

## Glossar:

### Solare Nutzwärme

Wärme, die von der Solaranlage zur Erwärmung des Trinkwassers abgegeben wird. Gemessen wird die solare Nutzwärme an der Grenze zwischen Solarsystem und konventionellem System.

### Systemnutzungsgrad

Gibt an, welcher Anteil der auf die Kollektoren einstrahlten Solarenergie, in Nutzwärme umgewandelt wurde.

Er wird hauptsächlich bestimmt durch die Verluste der Kollektoren, Rohrleitungen und Speicher.

### Warmwasserverbrauch

Da der Warmwasserverbrauch eine entscheidende Kenngröße bei der Dimensionierung einer Solaranlage zur Trinkwassererwärmung ist, sollte er vor Beginn der Systemauslegung gemessen werden. Besteht dazu keine Möglichkeit (z.B. Neubauten), ist er auf Basis von Verbrauchswerten vergleichbarer Objekte abzuschätzen. Zur Normierung der Verbrauchswerte werden diese auf eine Warmwassertemperatur von 60 °C umgerechnet. Für die Systemauslegung ist der Sommerverbrauch (Juli/August) maßgeblich.

### Auslastung

Die Auslastung gibt an, wie viel Liter Trinkwarmwasser (60 °C) täglich pro m<sup>2</sup> Kollektorfläche verbraucht werden (normierter Tages-Warmwasserverbrauch bezogen auf Kollektorfläche).

Je größer die Kollektorfläche in Relation zum Warmwasserverbrauch ist, um so höher ist der solare Deckungsanteil an der Wassererwärmung. Gleichzeitig steigen aber mit dem Deckungsanteil die Kosten für das Solarsystem. Als Kompromiss zwischen Kosten-optimierung und angemessenem solarem Deckungsanteil gilt für Solargroßanlagen zur Trinkwassererwärmung folgende Auslegungsempfehlung: 1 m<sup>2</sup> Kollektorfläche pro 70 Liter Warmwasserverbrauch (60 °C) pro Tag.

### Solarer Deckungsanteil

Der solare Deckungsanteil ist der Anteil der solaren Nutzwärme am Energiebedarf für die Erwärmung des gezapften Warmwassers. Nicht berücksichtigt sind bei den hier dargestellten Deckungsanteilen der zusätzliche Energiebedarf zum Ausgleich der Zirkulations-, Speicher- und Nachheizverluste.

### Solare Nutzwärmekosten

Die solaren Nutzwärmekosten geben an, wieviel eine Kilowattstunde solare Nutzwärme kostet. Sie werden berechnet aus dem Quotienten der Systemkosten (Investitionskosten für die Planung und Errichtung des Solarsystems und die Kapitalkosten bei 6 % Zins und einer Anlagenlebensdauer von 20 Jahren) und dem Jahresertrag des Solarsystems.

### Energiegarantie

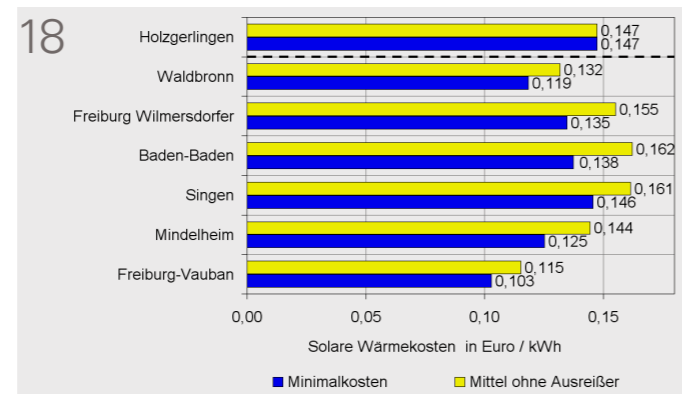
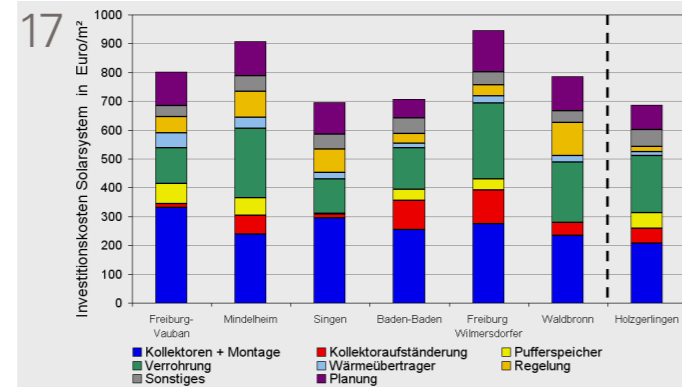
Bevor ein Bieter den Auftrag zur Errichtung des Solarsystems erhält, muss er einen Jahres-Anlagenertrag garantieren. Diese Energiegarantie wird auf Basis von vorgegebenen Wetter- und Verbrauchsdaten ermittelt. Ist die Anlage in Betrieb, wird nach Ablauf eines Messjahres der tatsächliche Anlagenertrag unter Berücksichtigung der realen Wetter- und Verbrauchsdaten überprüft. Liegt der Anlagenertrag mehr als 10 % unter dem garantierten Wert, ist der Anlageninstallateur verpflichtet, das Solarsystem nachzubessern.

## Kosten

Die mittleren Investitionskosten für Planung und Errichtung der Solarsysteme lagen bei 681 Euro pro m<sup>2</sup> Kollektorfläche (inkl. MwSt.). In Abb. 17 sind für jede der sieben Anlagen die spezifischen Kosten pro m<sup>2</sup> Kollektorfläche dargestellt, unterteilt in Einzelkosten der Systemkomponenten und der Planung. Dabei zeigt sich eine große Bandbreite sowohl bei den Gesamtinvestitionskosten als auch bei den Kosten der Komponenten. Hauptursache dafür sind die unterschiedlichen Installationsbedingungen. Dies sind zum Beispiel die Art der Kollektormontage (Flach- oder Schrägdach/

In- oder Aufdach) oder die Verwendung bereits vorhandener Komponenten (z.B. Wasserspeicher). Die Anlage mit den geringsten spezifischen Kosten ist Holzgerlingen. Dies ist vor allem auf die, im Vergleich zum Trinkwassersystem weniger aufwendig Anbindung an das Nahwärmenetz zurückzuführen. Die höchsten spezifischen Kosten entstanden in Freiburg Wilmersdorferstraße. Hier schlägt vor allem die aufwendige Verrohrung und Kollektoraufständerung zu Buche. Da das Kollektorfeld auf zwei Hochhäuserdächer verteilt werden mußte, waren neben einer erdverlegten Leitung auch zwei Steigleitungen notwendig.

Abb. 18 zeigt die mittleren solaren Nutzwärmekosten und zusätzlich die minimalen Nutzwärmekosten der Solarsysteme, die mit den Anlagen erreicht wurden. Hier konnten in Freiburg-Vauban die geringsten solaren Wärmekosten erzielt werden, was auf die sehr hohe Auslastung zurückzuführen ist. Die höchsten Wärmekosten wurden in Singen und Baden-Baden erzielt. Hauptursachen hierfür sind bei beiden Anlagen häufige Betriebsstörungen.



## Zusammenfassung und Fazit

Die gemessenen Anlagenenerträge entsprechen in etwa den prognostizierten Werten, was dadurch dokumentiert wird, dass alle bisher nachgerechneten Anlagen die Energiegarantie erfüllt haben. Dazu bedurfte es bei jeder Anlage eines mehr oder weniger langen Probetriebes mit entsprechenden Optimierungsmaßnahmen. Ohne eine intensive Vermessung und Beobachtung der Solarsysteme hätten viele Mängel nicht festgestellt werden können, was zwangsläufig zu einer reduzierten Funktionsfähigkeit und teilweise erheblich geringeren Anlagenenerträgen geführt hätte. Mit Solargroßanlagen zur Brauchwassererwärmung können Nutzwärmekosten erreicht werden, die eine künftige wirtschaftliche Konkurrenzfähigkeit zu der konventionellen Wärmeerzeugung in Aussicht stellen.

Nicht außer Acht lassen darf man den Beitrag der sieben begleiteten Solarsysteme zum Umweltschutz: Durch deren Betrieb können jährlich etwa 80.000 t

Heizöl bzw. 80.000 m<sup>3</sup> Erdgas eingespart werden, was gleichbedeutend mit der Vermeidung von ca. 200 t an CO<sub>2</sub>-Emissionen ist. Solargroßanlagen zur reinen Trinkwassererwärmung sind inzwischen weitestgehend standardisiert. Mit den gewonnenen Erkenntnissen wurde die Basis für einen effektiven Betrieb solcher Solarsysteme geschaffen. Im Folgekonzept Solarthermie2000plus werden Solarsysteme gefördert, deren Wärme auch anderen Verbrauchern als der Trinkwassererwärmung zugeführt wird und deren höherer solarer Deckungsanteil zu einer noch stärkeren Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen führt.

Neben solar unterstützten Nahwärmenetzen und Kombianlagen für Trinkwarmwasser und Raumheizung können in Solarthermie2000plus auch Anlagen zur solaren Klimatisierung, Prozesswärmeerzeugung und mit Langzeitwärmespeichern gefördert werden.

## Förderkonzept Solarthermie2000plus

Fördermittelgeber:  
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)

Projektmanagement:  
Projekträger Jülich (PTJ) für das BMU  
Forschungszentrum Jülich GmbH  
Dr. Peter Donat  
Tobias Petrovic  
52425 Jülich

### Projektgruppe Offenburg

Prof. Dipl.-Ing. Elmar Bollin  
Dipl.-Ing. (FH) Klaus Huber  
Dipl.-Ing. (FH) Daniel Jödicke

### Projekttitel und -kennzeichen

Solarthermie-2000, Teilprogramm 2 und Solarthermie2000plus:  
Solarthermische Demonstrationsanlagen für öffentliche Gebäude mit Schwerpunkt in den neuen Bundesländern.  
Wissenschaftlich-technische Begleitung der solarthermischen Demonstrationsanlagen in den südwestlichen Bundesländern.  
Förderkennzeichen:  
0329601 H, 0329601 M und 0329601 P

### Berichte

Zu den begleiteten Demonstrationsanlagen werden jährlich aktualisierte Berichte erstellt, in denen detaillierte Informationen, Erfahrungen und Ergebnisse dargestellt sind. Die Projektberichte sind über die Hochschule Offenburg, Projektgruppe ST-2000 erhältlich.

### Literatur

Peuser, F. A.; Croy, R.; Rehrmann, U. u.a.: Solare Trinkwassererwärmung mit Großanlagen. Praktische Erfahrungen. BINE-Informationspaket. TÜV-Verlag, Köln 1999.  
Erfurth, R.; Wienke, P. u.a.: Tragkonstruktionen für Solaranlagen. Planungshandbuch zur Aufständerung von Solarkollektoren. Solarpraxis Supernova AG, Berlin 2001.

### Internet

[www.fh-offenburg.de/mv/st2000](http://www.fh-offenburg.de/mv/st2000)  
[www.solarthermie2000.de](http://www.solarthermie2000.de)  
[www.solarthermie2000plus.de](http://www.solarthermie2000plus.de)

### Kontakt

[bollin@fh-offenburg.de](mailto:bollin@fh-offenburg.de)  
[klaus.huber@fh-offenburg.de](mailto:klaus.huber@fh-offenburg.de)  
[daniel.joedicke@fh-offenburg.de](mailto:daniel.joedicke@fh-offenburg.de)



Hochschule Offenburg  
University of Applied Sciences  
Fachbereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik  
Badstraße 24, 77652 Offenburg  
Tel. 0781 205 - 294 oder -136  
Fax 0781 205 - 138  
[www.fh-offenburg.de](http://www.fh-offenburg.de)



Studentendorf Freiburg-Vauban (143 m<sup>2</sup>)



Kreiskrankenhaus Mindelheim (120 m<sup>2</sup>)



Hegau-Klinikum Singen (264 m<sup>2</sup>)



Stadtklinik Baden-Baden (276 m<sup>2</sup>)



Wohngebäude Wilmersdorferstr. Freiburg (228 m<sup>2</sup>)



Albtherme Waldbronn (226 m<sup>2</sup>)



Nahwärmenetz Holzgerlingen (249 m<sup>2</sup>)



Fa. Festo AG & Co. KG Esslingen (1218 m<sup>2</sup>)



## Ergebnisse des Langzeitmonitorings an solarthermischen Großanlagen durch die Hochschule Offenburg in Südwestdeutschland



## Ergebnisse und Erfahrungen

### Wissenschaftlich-technische Begleitung

Im Rahmen des 1993 gestarteten Förderkonzepts Solarthermie-2000, Teilprogramm 2 und des Folgeprogramms Solarthermie2000plus wurden bis Ende 2007 in ganz Deutschland ca. 70 solare Großanlagen zur Brauchwassererwärmung errichtet. Charakteristisch für diese Anlagen ist deren Kollektorfeldgröße von mindestens 100 m<sup>2</sup>. Am Beispiel dieser Demonstrationsanlagen soll die technische und wirtschaftliche Einsatztauglichkeit aktiver thermischer Solarsysteme demonstriert, deren Technik weiterentwickelt und die Systemschaltungen und -dimensionierung standardisiert werden.

In einem wissenschaftlich-technischen Begleitprogramm werden die Solaranlagen von der Idee über die Realisierung bis hin zu einem mehrjährigen Betrieb von einer unabhängigen Stelle betreut. Für die Begleitung der Demonstrationsanlagen in Südwestdeutschland ist seit 1999 die Hochschule Offenburg zuständig.

Deren Hauptaufgaben sind:

- Eignungsprüfung von Objekten zur Errichtung thermischer Solargroßanlagen,
- Unterstützung der Projektbeteiligten bei der Anlagenplanung, -ausschreibung und -ausführung,
- Konzeption und Installation der Messtechnik,
- mehrjährige Messdatenerfassung und -auswertung,
- Überwachung und Beurteilung des Anlagenbetriebs,
- Störfallanalyse und Optimierungsvorschläge,
- Know-how Transfer.

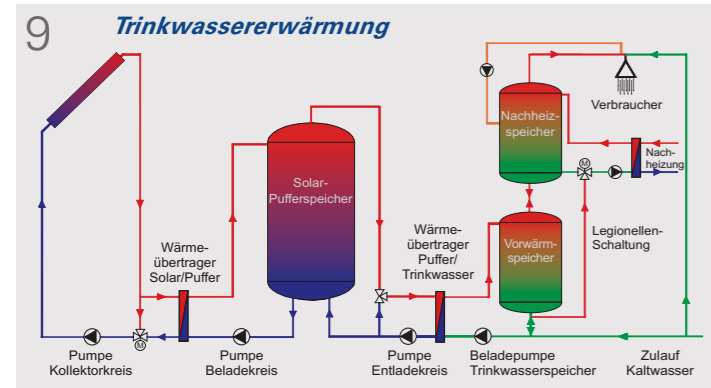
Von der Hochschule Offenburg werden acht Solargroßanlagen begleitet. Fünf dieser Anlagen werden ausschließlich zur Trinkwassererwärmung eingesetzt. Bei einer Anlage wird zusätzlich die Erwärmung des Schwimmbadwassers unterstützt. Von den beiden jüngsten Anlagen, die bereits in Solarthermie2000plus gefördert werden, speist eine die Solarwärme in ein Nahwärmenetz und die andere in das Heizungssystem des Firmengeländes. Die Wärme wird zur Raumheizung und Kältengewinnung genutzt.

Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse und Erfahrungen aus der wissenschaftlich-technischen Begleitung der in den Abb. 1-8 gezeigten acht Solargroßanlagen zusammengefasst.

## Systemschaltungen

### Trinkwassererwärmung

Charakteristisch für thermische Solargroßanlagen zur Trinkwassererwärmung ist deren Aufteilung in Kollektorkreis, Pufferspeicherkreis und Trinkwasserkreis, jeweils durch einen Wärmeübertrager voneinander getrennt.



Das System mit Trinkwasser-Vorwärmerspeicher (Abb. 9) wurde an den Anlagen Mindelheim, Singen, Baden-Baden und Wilmersdorferstraße Freiburg umgesetzt. Bei diesem System wird im Trinkwasserkreis ein zusätzlicher Speicher (Vorwärmerspeicher) eingebaut, der über eine Umwälzpumpe mit Solarenergie aus dem Pufferspeicher beladen wird. Aus Hygienegründen muss der Vorwärmerspeicher mittels einer sog. Legionellenschaltung mindestens ein Mal pro Tag auf 60°C aufgeheizt werden. Das System mit Vorwärmerspeicher hat sich als das zuverlässigste erwiesen, vor allem wegen der Entkalkung von Vorwärmerspeicherbeladung und Zapfvolumenstrom. Allerdings reduziert sich die Anlageneffizienz auf Grund von oft hohen Rücklauftemperaturen in den Pufferspeicher, die durch hohe Temperaturen im Vorwärmerspeicher verursacht werden.

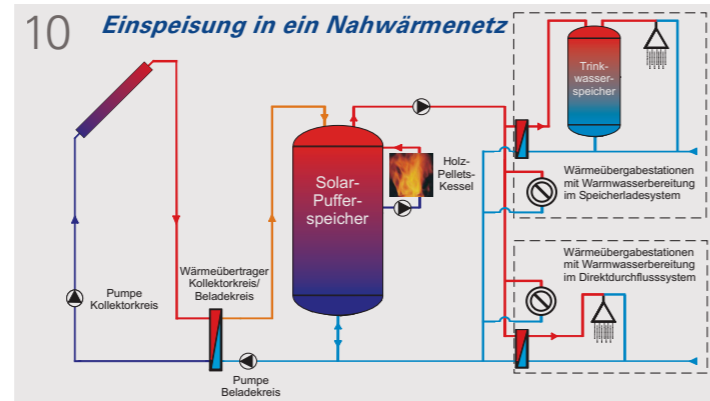
Bei der Systemschaltung mit Direkterwärmung, wie sie in Freiburg-Vauban eingesetzt wird, wird das Trinkwasser nicht in einen Vorwärmerspeicher eingespeist, sondern strömt direkt über einen Wärmeübertrager, über den es Solarwärme aus dem Pufferspeicherkreis aufnehmen kann. Der Volumenstrom im Pufferspeicher-Entladekreis entspricht idealerweise der aktuellen Warmwasserzapfmenge und ist damit stark schwankend. Hauptvorteil der Direkterwärmung gegenüber dem Vorwärmerspeichersystem sind die niedrigeren Rücklauftemperaturen in den Pufferspeicher und die damit verbundene höhere Effizienz der Anlage. Zudem kann auf einen zusätzlichen Trinkwasserspeicher und eine vierte Umwälzpumpe verzichtet werden. Auch die bei Vorwärmerspeichersystemen erforderliche Legionellenschaltung entfällt. Dementsprechend ist das System mit Direkterwärmung dem System mit Vorwärmerspeicher vorzuziehen.

Eine spezielle Systemschaltung wurde an der Solaranlage der Albtherme Waldbronn umgesetzt. Dort erfolgt neben der solaren Trinkwassererwärmung zusätzlich eine solare Erwärmung des Beckenwassers. Bei dieser Anlage wurde auf einen Pufferspeicherkreis verzichtet. Die Solarwärme wird entweder direkt an einen Trinkwasser-Vorwärmerspeicher oder an das über einen zweiten Solarwärmeübertrager strömende Beckenfrischwasser abgegeben.

### Einspeisung in ein Nahwärmenetz

Die Solarwärme wird über einen Wärmeübertrager in die Pufferspeicher eingespeist. Bei der in Abb. 10 gezeigten Anlage stehen der Solaranlage drei Puffer zum Zwischenspeichern der Solarwärme zur Verfügung, wobei Puffer eins vom Holzpelletskessel mitbenutzt wird. Mit der Solarwärme wird das in Puffer drei eingespeiste Heizungswasser vorgewärmt und aus Puffer eins, vom Pelletskessel auf Solltemperatur nachgeheizt, direkt in das Nahwärmenetz gepumpt. Besonderer Wert sollte bei diesem Anlagentyp auf eine niedrige Rücklauftemperatur gelegt werden. Dies kann über die Auswahl entsprechender Wärmeübergabestationen erzielt werden. Beim Nahwärme-

netz Holzgerlingen wurden dafür soweit möglich Wärmeübergabestationen mit Trinkwassererwärmung im Direktdurchflusssystem eingesetzt. Die Beschickung der Raumheizung erfolgt

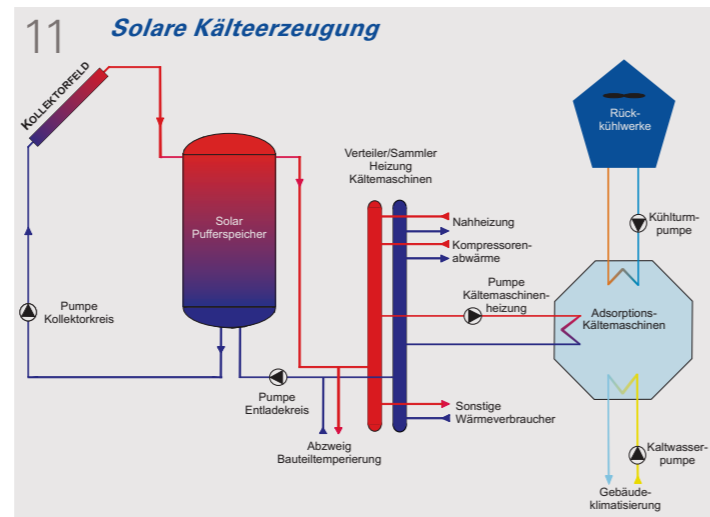


im Direktdurchfluß, wodurch ebenfalls eine Verringerung der Rücklauftemperatur erzielt werden kann.

### Solare Kälteerzeugung

Ein großer Vorteil der Solarthermie als Wärmequelle für die Klimatisierung von Gebäuden gegenüber anderen Nutzungsformen der solaren Wärme ist die Gleichzeitigkeit von solarem Wärmeangebot und Kühlbedarf. So besteht der größte Kühlbedarf im Sommer tagsüber, wenn auch das größte solare Angebot zur Verfügung steht. Dadurch können Pufferspeicher entfallen bzw. kleiner dimensioniert werden und die Solaranlage größer dimensioniert werden. Im Sommer werden Stagnationen wegen zu geringer Abnahme der Solarwärme weitgehend vermieden. Im Winter, wenn keine Klimatisierung benötigt wird, wird die Solarwärme in das Heizungssystem eingespeist. Dadurch kann ein niedrigerer Solarwärmepreis erzielt werden als bei alleiniger Nutzung für die Klimatisierung.

Abb. 11 zeigt das Anlagenschema der solaren Klimatisierung der Fa. Festo AG & Co. KG in Esslingen. Bei dieser Anlage entfällt der Wärmeübertrager zwischen Kollektor- und Speicherladekreis, da die Anlage mit einem Nur-Wasser-System betrieben



wird. Auf Frostschutzmittel wird verzichtet. Damit das Wasser im Kollektorkreis bei Frost nicht einfriert, wird bei Bedarf Wasser aus den Speichern in die Kollektoren gepumpt. Die Solarwärme wird über einen Heizungsverteiler, an den, neben den Kältemaschinen, auch andere Wärmeverbraucher angeschlossen sind, an die Verbraucher abgegeben. Dadurch kann die Solarwärme wahlweise zu Heiz- oder Kühlzwecken genutzt werden. Zur Nutzungsgradsteigerung der Kollektoren, kann außerdem auf einem niedrigeren Temperaturniveau, direkt in die Bauteiltemperierung eines angeschlossenen Gebäudes eingespeist werden. Durch die genannten Maßnahmen kann ein deutlich höherer Ertrag, als bei alleiniger Nutzung der Adsorptionskältemaschinen, erzielt werden.

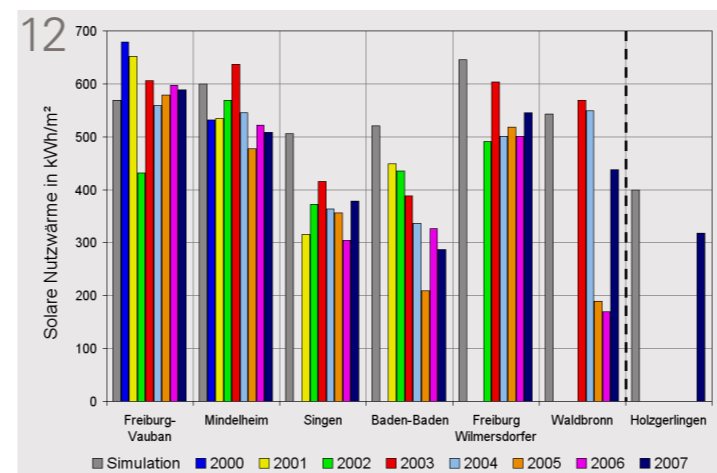
## Solare Nutzwärme

In 2007 betrug die solare Nutzwärme der sieben begleiteten Solaranlagen insgesamt ca. 630 MWh, was bezogen auf die gesamte Kollektorfläche von 1.506 m<sup>2</sup> einer mittleren spezifischen solaren Nutzwärme von 418 kWh/m<sup>2</sup> und Jahr entspricht.

In Abb. 12 sind die Jahressummen der gemessenen Nutzwärme der einzelnen Anlagen bezogen auf die Kollektorfläche dargestellt. Zum Vergleich ist auch die Nutzwärme dargestellt, die vor der Anlageninstallation auf Basis von Simulationen prognostiziert wurde. Es zeigen sich z.T. starke Ertragsunterschiede zwischen den einzelnen Anlagen, aber auch Schwankungen in den Jahressummen der jeweiligen Anlage. Dies liegt darin begründet, dass die Nutzwärme einer Solaranlage von vielen Faktoren bestimmt wird: Wetter, Warmwasserverbrauch, Regelkonzept, Betriebsweise der konventionellen Technik, Störungen und Ausfälle des Solarsystems etc.

In Freiburg-Vauban wurde in 2002 der für diese Anlage niedrigste solare Ertrag erzielt. Die Anlage stand in diesem Jahr, während des Einbaus von Kompaktstationen im Rahmen eines Forschungsprojektes des Fraunhofer ISE, längere Zeit still. Dadurch konnte nur ein niedriger solarer Jahresertrag realisiert werden. In den darauf folgenden Jahren erreichten die solaren Erträge nicht mehr das Niveau der Vorjahre, da zwar einerseits die Entladeperformance durch eine bessere Zapferkennung deutlich verbessert wurde, andererseits aber der Wärmeübertrager auf der Beladeseite eine geringere Leistung als der vorherige hat.

In Singen fiel im ersten Messjahr der solare Ertrag niedriger aus als der in der Energiegarantie angegebene Wert. Die Solaranlage wurde daraufhin 2001 umgebaut. Hierbei wurde insbesondere die Verschaltung der Trinkwasserspeicher von vier parallel geschalteten Behältern auf eine paarweise Reihenschaltung geändert. Seither sind die Speicher aufgeteilt in zwei Vorwärm- und zwei Bereitschaftsspeicher, die von der Nachheizung auf die Solltemperatur hochgeheizt werden. Außerdem wurden Optimierungsmaßnahmen an Regelung und Dämmung der Solarspeicher durchgeführt. Hierdurch konnte in den Jahren 2002 bis 2005 deutlich mehr solare Nutzwärme geerntet werden. In 2006 fiel der Ertrag durch diverse Störungen wieder deutlich geringer aus. Diese waren in 2007 wieder behoben, sodass der solare Ertrag wieder höher ausfiel.



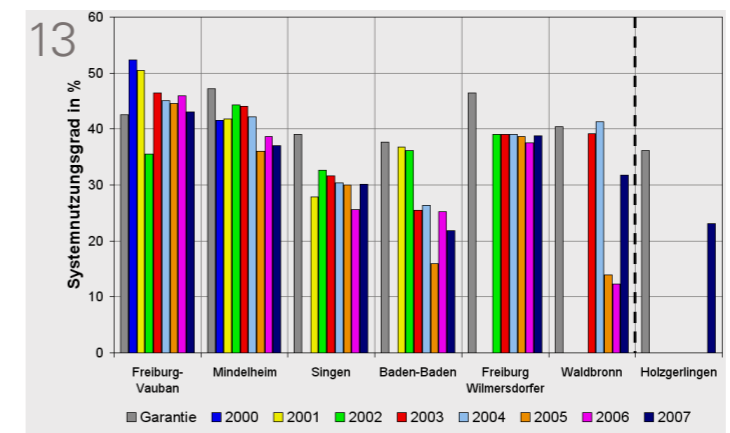
In Baden-Baden nahm der Solarertrag seit Inbetriebnahme bis 2005 stetig ab. Durch Verkalkungen im Trinkwasserwärmeübertrager konnte die Wärme immer schlechter an das Trinkwasser abgegeben werden. Regelmäßige Spülungen mit Zitronensäure brachten kurzzeitige Verbesserungen, konnten aber die stetige Verschlechterung der Übertragungsleistung nicht verhindern. Erst durch einen Umbau der Anlage in 2006 konnte eine deutliche Verringerung der Verkalkung und damit eine Erhöhung der Solarerträge erzielt werden. 2007 konnte wieder nur weniger Ertrag erzielt werden, da der Warmwasserverbrauch aufgrund von Umstrukturierungen deutlich zurück ging. In Waldbronn kam es in den Jahren 2005 und 2006 durch Pro-

bleme mit der Dichtigkeit der Wärmeübertrager zu einer längeren Stillstandsphase. Durch Austausch der Wärmeübertrager und Wiederinbetriebnahme der Beckenwasservorwärmung konnten in 2007 wieder deutlich höhere Solarerträge erzielt werden. In Mindelheim und Freiburg Wilmersdorfer Straße gab es während der gesamten Laufzeit nur wenige Störungen, die ohne große Auswirkungen auf den Ertrag blieben.

Insgesamt konnten in Freiburg-Vauban mit durchschnittlich 587 kWh/m<sup>2</sup> die höchsten spezifischen solaren Erträge erzielt werden. Bei den meisten Anlagen konnten in 2003 die höchsten Erträge realisiert werden. Die Messergebnisse von Holzgerlingen sind getrennt zu betrachten, da es sich hier um ein Nahwärmenetz handelt, dessen Erträge nur bedingt mit denen der Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung vergleichbar sind.

### Systemnutzungsgrad

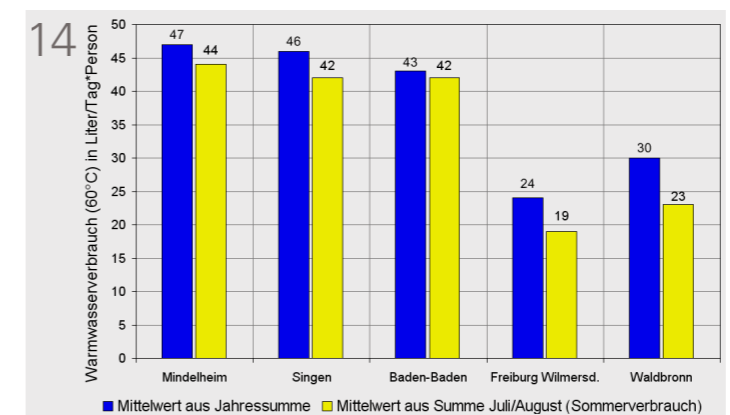
Der Jahres-Systemnutzungsgrad lag bei Normalbetrieb der Anlagen im Bereich 30 - 52 %. Auf Grund von Funktionsstörungen kam es auch zu Systemnutzungsgraden unter 30 %. Der durchschnittliche Systemnutzungsgrad, gemittelt über alle sieben Anlagen, betrug 35 %.



Die mittleren jährlichen Systemnutzungsgrade der einzelnen Solaranlagen sind in Abb. 13 dargestellt. Ebenfalls abgebildet sind die prognostizierten Systemnutzungsgrade, ermittelt auf Basis von Simulationsrechnungen. Auffällig sind hier die im Vergleich zu den anderen Anlagen hohen Nutzungsgrade in Freiburg-Vauban.

### Warmwasserverbrauch

Abb. 14 zeigt den gemessenen Warmwasserverbrauch, dargestellt als Tagesverbrauch pro Patient, Bewohner bzw. Besucher.



Zum Vergleich, werden der aus der Jahressumme gemittelte Tagesverbrauch und der mittlere Tagesverbrauch im Sommer (Auslegungsverbrauch) aufgezeigt. Dabei wird deutlich, dass es bei den Wohngebäuden der Wilmersdorfer Straße und der Albtherme Waldbronn eine erhebliche Differenz zwischen Sommer- und Jahresverbrauch gibt (ca. - 25 %). Ermittelt man den Auslegungsverbrauch z.B. aus der Jahressumme des Warmwasserverbrauchs, so muss der Sommerverbrauch i.d.R.

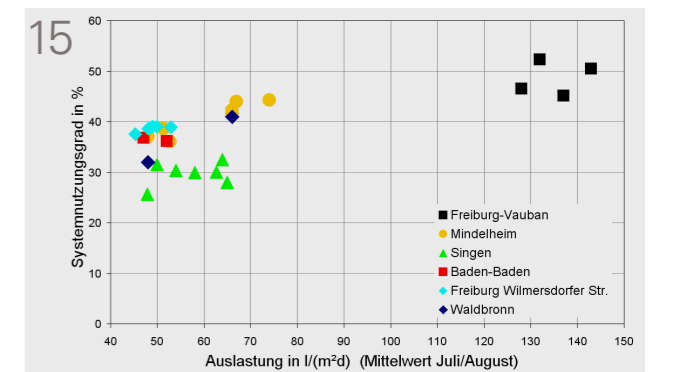
gegenüber dem Durchschnittsverbrauch reduziert werden.

Der Pro-Kopf-Verbrauch im Studentendorf Freiburg-Vauban ist nicht dargestellt, da keine verlässlichen Daten über dessen Belegung vorliegen. Erwähnenswert ist beim Studentendorf der starke Verbrauchsrückgang im Sommer (Semesterferien) um ca. 40 % im Vergleich zum mittleren Jahresverbrauch, was bei der Dimensionierung der Solaranlage unbedingt berücksichtigt werden muss.

Im Nahwärmenetz Holzgerlingen wird die Wärme neben der Trinkwassererwärmung auch zur Raumheizung genutzt, dementsprechend kann hier kein sinnvoller Wert angegeben werden.

### Auslastung

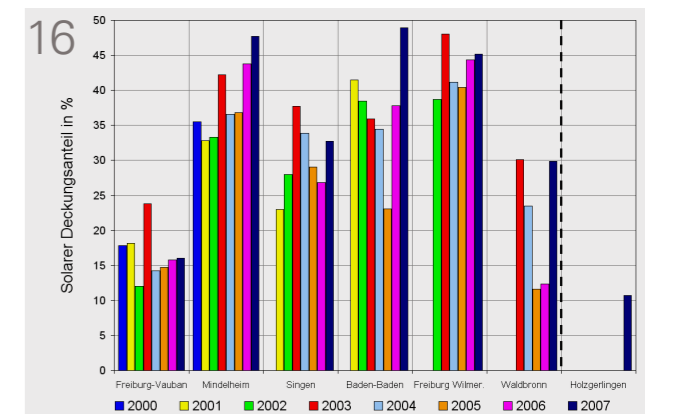
In Abb. 15 ist die mittlere Auslastung der Solarsysteme im Sommer und deren Relation zum Systemnutzungsgrad dargestellt. Eine höhere Auslastung bedingt i.d.R. einen höheren Nutzungsgrad. Die Auslastung liegt weitestgehend im Bereich 50 - 70 Liter pro Tag und m<sup>2</sup> Kollektorfläche. Ausnahme ist das Studentendorf Freiburg-Vauban. Dort erhöhte sich wegen höheren Bewohnerzahlen im Vergleich zur Planungsphase der



Warmwasserverbrauch und damit die Auslastung erheblich. Holzgerlingen kann bezüglich Auslastung nicht bewertet werden, da die Wärme nicht nur zur Warmwasserbereitung eingesetzt wird.

### Solarer Deckungsanteil

In Abb. 16 ist der solare Deckungsanteil an der Erwärmung des gezapften Warmwassers bzw. der ans Nahwärmenetz abgegebenen Wärmemenge dargestellt. Dieser lag meist im Bereich von 30 - 40 %, was charakteristisch für Solaranlagen ist, die als Vorwärmersysteme konzipiert sind. Ausreißer ist die Solaranlage im Studentendorf Freiburg-Vauban, wegen ihrer in Relati-



on zum Warmwasserverbrauch kleinen Kollektorfläche. Auch in Holzgerlingen fällt im Vergleich zu den anderen Anlagen der Deckungsanteil deutlich niedriger aus. Hier konnte das Kollektorfeld nicht größer ausgelegt werden, da nicht mehr geeignete Dachfläche zur Verfügung stand.