Jahresbericht 2001, 06. Dezember 2001

A: Komponenten in solarthermischen Systemen
B: thermische Solarsysteme
C: Materialien in thermischen Systemen
D: Informatik und Software

Zu jedem Thema A – D wird ein separater Jahresbericht erstellt.
Die Projektnummerierung korrespondiert, soweit vom BFE finanziert, mit den Budgetposten des Projekta ntrags.

SPF Forschungsaufgaben im Bereich Aktive Sonnenenergie

C: Materialien in thermischen Systemen

Autor und Koautoren	Stefan Brunold, Ueli Frei
beauftragte Institution	Institut für Solartechnik SPF
Adresse	Oberseestrasse 10, 8640 Rapperswil
Telefon, E-mail, Internetadresse	055 222 48 21, spf@solarenergy.ch, www.solarenergy.ch
BFE Projekt-/Vertrag-Nummer	DIS 20732
Dauer des Projekts (von – bis)	01. Januar 2001 – 31. Dezember 2001

ZUSAMMENFASSUNG

Der Abschlussbericht der beendeten IEA-MSTC Arbeitsgruppe wird nun definitiv in Form eines Buches erstellt, zu dem das SPF einen erheblichen Beitrag leisten wird. Die Arbeiten im IEA Task 27 gehen planmässig voran. Freibewitterungsproben sind bereits seit über einem halben Jahr exponiert.

Aufträge aus der Privatwirtschaft werden deutlich umfangreicher und vielfältiger. Neben den seit langem durchgeführten optischen Messungen und Beständigkeitsprüfungen an Solarabsorberschichten sind, aufgrund aktueller Nachfrage, zusätzliche Prüfungen dazugekommen bzw. ausgebaut worden. Dazu zählen insbesondere Prüfungen von Kollektorverbindungen, Tests von Kollektorkomponenten auf Beständigkeit gegenüber Kondensation, Ausgasungsuntersuchungen an Wärmedämmmaterialien, Überprüfung der Eignung von Weichlotpasten in der Absorberherstellung und das Prüfen der Wirksamkeit von Geräten zur physikalischen Wasserbehandlung.

Da ein Teil unserer Prüfanlagen aufgrund des fortgeschrittenen Alters immer häufiger Probleme verursacht, wurde ein Austausch der entsprechenden Gerätschaft evaluiert oder bereits in die Wege geleitet. Insbesondere betroffen sind davon beide Klimakammern sowie das Fourier Transform Spektrometer (FTIR).

Der Begriff „Solarglas“ wird in der Solarbranche häufig verwendet. Das Problem ist dabei, dass dieser Begriff nirgendwo definiert ist und daher auch nicht die damit assoziierte Aussagekraft hat. Um im Bereich der Kollektorabdeckung mehr Transparenz zu erreichen wurde ein entsprechendes Zertifizierungsverfahren „Solarglas“ ausgearbeitet.

Projektziele

IEA – MSTC und IEA – Task 27

- MSTC: In Diskussion mit den Projektpartnern soll definitiv festgehalten werden, ob der Abschlussbericht in Form eines Buches erstellt wird. In diesem Falle muss die Struktur des Buches endgültig festgelegt werden und alle Teilnehmer verpflichten sich ihren Teil dazu bei zu tragen.
- Task 27: Exponierung von Proben zur Freibewitterung
- Task 27: Durchführung von Screening Tests im Labor, um mögliche Degradationsmechanismen eingrenzen zu können.

Messungen im Auftragsverhältnis

- Ausführen von Fremdaufträgen in allen Fachbereichen: Alterungsuntersuchungen von Materialien, optische Charakterisierung mittels FTIR-Spektroskopie, insbesondere Bestimmung des Absorptions- und Emissionsvermögens von Solarabsorbern sowie der Transmission von Gläsern. Bestimmung des Winkelfaktors transparenter Abdeckungsmaterialien.

Materialien zur Leistungssteigerung thermischer Solaranlagen

- Beobachtung der auf dem Freibewitterungsstand exponierten und mit einer anti – Reflex bzw. anti – Schmutz Schicht versehenen Kollektorgläser. Gegebenenfalls werden neue Schichten dazu kommen. Parallel zur Aussenbewitterung sollen Belastungstests im Labor durchgeführt werden.

Unterhalt der Anlagen und Anlagenerweiterung

- Evaluation eines neuen FTIR als Ersatz des bestehenden, welches aufgrund des fortgeschrittenen Alters zu Ausfällen bedingt durch defekte Komponenten neigt.
- Umstellung von der auf OS/2 basierenden Software für das FTIR auf die neue Windows/NT abschliessen.
- Einbindung des FTIR Dateisystems in die vom Institut verwendete Systemumgebung mit regelmässigem Backup.
- Absolutkalibrierung der beiden Spektralradiometer.
- Ausarbeitung einer Methode mit der Reflexionsmessungen mit dem FTIR mittels einer Absolutmessung kalibriert werden kann.
- Evaluation eines Ersatzes für das veraltete Prozessleitsystem mit Datenerfassung der Klimaschränke.
- Evaluation eines Ersatzes für unsere beiden Klimaschränke. Aufgrund des fortgeschrittenen Alters sind deren Elektronikeinschübe zum Teil bereits ausgefallen und eine Reparatur ist kaum möglich, da es den Hersteller nicht mehr gibt.

Zertifikation Solarglas

- Der Begriff „Solarglas“ wird zwar häufig verwendet, ist aber nicht definiert. Um diese Unsicherheit aus zu räumen soll ein entsprechendes Zertifizierungsverfahren ausgearbeitet werden. Damit sollte der Glashandel seine Produkte klassifizieren können und die Abnehmer von Glas könnten sich auf die ausgewiesene Qualität berufen.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

IEA – MSTC und IEA – Task 27

Nach eingehender Diskussion innerhalb der **MSTC** Teilnehmer wurde der Entschluss gefällt, den Abschlussbericht des Projektes nun doch als Buch zu realisieren. Es wird den Titel „Performance and Durability Assessment of Optical Materials for Solar Thermal Systems“ tragen und soll im Verlag *Elsevier Science (NL)* verlegt werden. Insgesamt werden 4 Kapitel des Buches vom SPF beigetragen. Mit den Arbeiten wurde begonnen.

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 Bereiche von B3 sind „Anti-Reflective and Polymeric Glazings“ sowie „Solar Reflectors“. In allen 3 Bereichen wurde bereits mit der Exposition von Proben auf Freibewitterungsständen begonnen. Figur 1 zeigt als Beispiel die Veränderung des spektralen Reflexionsvermögens eines anodisierten Aluminiumspiegels nach 3 und nach 6 Monaten. Im Bereich „Solar Facade Absorbers“ wurden zudem bereits eine Reihe Belastungstests im Labor durchgeführt.

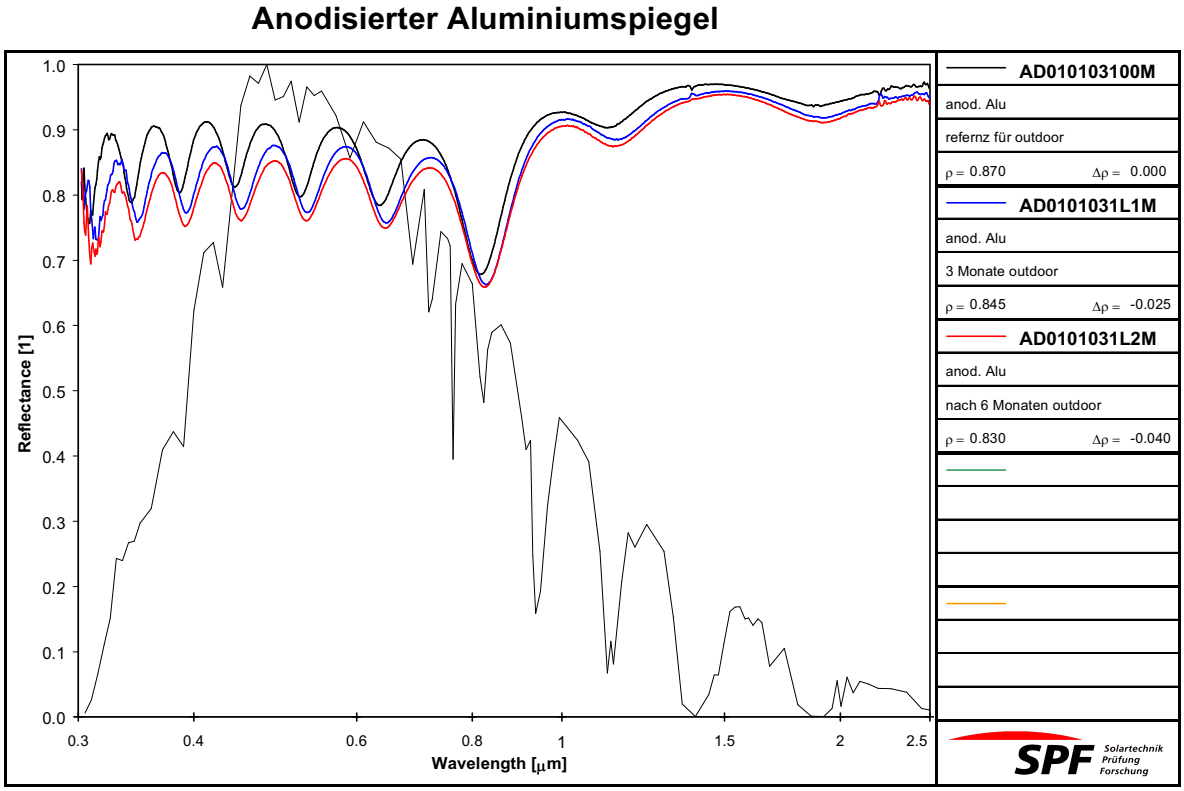


Fig. 1: Veränderung der spektralen Reflexion eines anodisierten Aluminiumspiegels nach 3 und nach 6 Monaten.

Messungen im Auftragsverhältnis

Neben den zahlreichen Absorber- und Abdeckungsmessungen mit unserem FTIR und den Messungen auf unserem IAM Messplatz laufen seit Jahresbeginn ununterbrochen beschleunigte Alterungsuntersuchungen an Solarabsorbern. Unter anderem betreuen wir in diesem Rahmen auch die Entwicklung einer neuen Solarabsorberschicht eines unserer Kunden.

Eine Reihe von speziellen Untersuchungen wurde am SPF entwickelt und wird im Auftragsverhältnis der Industrie angeboten. Die wesentlichen Untersuchungen sind:

Kompensatoren, Kollektorverbindungen

Anschlussteile und Verbindungen von Kollektoren sind bis heute immer wieder für Schadenfälle an thermischen Kollektorsystemen verantwortlich. Insbesondere überleben neue Produkte, wie beispielsweise einfach zu installierende Schiebemuffen mit O-Ring-Dichtungen, die hohen Beanspruchungen nicht.

Die durch die KTI finanzierte Testanlage stand ohne Unterbruch für die Entwicklung und die Untersuchung neuer Lösungen im Einsatz. Neben den unmittelbar im Kollektorfeld eingesetzten Komponenten wurden auch Rohrverbindungen wie beispielsweise Pressfittinge bezüglich ihrer Einsetzbarkeit in thermischen Solaranlagen untersucht. Geeignete Produkte werden neu mit einem SPF-Zertifikat gekennzeichnet und im Internet publiziert. Im laufenden Jahr wurden 31 Testläufe durchgeführt und 4 Komponenten erfolgreich zertifiziert.

Kondensationstests

Die Belastung von Komponenten im unmittelbaren Umfeld der Kollektoren, wird nicht nur durch Druck und Temperatur definiert, sondern auch durch Verdampfungs- und Kondensationseffekte des Wärmeträgers. Diese Belastung wird unterschätzt und ist insbesondere für Elastomer-Dichtungswerkstoffe von grösster Bedeutung. Deshalb wurde für die Untersuchung dieser Belastung ein spezieller Prüfstand aufgebaut. Dabei wird dampfförmiger Wärmeträger mit vorgegebenem Druck und Temperatur im zu prüfenden Bauteil kondensiert.

Die ersten Untersuchungen für die Industrie sind im Gange.

Untersuchuchung der Ausgasung von Wärmedämmungen

Die Durchführung der Qualitätsprüfung hat die Schwachpunkte thermischer Kollektoren klar aufgezeigt. Häufig führen Ausgasungen aus der Wärmedämmung zu Kondensationsniederschlägen an der transparenten Abdeckung. Mittels eines einfachen Aufbaus können Dämmmaterialien im Labor untersucht werden.

Eine besondere Bedeutung haben Ausgasungsprodukte, wenn niedrigreflektierende Abdeckungen („AR-Glas“) zum Einsatz kommen. Minimale Mengen kondensierender Ausgasungs-Produkte reduzieren den AR-Effekt vollständig. Mittels spezieller Proben und spektroskopischer Analyse kann die Einsetzbarkeit von Kollektorbauteilen in Verbindung mit AR-Glas untersucht werden.

Pysikalische Wasserbehandlung

Der Einsatz von Plattenwärmetauschern in Solarsystemen nimmt zu. Sowohl zur Solarladung als auch zur direkten Brauchwassererwärmung sind Plattenwärmetauscher eine günstige und effiziente Lösungsmöglichkeit. Allerdings ist deren Einsatz immer dann kritisch, wenn die Wasserhärte hoch ist (>12 – 15° f.H). Für kleine Anlagen stehen bis heute keine preiswerten Lösungsmöglichkeiten zur Verfügung. Im Rahmen eines kleinen Vorprojekts wurde deshalb ein Prüfstand aufgebaut und betrieben. Als Dienstleistung wurden zwischenzeitlich zwei weitere Produkte untersucht. Das eine zeigte keine befriedigende Wirkung, das zweite hingegen bewirkt eine massive Reduktion der Kalkausscheidung im Vergleich zum Betrieb des Wärmtauschers ohne Gerät. Die Wiederholung der Versuche hat die Resultate bestätigt. Das Wartungsintervall von Plattentauschern kann bei korrekter Installation und Betrieb erheblich verlängert werden.

Untersuchung von Lötpasten

Vollflächige Solarabsorber in thermischen Flachkollektoren sind im Trend. Mit dem heute üblichen Absorbermaterial Kupfer ist die Herstellung von „Kissenabsorbern“ nicht sinnvoll.

Eine einfache Lösungsmöglichkeit für die Herstellung von Flächenabsorbern ist der Einsatz von Weichlot für die thermische Verbindung von flüssigkeitsführenden Rohren mit dem bereits vorgängig beschichteten Kupferband.

Diese Produktionstechnik ist preiswert und führt zu leistungsfähigen Absorbern. Allerdings führen die Rückstände aktiver Flussmittelkomponenten zur Schädigung der Absorberschichtoberfläche. Schäden an Kollektoren im realen Einsatz aber auch in der Qualitätsprüfung haben diese Problematik aufgezeigt. Mittels eines neu entwickelten Testverfahrens können Lötpasten im Labor innert 2 Wochen auf ihre Tauglichkeit hin untersucht werden. Von den bisher mehr als 15 geprüften Lotpasten hat nur ein einziges Produkt die minimalen Anforderungen knapp erfüllt.

Kollektorwirkungsgradfaktor

Die gute thermische Verbindung zwischen Absorberblech und Rohr ist Voraussetzung für die hohe Leistungsfähigkeit eines Absorbers. Mittels einer Messeinrichtung kann diese Eigenschaft direkt gemessen werden Der Kollektorwirkungsrad-Faktor (F‘) wurde an 12 Absorbern mit neuartigen Rohr-Blech-Verbindungstechniken bestimmt und bildete die Basis für weitere Optimierungsschritte. Zusätzlich wurden im Berichtsjahr die 220 Halogenlampen der Messeinrichtung ersetzt und die Spektralvorleitung mittels absolutkalibrierten Radiometern erfasst.

Materialien zur Leistungssteigerung thermischer Solaranlagen

Nach kurzer Zeit der Exposition der mit einer anti – Reflex bzw. anti – Schmutz Schicht versehenen Kollektorgläser wurde eine deutliche Degradation festgestellt, die auf Solarisation des Glases zurück zu führen war. Dadurch kann eine mögliche Degradation der aufgebrachten Schicht überdeckt werden. Ausserdem wollte ein Hersteller einer anti – Schmutz Schicht sein verwendetes Produkt ersetzen durch eine Weiterentwicklung. Von diesen beiden nicht vorhergesehenen Entwicklungen waren letztendlich jedoch über 90% der Proben betroffen. Deshalb wurde ein neuer Satz Proben beschichtet, optisch gemessen und erneut exponiert.

Unterhalt der Anlagen und Anlagenerweiterung

Die Umstellung der Software des FTIR von OS/2 auf Windows/NT wurde abgeschlossen. Damit ist das System mit den gemessenen Daten jetzt auch in unser Backup System mit eingebunden. Die Bedienung des Spektrometers ist mit der neuen Software sehr komfortabel. Die Automatisierung der Abläufe ist mit den konvertierten Makros realisiert. Da wir also bisher insgesamt positive Erfahrungen mit diesem Spektrometer gemacht haben, werden wir uns voraussichtlich beim anstehenden Ersatz auch wieder für ein ähnliches Gerät dieses Herstellers entscheiden.

Die beiden Spektralradiometer wurden beim *Weltstrahlungscenter in Davos* absolut – kalibriert. Allerdings hat sich gezeigt, dass das neue Radiometer von *tec5* nicht ohne weiteres für Absolutmessungen geeignet ist. Der spektrale Durchsatz sowohl des Lichtleiters als auch der Steckverbindung des Lichtleiters am Spektrometer ist positionsabhängig. Daraus folgt, dass die Steckverbindung nach erfolgter Kalibrierung nicht mehr getrennt werden darf. Ausserdem muss darauf geachtet werden, dass der Lichtleiter für Absolutmessungen immer in derselben Lage sein muss wie während der Kalibriermessung. Dies wird dadurch gewährleistet, dass der Lichtleiter zur Messung immer gestreckt sein wird. Figur 2 zeigt einen Vergleich des AM1.5 Solarspektrums nach ISO 9845 mit einem in Rapperswil gemessenen Spektrum beim Sonnenstand AM1.5.

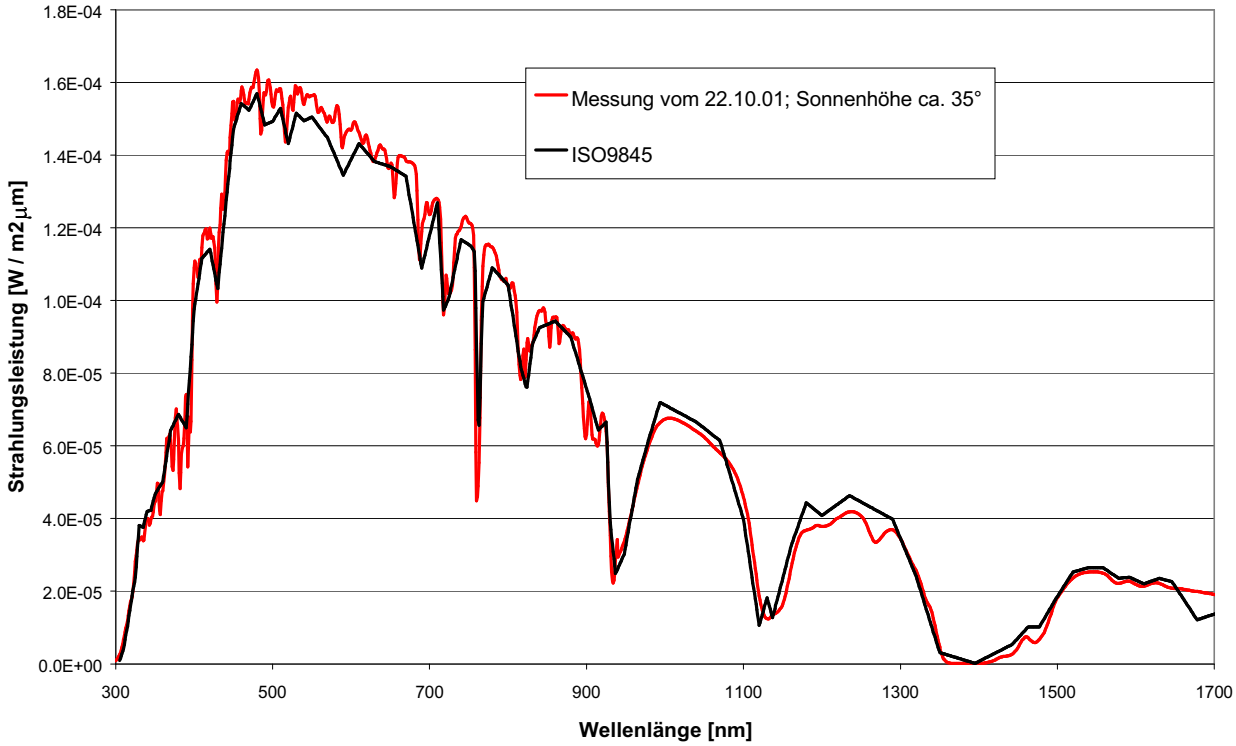


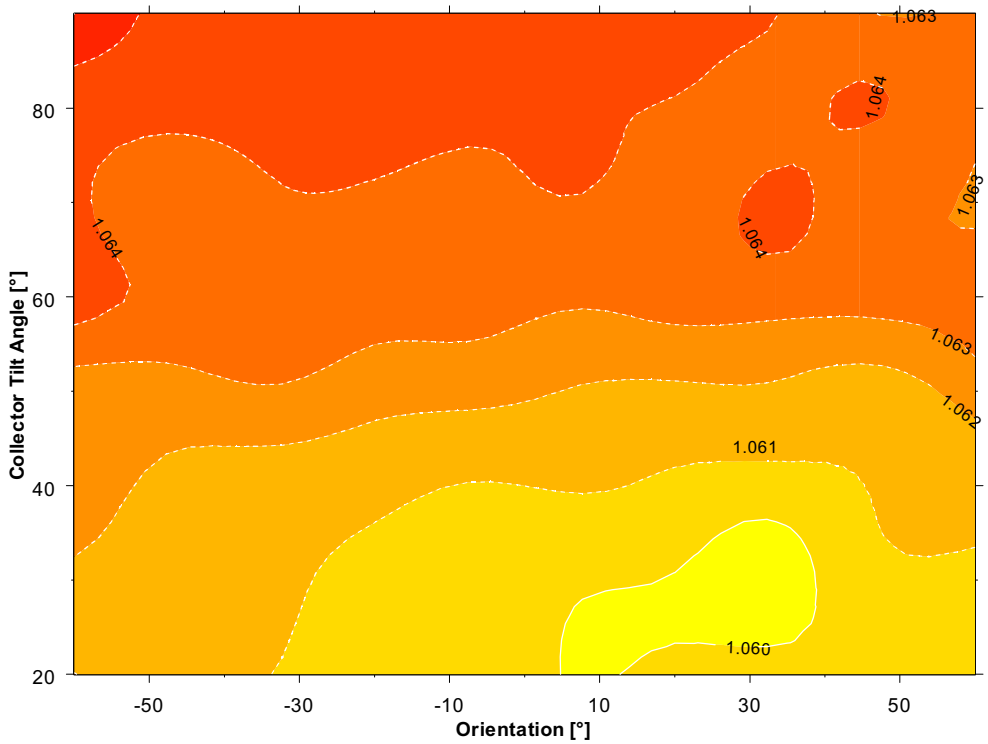
Fig. 2: Gemessenes Solarspektrum (Rapperswil) im Vergleich zum ISO Normspektrum

Die mechanische Ausführung der beiden Klimaschränke kann nach wie vor als beispielhaft bezeichnet werden und es wird schwierig sein, einen adäquaten Ersatz zu finden. Daher haben wir uns dazu entschlossen, die Elektronik der Schränke komplett austauschen zu lassen. Zusätzlich wird die Kältemaschine ausgetauscht gegen eine moderne Maschine mit umweltfreundlicherem Kältemittel. Durch dieses Vorgehen haben wir dann Klimaschränke die de fakto als neu bezeichnet werden können, da sämtliche Verschleissteile ersetzt sein werden. Ein weiterer Vorteil ist, dass so die vielen Zusatzeinrichtungen, die im Laufe der Zeit von uns gebaut wurden, einfach weiter verwendet werden können. Für die Prozessleittechnik und Datenerfassung wird ein zur neuen Elektronik passendes Softwarepaket angeschafft. Da diese Software auf Windows/NT basiert, kann das neue System problemlos in unser vorhandenes Rechnernetzwerk eingebunden werden. Der Umbau der Schränke wurde bereits in die Wege geleitet und wird Anfang Januar 2002 abgeschlossen sein.

Die Ausarbeitung einer Methode zur Absolutkalibrierung der Reflexionsmessung mit dem FTIR konnte aus Zeitmangel noch nicht in Angriff genommen werden.

Zertifikation Solarglas

Kernpunkt der Zertifikation [1] bildet die Einführung eines „Glaswirkungsgrades“ η_{Gl}, mit dessen Hilfe die Gläser in 4 verschieden Klassen „Solarglas“ eingeteilt werden können. η_{Gl} ist dabei das Produkt aus 4 einzelnen Faktoren, die den Einfluss der solaren Transmission [2], der winkelabhängigen solaren Transmission [3], der Fotodegradation [4] sowie der Degradation durch andere Umwelteinflüsse beschreiben. Diese Faktoren wurden so bestimmt, dass η_{Gl} gerade angibt, um wie viel sich der Kollektorfeldertrag einer Brauchwarmwasseranlage durch die Verwendung eines realen Glases ändert, im Vergleich zu einem idealen Glas. Ein ideales Glas hat in diesem Sinne einen solaren Transmissionsgrad von 100%, eine winkelabhängige Transmission eines eisenfreien, nicht strukturierten Glases von 4 mm Dicke berechnet nach Fresnel (mit n = 1.53 und K = 4 m^{-1}) sowie keine Degradation. Diese Korrelation von η_{Gl} und dem Kollektorfeldertrag gilt nur für eine typische BWW Anlage und einer Südorientierung des Kollektorfeldes bei 40° Anstellwinkel. Mit der Orientierung des Kollektorfeldes können sich die einzelnen Faktoren ändern. Dies kann aber auch zugelassen werden. Wichtiger ist, dass das Verhältnis der Faktoren unterschiedlicher Gläser nicht dramatisch von der Orientierung abhängen. Den Einfluss den die Orientierung des Kollektorfeldes auf das Verhältnis des Glaswirkungs-



grades eines Kollektors mit entspiegeltem Glas (τ_{Sol} = 0.956) zu einem mit Standardglas (τ_{Sol} = 0.900) hat, ist in Fig. 3 illustriert.

Fig. 3: Verhältnis des Glaswirkungsgrades eines Kollektors mit entspiegelter Verglasung (τ_{Sol} = 0.956) zu dem eines Kollektors mit Standardverglasung (τ_{Sol} = 0.900) in Abhängigkeit zur Orientierung des Kollektorfeldes.

Nationale Zusammenarbeit

Neben einer Zusammenarbeit mit dem WRC Davos, das uns ihre absolutkalibrierte Strahlungsquelle zur Verfügung gestellt hat, gibt es mehrere gemeinsame Projekte mit Schweizer Firmen. Diese können wir aus Vertraulichkeitsgründen nicht namentlich nennen.

Internationale Zusammenarbeit

Die Zusammenarbeit im Rahmen von IEA Task 27 („Performance of Solar Facade Components“) und dem EU – JOULE Projekt „Sunface“ (JOE 3-CT97-0240 „Solar Building Facades“) 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.

Bewertung 2001 und Ausblick 2002

IEA – MSTC und IEA – Task 27

Die gesteckten Ziele für 2001 wurden erreicht. Im Rahmen von MSTC werden 2002 unsere Beiträge zum geplanten Buch abzuschliessen sein. Im Task 27 wird die Freibewitterung weiter geführt und vermehrt Indoor Tests gefahren werden.

Messungen im Auftragsverhältnis

Die Anzahl der Messaufträge 2001 ist zu unserer vollen Zufriedenheit ausgefallen. Der geplante Austausch des Spektrometers 2002 sollte so durchgeführt werden, dass unsere Kunden auch weiterhin schnell und seriös bedient werden können.

Materialien zur Leistungssteigerung thermischer Solaranlagen

Unvorhergesehene Qualitätsmängel einer Beschichtung aber auch insbesondere des Grossteils des verwendeten Glases haben dazu geführt, dass die Messkampagne neu gestartete werden musste. Die neu verwendeten Gläser wurden diesmal vor der Beschichtung auf Solarisationsverhalten untersucht.

Unterhalt der Anlagen und Anlagenerweiterung

Die Umstellung der FTIR Software und die Absolutkalibrierung der Spektralradiometer wurde erfolgreich abgeschlossen, ohne dabei den normalen Arbeitsablauf zu sehr zu stören.

Der Umbau der Klimaschränke wurde in Auftrag gegeben und wird Anfang 2002 abgeschlossen sein. Im Anschluss daran muss die Einarbeitung in die neue Mess- und Prozessleitsoftware stehen.

Die Evaluation eines Ersatzes für das FTIR steht kurz vor dem Abschluss. Der Austausch des Spektrometers ist für 2002 geplant.

Die Ausarbeitung einer Methode zur Absolutkalibrierung der Reflexionsmessung am FTIR konnte aus Zeitmangel bisher nur angedacht werden. Es ist zu überprüfen ob diese Arbeit 2002 auch zum Teil innerhalb einer Diplomarbeit bearbeitet werden kann.

Zertifikation Solarglas

Das Verfahren zur Zertifikation von Solarglas wurde weitestgehend ausgearbeitet und an Fachpersonen des betroffenen Glashandels zur Stellungnahme verteilt. 2002 soll die Zertifizierungsvorschrift vervollständigt werden, unter Berücksichtigung der eingehenden Kommentare.

Referenzen

[1] U. Frei, S. Brunold: ***Zertifizierung von Solarglas: Text und Vertrag,*** SPF-HSR, Oberseestr. 10, CH-8640 Rapperswil; Download von www.solarenergy.ch.

[2] S. Brunold, U. Frei: ***Zertifizierung von Solarglas: Bestimmung des Transmissionsfaktors F_τ,*** SPF-HSR, Oberseestr. 10, CH-8640 Rapperswil; Download von www.solarenergy.ch.

[3] S. Brunold, U. Frei: ***Zertifizierung von Solarglas: Bestimmung des Fotodegradationsfaktors F_{UV},*** SPF-HSR, Oberseestr. 10, CH-8640 Rapperswil; Download von www.solarenergy.ch.

[4] S. Brunold, U. Frei: ***Zertifizierung von Solarglas: Bestimmung des Winkelgewichtungsfaktors F_{IAM},*** SPF-HSR, Oberseestr. 10, CH-8640 Rapperswil; Download von www.solarenergy.ch .