

Schlussbericht Mai 2004

Zirkulationseinbindung von solaren Warmwasseranlagen im MFH

Ausgearbeitet durch

Bernd Sitzmann
Ökozentrum Langenbruck
Schwengistrasse 12
CH-4438 Langenbruck

Ausgangslage

Kern des durchgeführten Projekts ist die Verschiebung der Schnittstelle Solaranlage/Warmwasserversorgung direkt unter die Dachhaut bzw. auf das Flachdach. Durch Einbindung der Warmwasserzirkulationsleitung wurde eine innovative Vereinfachung im gesamten Anlagensystem geschaffen (siehe Fig. 1). Der Solarkreis ist in das Zirkulationssystem über einen externen Wärmeübertrager eingebunden.

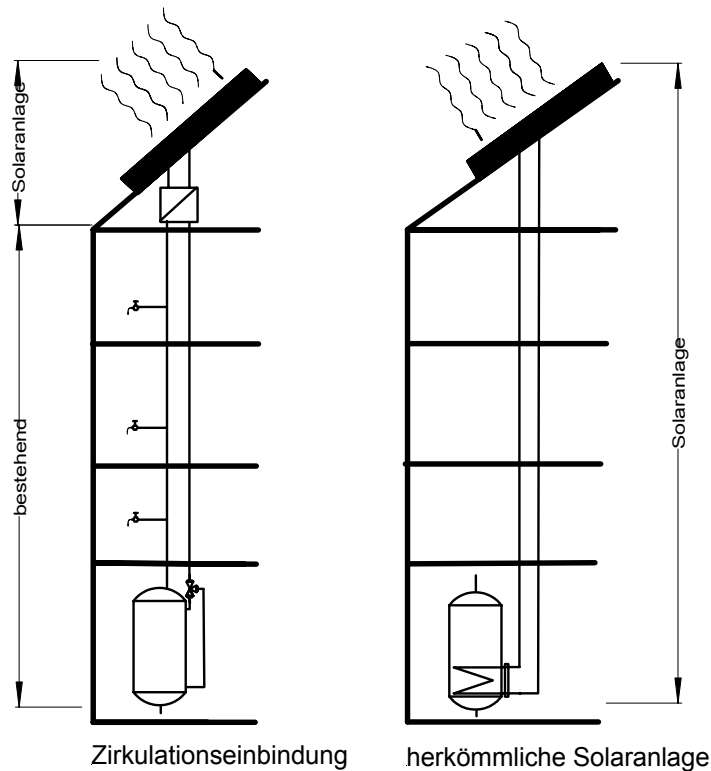


Fig. 1: Vergleich der solaren Zirkulationseinbindung mit herkömmlichen Solarsystemen

Durch die Abtrennung der Solargruppe von der Unterstation (Heizung/Warmwasser) bedarf es entsprechender Neuüberlegungen. Die gesamte Hydraulik und Steuerung wird kompakt nahe dem Kollektorfeld untergebracht. Es besteht keine elektronische Verbindung zwischen Kollektorfeld und Warmwasserspeicher.

Dem Projekt vorausgegangen ist eine Vorstudie [1] zur Untersuchung der Machbarkeit. Es wurde eine Simulationsrechnung durchgeführt und 6 Mehrfamilienhäuser im Kanton Baselland und Kanton Baselstadt auf ihre Einbindung der Solaranlage in das Warmwassernetz untersucht. Daraus hat sich die hier beschriebene Anlage an der St. Jakobstrasse 29 in Basel (Fig. 2) ergeben sowie die geplante Feldtestanlage Burgfederhof im Rahmen des derzeit laufenden KTI-Projekts.

Das hier beschriebene Projekt wurde durchgeführt mit den Industriellen Werke Basel (IWB) als Contractor der untersuchten Anlage sowie der Firma SE Energiesystems, welche die Solaranlage installiert hat.

Das Anlageverhalten wurden bereits zum Teil im Jahrsbericht 2003 [2] behandelt.

Ziele des Projekts

1. Leistungsverhalten der neuartigen Zirkulationseinbindung (St. Jakobstr. 29) gegenüber einer herkömmlichen Solarinstallation (Lange Gasse 1, 3, 5)
2. Vergleich der theoretischen Vorstudie mit den gemessenen Daten zur genauen Deutung des Anlageverhaltens.
3. Betriebsverhalten der Anlage bei den 3 Anlagezuständen:
 - nur Solarladebetrieb
 - nur Warmwasserverbrauch (ohne Solarladebetrieb)
 - Solarladebetrieb und Warmwasserverbrauch
4. Werden die Speicherbeladung und Speicherschichtung gewährleistet?
5. Betriebsverhalten des Plattenwärmetauschers

Beschreibung der Anlage

Standort: Basel (CH) 270 m.ü.M. Orientierung: -50.0° Anstellwinkel: 27.0° Horizont: Frei 22 Bewohner Warmwasserverbrauch Ø: 1531 l/Tag	LTS-Nr: 436 Typ: Flachkollektor Absorberfläche: 19.6 m² Anz. Module: 8 Speicher: 2 x 950 l Zusatzheizung: Erdgas
---	---



Fig. 2: 4 x 20m² WW Solaranlage,
St. Jakobstr. 29; Lange Gasse 1, 3, 5; BS



Fig. 3: Solarinstallation im DG von St.
Jakobstr. 29, BS

Die Gewährleistung des Komforts (konstante WW-Temperatur bei allen Verbrauchern) hatte oberste Priorität bei der Ausarbeitung des Anlagenschemas. Da die Zapfstellen sowohl beim Steig- und Sinkstrang der Zirkulation (Schwerkraftzirkulation) angeordnet sind, musste eine Kaltwasser-Leitung vom

Vorwärmespeicher nachträglich eingebaut werden. Die komplette Solarinstallation und Steuerung befindet sich im Estrich der St. Jakobstrasse 29 (Fig. 3).

Die solare Warmwasseranlage St. Jakobstrasse 29, Basel wurden zwischen den 01. 06. 2003 und den 31. 05.2004 mittels Labview-Datenerfassung mit Online-Übertragung permanent überwacht. Gemessen werden 2 Wärmezähler und 20 Temperaturen an Kollektor, Leitungen, Wärmetauscher und Speicher (Fig. 4). Im Warmwasserkreis findet noch keine Richtungsumkehr für den Solarbetrieb statt. Die WW-Zirkulation geschieht über Schwerkraft. Der wasserseitige Vorlauf am Plattenwärmetauscher wird über die zusätzlich eingezogene Leitung gespiessen. Die vorgesehene Richtungsumkehr wird zum ersten mal an der WG-Im Burgfelderhof eingesetzt.

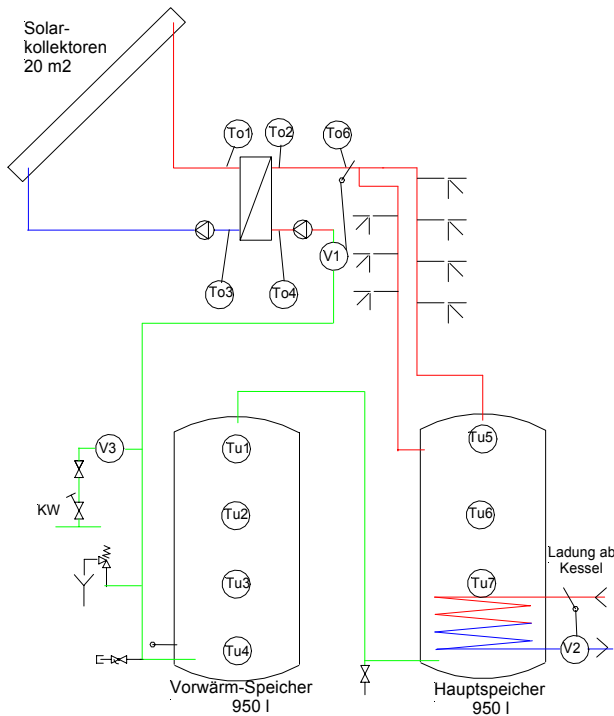


Fig. 4: Messschema der Solaranlage St. Jakobstrasse 29, Basel

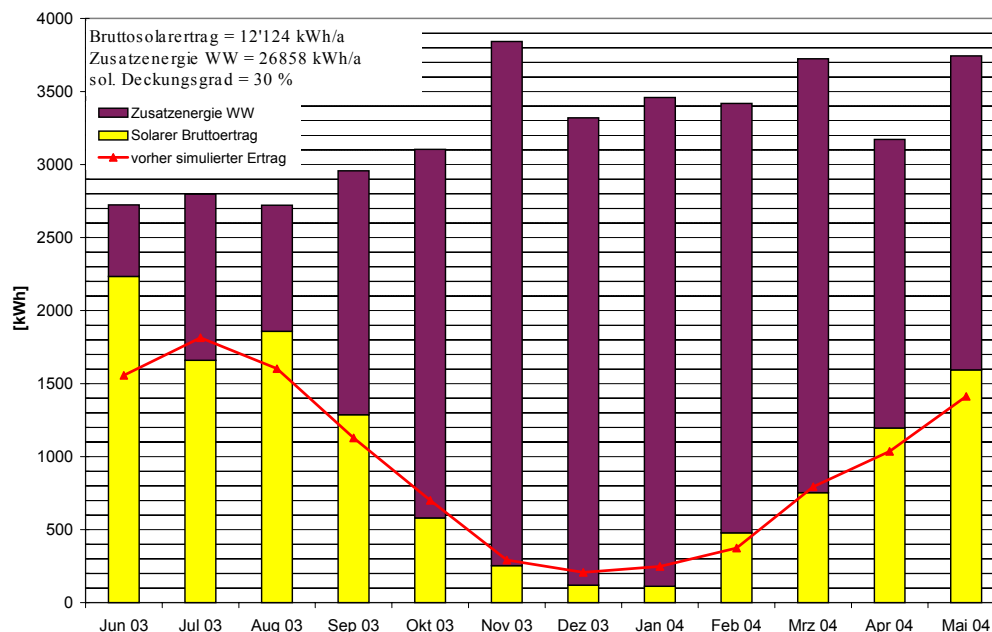


Fig. 5: Solarer Bruttoertrag und Zusatzheizenergie St. Jakobstr. 29, BS (1.Juni 2003 bis 31.Mai 2004).

In Fig. 5. ist der monatliche Verlauf der in die WW-Zirkulation eingespiesenen Solarenergie, der vom Gaskessel in den Hauptspeicher gelieferten Zusatzheizenergie sowie der durch vorgängige Simulation berechnete Solarenergieertrag aufgezeichnet. Mit der gemessenen Solarenergie von 12'124 kWh bei einer Zusatzenergie von 26'858 kWh beträgt der solare Deckungsgrad 30%. Dies ergibt bei einer Kollektorfläche von 19.6 m² einen spezifische Kollektorertrag von 619 kWh/m²a.

Wirtschaftliche Aspekte

Angaben zu Energiekosten und Investitionskosten zukünftiger Solaranlagen mit Zirkulationseinbindung lassen sich aus der untersuchten Anlage nur begrenzt ziehen. Das Gebäude hatte keine Zirkulationsleitung vor der Anlageinstallation. Eine zusätzliche Kaltwasserleitung wurde deshalb nachträglich eingezogen um die Zirkulationseinbindung zu erproben. Die Installation der einzelnen hydraulischen und elektronischen Komponenten war neu und zeitaufwendig. Einsparungen gegenüber herkömmlichen Solaranlagen lassen sich deshalb nur begrenzt aus der in Tabelle 1 angegebenen Kostenzusammenstellung der St. Jakobstr. 29 und der herkömmlichen Anlage in der Längen Gasse 5 abschätzen.

Die Solaranlage konnte durch eine Contracting-Finanzierung der gesamten Heizungsanlage durch die Industriellen Werke Basel (IWB) realisiert werden. Auf der Energieseite wird dem Kunden nur die mit Gas erzeugte Wärme verrechnet, der Wärmeertrag durch die Kollektoren ist für ihn kostenlos und reduziert ihm daher den Energiebedarf an Gas und ist somit direkt ertragswirksam.

Tabelle 1: Kostenzusammenstellung der Testanlage (St. Jakobstr. 29) und der herkömmlichen Solaranlagen in der Längen Gasse 5, Basel.

	St. Jakobstr. 29	Länge Gasse 5	
Sonnenkollektoren	17477.--	17477.--	Fr.
Speicher	12452.--	8916.--	
Solarkomponenten			
Armaturengruppe, Expansion	1570.--	830.--	
Armaturengruppe Trinkwasserseitig	2490.--		
Sanitär Installationsleitung	2620.--	1021.--	
Steuerung	1400.--	450.--	
Verbindungsleitung	342.--	1368.--	
Frostschutzmittel	224.--	352.--	
Montage Solar Primärkreis			
Solar Komponenten	870.--	2450.--	
Elektro- Installation	1370.--	930.--	
Inbetriebnahme	490.--	490.--	
Montage Sanitär	5208.--	3740.--	
Montage Ladung Heizung	1250.--	1170.--	
Kaminöffnung erstellen für Leitungsführung	250.--	450.--	
Planung	1500.--	1500.--	
Unvorhergesehenes	1000.--	1000.--	
Total Solaranlage	50513.--	42144.--	Fr.
spez. Anlagepreis	2526.--	2107.--	Fr./m ²
Subvention	20205.--	16857.6.--	Fr.

Die nicht amortisierbare Mehrkosten der Anlage gemäss BfE - Berechnungsmethode belaufen sich auf Fr. 48'639.--.

Ergebnisse

Es wurde keine Komforteinbusse gegenüber herkömmlichen Installationen in der Warmwasserbereitstellung festgestellt. Die Solaranlage konnte im Juli 03 bei ausgefallenem Gaskessel sogar bereits um 8.00 Uhr Warmwasser bei 55°C liefern, was einen Komfortgewinn gegenüber herkömmlicher Solaranlagen bedeutet.

Die vereinzelt auftretenden Überschwinger der Kollektortemperatur bei der Startphase als Folge der noch nicht optimierten Regelung werden im angelaufenen *KTI-Projekt 'Solar-Kompaktmodul'* mittels MatLab-Simulation am Ökozentrum Langenbruck gelöst. Die Messkampagne lieferte somit wichtige Informationen für die Entwicklung der zukünftigen Anlagekomponenten und insbesondere für die Optimierung der Regel-Algorithmen.

Die Schichtung der Speicherladung über den WW-Anschluss hat sich als sehr gut erwiesen, wie die Temperatur-Kurven der verschiedenen Speicher-Schichthöhen in Fig. 6 bezeugen.

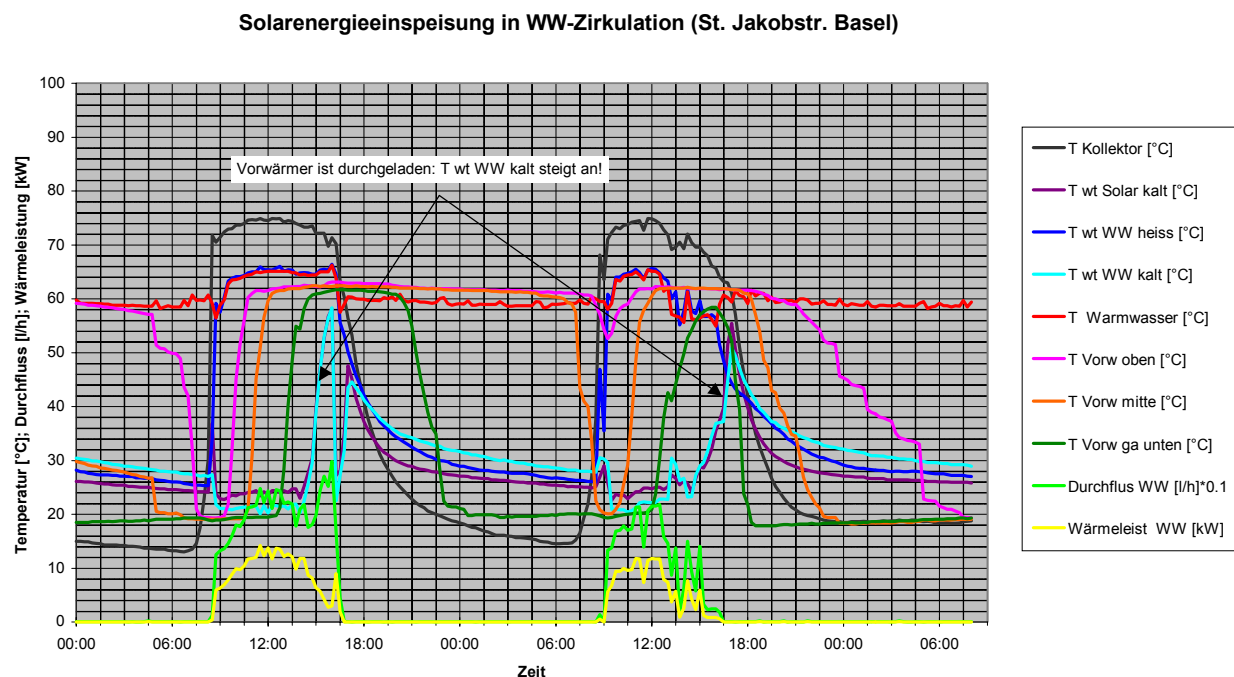


Fig. 6: Das Anlageverhalten zeigt sehr gute Schichtung der Speicherladung.

Die Solaranlage an der St. Jakobstr. 29 in Basel weist nach meteorologischer Korrektur einen normierten solaren Bruttoertrag von 519 kWh/m²a auf (Tabelle 2). Bei einem solaren Deckungsgrad von 30% kann dieser Wert als gut erachtet werden und hat nur geringe Abweichungen gegenüber einer Standardanlage.

Positiv wirkte sich auf den solaren Bruttoertrag die großzügige Dimensionierung des Plattenwärmetauschers aus.

Da das Verbraucherverhalten eine Morgenspitze im WW-Verbrauchsprofil aufweist wurde der Vorwärmerspeicher bei einigen sonnigen Tagen bereits in den frühen Nachmittagstunden mit Warmwasser durchgeladen und die Solarladung gestoppt; ein Teil der Einstrahlung ging dadurch verloren. Eine Vergrößerung des Speichervolumens hätte eine weitere Steigerung des solaren Bruttoertrags zur Folge.

In der Vorstudie [1] wurde bei 30% solarem Deckungsgrad ein Minderertrag von 20% gegenüber herkömmlichen Solaranlagen berechnet. Der nun gemessene Minderertrag betrug lediglich ca. 8 %.

Tabelle 2: Solarer Bruttoertrag 20m²-Solaranlage St.Jakobstr.29 in Basel

Solarer Bruttoertrag	kWh	kWh/m ² a
mit Wetterdaten 2003/04:		
Herkömmliche Anlage, Polysun-simuliert mit Wetterdaten 2003/04	13'669	697
Gemessen <u>nicht</u> meteorologisch normiert	12'124	619
mit normierten Daten:		
Herkömmliche Anlage, Polysun-simuliert mit Meteonorm-Daten	11'166	570
Gemessen und meteorologisch normiert	10'170	519

Solarer Deckungsgrad (gemessen) 30 %

Nach Optimierung des Regelverhaltens zur Vermeidung der auftretenden Überschwinger der Kollektortemperatur wird sich eine weitere Ertragssteigerung an zukünftigen Solaranlagen einstellen. In der gesamten Messperiode sind insgesamt 13 Sonnentage mit Kollektorüberhitzung in der Startphase aufgetreten. Bei einem durchschnittlichen Tagesertrag der Solaranlage von 70 kWh hätte sich ohne den 12 mal aufgetretenen Startüberschwinger ein Gesamtertrag von 12'124 + 840 kWh = 12'964 kWh ergeben. Der spezifische Kollektorsertrag würde sich dann von 619 noch auf 661 kWh/m²a anheben.

Die Zirkulationseinbindung kann daher aus energetischer Sicht als sinnvolle Alternative zu herkömmlichen Solaranlagen eingestuft werden.

Schlussfolgerung und Aussicht

Die Anlage hat die grundsätzliche Machbarkeit der direkten Einspeisung thermischer Solarenergie in das Warmwassernetz ohne Problem bewiesen.

Die gute Funktion der Anlage hat wesentlich zur Entscheidung der zwei Industriepartner beigetragen, sich mit namhaften Eigenleistungen an der Weiterentwicklung innerhalb eines KTI-Projektes zu engagieren.

Die mit BfE- Mitteln finanzierten Arbeiten, die Vorstudie und das Messkonzept, ermöglichten damit das laufende *KTI-Projekt "Solar-Kompaktmodul zur direkten Solarenergie-Einspeisung in das Warmwasser-Zirkulationsnetz"*.

Das durchgeführte Projekt hat sehr wichtige Kenntnisse über das Anlageverhalten einer Solaranlage mit Zirkulationseinbindung geliefert. Insbesondere konnten mit der untersuchten Anlage die vereinzelt in der Startphase auftretenden Temperaturspitzen im Kollektorkreis erkannt werden. Innerhalb des KTI-Projektes wurden diese auftretenden Temperaturspitzen mit MatLab-Simulink am Ökozentrum Langenbruck genau untersucht und anschliessend das Regelkonzept für die Entwicklung eines Kompaktmoduls konzipiert.

Bezüglich den zukünftigen Kosten einer Solaranlage mit Zirkulationseinbindung kann auf Grund der geplanten Solaranlage an der WG Burgfelderhof eine deutliche Kostenreduktion von bis zu 20% erzielt werden.

Verantwortliche Personen

- Ingenieur(e)/Planer, Messungen

Ökozentrum Langenbruck
B. Sitzmann, H. Zumsteg
Schwengistr. 12
4438 Langenbruck
Tel.: 062 387 31 36
Fax 062 390 16 40
sitzmann@oekozentrum.ch

- Installateur(e)

SE Energiesysteme
B. Salerno
Schwengistr. 12
4438 Langenbruck
Tel.: 062 390 10 23
Fax 062 390 16 40
basso.salerno@sesolar.ch

- Eigentümer

IWB
J. Kunz
Margarethenstr. 40
4008 Basel
Tel.: 061 275 53 18
Fax 061 275 51 80
juerg.kunz@iwb.ch

Literaturverzeichnis

- [1] B. Sitzmann: Vorstudie - Kosteneinsparung bei solaren Warmwasseranlagen durch Einbindung in die Warmwasserzirkulation, Bundesamt für Energie, 2001.
- [2] B. Sitzmann: Jahrsbericht 2003 - Zirkulationseinbindung von solaren Warmwasseranlagen im MFH, Bundesamt für Energie, 2003.

Unterschrift

Langenbruck, 02.Juni 2004

Bernd Sitzmann