftemperaturen umgestellt. Mit diese Massnahme kann der Anteil der Nachladung über die Raumheizgruppe stark erhöht und der Stromverbrauch damit entsprechend reduziert werden, da dieser zum grössten Teil innerhalb der Heizperiode anfällt.

## 9. Literaturverzeichnis

- [1] BINE, **Optimierte Warmwasserverteilung in Wohngebäuden**, BINE Informationsdienst projektinfo 05/04, Bonn, 2004.
- [2] C. Fink et al., **Garantierte Wärmelieferungen aus thermischen Solaranlagen im Wohnbau**, Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie (AEE), Gleisdorf, 2000.

## 10. Anhang

### 10.1. MESSRESULTATE

Nachfolgend sind die wichtigsten Messresultate zu den im Bericht aufgeführten Graphiken tabellarisch dargestellt.

Tabelle 10.1 Messresultate Warmwasserbereitstellung, Messperiode: 1.6.2004 bis 1.6.2005

| Messung           | WW Bedarf    | WW Bedarf    | Verluste        | Solarertrag  | el. Nachheiz. | Nachladung   |
|-------------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|---------------|--------------|
| Messstelle        | Messstelle 2 | Messstelle 2 | Speich. + Zirk. | Messstelle 1 | Messstelle 5  | Messstelle 4 |
| Einheit           | m3           | kWh/m3       | kWh/m3          | kWh/m3       | kWh/m3        | kWh/m3       |
| Heizzentrale      | 2'188        | 54.0         | 80.5            | 8.1          | 0.0           | 126.3        |
| Drusbergstr. 14   | 196          | 48.7         | 95.3            | 57.7         | 71.2          | 15.2         |
| Drusbergstr. 32   | 455          | 43.7         | 28.4            | 26.7         | 24.4          | 20.9         |
| Drusbergstr. 36   | 350          | 45.9         | 27.8            | 36.1         | 22.8          | 14.8         |
| Witikonerstr. 234 | 233          | 58.2         | 22.0            | 27.3         | 43.9          | 9.1          |

Tabelle 10.2 Messresultate Warmwasserbereitstellung, Messperiode: 1.6.2005 bis 1.6.2006

| Messung            | WW Bedarf    | WW Bedarf    | Verluste        | Solarertrag  | el. Nachheiz. | Nachladung   |
|--------------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|---------------|--------------|
| Messstelle         | Messstelle 2 | Messstelle 2 | Speich. + Zirk. | Messstelle 1 | Messstelle 5  | Messstelle 4 |
| Einheit            | m3           | kWh/m3       | kWh/m3          | kWh/m3       | kWh/m3        | kWh/m3       |
| Heizzentrale       | 1'732        | 53.4         | 80.6            | 9.7          | 0.0           | 124.2        |
| Drusbergstr. 10 *) | 194          | 44.6         | 45.5            | 44.7         | 31.5          | 13.9         |
| Drusbergstr. 12 *) | 178          | 49.7         | 56.6            | 49.4         | 42.0          | 14.9         |
| Drusbergstr. 14    | 225          | 47.7         | 90.2            | 49.0         | 77.8          | 11.0         |
| Drusbergstr. 15 *) | 139          | 45.7         | 76.1            | 58.0         | 53.8          | 10.1         |
| Drusbergstr. 17    | 327          | 48.8         | 16.8            | 31.7         | 23.1          | 10.7         |
| Drusbergstr. 21    | 331          | 45.6         | 46.4            | 42.3         | 37.0          | 12.7         |
| Drusbergstr. 32    | 427          | 45.7         | 26.3            | 27.4         | 31.5          | 13.0         |
| Drusbergstr. 36    | 363          | 45.6         | 32.6            | 31.7         | 34.9          | 11.6         |
| Witikonerstr. 232  | 231          | 50.0         | 33.8            | 29.3         | 48.6          | 5.8          |
| Witikonerstr. 234  | 234          | 58.7         | 22.1            | 26.3         | 48.8          | 5.7          |
| Witikonerstr. 238  | 341          | 45.8         | 49.2            | 39.8         | 44.9          | 10.4         |

\*) Aufgrund Datenverfügbarkeit für diese Gebäude Periode 1.8.2005 bis 1.8.2006 gezeigt.

Tabelle 10.3 Messresultate Warmwasserbereitstellung, Messperiode: 1.6.2006 bis 1.6.2007

| Messung           | WW Bedarf    | WW Bedarf    | Verluste        | Solarertrag  | el. Nachheiz. | Nachladung   |
|-------------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|---------------|--------------|
| Messstelle        | Messstelle 2 | Messstelle 2 | Speich. + Zirk. | Messstelle 1 | Messstelle 5  | Messstelle 4 |
| Einheit           | m3           | kWh/m3       | kWh/m3          | kWh/m3       | kWh/m3        | kWh/m3       |
| Heizzentrale      | 1'647        | 51.7         | 77.5            | 17.1         | 0.0           | 112.1        |
| Drusbergstr. 10   | 207          | 45.6         | 44.0            | 47.8         | 32.4          | 9.5          |
| Drusbergstr. 12   | 189          | 49.5         | 54.1            | 53.6         | 40.0          | 10.0         |
| Drusbergstr. 14   | 251          | 42.6         | 68.6            | 46.5         | 59.8          | 4.9          |
| Drusbergstr. 15   | 125          | 45.3         | 81.7            | 66.0         | 54.7          | 6.3          |
| Drusbergstr. 17   | 441          | 46.1         | 4.5             | 27.7         | 18.0          | 4.9          |
| Drusbergstr. 21   | 271          | 45.5         | 51.4            | 56.8         | 32.7          | 7.4          |
| Drusbergstr. 32   | 422          | 44.4         | 25.4            | 33.1         | 27.0          | 9.7          |
| Drusbergstr. 36   | 339          | 48.3         | 36.7            | 39.4         | 38.6          | 7.0          |
| Witikonerstr. 232 | 209          | 49.4         | 37.0            | 39.3         | 43.0          | 4.1          |
| Witikonerstr. 234 | 238          | 55.7         | 22.1            | 32.9         | 41.8          | 3.1          |
| Witikonerstr. 238 | 553          | 46.2         | 16.5            | 29.4         | 29.7          | 3.6          |

**Tabelle 10.4** Spezifischer Solarertrag der Anlagen, Messperiode: 1.6.2004 bis 1.6.2007

| Jahr                                                | Einheit | 2004 - 2005 | 2005 - 2006 | 2006 - 2007 |
|-----------------------------------------------------|---------|-------------|-------------|-------------|
| Heizzentrale                                        | kWh/m2  | 371         | 352         | 587         |
| Drusbergstr. 10                                     | kWh/m2  |             | 493 *)      | 565         |
| Drusbergstr. 12                                     | kWh/m2  |             | 502 *)      | 579         |
| Drusbergstr. 14                                     | kWh/m2  | 502         | 490 *)      | 519         |
| Drusbergstr. 15                                     | kWh/m2  |             | 358         | 368         |
| Drusbergstr. 17                                     | kWh/m2  |             | 461         | 543         |
| Drusbergstr. 21                                     | kWh/m2  |             | 622         | 684         |
| Drusbergstr. 32                                     | kWh/m2  | 492         | 473         | 564         |
| Drusbergstr. 36                                     | kWh/m2  | 511         | 465         | 540         |
| Witikonerstr. 232                                   | kWh/m2  |             | 566         | 685         |
| Witikonerstr. 234                                   | kWh/m2  | 407         | 394         | 501         |
| Witikonerstr. 238                                   | kWh/m2  |             | 543         | 650         |
| Globalstrahlung                                     | kWh/m2  | 1'152       | 1'058       | 1'181       |
| Datenperioden jeweils 1. Juni bis 1. Juni           |         |             |             |             |
| *) Daten für Periode 1.8.2005 bis 1.8.2006 gezeigt. |         |             |             |             |

**Tabelle 10.5** Solarer Deckungsgrad der Anlagen, Messperiode: 1.6.2004 bis 1.6.2007

| Jahr                                                | Einheit | 2004 - 2005 | 2005 - 2006 | 2006 - 2007 |
|-----------------------------------------------------|---------|-------------|-------------|-------------|
| Heizzentrale                                        | kWh/m2  | 6%          | 7%          | 13%         |
| Drusbergstr. 10                                     | kWh/m2  |             | 50% *)      | 53%         |
| Drusbergstr. 12                                     | kWh/m2  |             | 46% *)      | 52%         |
| Drusbergstr. 14                                     | kWh/m2  | 40%         | 36%         | 42%         |
| Drusbergstr. 15                                     | kWh/m2  |             | 48% *)      | 52%         |
| Drusbergstr. 17                                     | kWh/m2  |             | 48%         | 55%         |
| Drusbergstr. 21                                     | kWh/m2  |             | 46%         | 59%         |
| Drusbergstr. 32                                     | kWh/m2  | 37%         | 38%         | 47%         |
| Drusbergstr. 36                                     | kWh/m2  | 49%         | 41%         | 46%         |
| Witikonerstr. 232                                   | kWh/m2  |             | 35%         | 45%         |
| Witikonerstr. 234                                   | kWh/m2  | 34%         | 33%         | 42%         |
| Witikonerstr. 238                                   | kWh/m2  |             | 42%         | 47%         |
| Datenperioden jeweils 1. Juni bis 1. Juni           |         |             |             |             |
| *) Daten für Periode 1.8.2005 bis 1.8.2006 gezeigt. |         |             |             |             |

**Tabelle 10.6** Spezifischer Warmwasserbedarf der Anlagen pro m2 Kollektor, Messperiode: 1.6.2004 bis 1.6.2007

| Jahr                                                | Einheit | 2004 - 2005 | 2005 - 2006 | 2006 - 2007 |
|-----------------------------------------------------|---------|-------------|-------------|-------------|
| Heizzentrale                                        | kWh/m2  | 45.6        | 36.1        | 34.3        |
| Drusbergstr. 10                                     | kWh/m2  |             | 11.1 *)     | 11.8        |
| Drusbergstr. 12                                     | kWh/m2  |             | 10.2 *)     | 10.8        |
| Drusbergstr. 14                                     | kWh/m2  | 8.7         | 10.0        | 11.2        |
| Drusbergstr. 15                                     | kWh/m2  |             | 6.2 *)      | 5.6         |
| Drusbergstr. 17                                     | kWh/m2  |             | 14.5        | 19.6        |
| Drusbergstr. 21                                     | kWh/m2  |             | 14.7        | 12.0        |
| Drusbergstr. 32                                     | kWh/m2  | 18.4        | 17.3        | 17.1        |
| Drusbergstr. 36                                     | kWh/m2  | 14.1        | 14.7        | 13.7        |
| Witikonerstr. 232                                   | kWh/m2  |             | 19.3        | 17.4        |
| Witikonerstr. 234                                   | kWh/m2  | 14.9        | 15.0        | 15.2        |
| Witikonerstr. 238                                   | kWh/m2  |             | 13.6        | 22.1        |
| Datenperioden jeweils 1. Juni bis 1. Juni           |         |             |             |             |
| *) Daten für Periode 1.8.2005 bis 1.8.2006 gezeigt. |         |             |             |             |

Tabelle 10.7 Spezifischer Heizwärmebedarf der Anlagen pro m2 EBF, Messperiode: 1.6.2004 bis 1.6.2007

|                                                                                              | Heizwärme   | Heizwärme   | Heizwärme   | Heizwärme       | Heizwärme       | Heizwärme       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Jahr                                                                                         | 2004 - 2005 | 2005 - 2006 | 2006 - 2007 | 2004 - 2005     | 2005 - 2006     | 2006 - 2007     |
|                                                                                              | effektiv    | effektiv    | effektiv    | klimakorrigiert | klimakorrigiert | klimakorrigiert |
| Heizgradtage                                                                                 | 3'411       | 3'577       | 2'677       | 3364 *)         | 3364 *)         | 3364 *)         |
| Einheit                                                                                      | kWh/m2 EBF  | kWh/m2 EBF  | kWh/m2 EBF  | kWh/m2 EBF      | kWh/m2 EBF      | kWh/m2 EBF      |
| Drusbergstr. 10                                                                              | 113         | 80          | 57          | 111             | 75              | 72              |
| Drusbergstr. 12                                                                              | 107         | 76          | 54          | 105             | 71              | 68              |
| Drusbergstr. 14                                                                              | 74          | 74          | 52          | 73              | 69              | 66              |
| Drusbergstr. 15                                                                              | 121         | 78          | 56          | 119             | 74              | 71              |
| Drusbergstr. 17                                                                              | 83          | 78          | 57          | 82              | 74              | 71              |
| Drusbergstr. 21                                                                              | 89          | 85          | 59          | 88              | 80              | 74              |
| Drusbergstr. 32                                                                              | 62          | 68          | 53          | 61              | 64              | 67              |
| Drusbergstr. 36                                                                              | 67          | 65          | 48          | 66              | 61              | 60              |
| Witikonstr. 232                                                                              | 93          | 87          | 61          | 92              | 82              | 77              |
| Witikonstr. 234                                                                              | 30          | 35          | 24          | 30              | 32              | 30              |
| Witikonstr. 238                                                                              |             | 71          | 53          |                 | 67              | 67              |
| Drusbergstr. 18                                                                              | 90          | 85          | 62          | 89              | 80              | 78              |
| Drusbergstr. 22                                                                              | 91          | 88          | 65          | 89              | 82              | 81              |
| Drusbergstr. 26                                                                              | 66          | 62          | 46          | 65              | 59              | 57              |
| Drusbergstr. 27                                                                              | 97          | 102         | 73          | 96              | 96              | 92              |
| Waserstr. 81                                                                                 | 99          | 106         | 77          | 98              | 99              | 96              |
| Waserstr. 83                                                                                 | 102         | 111         | 77          | 100             | 104             | 96              |
| Waserstr. 85                                                                                 | 111         | 120         | 90          | 110             | 113             | 113             |
| <b>Alle Gebäude</b>                                                                          | <b>81</b>   | <b>81</b>   | <b>58</b>   | <b>80</b>       | <b>76</b>       | <b>73</b>       |
| Datenperioden jeweils 1. Juni bis 1. Juni                                                    |             |             |             |                 |                 |                 |
| *) Klimakorrektur für Heizwärme bezogen auf 15 jähriges Mittel der Heizgradtagzahl (3364 Kd) |             |             |             |                 |                 |                 |

## 10.2. ANLAGENSCHEMAS

### 10.2.1 Gebäude mit Solaranlage

Schema mit eingezeichneten Messstellen gültig für Gebäude Drusbergstrasse 10, 12, 14, 17, 21, 32, 36 sowie Witikonerstrasse 232, 238. Sinngemäss anzuwenden für Gebäude Witikonerstrasse 232 und Witikonerstrasse 234 (bestehende Anlage).

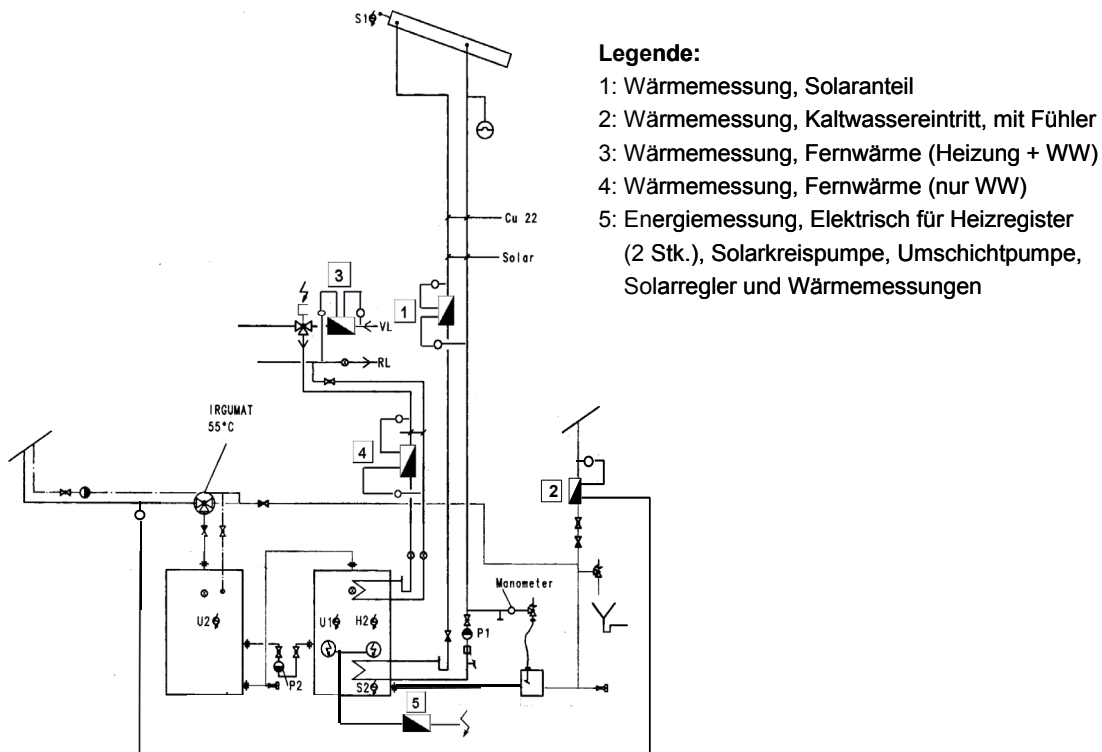


Abbildung 2: Schema der Messstellen bei den Gebäuden mit Solaranlage

### 10.2.2 Gebäude ohne Solaranlage

Schema mit eingezeichneten Messstellen gültig für Gebäude Drusbergstrasse 18, 26 (Verbund mit Solaranlage im Gebäude der Heizzentrale) sowie Drusbergstr. 27, Waserstr. 81, 83, 85 (vorläufig noch nicht saniert und ohne Solaranlage)

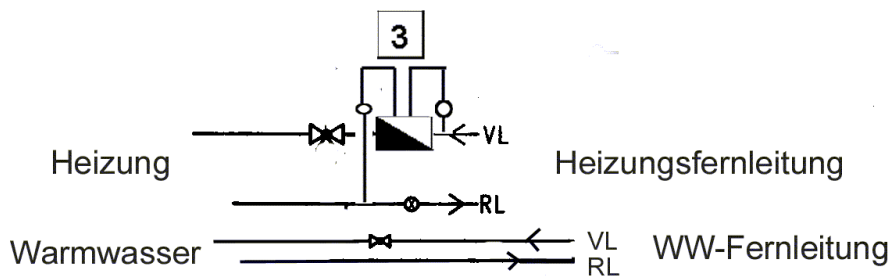


Abbildung 3: Schema der Messstellen bei den Gebäuden ohne Solaranlage

Legende der Messstellen:

- 3: Wärmemessung, Fernwärme (Gebäudehauptmessung, nur Heizung) keine Messung der Warmwassermenge im Gebäude<sup>11</sup>

<sup>11</sup> Messung der Wassermenge und Energiebedarf für Warmwasser zentral in der Heizzentrale

### 10.2.3 Gebäude Drusbergstrasse 22 mit Heizzentrale

Schema mit eingezeichneten Messstellen gültig für das Gebäude Drusbergstrasse 22 inkl. Wärmeerzeugung und Solaranlage.

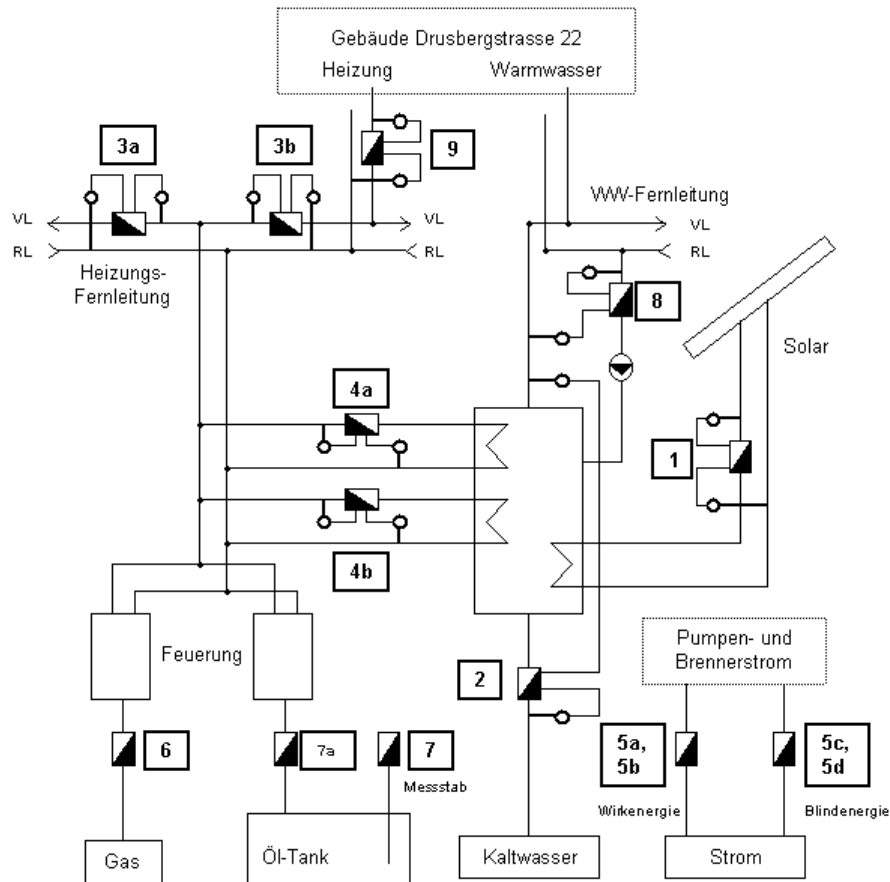


Abbildung 4: Schema zum Einbau der Messstellen in der Heizzentrale (stark vereinfacht)

Legende der Messstellen:

- 1: Wärmemessung, Solaranteil
- 2: Wärmemessung, Kaltwassereintritt, mit Fühler
- 3a: Wärmemessung, Output Heizungsfernwärme (Fernwärmestrang 1)
- 3b: Wärmemessung, Output Heizungsfernwärme (Fernwärmestrang 2)
- 4a / 4b: Wärmemessung, Boilerladung (für Warmwasser, 2 Messstellen)
- 5a / 5b: Wirkenergiemessung, Strombedarf Heizzentrale (Hoch- / Niedertarif)
- 5c / 5d: Blindenergiemessung, Strombedarf Heizzentrale (Hoch- / Niedertarif)
- 6: Volumenmessung, Gasbedarf (Gaszähler für Gasabrechnung)
- 7a: Volumenmessung, Ölbedarf (7: Periodisch mit Messstab für Abrechnung)
- 8: Wärmemessung, Warmwasserzirkulation
- 9: Wärmemessung, Fernwärme (Gebäudehauptmessung, nur Heizung)

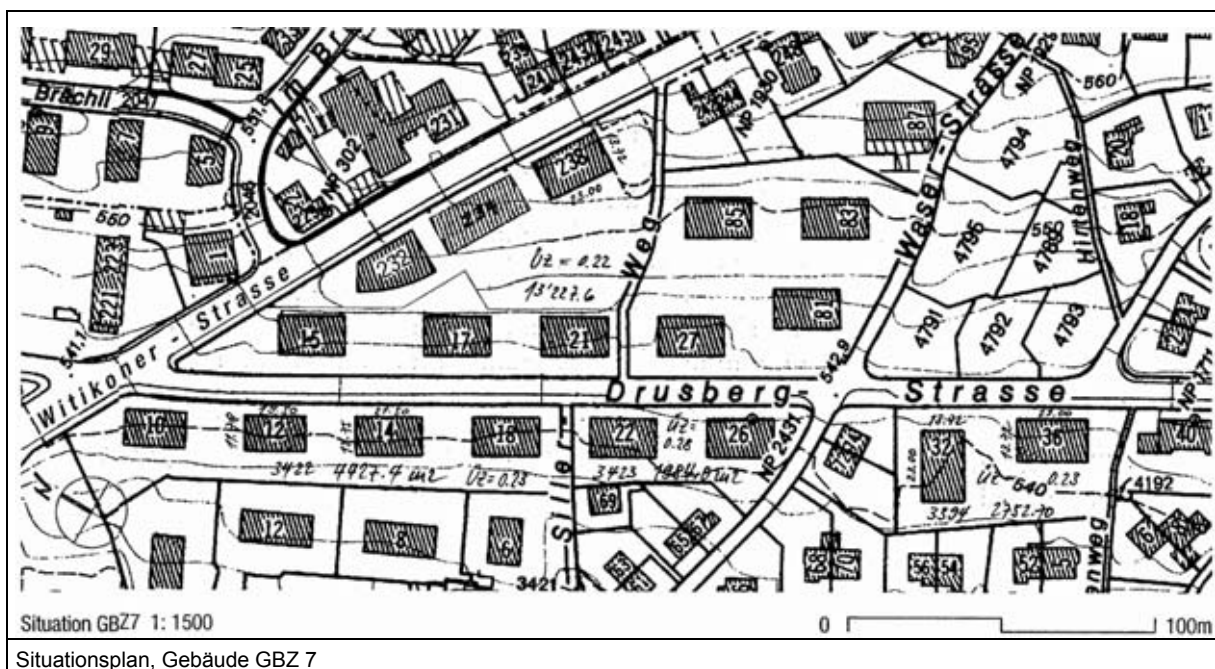
Fernwärmestränge:

Strang 1: Drusbergstr. 27, Waserstr. 81, 83, 85

Strang 2: Drusbergstr. 10, 12, 14, 15, 17, 18, 21, 22, 26, 32, 36, Witikonstr. 232, 234, 238

## 11. Bilddokumentation Solaranlagen GBZ 7

### 11.1. GEBÄUDESITUATION



#### Anlagenübersicht

|              | Gebäude                           | Kollektorfläche     | Inbetriebnahme |
|--------------|-----------------------------------|---------------------|----------------|
| Bestehend    | Drusbergstrasse 22 (Heizzentrale) | 48.0 m <sup>2</sup> | 1999           |
|              | Witikonerstrasse 234              | 16.6 m <sup>2</sup> | 1999           |
|              | Drusbergstrasse 32                | 24.8 m <sup>2</sup> | 2002           |
|              | Drusbergstrasse 36                | 24.8 m <sup>2</sup> | 2002           |
| Neu Erstellt | Drusbergstrasse 14                | 22.5 m <sup>2</sup> | 2003           |
|              | Drusbergstrasse 17                | 22.5 m <sup>2</sup> | 2004           |
|              | Drusbergstrasse 21                | 22.5 m <sup>2</sup> | 2004           |
|              | Witikonerstrasse 232              | 12.0 m <sup>2</sup> | 2004           |
|              | Witikonerstrasse 238              | 25.0 m <sup>2</sup> | 2004           |
|              | Drusbergstrasse 10                | 17.5 m <sup>2</sup> | 2005           |
|              | Drusbergstrasse 12                | 17.5 m <sup>2</sup> | 2005           |
|              | Drusbergstrasse 15                | 17.5 m <sup>2</sup> | 2005           |

## 11.2. ANLAGENBESCHRIEB

### DRUSBERGSTRASSE 10

| Anlagenbeschreibung                                                                                                                                        |                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Kollektorfeld mit 7 Elementen (Soltop Cobra S2.5 V)<br>2 Speichersystem mit solarem Vorwärm Speicher (850 Liter) und<br>Bereitschaftsspeicher (850 Liter). | Absorberfläche: 17.5 m <sup>2</sup><br>Südabweichung: 60° West<br>Kollektorneigung: 45° |
| Nachladung über Nahwärme (aus Heizzentrale) sowie elekt-<br>risch.                                                                                         | Inbetriebnahmejahr: 2005                                                                |

### DRUSBERGSTRASSE 12

| Anlagenbeschreibung                                                                                                                                        |                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Kollektorfeld mit 7 Elementen (Soltop Cobra S2.5 V)<br>2 Speichersystem mit solarem Vorwärm Speicher (850 Liter) und<br>Bereitschaftsspeicher (850 Liter). | Absorberfläche: 17.5 m <sup>2</sup><br>Südabweichung: 60° West<br>Kollektorneigung: 45° |
| Nachladung über Nahwärme (aus Heizzentrale) sowie elekt-<br>risch.                                                                                         | Inbetriebnahmejahr: 2005                                                                |

## DRUSBERGSTRASSE 14



Solaranlage auf Gebäude Drusbergstrasse 14, von Süden



Messeinrichtung, Solarspeicher

### Anlagenbeschreibung

Kollektorfeld mit 9 Elementen (Soltop Cobra S2.5 V)  
2 Speichersystem mit solarem Vorwärmespeicher (850 Liter) und Bereitschaftsspeicher (850 Liter).

Nachladung über Nahwärme (aus Heizzentrale) sowie elektrisch.

Absorberfläche: 22.5 m<sup>2</sup>  
Südabweichung: 60° West  
Kollektorneigung: 45°

Inbetriebnahmejahr: 2003

## DRUSBERGSTRASSE 15

### Anlagenbeschreibung

Kollektorfeld mit 9 Elementen (Soltop Cobra S2.5 V)  
2 Speichersystem mit solarem Vorwärmespeicher (850 Liter) und Bereitschaftsspeicher (850 Liter).

Nachladung über Nahwärme (aus Heizzentrale) sowie elektrisch.

Absorberfläche: 22.5 m<sup>2</sup>  
Südabweichung: 60° West  
Kollektorneigung: 45°

Inbetriebnahmejahr: 2005

## DRUSBERGSTRASSE 17



Solaranlage auf Gebäude Drusbergstrasse 17, von Westen



Detail Kollektorfeld



Solarspeicher (links); Bereitschaftsspeicher (rechts)

### Anlagenbeschreibung

Kollektorfeld mit 9 Elementen (Soltop Cobra S2.5 V)  
2 Speichersystem mit solarem Vorwärmerspeicher (850 Liter) und Bereitschaftsspeicher (850 Liter).

Nachladung über Nahwärme (aus Heizzentrale) sowie elektrisch.

Absorberfläche: 22.5 m<sup>2</sup>  
Südabweichung: 60° West  
Kollektorneigung: 45°

Inbetriebnahmejahr: 2004

## DRUSBERGSTRASSE 21



Solaranlage auf Gebäude Drusbergstrasse 21, von Westen



Detail Kollektorfeld

### Anlagenbeschreibung

Kollektorfeld mit 9 Elementen (Soltop Cobra S2.5 V)

2 Speichersystem mit solarem Vorwärmespeicher (850 Liter) und Bereitschaftsspeicher (850 Liter).

Nachladung über Nahwärme (aus Heizzentrale) sowie elektrisch.

Absorberfläche: 22.5 m<sup>2</sup>  
Südabweichung: 60° West  
Kollektorneigung: 45°

Inbetriebnahmejahr: 2004

## DRUSBERGSTRASSE 22 (HEIZZENTRALE)



Solaranlage auf dem Dach der Heizzentrale (Drusbergstrasse 22), von Südwesten



Solarspeicher

### Anlagenbeschreibung

Kollektorfeld mit 24 Elementen (Soltop Cobra A2)  
2 Speichersystem mit solarem Vorwärm Speicher (2000 Liter) und Bereitschaftsspeicher (2x 2000 Liter).

Nachladung über Heizkessel

Absorberfläche: 48.0 m<sup>2</sup>  
Südabweichung: 60° West  
Kollektorneigung: 45°

Inbetriebnahmejahr: 1999

Anlage versorgt alle Gebäude ohne Solaranlage mit Warmwasser über eine Nahwärmeleitung

## DRUSBERGSTRASSE 32



Solaranlage auf Gebäude Drusbergstrasse 32, von Osten



Solarspeicher (rechts); Bereitschaftsspeicher (links)

### Anlagenbeschreibung

Kollektorfeld mit 9 Elementen (Soltop Cobra E 2.75)

2 Speichersystem mit solarem Vorwärmespeicher (1040 Liter) und Bereitschaftsspeicher (1000 Liter).

Nachladung über Nahwärme (aus Heizzentrale) sowie elektrisch.

Absorberfläche: 24.8 m<sup>2</sup>  
Südabweichung: 30° Ost  
Kollektorneigung: 45°

Inbetriebnahmejahr: 2002

## DRUSBERGSTRASSE 36



Solaranlage auf Gebäude Drusbergstrasse 36, von Südwesten



Detail Kollektorfeld

### Anlagenbeschreibung

|                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Kollektorfeld mit 9 Elementen (Soltop Cobra E 2.75)</p> <p>2 Speichersystem mit solarem Vorwärmespeicher (1040 Liter) und Bereitschaftsspeicher (1000 Liter).</p> <p>Nachladung über Nahwärme (aus Heizzentrale) sowie elektrisch.</p> | <p>Absorberfläche: 24.8 m<sup>2</sup></p> <p>Südadweichung: 60° West</p> <p>Kollektorneigung: 45°</p> |
|                                                                                                                                                                                                                                           | <p>Inbetriebnahmejahr: 2002</p>                                                                       |

## WITIKONERSTRASSE 232



Solaranlage auf Gebäude Witikonstrasse 232, von Westen

Solarspeicher (1-Speicher System)

### Anlagenbeschreibung

Kollektorfeld mit 6 Elementen (Soltop Cobra A2 H)

1 Speichersystem (1200 Liter) mit solarem Vorwärmvolumen (600 Liter) und Bereitschaftsvolumen (600 Liter).

Nachladung über Nahwärme (aus Heizzentrale) sowie elektrisch.

Absorberfläche: 12.0 m<sup>2</sup>

Südadweichung: 30° West

Kollektorneigung: 30°

Inbetriebnahmejahr: 2004

## WITIKONERSTRASSE 234



Solaranlage auf Gebäude Witikonstrasse 234, von Südosten



Solarspeicher (Kombispeicher System)

### Anlagenbeschreibung

Kollektorfeld mit 6 Elementen (Schweizer Elementkollektor)  
 Kombispeichersystem mit Pufferspeicher (2640 Liter) und  
 Warmwasserspeicher (320 Liter).  
 Nachladung über Nahwärme (aus Heizzentrale) sowie elekt-  
 risch.

Absorberfläche: 15.6 m<sup>2</sup>  
 Südabweichung: 30° West  
 Kollektorneigung: 30°  
 Inbetriebnahmejahr: 1999

## WITIKONERSTRASSE 238



Solaranlage auf Gebäude Witikonstrasse 232, von Westen



Detail Kollektorfeld

### Anlagenbeschreibung

|                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Kollektorfeld mit 10 Elementen (Soltop Cobra S2.5 V)<br>2 Speichersystem mit solarem Vorwärmespeicher (950 Liter) und Bereitschaftsspeicher (950 Liter).<br>Nachladung über Nahwärme (aus Heizzentrale) sowie elektrisch. | Absorberfläche: 25.0 m <sup>2</sup><br>Südabweichung: 30° West<br>Kollektorneigung: 45° |
|                                                                                                                                                                                                                           | Inbetriebnahmejahr: 2004                                                                |