

Jahresbericht 2004, 10. Dezember 2004

SPF Forschungsaufgaben

C: Materialien in thermischen Systemen

Autor und Koautoren	S. Brunold, B. Füchslin, F. Flückiger
beauftragte Institution	Institut für Solartechnik SPF
Adresse	Hochschule für Technik HSR, Oberseestr. 10, CH-8640 Rapperswil
Telefon, E-mail, Internetadresse	+41 (0)55 222 48 21; spf@solarenergy.ch ; www.solarenergy.ch
BFE Projekt-/Vertrag-Nummer	DIS 20732
Dauer des Projekts (von – bis)	01.01.2004 – 31.12.2004

ZUSAMMENFASSUNG

Der in Form eines Buches verfasste Schlussbericht der IEA Arbeitsgruppe MSTC wird seit kurzem vom Elsevier Verlag herausgegeben. Das Buch trägt den Titel '*Performance and Durability Assessment: Optical Materials for Solar Thermal Systems*' und ist unter der ISBN-Nr. 0-08-044401-6 erhältlich.

Die Arbeiten im IEA Task 27 werden im Rahmen einer 2-jährigen Verlängerung des Subtasks B3 fortgesetzt. Die experimentellen Arbeiten zur Case Study „Facade Absorber“ sind inzwischen abgeschlossen, diejenigen zu den beiden anderen Case Studies („Reflectors“ und „Glazings“) laufen weiter.

Unsere nachdrücklichen Eingaben für mehr SPF Labor- sowie Lagerraum an der HSR hat dieses Jahr Früchte getragen. Zusätzlich zu den bestehenden Räumlichkeiten hat das SPF weitere ca. 90 m² Laborfläche erhalten. Ausserdem wurden noch rund 30 m² Lagerfläche zugesagt, die u.a. als Zwischenlager für Prüflinge (wie etwa komplette Solarsysteme) dienen werden

Im Rahmen des Tasks „Vakuumtest für Solarabsorber“ wurde das Prinzip der beschleunigten Alterungsuntersuchungen aus dem IEA Task 10 erstmals auf Absorberschichten für den Einsatz in evakuierten Kollektoren angewendet. Für die 3 untersuchten Schichtsysteme konnte gezeigt werden, dass sich diese Methode auch für die thermische Belastung im Vakuum anwenden lässt, und dass alle 3 Absorbertypen für den Einsatz in (nicht konzentrierenden) evakuierten Kollektoren zur Brauchwarmwasserheizung geeignet sind.

Das vom SPF eingeführte Zertifizierungsverfahren „Solarglas“ wird von der Solarindustrie akzeptiert und kann als erfolgreich bezeichnet werden.

Die Kompetenzen des SPF im Wärmetechnischen Simulationsbereich (CFD und FEM) konnten massiv ausgebaut werden.

Projektziele

IEA – MSTC und IEA – Task 27

- MSTC: Falls notwendig, Nachbesserungen des Manuskripts nach Forderungen des Verlages, so dass das MSTC Buch noch dieses Jahr erscheinen kann.
- Task 27: Monitoring der Freibewitterungsproben und Weiterführung von Indoortests. Die in Subtask B1 ausgearbeitete „General methodology of accelerated life testing for assessment of service life of materials“ soll auf die in Subtask B definierten „Case Studies“ angewendet werden.

Messungen im Auftragsverhältnis

- Ausführen von Fremdaufträgen in allen Fachbereichen: Alterungs- und Beständigkeitsuntersuchungen von Materialien, optische Charakterisierung mittels FTIR-Spektroskopie.
- Bestimmung des Winkelfaktors transparenter Abdeckungsmaterialien.
- Unterstützung von Kunden beim Design neuer Kollektoren.
- Ausgasungstests von Wärmedämmmaterialien im Kollektor unter Stagnationsbedingungen (Simulator).
- Berechnung von Blendeffekten durch die Verglasung von Sonnenkollektoren.

Materialien zur Leistungssteigerung thermischer Solaranlagen

- Weiterführung der Freibewitterung von mit anti – Reflex bzw. anti – Schmutz Schicht versehenen Kollektorgläsern. Zusammenfassung der bisherigen Ergebnisse.
- Anwendung der Methode der beschleunigten Lebensdaueruntersuchung auf Absorber für den Einsatz in evakuierten Kollektoren.

Unterhalt der Anlagen und Anlagenerweiterung

- Revision der Klimaschränke.
- Teilnahme am Round Robin „Spectral Irradiance“ von ATLAS
- Erweiterung des SPF Labors.

Zertifizierung Solarglas

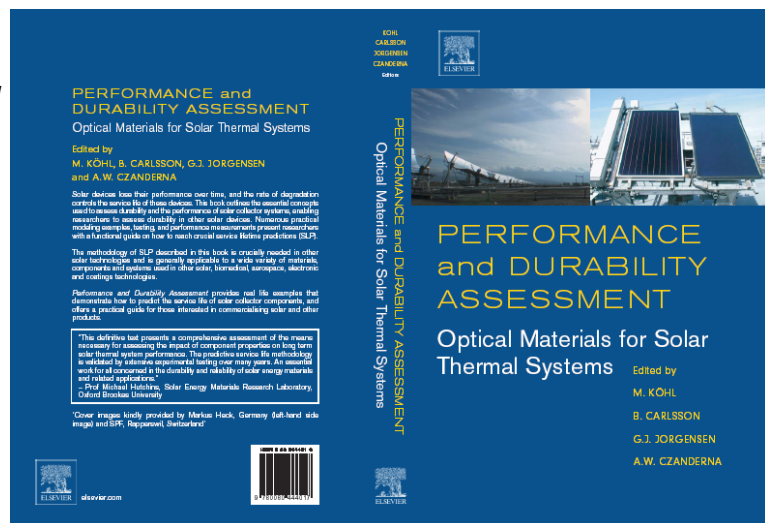
- Prüfung weiterer Gläser nach dem Zertifizierungsverfahren für Solarglas.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

IEA – MSTC und IEA – Task 27

Der als Buch verfasste Abschlussbericht des Projektes **MSTC** (eine Workinggroup des SH&C Programms der IEA), wird seit kurzem vom Verlag *Elsevier Science (NL)* herausgegeben. Das Buch trägt den Titel *'Performance and Durability Assessment: Optical Materials for Solar Thermal Systems'* und ist unter der ISBN-Nr. 0-08-044401-6 erhältlich. Neben einem guten Anteil am Inhalt, konnten wir auch mit einer Fotografie von einem SPF Kollektorprüfstand für die Umschlagseite, beitragen (siehe Fig. 1).

Fig. 1: Die Umschlagseite des als Buch verfassten Abschlussberichtes der *IEA Working Group MSTC*



Im **Task 27** ist das SPF hauptsächlich in Subtask B („Durability“) aktiv. Insbesondere sind wir „Case Study Leader“ des Bereichs „Solar Facade Absorbers“ innerhalb von Projekt B3 „Durability and Reliability Assessment of Static Solar Materials“. Weitere „Case Studies“ in B3 sind „Anti-Reflective and Polymeric Glazings“ sowie „Solar Reflectors“. In allen 3 Bereichen ist die Exposition von Proben auf Freibewitterungsständen am laufen und es wurden zahlreiche Belastungstests im Labor durchgeführt.

Aufgrund von Verzögerungen bei der Probenbeschaffung und Problemen bei der Durchführung einiger zentraler Indoor Tests wurde dieser Subtask um 2 Jahre verlängert.

In der Case Study „Solar Facade Absorbers“ konnten die experimentellen Arbeiten abgeschlossen werden. In den anderen 2 Case Studies gehen diese Arbeiten noch weiter.

Messungen im Auftragsverhältnis

Nach wie vor kann die Lage der Schweizer Solarunternehmer als prekär bezeichnet werden. Auch im angrenzenden deutschen Sprachraum sind die Erwartungen nicht erfüllt worden. Dies ist auch bei uns an der Anzahl der in Auftrag gegebenen Messungen zu spüren, die etwa in der gleichen Größenordnung wie 2003 liegt. Insgesamt konnten aber dennoch zahlreiche Messaufträge im Bereich der optischen Spektroskopie (also FTIR und IAM Messplatz) durchgeführt werden.

Eine Reihe von speziellen Untersuchungen wurde am SPF entwickelt und wird im Auftragsverhältnis der Industrie angeboten. Aufgrund der Erweiterungsarbeiten im SPF Laborbereich waren jedoch einige dieser Anlagen während 3 Monaten nicht einsatzfähig. Die wesentlichen Untersuchungen sind:

Kollektorentwicklung

In Zusammenarbeit mit einem Schweizer Unternehmen wurde ein vollkommen neues Absorberkonzept untersucht. Erste Messungen des Kollektorwirkungsgradfaktors F' sind vielversprechend. Eine Kostenschätzung wird entscheiden, ob dieses Konzept zu einem Produkt ausgearbeitet werden wird.

Kompensatoren, Kollektorverbindungen

Insgesamt wurden dieses Jahr nur 6 Prüfungen durchgeführt. Dennoch hat sich der Einsatz der Anlage gelohnt, da in 2 Fällen der Einsatz einer ungeeigneten Dichtung verhindert werden konnte. In einem Fall war dies ein flach dichtendes System (Holländer Verschraubung) (siehe Fig. 2), bei welchem ein Dichtungstyp den Belastungen nicht Stand hielt. In einem anderen Fall (siehe Fig. 3)

fürten scharfe Kanten und mangelnde Festigkeit des O-Ringes zum Versagen. Eine Änderung der Kanten führte zu einer deutlichen Verbesserung der Beständigkeit.

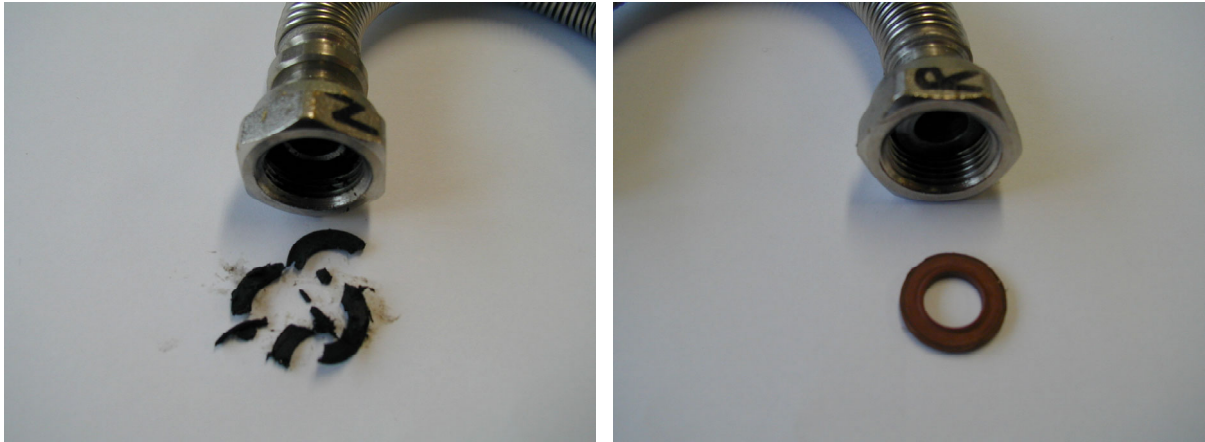


Fig. 2: Eine falsche Wahl der Flachdichtung führt zur Zerstörung derselben (links). Eine geeignetere Dichtung zeigt das rechte Bild.



Fig. 3: Mangelhaft bearbeitete Kanten zerstören den O-Ring (links). Durch Änderung der Kanten konnte die Standzeit deutlich erhöht werden.

Untersuchung der Ausgasung von Wärmedämmungen

Es wurden wieder zahlreiche Produkte unterschiedlicher Hersteller geprüft. Es konnte sich jedoch nur 1 Produkt für den Einsatz in Standard – Flachkollektoren und 1 Produkt für den Einsatz in Flachkollektoren mit Anti-Reflex behandelten Gläsern qualifizieren.

Für einen Hersteller wurde nicht nur das (nicht qualifizierte) Endprodukt „Wärmedämmung“ untersucht, sondern auch die einzelnen zur Herstellung verwendeten Komponenten.

Durch einen realitätsnahen Stagnationsversuch konnte die Aussagekraft des Labortests bestätigt werden. Dazu wurde ein handelsüblicher Flachkollektor mit einer beanstandeten Wärmedämmung ausgerüstet und unter Stagnationsbedingungen im Solarsimulator betrieben. Auch dieser realitätsnahe Test führte zu sichtbaren Niederschlägen von Ausgasungsprodukten an der Abdeckung.

Physikalische Wasserbehandlung

Erstmals wurde ein auf Permanentmagneten basierendes Geräte zur Reduktion der Kalkausscheidung untersucht. Ein Einfluss auf die Kalkbildung konnte tatsächlich festgestellt werden. Zur genaueren Beschreibung des Effektes sind jedoch weitere Versuche notwendig. Diese mussten durch den Laborumbau unterbrochen werden, so dass momentan keine zuverlässige Aussage zur Funktionsfähigkeit dieses Gerätes gemacht werden kann.

Untersuchung von Lotpasten

Alle untersuchten Lotpasten führten bei den Auslagerungstests zu einem Angriff der Absorberschicht aufgrund des verwendeten Flussmittels. Ein Hersteller wurde dadurch zu einer Verbesserung des Produktes veranlasst, welches demnächst bei uns geprüft werden wird. Ausserdem konnte ein Hersteller davon überzeugt werden, die Entwicklung eines Produktes mit erhöhter Temperaturbeständigkeit in Angriff zu nehmen, mit Hinblick auf die höheren Stagnationstemperaturen neuer Kollektorentwicklungen.

Kollektorwirkungsgradfaktor

Bestimmungen des Kollektorwirkungsgradfaktors wurden hauptsächlich in Form von Serienmessungen im Rahmen von Produktentwicklungen durchgeführt. Dazu zählen zum Beispiel die Messungen zu dem bereits erwähnten vollkommen neuartigen Absorberkonzept.

Mit umfangreichen Messungen wurden geklebte Absorberblech – Rohrverbindungen untersucht. Dies hinsichtlich unterschiedlichster Klebertypen und Klebegeometrien. Es hat sich gezeigt, dass, zumindest innerhalb der untersuchten Geometrien, der Einfluss der Wärmeleitfähigkeit und der Klebeschichtdicke auf den Kollektorwirkungsgradfaktor eher klein ist. Dies ist insbesondere deswegen von Interesse, da die Kosten des Klebers (die in der Regel überproportional mit dessen Wärmeleitfähigkeit wachsen) einen nicht unerheblichen Anteil der Gestehungskosten des Absorbers ausmachen, im Extremfall sogar den Hauptteil!

Blendeffekte durch Sonnenkollektoren

Im Auftrag eines Ingenieurbüros bzw. der Baubehörde einer Gemeinde wurden Blendeffekte, hervorgerufen durch Reflexion der Sonnenstrahlung an der Kollektorabdeckung, untersucht. In beiden Fällen waren Beschwerden der Bewohner benachbarter Grundstücke Auslöser. Dass es überhaupt zu Beschwerden kam, liegt nicht zuletzt an Besonderheiten der jeweiligen Anlagen: In einem Fall wurden ca. 110 m² Kollektorfläche nach NNW (!) orientiert, im anderen Fall wurden über 20 m² Kollektoren in Richtung des Nachbargebäudes mit etwa 6 m Abstand zu diesem auf Höhe der Fenster installiert. Mittels eines, für das vorhandene Raytracing Programm, speziell entwickelten Moduls, war es möglich, durch Simulationsrechnungen für beide Fälle Lösungsmöglichkeiten zu finden.

Materialien zur Leistungssteigerung thermischer Solaranlagen

Die Ergebnisse der auf unserem Freibewitterungsstand seit 2 bzw. 3 Jahren exponierten Anti-Reflex bzw. Anti-Schmutz beschichteten Gläser wurden zusammengefasst. Aufgrund des noch relativ kurzen Auslagerungszeitraumes können zum jetzigen Zeitpunkt jedoch nur Tendenzen festgestellt werden. Die Exposition wird weiter fortgesetzt.

Zum ersten Mal wurde die Methodik der beschleunigten Alterungsuntersuchung aus dem IEA Task X [1] bzw. der IEA Working Group MSTC [2, 3] auf Solarabsorber für den Einsatz in evakuierten Kollektoren angewandt. Für die 3 untersuchten Schichten konnte nicht nur nachgewiesen werden, dass es gerechtfertigt ist, diese Methode anzuwenden, sondern es wurden auch alle 3 Schichten erfreulicherweise qualifiziert. Eine grundlegende Voraussetzung für die Anwendbarkeit dieser Methode ist eine Temperaturabhängigkeit der Degradation nach Arrhenius. Dies bedeutet, dass die bei unterschiedlichen Temperaturen beobachteten Degradationsverläufe mittels der zugehörigen Aktivierungsenergie alle mit Hilfe einer Arrhenius - Transformation in einander übergeführt werden können (siehe Fig. 4).

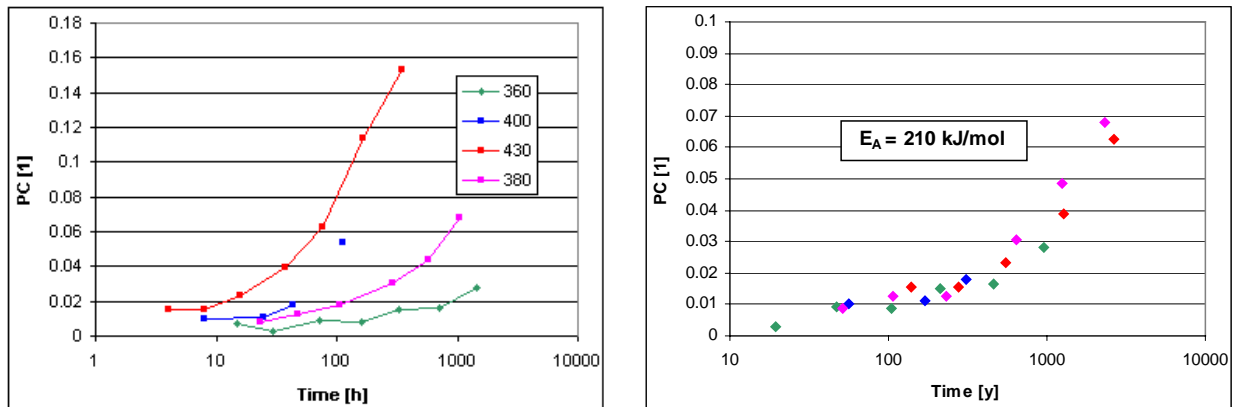


Fig. 4: Die Degradationsverläufe bei unterschiedlichen Temperaturen (links) können mittels Arrhenius – Transformation für eine Aktivierungsenergie von 210 kJ/mol auf eine effektive Temperatur von 247°C transformiert (rechts) werden. Die effektive Temperatur ist die Temperatur, mit welcher der Absorber im Mittel im realen Einsatz belastet werden würde.

Unterhalt der Anlagen und Anlagenerweiterung

Nachdem die Klimaschränke bei bestimmten Klimata Schwierigkeiten hatten, die geforderte hohe Feuchte zu erreichen, wurden die Befeuchtereinheiten beider Schränke revidiert. Die Spezifikationen werden nun wieder erreicht.

Ein neues KTI Projekt ermöglichte uns die Schaffung einer neuen Arbeitsstelle mit dem Schwerpunkt „Computational Fluid Dynamics“ (CFD). Dadurch können wir nun dieses Werkzeug zukünftig auch als Dienstleistung anbieten und in bereits laufenden sowie in kommenden Projekten einsetzen.

Ein neues FEM Tool zur Berechnung von zweidimensionalen Wärmeleitproblemen konnte bereits in mehrerer Projekten erfolgreich eingesetzt werden. Das Besondere an diesem Programm ist dessen einfache und selbsterklärende Bedienbarkeit. Dadurch entfällt die aufwändige Schulung eines speziellen Users, von welchem dieses Programm betreut werden muss.

Um die Qualität unseres Spektralradiometers zu sichern, haben wir an einem von ATLAS initiierten Rundvergleich teilgenommen, an dem international 11 Labors beteiligt sind. Dabei wurde die spektrale Strahlungsverteilung einer Halogen und einer SUNTEST Lampe gemessen. Da die Halogenlampe während des laufenden Rundvergleichs jedoch beschädigt wurde, muss diese Messung wiederholt werden. Ergebnisse liegen deshalb noch keine vor.

Unsere Anfrage an die HSR für die zur Verfügung Stellung zusätzlichen Laborraumes ist auf fruchtbaren Boden gestossen. Die bereits bestehende (und vom SPF benutzte) Plattform in der HSR Maschinenhalle wurde grosszügig erweitert. Zusätzlich bekamen wir Platz im Parterre der Maschinenhalle fest zugewiesen. Insgesamt wurde dadurch die Laborfläche des SPF um ca. 90 m² erweitert. Ausserdem wurden uns noch ca. 30 m² Fläche als Abstellfläche zugesagt, um angelieferte bzw. zur Abholung bereit gestellte Systeme zwischenlagern zu können.

Zertifizierung Solarglas

Dieses Jahr konnten 5 weitere Gläser als Solarglas [4 – 10] zertifiziert werden. Die gesamte, auf unserer Homepage abrufbare, Liste umfasst nun auch Gläser, die nicht in die beste Klasse „U1“ eingeteilt sind.

Ein Hersteller von Glas sah sich Dank der durchgeführten Tests veranlasst, sein Produkt zu verbessern, was ihm auch gelungen ist. Damit ist eines der Ziele, die mit der Einführung des Zertifizierungsverfahrens verbunden sind, nämlich die Schaffung von mehr Qualitätsbewusstsein und höherwertigeren Produkten, erreicht worden.

Nationale Zusammenarbeit

Neben gemeinsamen Projekten mit mehreren Schweizer Firmen, die wir aus Vertraulichkeitsgründen nicht namentlich nennen können, sind wir auch in 2 KTI Projekten als Hauptgesuchssteller involviert: KTI-Nr. 6635.1 FHS-IW, „Sarnasol, das innovative Dachsolarsystem“ mit dem Industriepartner Sarnafil International AG in Sarnen, sowie KTI-Nr. 7252.1 EPRP-IW, „Regelventil mit erweitertem Einsatzbereich“ mit dem Industriepartner Belimo Automation AG in Hinwil.

Internationale Zusammenarbeit

Die Zusammenarbeit im Rahmen von IEA Task 27 („Performance of Solar Facade Components“) mit Instituten wie ISE (Deutschland), SP (Schweden), CSTB (Frankreich), NREL (USA), DTU (Dänemark), NIC (Slowenien), CIEMAT (Spanien), TNO (Holland), um nur einige zu nennen, verläuft sehr positiv. Insbesondere gibt es mit den Instituten ISE und SP auch ausserhalb der o. g. Projekte eine rege Zusammenarbeit.

Ebenfalls sehr positiv verläuft die Zusammenarbeit im Rahmen des EU Projektes SOLABS – „Development of unglazed solar absorbers“ im Rahmen des EU-Programmes ENERGY – CLEAN ENERGY (EU Nr. ENK6-CT-2002-00679). Das Mid-Term Meeting, in welchem EU Repräsentanten über die Fortführung des Projektes entscheiden, wurde kürzlich erfolgreich absolviert.

Bewertung 2004 und Ausblick 2005

IEA – MSTC und IEA – Task 27

Die gesteckten Ziele für 2004 wurden erreicht. Das MSTC Buch wird vom Elsevier Verlag herausgegeben. Im Task 27 konnten die experimentellen Arbeiten der Case Study „Facade Absorbers“ abgeschlossen werden. Im kommenden Jahr sollen diese Ergebnisse anhand der in Subtask B1 ausgearbeiteten „General methodology of accelerated life testing for assessment of service life of materials“ dargestellt werden. Die Freibewitterung und Indoor Tests der beiden weiteren Case Studies werden fortgesetzt.

Messungen im Auftragsverhältnis

Die Anzahl der Messaufträge 2004 ist leider nicht zu unserer vollen Zufriedenheit ausgefallen. Dafür gibt es mehrere Gründe. Zum einen ist die wirtschaftliche Lage der Schweizer Solarunternehmen unverändert prekär und im deutschsprachigen Raum nicht so positiv ausgefallen wie erhofft. Ausserdem waren einige Prüfeinrichtungen während des 3 monatigen Laborumbaus nicht oder nur sehr eingeschränkt einsatzbereit.

Materialien zur Leistungssteigerung thermischer Solaranlagen

Die Zusammenfassung der bisherigen Ergebnisse aus der Exposition beschichteter Gläser hat gezeigt, dass es für eine definitive Beurteilung der Haltbarkeit der Schichten noch zu früh ist. Die Exposition und Beobachtung der Gläser wird weiter geführt.

Die Anwendbarkeit beschleunigter Alterungsuntersuchungen konnte für Absorberschichten für evakuierte Kollektoren nachgewiesen werden. Eine Veröffentlichung der Ergebnisse ist auf dem OTTI Symposium 2005 geplant. Diese Prüfungen werden nun als Dienstleistung angeboten.

Unterhalt der Anlagen und Anlagenerweiterung

Durch laufende Projekte konnte die Kompetenz des SPF auf dem Gebiet der Simulation von Strömungsmechanik massiv ausgebaut werden. Dadurch können derartige Berechnungen in Zukunft sowohl in laufenden und neuen Projekten eingesetzt und auch als Dienstleistung angeboten werden. Ebenso kommt das neu erworbene FEM Programm laufenden und zukünftigen Arbeiten zugute.

Da während des von ATLAS organisierten Rundvergleichs „Spectral Irradiance“ eine der Kalibrierlampen beschädigt wurde, muss ein Teil dieser Messungen wiederholt werden. SPF wird auch an der Wiederholung teilnehmen.

Zertifizierung Solarglas

Insgesamt haben jetzt 9 Gläser das SPF Zertifizierungsverfahren durchlaufen. Es hat sich gezeigt, dass das Verfahren akzeptiert wird und zu einer Qualitätssteigerung geführt hat. Die Zertifizierung weiterer Solargläser soll auch zukünftig gefördert werden.

Referenzen

- [1] B. Carlsson, U. Frei, M. Köhl, K. Möller; **Accelerated Life Testing of Solar Energy Materials- Case Study of some Selective Solar Absorber Coating Materials for DHW Systems**; A report of IEA Task X; Solar Materials Research and Development; February 1994; SP Report 94:13; ISBN91-7848-472-3; (Report available from the Swedish national Testing and Research Institute, P.O. Box 857, S-50115 Boras, Sweden)
- [2] Bo Carlson (Editor), **Proposal for qualification test procedure for solar absorber surface durability**; Working Document of the Working Group 'Materials in Solar Thermal Collectors' of the IEA Solar Heating and Cooling Programme; January 1997; SP-Technical Note 1997:08
- [3] S. Brunold, U. Frei, B. Carlsson, K. Möller, M. Köhl: **Beschleunigte Lebensdauerprüfung an Solarabsorberschichten – Prüfprozedur und Ergebnisse**; SVU – Fachtagung „Service Life Prediction“, 30. Oktober 1998; SVU CH-3000 Bern
- [4] U. Frei, S. Brunold: **Zertifizierung von Solarglas: Text und Vertrag**, SPF-HSR, Oberseestr. 10, CH-8640 Rapperswil; Download von www.solarenergy.ch.
- [5] S. Brunold, U. Frei: **Zertifizierung von Solarglas: Bestimmung des Transmissionsfaktors F_{τ}** , SPF-HSR, Oberseestr. 10, CH-8640 Rapperswil; Download von www.solarenergy.ch.
- [6] S. Brunold, U. Frei: **Zertifizierung von Solarglas: Bestimmung des Fotodegradationsfaktors F_{UV}** , SPF-HSR, Oberseestr. 10, CH-8640 Rapperswil; Download von www.solarenergy.ch.
- [7] S. Brunold, U. Frei: **Zertifizierung von Solarglas: Bestimmung des Winkelgewichtungsfaktors F_{IAM}** , SPF-HSR, Oberseestr. 10, CH-8640 Rapperswil; Download von www.solarenergy.ch.
- [8] S. Brunold, U. Frei: **Certification of Solar Glass**, Proceedings 4. ISES Europe Solar Congress Eurosun 2002, 23. bis 26. Juni 2002, Bologna, Italy.
- [9] S. Brunold, U. Frei: **Was ist Solarglas?**, Proceedings 12. Symposium Thermische Solar-energie, 24. bis 26. April 2002, Kloster Banz, Deutschland.

- [10] S. Brunold, U. Frei: **Was ist Solarglas?**, Proceedings 6. Internationales Symposium für Solarenergienutzung, 16. bis 19. Oktober 2002, Gleisdorf, Österreich.