



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Jahresbericht 10. Dezember 2012

Solarthermie-Wärmepumpen-Kombisysteme „SOL-HEAP“

Ein Beitrag an den IEA-SHC Task 44

Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE
Forschungsprogramm Solarwärme
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Auftragnehmer:

Institut für Solartechnik SPF
Hochschule für Technik Rapperswil HSR
Oberseestrasse 10
CH-8640 Rapperswil
www.solarenergy.ch

Autoren:

Haller Michel, Institut für Solartechnik SPF, michel.haller@solarenergy.ch
Haberl Robert, Institut für Solartechnik SPF, robert.haberl@solarenergy.ch
Frank Elimar, Institut für Solartechnik SPF, elimar.frank@solarenergy.ch

BFE-Bereichsleiter: Andreas Eckmanns
BFE-Programmleiter: Jean-Christophe Hadorn
BFE-Vertrags- und Projektnummer: SI/500494-01

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

Inhalt

Abstract	3
Einleitung / Projektziele	4
Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse	5
Anpassungen Test-Infrastruktur	5
Durchgeführte Systemtests	5
Monitoring eines WP-Solar Systems	5
Kombispeicher in Solar-WP-Anlagen – Stand der Forschung	6
Nationale / internationale Zusammenarbeit	10
Bewertung 2012 und Ausblick 2013.....	10
Publikationen	11

Abstract

Im Projekt SOL-HEAP wird am Institut für Solartechnik SPF die Kombination von Solarwärme mit Wärmepumpen für die Bereitstellung von Raumwärme und Brauch-Warmwasser (Kombisysteme) untersucht. Die Projektdauer ist von Januar 2010 bis Februar 2014. Die Aktivitäten des SPF im Rahmen von SOL-HEAP fliessen in den IEA-SHC Task 44 & HPP Annex 28¹ (T44A38) ein, in welchem das SPF den Subtask C „Modelling and Simulation“ leitet.

Im Jahr 2012 wurden weitere Anpassungen an der Kombisystem-Test-Infrastruktur vorgenommen mit dem Ziel, einen unterbrechungsfreien Betrieb und eine hohe Mess-Genauigkeit der Systemtests zu gewährleisten. Es wurden vier weitere Systeme im Teststand fertig ausgemessen, und mit der Prüfung eines fünften Systems begonnen. Dabei wurde die Testumgebung kontinuierlich weiterentwickelt, weil mit den neuen Systemen teilweise auch neue Anforderungen erfüllt werden mussten. Insgesamt haben die Prüfungen gezeigt, dass die hydraulische Einbindung ins System und die Regelung der Wärmepumpe insbesondere in Kombination mit Kombispeichern einen entscheidenden Einfluss hat auf die System-Jahresarbeitszahl.

Verschiedene hydraulische Konzepte für die Kombination von Wärmepumpen mit solaren Kombispeichern wurden in Polysun und in TRNSYS simuliert, und daraus Empfehlungen für die Hersteller abgeleitet. Diese Empfehlungen wurden im Dezember 2012 mit den Vertretern der Fachgruppe Solarwärme von Swissolar diskutiert, und sollen später einem breiten Publikum zugänglich gemacht werden.

Die nationale Zusammenarbeit findet in Form eines halbjährlichen Treffens der Schweizer Teilnehmer des T44A38 statt. Diese Veranstaltungen erfreuten sich auch im Jahr 2012 einer hohen Beteiligung. International hat sich das SPF zusätzlich zur Leitung des Subtask C in allen Subtasks des IEA T44A38 aktiv beteiligt. Zudem ist der Start des vom SPF geleiteten EU-Projektes MacSheep (7. Rahmenprogramm) hervorzuheben.

¹ International Energy Agency (IEA) Solar Heating and Cooling Programme (SHC) and Heat Pump Programme (HPP)

Einleitung / Projektziele

In den vergangenen Jahren wurden etliche Systeme zur Wärmebereitstellung auf Basis der Kombination von solarthermischen Anlagen und Wärmepumpen (WP) entwickelt. Prototypen sind auf grossen Messen vorgestellt worden und die ersten Modelle befinden sich bereits in Serienproduktion. Die Hersteller bzw. Anbieter kommen oft entweder aus der Solarenergie- oder der Wärmepumpenbranche und verfügen dementsprechend über versiertes fachspezifisches Hintergrundwissen schwerpunktmässig in einer der genannten Technologien. Dies hat vielfach Auswirkungen auf die Art der Systemzusammenstellung, und die angebotenen Systemkonzepte sind entsprechend sehr unterschiedlich. Für eine Reihe von unterschiedlichen neuen Entwicklungen werben die Anbieter mit drastischen Verbesserungen der System-Arbeitszahlen, welche bislang jedoch kaum von unabhängiger Seite untersucht und belegt worden sind. Hier stellt sich zum Beispiel die Frage, ob oder wann die Solarwärme mit Vorteil nicht direkt genutzt, sondern für den Verdampfer der Wärmepumpe bereitgestellt werden sollte, oder unter welchen Bedingungen eine Regeneration des Erdreichs mit Überschuss-Solarwärme im Sommer bei Tiefensonden sinnvoll ist. Aber auch für die einfacheren Kombinationen, in welchen die Solarwärme immer direkt genutzt wird, stellen sich derzeit noch unbeantwortete Fragen, zum Beispiel bezüglich der Beladung des solaren Kombispeichers durch die Wärmepumpe und zum Einfluss der Schichtung des Kombispeichers auf die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe. Aufgrund dieser Entwicklungen und Fragestellungen verfolgt das Projekt SOL-HEAP am Institut für Solartechnik SPF die folgenden Ziele:

1. Ausarbeitung einer **systematischen Gliederung der Wärmepumpen-Solarthermie-Systemkonzepte** aus technischer Sicht. Diese Gliederung soll als Grundlage dienen für den Vergleich und die Beurteilung verschiedener Konzepte, sowie für die (Weiter-) Entwicklung von neuen Anlagenkonzepten.
2. **Dynamische Simulationen von Wärmepumpen-Solarsystemen.** Mit dynamischen Simulationen von Wärmepumpen-Solarthermie-Systemen werden verschiedene Konzepte für die Kombination von Solarthermie und Wärmepumpen untersucht und verglichen. Um neue Konzepte für die Einbindung des Wärmepumpen-Kreislaufs ins Gesamtsystem beurteilen zu können, kommt hierzu ein physikalisches Wärmepumpenmodell zum Einsatz. Aus den Simulationsstudien werden Empfehlungen abgeleitet für sinnvolle und vorteilhafte Kombinations-Strategien, sowie für die Anforderungen an die einzelnen Komponenten wie Speicher, Regelung, Kollektorkreis und Wärmepumpe.
3. **Aufbau eines Kombi-Teststandes** (KTS) zur Durchführung von Systemtests. Das am SPF entwickelte Concise Cycle Test (CCT)-Verfahren, welches in der Vergangenheit erfolgreich für die Prüfung von Solarthermie in Kombination mit Öl-, Gas- und Pelletswärmeerzeugern eingesetzt wurde, wird weiter entwickelt und auf die Anforderungen der Kombination mit Wärmepumpen angepasst.
4. **Durchführung von Systemtests** zur Ermittlung realitätsnaher Jahresarbeitszahlen (JAZ) unterschiedlicher kombinierter Wärmepumpen-Solarthermie-Systeme auf dem erweiterten Kombisystemteststand (KTS) des SPF. Überprüfung verschiedenster dynamischer Betriebszustände sowie der Eignung von Regelung und Systemkonfiguration.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Anpassungen Test-Infrastruktur

Der Kombi-Teststand wurde im Laufe diverser Systemtests weiter angepasst und verbessert. Für die Einbindung von Solarkollektoren auf der Quellenseite der Wärmepumpen mussten mehrere Anpassungen an der Prüfstand-Hardware zur Emulation des Kollektorfeldes vorgenommen werden:

- Es wurde die Möglichkeit zur Einbindung einer mobilen zweiten Kältequelle geschaffen, welche Kälte auf tieferen Temperaturen (bis -14 °C) zur Verfügung stellen kann.
- Die Kälte-Isolation von Anlagenkomponenten wurde nachgebessert.
- Die elektrischen Anschlüsse wurden so angepasst, dass Kondensat (das im Betrieb unterhalb des Taupunktes entsteht) nicht zu Problemen führt bzw. dass Kondensat nicht anfallen kann.

Auf Grund der teilweise sehr geringen Temperaturdifferenzen in Wärmepumpen-Systemen wurde zudem eine Berechnung der Mess-Unsicherheiten online während der Prüfung implementiert, um die Mess-Genauigkeit bereits während der Prüfung überwachen zu können.

Durchgeführte Systemtests

Insgesamt wurden im Jahr 2012 vier weitere WP-Solar Systeme fertig getestet, und mit dem Test eines fünften Systems wurde begonnen. Auf Grund der geringen Zahl der bereits ausgewerteten Systemtests und der Wahrung der Anonymität der Hersteller werden an dieser Stelle keine detaillierten Resultate gezeigt.

Basierend auf den Erkenntnissen aus den Systemtests ist ein Aspekt besonders hervorzuheben: Die hydraulische Einbindung ins System und die Regelung der Wärmepumpe insbesondere in Kombination mit Kombispeichern hat einen entscheidenden Einfluss auf das Temperaturniveau der Wärmeabgabe der Wärmepumpe, und damit auch auf die Performance des gesamten Systems. Ein im Rahmen eines KTI-Projektes entwickeltes und bereits 2011 getestetes System wurde aus diesem Grund vom Hersteller noch einmal überarbeitet und 2012 noch einmal getestet. Auf Grund der Prüf-Ergebnisse und darauf basierenden Simulationen kann davon ausgegangen werden, dass mit der Überarbeitung der Hydraulik und Regelung der System-Strombedarf um einen zweistelligen Prozentsatz verringert wurde. Die beiden weiteren Systemtests führten ebenfalls zu Anpassungen des Produkts durch den Hersteller zur Verbesserung der System-Jahresarbeitszahl.

Für das Jahr 2013 sind weitere Systemtests geplant.

Monitoring eines WP-Solar Systems

Eine Luft-Wärmepumpe in Kombination mit einer Solarwärmeanlage wurde in einem Einfamilienhaus in Rapperswil-Jona 2009 installiert und von Februar 2010 bis Dezember 2011 ausgemessen. Die Anlage und die Messungen wurden von privater Seite finanziert. Die Daten wurden zusätzlich für den IEA SHC Task 44 aufbereitet und am 22. OTTI Symposium Thermische Solarenergie präsentiert (Haller & Frank 2012). Das System lieferte Warmwasser ($1\,400\text{ kWh/a}$) für zwei Personen und Raumwärme ($18\,700\text{ kWh/a}$) für 200 m^2 Energiebezugsfläche eines Einfamilienhauses aus dem Jahr 1992. Die Luft-Wärmepumpe ($20/11\text{ kW}$) und die Solarkollektoren (15 m^2) liefern Wärme an einen Tank-in-Tank Speicher mit 1.8 m^3 Volumen. Von dort werden Warmwasser und Raumwärme bereitgestellt. Basierend auf den gemessenen Energiemengen welche für Raumwärme und Warmwasser bereitgestellt wurden sowie dem gesamten Strombedarf der Anlage konnte eine System-

Jahresarbeitszahl von 4.4 ± 0.4 ermittelt werden für das Jahr 2011. Weitere Details sind in Haller & Frank (2012) zu finden.

Kombispeicher in Solar-WP-Anlagen – Stand der Forschung

Auf Grund der in Feldstudien und Systemtests festgestellten sehr hohen Abhängigkeit der Performance von der korrekten Einbindung der Wärmepumpe in Systeme mit Kombispeicher wurden weitere Untersuchungen mit Polysun- und TRNSYS-Simulationen durchgeführt, welche hier zusammengefasst werden.

Polysun-Studie Erdsonden-WP-Solar System

In Polysun wurde ein Erdsonden-WP-Solar System mit 14.2 m^2 Kollektorfläche (Apertur) und 900 Liter Kombispeicher untersucht (Zimmermann 2012). Raumheiz- und Warmwasserbedarf entsprach den Referenz-Bedingungen des IEA-SHC Task 44 / HPP Annex 32 für Strassburg SFH045 (Total 8560 kWh Wärmebedarf, davon 24 % für WW).²

Als Referenz-Variante wurde der Solarkreis LowFlow mit externem Plattenwärmetauscher und Schichtlanze simuliert, und das Warmwasser über ein externes Frischwassermodul bereitgestellt (Abbildung 1). Die Jahresarbeitszahl dieses Systems betrug 5.4 (JAZ WP 4.2), und der gesamte elektrische Aufwand betrug 1577 kWh/a.

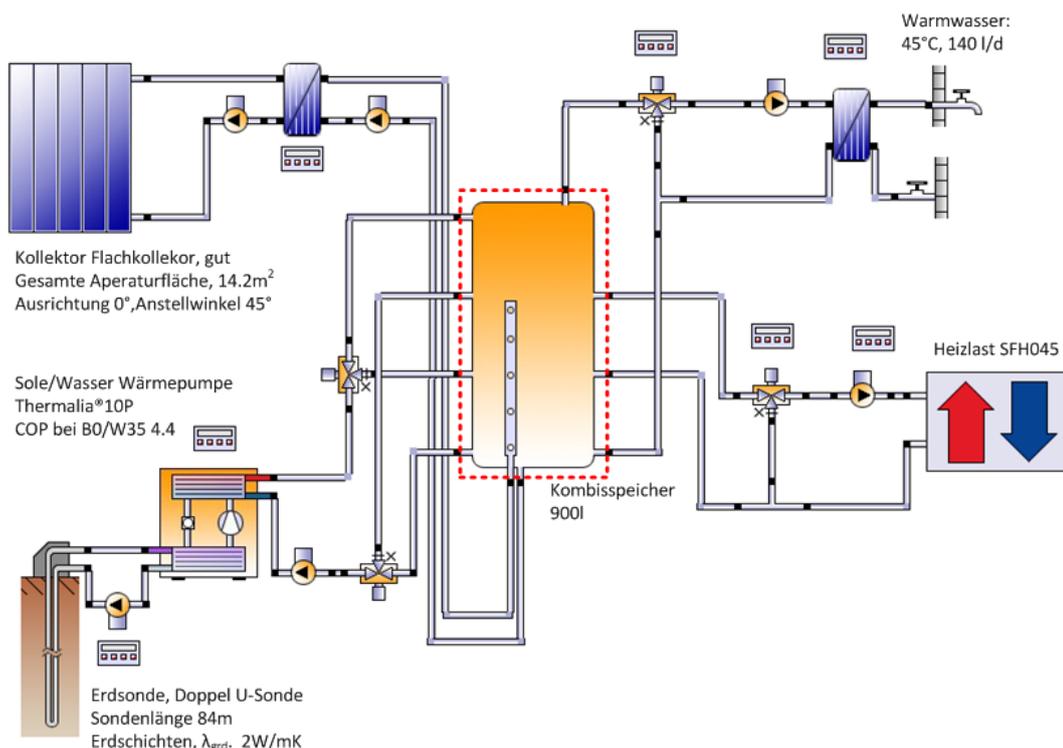


Abbildung 1: Referenz-Variante (V11) der Simulation in Polysun. Die Höhe der Anschlüsse am Speicher ist nicht repräsentativ (Zimmermann 2012).

² Um die T44-Bedingungen nachzubilden, wurde anstelle des Gebäudemodells von Polysun eine frei programmierbare Wärmesenke verwendet und entsprechend konfiguriert.

Abbildung 2 zeigt die Prozentuale Veränderung des Bedarfs an elektrischer Energie gegenüber dem Referenzsystem für die Varianten:

- V11 Referenz:** Sowohl Vorlauf als auch Rücklauf zur WP bei Boilerladung oberhalb Vor- und Rücklauf bei Raumheizung
- V21 Nur ein Vorlauf und ein Rücklauf (offensichtlich schlechte Variante)
- V22a Zwei Vorläufe, nur ein Rücklauf
- V22b Zwei Vorläufe, nur ein Rücklauf, Boilerladung mit tieferem Volumenstrom
- V25 Ein Vorlauf, zwei Rückläufe
- V31a wie V11, jedoch Kollektor-Durchfluss High Flow
- V31b wie V11, jedoch Kollektor-Durchfluss Matched Flow
- V41 wie V11, jedoch stark erhöhte Durchmischung / Wärmediffusion des Speichers im Stillstand
- V51 wie V11, jedoch Warmwasseraufbereitung mit internem Wärmetauscher
- V52 wie V11, jedoch Warmwasseraufbereitung mit Tank-in-Tank System

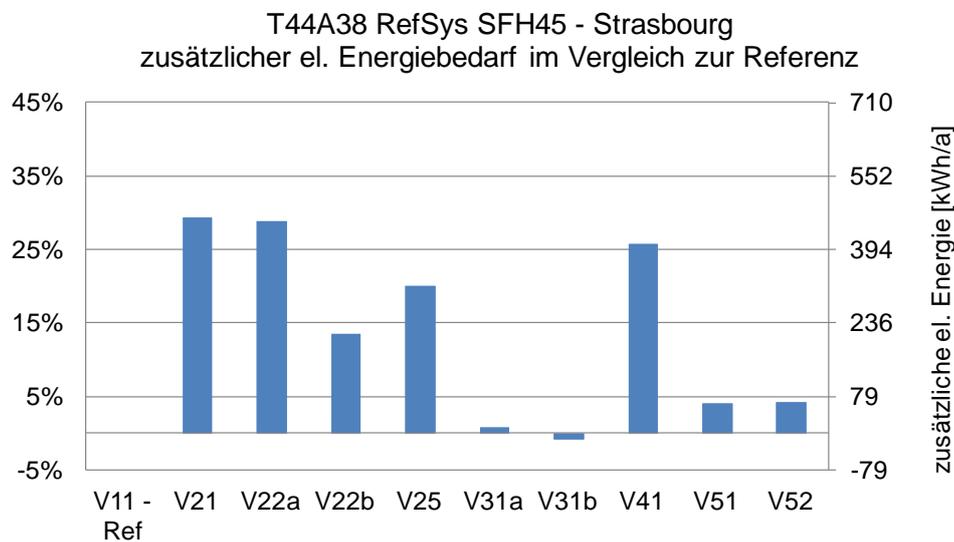


Abbildung 2: Veränderung des Energiebedarfs durch unterschiedliche hydraulische Einbindung und Regelung der Wärmepumpe (V11 – V25), unterschiedliche Regelung des Kollektorkreises (V31), erhöhte Wärmediffusion im Speicher (V41) sowie andere Warmwasser-Bereitung (V51 – V52) für ein Erdsonden-WP-Solar System mit Kombispeicher simuliert in Polysun (Daten aus Zimmermann 2012).

Die Simulationen zeigen deutlich, dass jene Varianten, welche bei Boilerladung das Fluid aus einem Speicherbereich entnehmen, der auch für Raumheizung entladen werden kann, keine guten Resultate erzielen. Ähnlich negative Effekte werden durch eine stark beeinträchtigte Speicherschichtung (V41) erzielt.

TRNSYS-Studie Luft-WP-Solar System

Um die Resultate breiter abzustützen wurden zusätzlich Simulationen mit einer Luft-Wärmepumpe durchgeführt in TRNSYS. Die Anlage verfügte über 15 m² Kollektorfläche (Apertur). Speichergroße und Wärmelast der Referenz-Variante in TRNSYS entsprechen derjenigen der oben aufgeführten Polysun-Simulationen. Unterschiede bestehen bei der hydraulischen Einbindung der Wärmepumpe (Abbildung 3), bei den Höhen der Anschlüsse und Temperatursensoren am Speicher, sowie beim Detaillierungsgrad der Modelle.

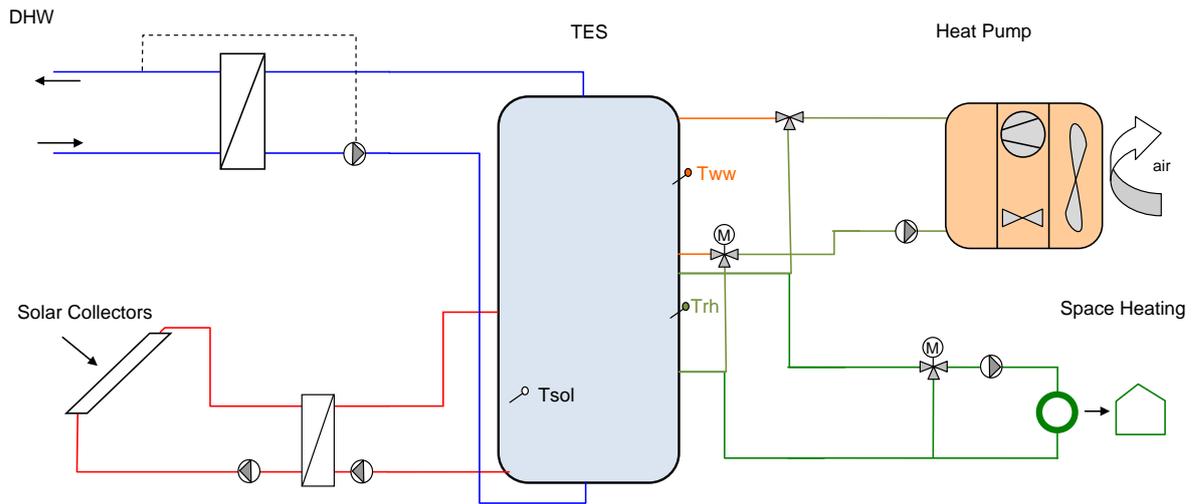


Abbildung 3: Referenz-Variante (A) der Simulation in TRNSYS. Die Höhe der Anschlüsse am Speicher ist nicht repräsentativ.

Die Jahresarbeitszahl des Luft-Wärmepumpen-Solar Systems betrug 3.5 (JAZ WP 2.9), und der gesamte elektrische Aufwand betrug 2470 kWh/a.

Abbildung 4 zeigt die prozentuale Veränderung des Bedarfs an elektrischer Energie gegenüber dem Referenzsystem für die Varianten:

- A **Referenz:** Je zwei Anschlüsse für Vor- und Rücklauf: Sowohl Vorlauf als auch Rücklauf zur WP bei Boilerladung oberhalb Vor- und Rücklauf bei Raumheizung
- B Nur ein Vorlauf, jedoch zwei verschiedene Rückläufe (ähnlich V25)
- C Nur ein Vorlauf, dieser schichtend, jedoch zwei verschiedene Rückläufe
- D Nur ein Rücklauf, zwei Vorläufe (vgl. V22a)
- E Wie D, jedoch geringerer Volumenstrom bei Boilerladung
- F Nur ein Rücklauf, zwei Vorläufe, Temperatursensor im WW-Bereich ganz unten, knapp oberhalb des Raumwärme-Bereichs
- G Wie F, jedoch geringerer Volumenstrom bei Boilerladung
- H WW-Sensor noch tiefer
- I wie H, jedoch geringerer Volumenstrom bei Boilerladung
- J Rücklauf bei Boilerladung auf gleicher Höhe wie Vorlauf bei Raumheizung
- K wie J, jedoch WW-Sensor tiefer
- L wie K, jedoch WW-Sensor noch tiefer

Die Unterschiede einzelner Simulationsvarianten verglichen mit der Referenz fallen hier in der Regel noch deutlicher aus als beim Erdsonden-WP-Solar System in Polysun. Zudem zeigte sich, dass die Reduktion der Jahresarbeitszahl einher geht mit einer Erhöhung des Anteils der Wärmelieferung der Wärmepumpe, welcher im Boilerlade-Modus bereitgestellt werden muss. Dies deckt sich mit Beobachtungen in Feldtests und im System-Teststand. Die Wärmemenge, welche durch die Wärmepumpe im Boilerlade-Modus bereitgestellt werden muss, ist einerseits abhängig vom Warmwasser-Bedarf und den Verlusten in der obersten Speicherzone (zusammen mehr als 100% des WW-Bedarfs), andererseits aber auch vom solaren Deckungsgrad und der Vorwärmung des Wassers im unteren Speicherbereich. Insgesamt sollten der solare Wärmeeintrag und die Vorwärmung dazu führen, dass das Verhältnis der im Boilerlade-Modus bereitgestellten Energie ($Q_{wp,ww}$) zur gezapften Warmwasserenergie (Q_{ww}) deutlich unter 1 (100%) liegt. Dies ist jedoch nur bei wenigen Systemvarianten in der Simulation der Fall (vgl. Abbildung 4). Einige Systeme weisen sogar ein Verhältnis von etwa 200..250% auf, d.h. es muss mehr als doppelt so viel Wärme durch

die Wärmepumpe für die Bereitstellung von Brauchwarmwasser eingesetzt werden, als dem Speicher effektiv entnommen wird.

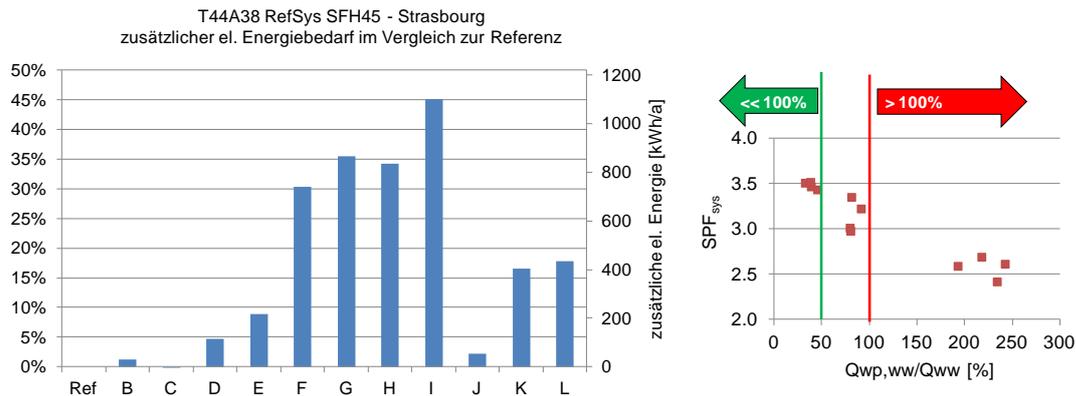


Abbildung 4: Veränderung des Energiebedarfs durch unterschiedliche hydraulische Einbindung und Regelung der Wärmepumpe. $Q_{wp,ww}/Q_{ww}$ = Verhältnis der Wärmemengen, welche im Boilerlade-Modus durch die Wärmepumpe geliefert wurden, zum Warmwasser-Bezug.

Zusammenfassung der Resultate und Empfehlungen

Insgesamt zeigen beide Studien, dass der Einbindung der Wärmepumpe in Systeme mit Kombispeicher sehr hohe Beachtung geschenkt werden muss. Die Resultate decken sich weitgehend mit den im Prüfstand gemachten Messungen. Folgende Empfehlungen lassen sich aus diesen Studien ableiten:

- Der Speicher-Anschluss des **Rücklaufs zur Wärmepumpe im Boilerladebetrieb ist zwingend oberhalb der Raumwärme-Zone des Speichers anzusetzen**, um eine Verfrachtung von Speicherinhalt aus der Warmwasser-Zone in die Raumwärme-Zone des Speichers während der Boilerladung zu verhindern.
- **Zwei Vorlauf-Anschlüsse:** Zwei verschiedene Höhen für den Anschluss des Vorlaufs der Wärmepumpe an den Speicher sind zwar ebenfalls empfehlenswert (siehe V25 in der Polysun-Studie, weniger deutlich in Variante B der TRNSYS-Studie), reichen alleine jedoch nicht!
- Der **Temperatursensor für die Boilerladung** muss zwingend so platziert werden, dass ein minimaler Abstand gegenüber der Raumwärme-Zone des Speichers eingehalten wird, so dass eine Beeinflussung durch die tieferen Temperaturen der Raumwärme-Zone insbesondere bei Niedertemperatur-Heizungen verhindert werden kann.
 - o Dieser minimale Abstand ist system-spezifisch (respektive abhängig vom Schichtungsverhalten des Speichers)
 - o Auf Grund von Simulationsergebnissen kann als erster Richtwert von einem **minimalen Abstand von ca. 20 cm** ausgegangen werden. Die Anordnung ist jedoch für jeden Speicher mit den maximal auftretenden Volumenströmen zu prüfen.
- Ist die Energiemenge, welche von der Wärmepumpe im Boilerlade-Modus an den Kombispeicher geliefert wird, im Winter grösser als die Energiemenge, die als Brauch-Warmwasser vom Speicher gezapft wird, so liegt entweder ein sehr geringer Warmwasser-Bedarf vor (und folglich vergleichsweise hohe Wärmeverluste des WW-Bereitschaftsteils des Speichers) oder eine mangelhafte Integration und Regelung der Komponenten Wärmepumpe und Boiler.

Prinzipiell besteht auch die Möglichkeit, auf zwei Vorlauf-Anschlüsse am Speicher für die WP-Beladung zu verzichten und sich anstatt dessen mit nur einem Vorlauf-Anschluss an den Speicher auf natürlich Schichtung oder eine Schichtlanze zu verlassen. Hier sind jedoch die Simulationsergebnisse widersprüchlich. Bei den TRNSYS Simulationen erzielte diese Option gute Resultate, bei den Polysun-Studien jedoch nicht. Hier müssten zur Klärung der Frage

Labor-Messungen herbeigezogen werden. Ohne detaillierte Labor-Untersuchungen wird deshalb von dieser Variante vorerst abgeraten.

Zwei Vorlauf-Anschlüsse am Speicher bei gleichzeitig nur einem Rücklauf-Anschluss führte in beiden Studien auch dann zu deutlich schlechteren Resultaten als die Referenz-Variante, wenn bei der Boilerladung mit reduziertem Volumenstrom gefahren wird und so die Soll-Temperatur am Fühler schneller erreicht wird (Low Flow Beladung durch die Wärmepumpe). Im Gegensatz zu den Polysun-Simulationen sind die Resultate dieser Variante in TRNSYS sogar noch schlechter als ohne Reduktion des Volumenstroms. Insgesamt kann dieses Vorgehen den zweiten Rücklauf-Anschluss am Speicher nicht ersetzen.

Workshop Kombispeicher in Solar-WP Anlagen

Auf Wunsch der Fachgruppe Solarwärme von Swissolar wurde am 5. Dezember 2012 im Rahmen des SOL-HEAP-Projektes ein Workshop durchgeführt zum Thema Kombispeicher in Solar-WP Systemen. An diesem Workshop wurde der Stand der Forschung / Erkenntnisse zum Thema Kombispeicher in Solar-WP Systemen sowie die Dissemination der Empfehlungen mit allen Beteiligten diskutiert.

Nationale / internationale Zusammenarbeit

Die nationale Zusammenarbeit findet in Form eines halbjährlichen Treffens der Schweizer Teilnehmer des IEA SHC Task 44 / HPP Annex 38 (T44A38) statt. Dieses Treffen fand im Jahr 2012 einmal in Yverdon-les-Bains bei HEIG-VD und einmal an der ETH Höggerberg (3S / Inst. f. Technologie in der Arch.) statt. Diese Veranstaltungen waren mit 18, respektive 12, aktiven Teilnehmern sehr gut besucht.

Für den T44A38 erstellte das SPF in Zusammenarbeit mit den Herstellern 5 Factsheets zu Solar-WP-Systemen welche in der Schweiz am Markt angeboten werden. Weitere Factsheets wurden von der HEIG-VD erstellt. Die Feld-Messungen eines Luft-WP-Solar Systems in Rapperswil-Jona sind ebenfalls in Form eines Factsheets für T44A38 aufbereitet worden.

Für den Subtask C des T44A38 fand eine sehr fruchtbare Zusammenarbeit statt bei der Erstellung des Reports C2 über Simulationsmodelle und deren Validierung. Diese Arbeiten mündeten in einen gemeinsamen Konferenz-Beitrag und -Vortrag für die Solar Heating and Cooling Conference 2012 in San Francisco, und bilden die Grundlage für ein Kapitel des Task-Handbooks.

Mit Januar 2012 konnte das von der EU im Rahmen des 7. Rahmenprogramms geförderte Projekt MacSheep unter der Leitung des SPF Institut für Solartechnik mit 4 europäischen Forschungsinstitutionen, 3 KMUs und einem grösseren Industriepartner gestartet werden (www.macsheep.spf.ch). Die Projekt-Partner stammen aus sechs verschiedenen Ländern Europas.

Bewertung 2012 und Ausblick 2013

Der Fortschritt im Projekt SOL-HEAP entspricht weitgehend dem Projektplan. Die Ziele 1: Systematische Gliederung und 3: Aufbau Kombiteststand sind erreicht. Ziel 4: Durchführung Systemtests ist weit fortgeschritten. Bei der Durchführung von Systemtests muss die Bearbeitungszeit weiter verkürzt, respektive die Fehlermöglichkeiten, welche zu Testabbruch und Neustart führen können, weiter reduziert werden. Mit den Simulationsstudien (Ziel 2) wurde begonnen, und es liegen bereits einige konkrete Resultate und Empfehlungen für die Hersteller vor.

Ein Fokus im Jahr 2013 liegt in der Durchführung und Auswertung weiterer Systemtests (Komplettierung Ziel 4). Der Haupt-Fokus wird jedoch sicherlich auf dynamischen Simulationen von WP-Solar Systemen liegen (Ziel 2). Hier müssen die begonnenen Arbeiten weitergeführt und ergänzt werden um ein ganzheitliches Bild über verschiedene System-Konzepte zu gewinnen.

Publikationen

2012

- Haller, M.Y., Bertram, E., Dott, R., Afjei, T., Ochs, F. & Hadorn, J.-C., 2012. Review of component models for the simulation of combined solar and heat pump heating systems. In: Solar Heating and Cooling (SHC) Conference 2012, San Francisco.
- Haller, M. & Frank, E., 2012. System-Jahresarbeitszahl grösser 4.0 mit Luft-Wasser Wärmepumpe kombiniert mit Solarwärme. In: 22. OTTI Symposium Thermische Solarenergie, 9.-11. Mai 2012, Kloster Banz, Bad Staffelstein, Germany.
- Zimmermann, S., 2012. Einfluss der Speicherschichtung auf die Jahresarbeitszahl von Wärmepumpen-Solar Systemen, Bachelorarbeit an der Hochschule für Technik HSR, Institut für Solartechnik SPF.

2011

- Haller, M.Y., 2011. Entwicklung von Prüfverfahren für Anlagen mit Kombination aus Wärmepumpen und Solarthermie. In: VDI-Fachkonferenz Wärmepumpen 2011 - Umweltwärme effizient nutzen, 7. - 8. Juni 2011, Frankfurt, VDI Wissensforum GmbH, Düsseldorf, Germany, 159-167.
- Haller, M.Y. & Frank, E., 2011a. On the Potential of Using Heat from Solar Thermal Collectors for Heat Pump Evaporators. In: Proc. of the ISES Solar World Congress 2011, Aug. 28 - Sep. 2, Kassel, Germany.
- Haller, M.Y. & Frank, E., 2011b. Steigert die Nutzung von Solarkollektoren als Wärmequelle für Wärmepumpen die System-Arbeitszahl? In: 21. Symposium Thermische Solarenergie, 11. - 13. Mai, OTTI Regensburg, Bad Staffelstein, Germany, CD.
- Philippen, D., Haller, M.Y. & Frank, E., 2011. Einfluss der Neigung auf den äusseren konvektiven Wärmeübergang ungedeckter Absorber. In: 21. Symposium Thermische Solarenergie, 11. - 13. Mai, OTTI Regensburg, Bad Staffelstein, Germany, CD.

2010

- Frank, E., Haller, M., Herkel, S. & Ruschenburg, J., 2010. Systematic Classification of Combined Solar Thermal and Heat Pump Systems. In: Proc. of the EuroSun 2010 Conference, Graz, Austria.
- Haller, M. & Frank, E., 2010. Kombination von Wärmepumpen mit solarthermischen Kollektoren - Konzepte und Fragestellungen. In: CD - Konferenzbeiträge 16. Status-Seminar "Forschung und Bauen im Kontext von Energie und Umwelt", BRENET - Nationales Kompetenznetzwerk Gebäudetechnik und erneuerbare Energien, ETH Zürich, 1-6.
- Haller, M., Frank, E., Trinkl, C. & Zörner, W., 2010. Systematische Gliederung der Systemkombination von solarthermischen Anlagen mit Wärmepumpen. In: 20. OTTI Symposium Thermische Solarenergie, Bad Staffelstein, Germany.