



SPF FORSCHUNGSAUFGABEN

B: THERMISCHE SOLARSYSTEME

Jahresbericht 2006

Autor und Koautoren	P. Vogelsanger, S. Laipple, L. Konersmann, S. Brunold, A. Luzzi
beauftragte Institution	Institut für Solartechnik SPF
Adresse	Hochschule für Technik HSR, Oberseestr. 10, 8640 Rapperswil
Telefon, E-mail, Internetadresse	+41 55 222 48 21, info@solarenergy.ch , www.solarenergy.ch
BFE Projekt-/Vertrag-Nummer	43729 / 151988
BFE-Projektleiter	Jean-Christophe Hadorn
Dauer des Projekts (von – bis)	1.1.2006 – 31.12.2006
Datum	15.12.2006

ZUSAMMENFASSUNG

B-1: Solare Warmwassersysteme

Zu Beginn des Jahres wurde die Auswertung eines solaren Kompaktsystems abgeschlossen, was zu einer SPF-Zertifizierung führte.

Im Berichtsjahr selbst wurde jedoch aufgrund des kompletten Neubaus des Systemteststandes, der Datenerfassung und der Prozessleittechnik keine Systemprüfung durchgeführt. Das neue Systemdachlabor ermöglicht einen weiteren Ausbau der Dienstleistungen im Bereich der System- bzw. Komponentenprüfung am SPF.

Aufgrund der Harmonisierung der Prüfnormen in Europa ist ein deutlicher Anstieg der Nachfrage nach Systemprüfungen für vorgefertigte Anlagen (EN 12976) bzw. dem Qualitätslabel Solar Keymark zu verzeichnen.

B-2: Solare Kombisysteme

Theoretische Arbeiten im Bereich stark vereinfachter Konzepte für solare Kombisysteme haben ein enormes Potenzial zur Leistungssteigerung und Kostenreduktion aufgezeigt.

Die Ausbauarbeiten am Labor-Teststand für Kombisysteme mit Holzpellet-Zusatzheizungen wurden fertig gestellt. Dabei wurde der Teststand grösseren hard- wie auch softwaretechnischen Änderungen unterzogen.

Im September 2006 konnte mit dem vom BFE Programm „Holz“ mitunterstützten Projekt „PelletSolar“ begonnen werden. Innerhalb dieses Projektes wird derzeit ein solarthermisches Kombisystem mit Pelletfeuerung eines Schweizer Herstellers getestet. Da sich sowohl die Pellet- wie auch die solarthermische Branche derzeit im starken Aufschwung befinden, stösst das Projekt auf grosses Interesse. Ziel des Projektes ist eine energetische Optimierung von Systemen, welche Pelletkessel mit Solarthermieanlagen kombinieren.

Die Untersuchungen an Drehschieberpumpen und deren Einsatzgrenzen in solarthermischen Systemen wurden vertieft. Es wurde ein Pumpenprüfstand aufgebaut, der sich zur systematischen Untersuchung von Solarkreis-pumpen für Kleinanlagen eignet.

Projektziele

B-1: Solare Warmwassersysteme

Das Angebot der Prüfung von solarthermischen Anlagen zur Warmwasserbereitung soll aufrechterhalten werden. Im Anschluss an die Akkreditierung der Systemprüfung nach EN 12976 wird der Systemteststand komplett erneuert. Dies beinhaltet auch die Erneuerung der Datenerfassung und Prozessleittechnik. Damit lassen sich die Anforderungen von Seiten der Prüfnorm und SPF-spezifischen Anforderungen berücksichtigen. Durch die Vereinheitlichung der eingesetzten Datenerfassungssoftware am SPF, soll ein effizienterer Prüfprozess bei geringerer Fehleranfälligkeit erreicht werden. Die Prüfprozedur wird vermehrt automatisiert, was zu einer erheblichen Verkürzung der Prüfdauer führen wird.

Die Dienstleistung im Bereich der Systemprüfung kann dadurch flexibel auf die Bedürfnisse der nationalen und internationalen Systemanbieter abgestimmt werden.

B-2: Solare Kombisysteme

Die Arbeiten am innovativen, kostengünstigen Systemkonzept basierend auf einem drucklosen Wasserspeicher sollen weitergeführt werden. Es sollen Machbarkeit und Verbesserungspotenzial aufgezeigt werden.

Ziel des Projektes „PelletSolar“ ist die energetische Optimierung von Systemen, welche Pelletkessel mit Solarthermieanlagen kombinieren. Sowohl Pellet-Feuerungen als auch thermische Solaranlagen weisen zurzeit hohe Wachstumsraten auf. Holzenergie Schweiz geht davon aus, dass längerfristig ca. 10% des Wärmeenergieverbrauchs mit einheimischer Holzenergie gedeckt werden kann (Jahresbericht 2004). Durch Effizienzverbesserungen sowie durch die Kombination mit einer Solaranlage könnten bei gleich bleibendem Brennstoffangebot schätzungsweise 50% mehr Anwendungen mit Holzkes-seln ausgerüstet werden.

Im Bereich der Pumpenaktivitäten wird erstrebt, eine speziell für solarthermische Anwendungen geeignete Pumpe zu entwickeln.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

B-1: Solare Warmwassersysteme

Zu Beginn des Berichtsjahres konnte die Prüfung einer solaren Kompaktanlage fertig ausgewertet und das *SPF-Zertifikat* vergeben werden.

Aufgrund der Erneuerung des Systemteststandes und der Datenerfassung wurden jedoch keine weiteren Systemprüfungen am Institut durchgeführt. Der Trend zur Leistungsprüfung von Thermosiphonsystemen hält weiterhin an. Für 2007 ist bereits eine Prüfung einer Thermosiphonanlage angemeldet. Speziell werden Prüfungen nach EN 12976 angefragt, welche die Grundlage für die Zertifizierung nach Solar Keymark ist.

Der bestehende Teststand wurde im Rahmen der Erneuerung des Systemteststandes abgebaut. Es entstanden neu drei Teststände für Systemprüfungen und ein Laborraum für individuelle Messungen (siehe Abbildung-1 und Abbildung-2 auf der folgenden Seite). Die Teststände erfüllen sowohl die Anforderungen der internationalen Prüfnormen für solare Warmwassersysteme, sowie SPF-spezifische Anforderungen für Entwicklungs- und Forschungsanwendungen.

Gleichzeitig mit dem Teststandneubau wurde die Messdatenerfassung und Prozessleittechnik erneuert. Die Vereinheitlichung der Datenerfassung inklusive Software ermöglicht einen rationellen Arbeitsablauf und einen geringeren Aufwand für die Wartung am SPF.



Abbildung-1: Das Schrägdach des Systemdachlabors ist 45° geneigt und nach Süden ausgerichtet. Die Kollektoren für einen Systemtest werden auf dem Schrägdach installiert. Die Kollektorkreisleitungen werden direkt in die Testkabine geführt. Auf dem Flachdach können Thermosiphonsysteme mit Unterkonstruktion aufgestellt werden.



Abbildung-2: Das Bild zeigt die Rückseite des Systemteststandes. Die drei Testkabinen können über das ganze Jahr auf einer konstanten Temperatur gehalten werden. Die Teststände sind so aufgebaut, dass Systemprüfungen sowie Komponententests durchgeführt werden können. Das Kollektorfeld lässt sich bei Bedarf auch mittels elektrischer Heizpatronen simulieren. Die Wetterabhängigkeit von Komponententests kann so reduziert werden.

B-2: Solare Kombisysteme

Die Arbeiten an innovativen Systemkonzepten, konnten vertieft werden. Sie betreffen Konzepte mit drucklosem Wärmespeicher und fokussieren auf die möglichen Vereinfachungen und notwendigen Anpassungen der Peripherie. Übergeordnetes Ziel sind einfachere und kostengünstigere aber mindestens unverändert leistungsfähige Systeme. Zu erreichen ist dieses Ziel durch die konsequente Reduktion des Materialbedarfs, die Vereinfachung des Systemkonzepts, die Minimierung der Zahl der Komponenten und die Vereinfachung der Installation. Diese Arbeiten sind in den Task 32 (Advanced storage concepts for houses) des Solar Heating and Cooling Programms (SHC) der Internationalen Energieagentur (IEA) eingebettet. Einige wenige Institutionen, darunter das SPF, bearbeiten dort die Verbesserung von Wärmespeichern mit Wasser als Speichermedium (Subtask D, water stores). Ein selbstleerer wasserführender Low-Flow-Kollektorkreis wurde praktisch erprobt. Dabei wurde auch eine interessante Lösung eines Teilproblems demonstriert: Ein passives Bypassventil erlaubt es, den Kollektorkreis bei Pumpenstillstand zu entleeren, auch wenn die eingesetzte Pumpe (z.B. eine Drehschieberpumpe) dicht ist. Ein aktives Magnetventil kann dadurch vermieden werden [1].

Die Möglichkeit der Raumwärmeversorgung durch Durchflussmodulation an Stelle der normalen Modulation der Vorlauftemperatur wurde theoretisch durch Simulation studiert [2]. Es wurde der Fall eines solaren Kombisystems mit einer Gastherme als Zusatzwärmeerzeuger untersucht. Die Studie hat ein signifikantes Potenzial bezüglich Kostenreduktion und Leistungssteigerung offen gelegt.

Solar-Pellet KombiSysteme

Die bis Ende 2006 durchgeführten Arbeiten für das Projekt „PelletSolar“ sind nachfolgend aufgelistet:

- Umrüstung des Prüfstandes (Hard- und Software) zur Prüfung und Simulation des betrachteten Pellet-Solarsystems;
- Messungen des Kessels im direkten Heizkreis im stationären Betrieb;
- Messungen des Kessels im direkten Heizkreis im instationären Betrieb;
- Messungen zur Bestimmung der Bereitschafts-/Abstrahlungsverluste; und
- Probehälter durchgeführte 12-Tagestests.

Aufgrund der bisher durchgeführten Arbeiten liegen bereits erste Ergebnisse vor:

- Der Kesselwirkungsgrad des im direkten Heizkreis getesteten Systems beträgt im stationären Betrieb durchschnittlich 83.6%. Dieser Wert variiert in Abhängigkeit der Leistung zwischen 80 und 85%;
- Im Taktbetrieb sind die Anteile der Abstrahlungs- und Konvektionsverluste bezogen auf die wasserseitig bilanzierte Wärmemenge höher. Die gemessenen Nutzungsgrade des Systems im direkten Heizkreis im getakteten/instationären Betrieb liegen zwischen 60% und 65%;
- Im instationären Betrieb fallen zusätzlich elektrische Hilfsenergie für den Zündvorgang (ca. 15 Minuten lang, zu 650 Watt pro Zündung) sowie ein deutlich höherer Ausstoß an Emissionen an; und
- Erste Messungen am Kombisystem (inklusive Solarteil, Speicher & Pelletkessel) deuten darauf hin, dass sich vor allem in der Übergangsjahreszeit eine relativ hohe Taktfrequenz einstellt, welche durch alternative Regelstrategien der Speicherbeladung voraussichtlich verringert werden könnte. In Abbildung-3 auf der folgenden Seite ist ein Auszug aus dem Test dargestellt.

Solarpumpen

Ein speziell auf Solarpumpen ausgerichteter Pumpenprüfstand (siehe Abbildung-4 auf der folgenden Seite) wurde aufgebaut und in Betrieb genommen.

Im Kollektorkreis von solarthermischen Anlagen werden heutzutage grösstenteils Umwälzpumpen aus dem konventionellen Heiztechnikbereich eingesetzt. Diese Pumpen (v.a. Kreislumpen) sind nicht speziell für den Einsatz bei kleineren Solaranlagen konzipiert und nur begrenzt geeignet. Viel besser werden die spezifischen Anforderungen bei Solaranlagen (geringer Durchfluss und hoher Druckaufbau) von Drehschieberpumpen erfüllt. Durch den höheren Druckaufbau werden innovative Systemkonzepte (Stichworte: Drainbacksysteme und drucklose Systeme) realisierbar. Drehschieberpumpen sind auf dem Markt jedoch wenig verbreitet aufgrund von Unsicherheiten betreffend Lebensdauer, Lärm und Kosten.

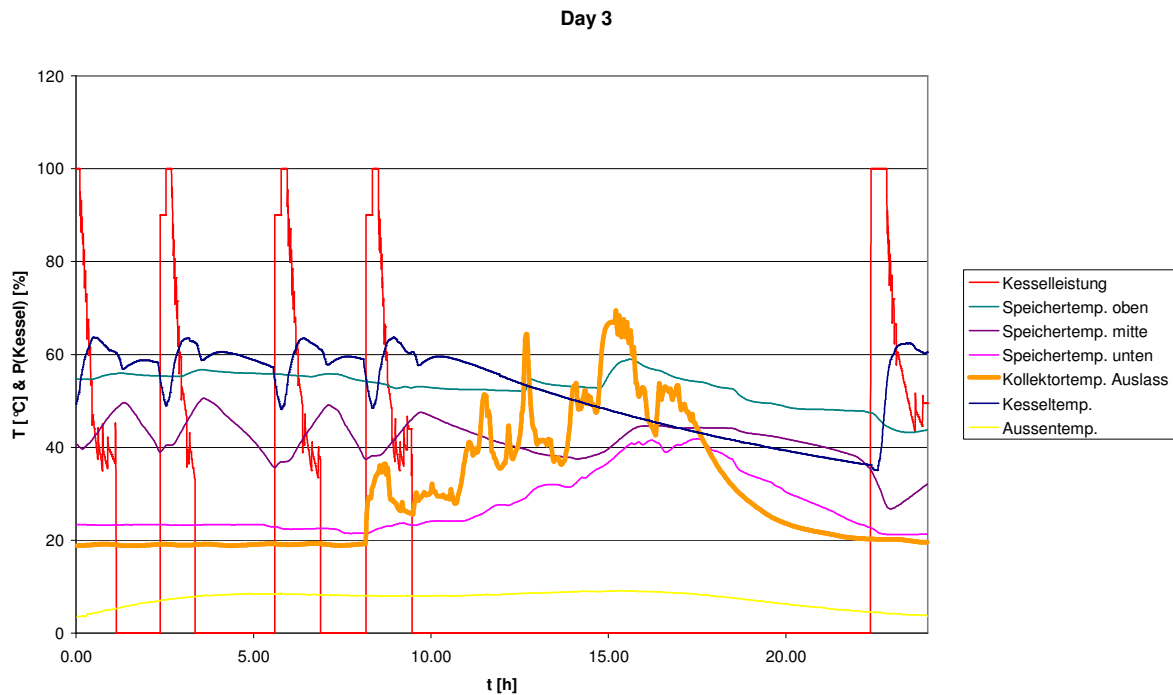


Abbildung-3: Auszug der Messwerte aus dem 12-Tagestest. Rot eingezeichnet ist die relative Leistung des 10kW-Pelletkessels. Mit einer besseren Ausnutzung der Modulationsfunktion könnte die Taktfrequenz reduziert werden.

Anhand der durchgeführten Arbeiten konnten Lösungen zur Behebung der erwähnten Problembereiche gefunden werden. Im Bereich des Lärms wurde gezeigt, wo dessen Quellen liegen und wie dieser weitgehend vermieden werden kann. Im Bereich der Lebensdauer und der Auftretenden Schadensfälle konnten die Ursachen rekonstruiert werden. Es wurde erfolgreich gezeigt, dass durch den Einsatz entsprechender Filter Schadensfälle vermieden werden können und die Lebensdauer signifikant erhöht werden kann. Unsicherheiten bestehen noch in Sachen Kostenreduktion und Stromverbrauch von Drehschieberpumpen. Die Untersuchungen lassen aber darauf schließen, dass Potential für eine effiziente und ausreichend kostengünstige Lösung besteht. In einer internen Dokumentation wurden die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen zusammengestellt.

Eine ausgedehnte Lebensdauerprüfung von Drehschieberpumpen bei Betrieb mit Wasser (anstelle des üblichen, tribologisch günstigeren Wasser-Glykolgemisches) konnte gestartet werden.

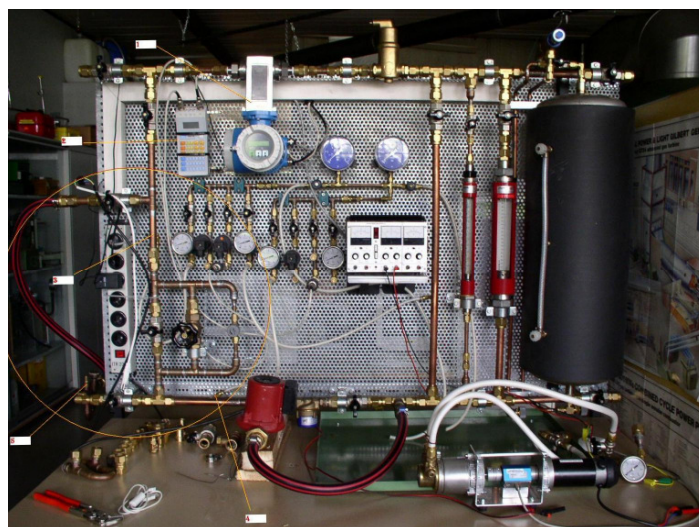


Abbildung-4: Neuer Pumpenprüfstand am SPF.

Nationale Zusammenarbeit

B-1: Solare Warmwassersysteme

Die Anzahl der Systemtestanfragen von Schweizer Firmen ist gleichbleibend auf niedrigem Niveau. Entgegen dem Trend von ausländischen Systemanbietern wird mehrheitlich das Komponententestverfahren nachgefragt. Die Überarbeitung der Prüfung, die vermutlich zu einer Serie von Neuprüfungen geführt hätte, musste aufgrund der Infrastrukturerneuerungen hinausgeschoben werden.

B-2: Solare Kombisysteme

Bei der im vorherigen Abschnitt erwähnten Studie [2] handelte es sich um die erfolgreiche, am SPF ausgeführte Diplomarbeit von Martino Poretti. (Abschlussarbeit des Studiengangs Maschinenbau an der ETH Zürich; Institut für Energietechnik, ETHZ; Prof. Dr. Aldo Steinfeld).

Im Rahmen des Tests des „PelletSolar“ Kombisystems wurde eng mit dem BFE Programm „Holz“ zusammengearbeitet. Des weiteren wurde auf nationaler Ebene die Firma Verenum beauftragt, die Messtechnik für die Erfassung des feuerungstechnischen Wirkungsgrades bereitzustellen und die Messungen auszuwerten. Eine weitere Zusammenarbeit auf nationaler Ebene besteht durch den Einbezug eines Schweizer Industriepartners (Hersteller und Installateur von solarthermischen Systemen).

Internationale Zusammenarbeit

B-1: Solare Warmwassersysteme

Das Europäische Projekt New Generation of Solar Thermal Systems (NEGST) [3] wurde weiterverfolgt und kommt kurz nach Jahresende zum Abschluss. Das SPF leitete darin das erste Workpackage, das sich mit innovativen Systemkonzepten für EFH befasste. Die Evaluation von viel versprechenden Systemkonzepten wurde abgeschlossen und publiziert [4].

Das SPF war beteiligt an einer Sondersitzung des *Erfahrungsaustauschkreises der deutschsprachigen Prüflaboratorien „Thermische Solaranlagen und deren Bauteile“* (EKTSuB) zum Thema Systemprüfung vorgefertigter Anlagen (EN 12976), am 11. Mai 2006 in Freiburg im Breisgau. Das Ziel dieser Sondersitzung war, das einheitliche Vorgehen bei Systemprüfungen zu vereinbaren und Erfahrungen mit der Prüfnorm gegenseitig auszutauschen.

B-2: Solare Kombisysteme

Die Ergebnisse der Arbeiten an innovativen Systemkonzepten (IEA-SHC Task 32) werden in regelmässigen Projekttreffen präsentiert. Die Zusammenarbeit mit den deutschen und dänischen Projektpartnern innerhalb des Subtasks ist auch ausserhalb der Meetings offen und intensiv.

Im Rahmen des „PelletSolar“-Projektes entstand eine Zusammenarbeit auf internationaler Ebene mit einem österreichischen Industriepartner (Pelletkesselhersteller). Des Weiteren bestehen enge Beziehungen zu dem Forschungsinstitut SERC in Schweden und der TU Graz (Institut für Wärmetechnik) in Österreich. Beide Institute betreiben ebenfalls Forschung und Entwicklung an solaren Kombisystemen mit Pelletfeuerungen. Erfahrungen werden ausgetauscht, und fliessen in die am SPF durchgeführten Forschungsarbeiten mit ein.

Bewertung 2006 und Ausblick 2007

B1: Solare Warmwassersysteme

Das Interesse, oder auch der Bedarf, der Schweizerischen Industrie für Prüfungen, Entwicklungszusammenarbeiten und Beratungsleistungen ist vergleichsweise vernachlässigbar. Anfragen für Beratungsleistungen kommen dominant aus den Ländern Nordeuropas. Anfragen für Prüfungen jedoch entstammen hauptsächlich Ländern Südeuropas oder betreffen Produkte die für diese Regionen be-

stimmt sind. Auf internationaler Ebene ist der Bedarf für Dienstleistungen der Solarthermieindustrie aber stark wachsend. Dies ist nicht erstaunlich, ist doch das Marktpotential und das Potential zur Verbesserung der Technik riesig. Abbildung-5 (siehe folgende Seite) entstammt dem Bericht über den Stand der Entwicklung und Tendenzen [5], der durch das SPF im Rahmen von NEGST [3] herausgegeben wurde. Aus diesen Erkenntnissen lässt sich ableiten, dass auch die Schweiz eine starke nationale Förderung, eine Einbaupflicht entsprechend der im Mai 2006 eingeführten Verordnung zum Waadtländer Energiegesetz, und eine kräftige, breit angelegte, staatlich finanzierte Informationskampagne für die thermische Sonnenenergie braucht.

Die Dienstleistung im Bereich der Systemprüfung wurde mit dem Neubau des Systemteststandes um einen wichtigen weiteren Schritt ausgebaut. Das SPF ist damit in der Lage, individuell und zeitgleich Prüfungen und Beratungen im Systembereich anzubieten. Die Teststände können sowohl für akkreditierte Prüfungen, Komponentenprüfungen sowie Sondermessungen genutzt werden. Dies soll vermehrt zur Zusammenarbeit mit nationalen und internationalen Firmen im Bereich der Entwicklung und Optimierung solarthermischer Systeme und Komponenten führen.

Erfahrungen der letzten Jahre haben gezeigt, dass durch die Harmonisierung der europäischen Prüfnormen eine erhöhte Nachfrage, aus dem Ausland, nach der Prüfung von Thermosiphonanlagen nach der EN 12976 oder dem European Solar Keymark besteht. Schweizer Systemanbieter dagegen fragen eher nach dem Komponentenprüfverfahren und streben eine SPF-Zertifizierung für Kompaktanlagen an.

Die anstehende Überarbeitung des SPF Zertifizierungskonzepts sowie die Wartung der publizierten Systemberichte auf der Internetseite mussten aufgrund der Infrastrukturarbeiten erneut zurückstehen. Die Berichte von denjenigen Kompaktsystemen, welche so nicht mehr auf dem Markt erhältlich sind, werden durch das SPF nicht mehr publiziert. Die Resultate von Systemprüfungen nach EN 12976 werden in Zukunft in einem neuen Kurzberichtformat vom SPF auf dem Internet publiziert, vergleichbar wie im Kollektorbereich.

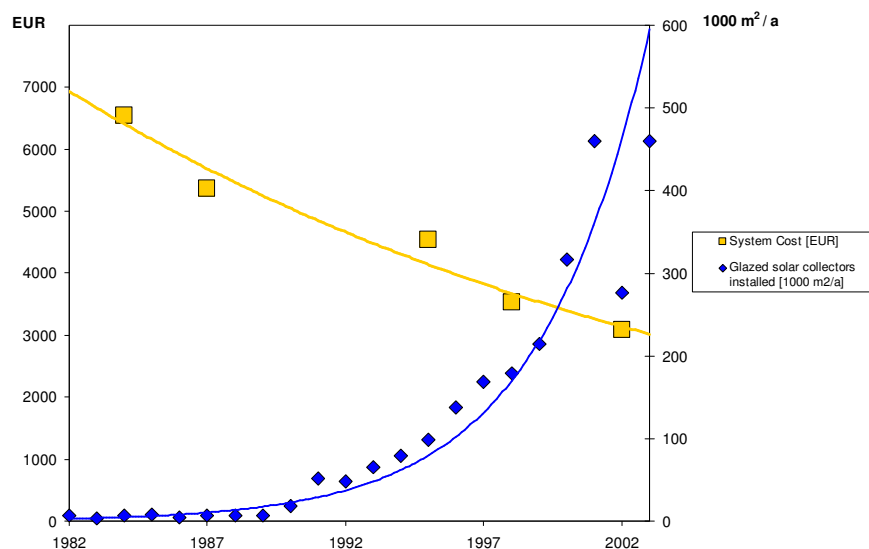


Abbildung-5: Die gelbe Kurve zeigt die Entwicklung der inflationsbereinigten Kosten von Systemen zur solaren Wassererwärmung in Deutschland, die blauen Punkte die Entwicklung der jährlich installierte Fläche verglaster Kollektoren im gleichen Markt. Innerhalb von 20 Jahren konnten die Systemkosten halbiert werden. Dieser Trend war auch in jüngster Zeit ungebrochen, obschon das Marktwachstum, beziehungsweise die Nachfrage stark zunahm. In dieser Situation wäre (wie es momentan bei der Photovoltaik aufgrund von massiven Subventionsprogrammen und von kurzfristigen Rohmaterialengpässen eingetreten ist) eine Stabilisierung der Preise zu erwarten. Die Wechselwirkungen zwischen den beiden Entwicklungen (blaue und gelbe Kurve) sind vielfältig und schwierig auseinander zu halten. Die gelbe Kurve ist aber für sich allein bemerkenswert; die blaue Kurve auch. Diese positive Entwicklung wurde mit einem massvollen Einsatz öffentlicher Mittel für Direktförderung und Informationskampagnen erreicht. Der Trend ist in Deutschland nach Meinung von Branchenkennern nicht mehr aufzuhalten. In diesem Jahr (2006) dürften in Deutschland knapp 1.5 Millionen Quadratmeter verglaste Kollektoren installiert worden sein. Anders als in der Schweiz sind in den benachbarten und vielen anderen Ländern analoge Entwicklungen im Gang.

B-2: Solare Kombisysteme

Die Forschungsarbeiten an verhältnismässig extrem vereinfachten Systemkonzepten sollen fortgesetzt werden. Es ist vorgesehen, die Simulationsstudie zu ergänzen und mit den Projektpartnern des IEA-SHC Task 32 abzugleichen. In wie fern die Untersuchungen auf der Ebene der Theorie bleiben müssen oder zu einer Produktentwicklung führen können, hängt unter anderem vom Interesse potenzieller Industriepartner ab. Es ist eher unwahrscheinlich, dass ein Schweizer Industriepartner auf die Implementierung des zukunftsweisenden Konzepts setzt. Die damit verbundenen Investitionen für Entwicklung, Marketing, Kommunikation (Schulung etc.) dürften für den in der Solarthermie tätigen Schweizer Kleinunternehmen als unzulässig risikoreich erscheinen. Im Gegensatz zu den kleinen inländischen Unternehmen setzen in Deutschland – dank dem in Abbildung-4 dargestellten Markterfolg – einige kräftige und innovative Firmen das Konzept immer häufiger und zunehmend konsequent um.

Vor 15 bis 20 Jahren behaupteten gewisse Kreise, dass die Schweiz umweltfreundliche Energiesysteme fördern sollte, da sich dadurch schliesslich auch volkswirtschaftliche Vorteile ergeben (Vorreiterrolle in einem sicheren Wachstumsmarkt, „first mover advantage“, etc.). Diese Kreise haben Recht behalten. Der wirtschaftliche Vorteil ist entstanden; jedoch leider nicht in der Schweiz.

Im Rahmen des „PelletSolar“-Projektes konnte das kontrovers diskutierte Thema des Taktverhaltens von Pelletkesseln anhand der durchgeführten Messungen mit konkreten Zahlen belegt werden. Die Messresultate zeigen, dass im Taktbetrieb höhere Abstrahlungs- und Konvektionsverluste in Bezug auf die wasserseitig bilanzierte Wärmemenge auftreten. Rechnet man die elektrische Energie für den Zündvorgang hinzu und berücksichtigt man die stark erhöhten Emissionswerte, so ist der Taktbetrieb gegenüber dem stationären Betrieb im direkten Heizkreis unverhältnismässig stark negativ zu bewerten.

In einem weiteren Schritt wird das „PelletSolar“-System als Gesamtes (inklusive Speicher & Solarteil) einem kompletten 12-Tagestest auf dem Prüfstand unterzogen. Bis Frühling 2007 dürfte das Projekt planmässig abgeschlossen werden. Eine Ausdehnung des Projektes wurde bereits erwogen. Innerhalb des Folgeprojektes müssten konkrete Lösungswege aufgezeigt werden, um die erkannten Potentiale auszuschöpfen. Dazu gehört die Erarbeitung von neuen Regelstrategien für den Kesselbetrieb und die Speicherbeladung. Diese können direkt durch Messungen am Prüfstand und andererseits durch Simulationen am Modell entwickelt und evaluiert werden.

Die Arbeiten im Bereich von Drehschieberpumpen wurden weitgehend abgeschlossen und die Ergebnisse zusammengestellt. Es ist geplant, die Erkenntnisse auf dem Gebiet der Drehschieberpumpen nun auf breiter Basis zu ergänzen indem die Möglichkeiten und Entwicklungspotenziale alternativer Pumpfunktionsprinzipien eingehend analysiert werden.

Referenzen

- [1] F. Hardegger: **Kollektorkreis von Systemen mit drucklosen Speichern**, Semesterarbeit am Institut für Solartechnik SPF der HSR, Hochschule für Technik Rapperswil, 2006
- [2] M. Poretti: **Direct feed flow controlled solar combisystem with non-pressurized storage: a simulation case**, Diplomarbeit Institut für Energietechnik ETHZ und Institut für Solartechnik SPF, 2006
- [3] **NEGST: New Generation of Solar Thermal Systems**, öffentliche Berichte dieses EU-Projekts sind abrufbar auf: http://www.swt-technologie.de/html/public_deliverables_wp1.html
- [4] P. Vogelsanger: **NEGST WP1.D2 / Report about theoretical system evaluation**; 2006 http://www.swt-technologie.de/NEGST1_D2.pdf
- [5] P. Vogelsanger, S. Laipple, **NEGST WP1.D1 / Summary report on today's system technology**, 2006; http://www.swt-technologie.de/NEGST1_D1.pdf