



Bild 1: Aufbau der Solaranlagen an der FH-Pinkafeld.



Bild 2: Aufstellung der Solarspeicher im Labor der FH.

## Endbericht

# Vergleichsmessungen an High Flow und Low Flow Solaranlagen an der FH-Pinkafeld



Die FH-Pinkafeld beschäftigt sich schon seit Beginn ihrer Forschungstätigkeiten intensiv mit dem interessanten Thema thermische Solaranlagen. Seit damals konnten ständig Erkenntnisse aus den verschiedensten laufenden, bzw. bereits abgeschlossenen Projekten, wie zum Beispiel CFD-Analysen, Produktentwicklungen oder Komponentenuntersuchungen in die F&E-Arbeit miteinfließen.

Tabelle 1:  
Kenndaten  
der Prüflinge  
im Detail.

### Hoval – SolarCompact

**Kollektor:** Flachkollektor mit hochselektiver Beschichtung,  
**High Flow** (40-60 l/m<sup>2</sup>h)  
**6,0 m<sup>2</sup>** Kollektorfläche

**Speicher:** emaillierter Stahlspeicher mit zwei eingebauten Heizregistern,  
**320 Liter**

**System:** geschlossenes System

### Hoval – SolKit

**Kollektor:** Flachkollektor mit hochselektiver Beschichtung,  
**Low Flow** (12 – 15 l/m<sup>2</sup>h)  
**4,2 m<sup>2</sup>** Kollektorfläche

**Speicher:** Doppelmantel Edelstahl-Schichtspeicher,  
**470 Liter**

**System:** offenes System, drucklos

**Kollektorausrichtung:** SSO  
**Warmwasserverbrauch:** 7 kWh/d

Bereits in der HLK-Ausgabe 05/2001 war ein Zwischenbericht über vergleichende Untersuchungen von Low Flow und High Flow Solaranlagen an der FH-Pinkafeld erschienen. Folgender Endbericht soll die gewonnenen Erkenntnisse aus den seit Anfang 2001 laufenden und im Februar 2002 abgeschlossenen Messungen analysieren und dokumentieren.

### Anlagen

Beide zu vergleichende Anlagen sind Komplettssysteme aus dem aktuellen Produktprogramm der Firma Hoval. Das System „SolarCompact“ ist eine konventionelle Solaranlage mit High Flow Technologie, das System „SolKit“ eine Low Flow Solaranlage. Beide Solarsysteme wurden am Flachdach des FH-Labors (Bild 1) in gleicher Himmelsausrichtung montiert. Auch die Solarleitungslänge ist bei beiden Systemen ident. Der Solarkreislauf wurde mit einem Wasser-Glykolgemisch laut Bedienungsanleitung befüllt. Beide Anlagen stehen in direktem Vergleich zueinander und werden unter den selben Randbedingungen betrieben. Detaillierte Kenndaten sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

### Projektziele

Aus der Tatsache, dass sich bei einem Langzeitversuch größere Mengen von Messdaten ansammeln, ergibt sich zwangsläufig die Notwendigkeit einer Planung des Messverlaufes. Daher wurden schon zu Beginn der Untersuchungen folgende Projektziele definiert:

1. Untersuchung der beiden Komplettssysteme auf Montagefreundlichkeit und Zuverlässigkeit im Dauerbetrieb;
2. Ladeverhalten, Laufzeit der Kollektorkreispumpe und Warmwassertemperatur in den Sommermonaten;

- 3. Solarer Bruttoertrag;
- 4. Solarer Deckungsgrad und nötiger elektrischer Nachheizbedarf in den Wintermonaten.

Im Vordergrund der Untersuchungen stand nicht die Untersuchung von Einzelkomponenten, sondern die ganzheitliche Bewertung der Komplettsysteme, unter realitätsnahen, identen Betriebsbedingungen.

**Montage**

Die Montage beider Anlagen wurde von der Firma Hoval innerhalb eines Tages vorgenommen und erwies sich als äußerst problemlos und schnell. Die Speicher wurden im Kellergerüst (Bild 2) des Labors aufgestellt, die Kollektoren am Flachdach des FH-Labors (Bild 1). Die Verrohrung erfolgte mittels flexibler Rohrleitungen, die bereits wärmedämmt waren. Da es sich um Komplettsysteme handelt, war die Verwendung von zusätzlichem Installationsmaterial, abgesehen von Kleinmaterial, nicht nötig. Auch der Einsatz von Lötmitteln entfiel weitgehend, da die flexiblen Rohre mittels Schraub- bzw. Quetschverbindungen an Speicher und Kollektor angeschlossen wurden.

Für die Befüllung des Solarkreises ist beim System SolKit ein vorgemischtes Wasser-Glykolegemisch im Lieferumfang enthalten, bei der High Flow Anlage wurde das Arbeitsmedium herkömmlich gemischt. Die Regelung beider Komplettsysteme wurde laut Bedienungsanleitung eingestellt.

**Messaufbau**

Um das Verhalten der Komplettsysteme genau untersuchen und vergleichen zu können, wurden beide Anlagen mit den gleichen Messgeräten bestückt und die Tagesgänge der Warmwasserentnahme für beide Anlagen programmiert, automatisiert und gleichgeschaltet.

Die Wasserentnahme erfolgte 8 mal täglich, wobei die Summe der Warmwasserentnahmen 7 kWh pro Tag betragen. Die gewonnenen Messdaten wurden in Logfiles gespeichert und anschließend analysiert.

Bild 3 zeigt den Messaufbau der Anlage SolKit, welcher ident mit der Instrumentierung der Vergleichsanlage SolarCompact ist. Die Messung der Massenströme in den Solarkreisen erfolgte mittels Coriolis-Massendurchflussmesser. Diese liefern als Ausgangsgröße nicht den Volumenstrom, sondern die Masse des durchflossenen Arbeitsmittels (Fesharaki, Supper, 2001). Somit wird die Abhängigkeit der Dichte des Wasser-Glykolegemisches von der Temperatur bereits im Messgerät berücksichtigt. Für die Temperaturmessung kamen kalibrierte Pt100-Fühler zum Einsatz. Die

Wetterdaten wurden von einer Wetterstation, die sich unmittelbar neben den Kollektoren am Flachdach befindet, elektronisch aufgezeichnet.

Weiters werden der elektrische Nachheizbedarf und die elektrische Leistungsaufnahme von Regelung und Solarkreispumpe jedes Systems erfasst.

**Messergebnisse**

Die Messungen wurden im Jänner 2001 gestartet und dauerten bis Februar 2002 an. Um das Verhalten der Solaranlagen während eines Jahres darzulegen, beziehen sich die Ergebnisse des Berichts auf die Zeitspanne von März 2001 bis Februar 2002.

In den Sommermonaten wurde eine hohe solare Deckungsrate erwartet. Deshalb schien es sinnvoll, von Mai 2001 bis Oktober 2001 die elektrische Nachheizung der Systeme abzuschalten. Als Bewertungsgrundlage dient in diesen Monaten die Temperatur des Warmwassers bei der Entnahme.

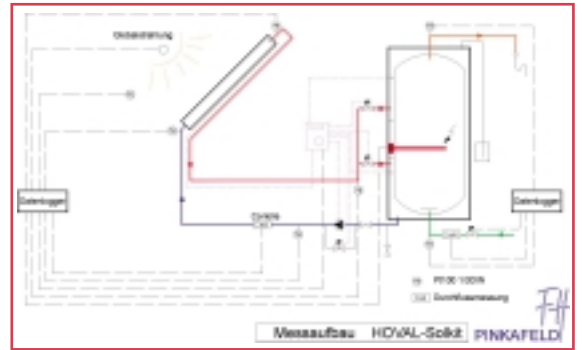
Für die Wintermonate November 2001 bis Februar 2002 gilt als Gradmesser für die Effizienz der Solarsysteme nach wie vor die solare Deckung. Die Nachheizung war in diesem Zeitraum eingeschaltet. Aus der, zur Erhaltung eines Mindesttemperaturniveaus im Speicher nötigen, elektrischen Nachheizenergie, der entnommenen Wärmemenge und dem solaren Bruttoertrag errechnet sich die Deckungsrate (Ladener, Späte, 2001).

**1. Untersuchung der beiden Komplettsysteme auf Montagefreundlichkeit und Zuverlässigkeit im Dauerbetrieb**

Die einfache Montage der Systeme Hoval-SolKit und Hoval-SolarCompact wurde bereits erwähnt. Im Dauerbetrieb erwiesen sich beide Anlagen als stabil und zuverlässig. Die Kollektoren und Isolierungen der Rohre hielten der Witterung stand, die Regelungen arbeiteten einwandfrei.

**2. Ladeverhalten, Laufzeit der Kollektorkreispumpe und Warmwassertemperatur in den Sommermonaten**

Der bestimmende Regelparameter der beiden Solaranlagen ist die Temperaturdifferenz zwischen Kollektortemperatur und Speichertemperatur (Hadamovsky, Jonas, 1996), die beim SolKit an zwei Punkten im Speicher (unten und oben), beim SolarCompact im unteren Bereich des Speichers gemessen wird. Übersteigt die Kollektortemperatur die Speichertemperatur um 5 K, geht die Kollektorkreispumpe in Betrieb. Bild 4 gibt Aufschluss über die Dauer des Ladevorganges in den Speicher. Es sind deut-



**Bild 3:** Instrumentierung der zu untersuchenden Anlagen (Fesharaki, Supper, 2001).

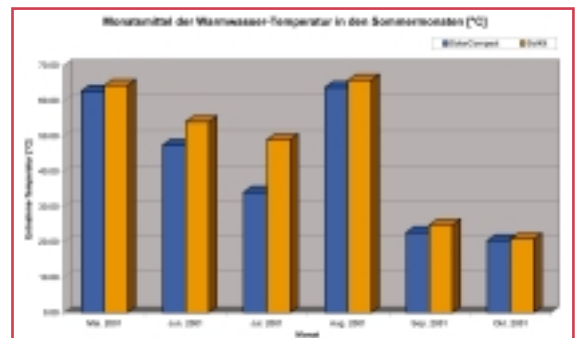
lich die länger andauernden Ladevorgänge des Systems SolKit ersichtlich. Die Laufzeit der Solarkreispumpe beträgt, für den Zeitraum von März 2001 bis Februar 2002, beim Low Flow System SolKit 1.000 Stunden, beim High Flow System SolarCompact 680 Stunden. Der plötzliche Rückgang der Ladedauer im September, ist auf die bewölkte Wettersituation zurückzuführen.

Gründe für die längeren Laufzeiten beim Low Flow sind die über einen längeren Zeitraum tieferen Rücklauftemperaturen und die komplexere Regelstrategie bei der Anlage SolKit. Die Einbringung der Energie aus dem Kollektorkreis kann, je nach Temperaturschichtung, im oberen, oder im unteren Speicherbereich erfolgen. Erst wenn das Wasser im oberen Abschnitt des Speichers die eingestellte Temperatur erreicht hat, schalten Magnetventile so, dass der Energieeintrag im unteren Speicherbereich erfolgt. Dort steht noch immer niedertemperiertes

**Bild 4:** Die Ladezeit von SolarCompact und SolKit im Vergleich.



**Bild 5:** Gegenüberstellung der mittleren entnommenen Warmwassertemperatur bei abgeschalteter elektrischer Nachheizung.



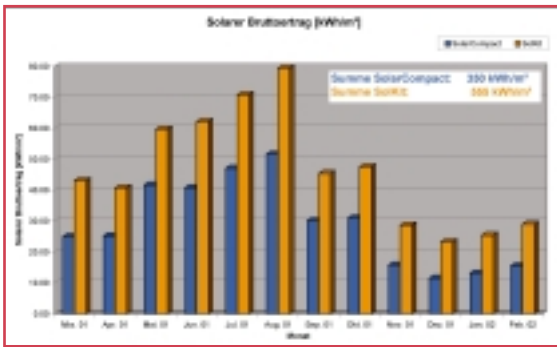


Bild 6: Solarer Bruttoertrag.

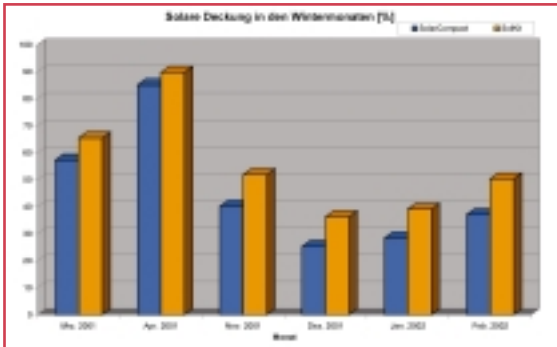


Bild 7: Vergleich des solaren Deckungsgrades in den Wintermonaten.

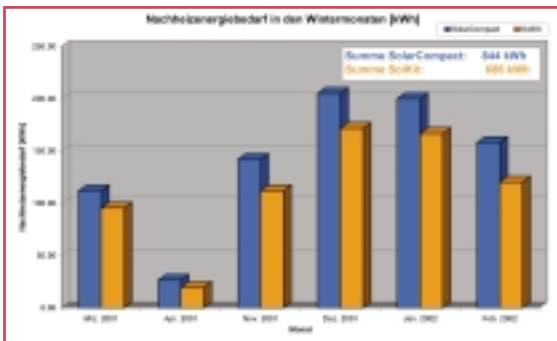


Bild 8: Vergleich des elektrischen Nachheizenergiebedarfs.

Wasser zur Verfügung. Die Mindesttemperaturdifferenz zwischen Kollektor und Speicher ist daher beim SolKit länger gegeben, als beim System SolarCompact, der Ladevorgang wird nicht unterbrochen.

Beim High Flow System SolarCompact wird der Speicher über ein innenliegendes Glattrohrheizregister aus dem Kollektorkreis beheizt, das im unteren Speicherbereich angebracht ist. Es wird beim SolarCompact primär viel niedertemperaturiertes Was-

ser, beim SolKit primär weniger, aber heißes Wasser, erzeugt. Steht genügend Sonnenenergie zur Verfügung, werden beide Anlagen gänzlich auf Maximaltemperatur gebracht. In der Übergangszeit reicht dafür die Einstrahlung der Sonne nicht immer aus. Es steht dem Anlagenutzer des Systems SolKit dann heißes Wasser, dem Nutzer des Systems SolarCompact niedertemperaturiertes Wasser zur Verfügung (Bild 5).

Ein weiterer Grund für die längere Ladezeit, ist der geringere Durchfluss der Anlage SolKit. Das Wasser-Glykol Gemisch hat eine längere Verweildauer im Speicher (Eder et. al., 1997), bzw. Kollektor. Der Kollektorkreis wird im Speicher dadurch mehr abgekühlt als beim System SolarCompact und im Kollektor auf höhere Temperatur gebracht. Dieses Verhältnis relativiert sich bei Betrachtung der in den Speicher eingebrachten Wärmemenge, da der höheren Temperaturdifferenz beim SolKit ein geringerer Massenstrom gegenübersteht. Die Regelung bestimmt Ein- und Ausschaltzeitpunkt der Kollektorpumpe aber nicht nach transportierter Wärmemenge, sondern ausschließlich nach vorhandener Temperaturdifferenz zwischen Speicher und Kollektor.

Einfluss auf die Ladezeit hat auch der Speicherinhalt. Die zuvor erwähnten Vorteile des Prüfgegenstandes SolKit sind aber nicht ausschließlich auf die Speichergöße zurückzuführen, sondern weitestgehend auf das optimierte Zusammenspiel von Low Flow Kolleorttechnologie und Schichtspeicherung, sowie der intelligenteren Positionierung der Wärmetauscher und Fühler für die Regelung. Inhalt des Projektes ist es, zwei Komplettsysteme des gleichen Herstellers zu vergleichen. Die unterschiedlichen Speichergößen ergeben sich daher aus der Produktlinie der Firma Hoval.

3. Solarer Bruttoertrag

Bild 6 vergleicht den solaren Anteil, der in den Speicher eingebrachten Wärmemenge. Da beide Anlagen mit unterschiedlich großen Kollektorflächen ausgestattet sind (SolarCom-

pact 6 m², SolKit 4,2 m²), wird die Wärmemenge auf einen Quadratmeter Kollektorfläche bezogen. Der solare Bruttoertrag beträgt beim SolKit 555 kWh/m², bei der Anlage SolarCompact 350 kWh/m². Die höheren Werte für das System SolKit ergeben sich aus der längeren Ladezeit, dem größerem Speicherinhalt, den tieferen Rücklauftemperaturen in Kombination mit der Low Flow Technik und der „intelligenteren“ Regelung. Insgesamt gesehen erzielt das SolKit trotz der kleineren Kollektorfläche einen höheren Bruttoertrag.

4. Solarer Deckungsgrad und nötiger elektrischer Nachheizbedarf in den Wintermonaten

Die Messungen ergeben, bei Gegenüberstellung der beiden Anlagen, einen hohen solaren Deckungsgrad für beide Anlagen (Bild 7).

Da die Nachheizung in den Monaten Mai 2001 bis Oktober 2001 ausgeschaltet war, um die Warmwassertemperatur zu messen, liegen für diese Monate keine Werte für den Deckungsgrad vor. Bei Betrachtung des solaren Bruttoertrages (Bild 6) kann aber ausreichend Rückschluss auf den Deckungsgrad im Sommer gemacht werden. Dieser pendelt sich bei Rückrechnung von Mai 2001 bis August 2001 bei beinahe 100%, im September 2001 und Oktober 2001 etwas darunter ein.

Bei einem Gesamtenergiebedarf für die Warmwasserbereitung von 1.137 kWh bei SolarCompact und 1.159 kWh beim SolKit, beträgt die benötigte Nachheizenergie im Beobachtungszeitraum für die Low Flow Anlage SolKit 686 kWh, für die High Flow Anlage SolarCompact 844 kWh. Dies entspricht einem solaren Deckungsgrad in den Wintermonaten (März, April, November, Dezember 2001, Jänner, Februar 2002) von 54% beim SolKit, beziehungsweise 43% beim SolarCompact (Bild 8).

Es zeigt sich, dass, aufgrund des größeren Speicherinhalts, bei gleich hoher Sonneneinstrahlung mehr Energie in den Speicher des SolKits geladen werden kann.

Bild 9: Energiefluss Hoval – Solar Compact – November 2001.

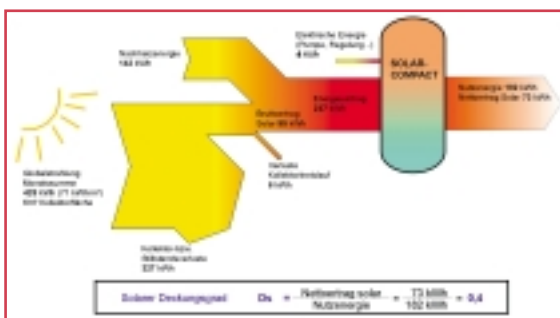
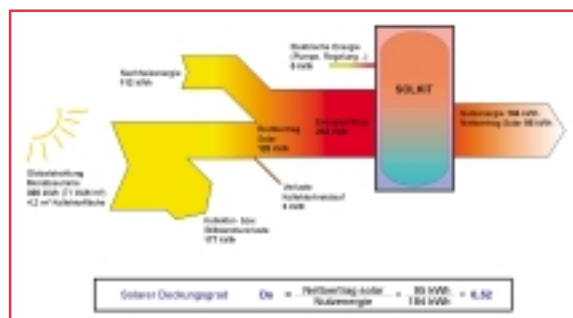


Bild 10: Energiefluss Hoval – SolKit – November 2001.



Um die Energieflüsse um den Speicher der untersuchten Systeme zu veranschaulichen, ist in Bild 9 und 10 eine detaillierte Energiebilanz für das Monat November 2001 gezogen worden. Diese ergibt einen solaren Deckungsgrad von 40% für die Anlage SolarCompact und einen Deckungsgrad von 52% für das Komplettsystem SolKit.

**Zusammenfassung**

Es wurden zwei Solar-Komplettsysteme des gleichen Herstellers untersucht und gegenübergestellt. Es herrschten reale, praxisnahe, für beide Anlagen idente Bedingungen.

- Die Montage der Anlagen stellte sich als zeitlich kurz und einfach heraus.
- Im Dauerbetrieb verhielten sich beide Anlagen technisch problemlos und ausfallssicher.
- Es zeigte sich, dass das System SolKit im Beobachtungszeitraum um etwa 20% weniger Nachheizenergie benötigte als die Vergleichsanlage SolarCompact.
- Der solare Bruttoertrag beträgt beim SolKit 555 kWh/m<sup>2</sup> bei 4,2 m<sup>2</sup> Kollektorfläche, bei der Anlage Solar-

Compact 350 kWh/m<sup>2</sup> bei 6 m<sup>2</sup> Kollektorfläche.

- In den Sommermonaten ist, bei ausgeschalteter elektrischer Nachheizung, die mittlere Entnahmetemperatur des Warmwassers, beim System SolKit deutlich höher als beim System SolarCompact.
- Der solare Deckungsgrad des SolKits liegt im November 2001 bei 52%, der des Vergleichssystems SolarCompact bei 40%. In den Wintermonaten beträgt der solare Deckungsgrad des SolKits 54 %, der des Systems SolarCompact 43%.

**Literatur**

Eder M., Fink Ch., Streicher W., Theimeßl A., Weiß W.: „Heizen mit der Sonne, Handbuch zur Planung und Ausführung von solaren Heizungssystemen für Einfamilienhäuser“, Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie, Gleisdorf (1997)  
 Fesharaki M., Supper G.: „Vergleichsmessungen an High Flow und Low Flow Solaranlagen an der FH-Pinkafeld“, HLK, 32. Jahrgang, Ausgabe Mai, technopress Zeitschriftenverlag, Klosterneuburg (2001)

FACHHOCHSCHUL - STUDIENGÄNGE

Autoren:

DI(FH) G. Supper  
FH-Pinkafeld

DI Dr. M. Fesharaki  
FH-Pinkafeld

DI Dr. J. Geyer  
FH-Pinkafeld

Univ. Doz. DI Dr. M. Steinkellner  
FH-Pinkafeld

**FH - PINKAFELD**  
 Steinamangerstraße 21  
 7423 Pinkafeld  
 Tel: 0043-3357-45370  
 Fax: 0043-3357-45370-1010  
 Www.fh-pinkafeld.ac.at

P I N K A F E L D

Hadamovsky H.-E, Jonas D.: „Solarstrom – Solarwärme“, Vogel Verlag, Würzburg (1996)  
 Ladener H., Späte F.: „Solaranlagen, Handbuch der thermischen Solarenergienutzung“, 7. Auflage, Ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg (2001) ◀