

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

Jahresbericht 2003, 15. Dezember 2003

SPF Forschungsaufgaben

C: Materialien in thermischen Systemen

Autor und Koautoren	Stefan Brunold, Ueli Frei
beauftragte Institution	Institut für Solartechnik SPF
Adresse	Oberseestrasse 10, CH-8640 Rapperswil-Jona
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)	1.1.2003 – 31.12.2003

ZUSAMMENFASSUNG

Die Edition des als Buch verfassten Abschlussberichtes der IEA Arbeitsgruppe *MSTC* wurde beendet und beim Elsevier Verlag eingereicht. Im Laufe des nächsten Jahres sollte das Buch unter dem Titel *'Performance and Durability Assessment: Optical Materials for Solar Thermal Systems'* veröffentlicht werden. Die Arbeiten im IEA Task 27 werden weiter fortgesetzt. Subtask B3 wird aufgrund unvorhergesehener Verzögerungen (Probenbeschaffung, Durchführung der Indoor Tests) um 2 Jahre verlängert.

Neben den Prüfaufträgen aus der Privatwirtschaft im Bereich der optischen Messungen und Beständigkeitsuntersuchungen (Solarabsorberschichten, Kollektorverbindungen, Tests von Kollektorkomponenten auf Beständigkeit gegenüber Kondensation, Ausgasungsuntersuchungen, Weichlotpasten etc.) wurden auch ganze Absorber (1 x 2 m² Aluminiumabsorber mit lasergeschweisstem Kupferrohr) auf Temperatur - Wechselbeständigkeit getestet. Die Optimierung zusätzlicher Varianten eines Vakuumröhrenkollektors wurde im Kundenauftrag weiter geführt.

Die freien elektronischen Ein- und Ausgänge (Analog und Digital) der Klimaschränke wurden hard- & softwaremässig konfiguriert und in die Prozessleitsoftware eingebunden. Damit sind jetzt äusserst komplexe Versuchsdurchführungen möglich, bei denen externe Prozesse durch den Klimaschrank gesteuert werden.

Im FTIR-Spektrometer, welches für FIR Messungen bis etwa 100 µm ausgerüstet ist, wurde eine „direkt-direkte“ Reflexionseinheit integriert und in Betrieb genommen. Messungen für den „*THERMES Infrared Reflectance Industrial Round Robin*“ sind bereits durchgeführt worden.

Durch die Anschaffung eines professionellen CFD-Programms, können neu auch komplexe Probleme im Gebiet der Strömungssimulation gelöst werden. Ein erstes Projekt ist bereits am laufen.

Projektziele

IEA – MSTC und IEA – Task 27

- MSTC: Letzte Überarbeitung des geplanten Buches nach Absprache mit dem Editor und Übergabe des Manuskripts an den Verlag.
- 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: Alterungsuntersuchungen von Materialien, optische Charakterisierung mittels FTIR-Spektroskopie; diese Arbeiten sollten durch die Umrüstung im Bereich der Spektroskopie und der Umweltsimulationsanlagen möglichst wenig behindert werden.
- Bestimmung des Winkelfaktors transparenter Abdeckungsmaterialien.
- Unterstützung von Kunden beim Design neuer Kollektoren.
- Thermische Belastungstests von Solarabsorbern in voller Grösse

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

- Inbetriebnahme einer direkt-direkt messenden Reflexionseinheit für das FIR- erweiterte FTIR.
- Einbindung der freien elektronischen Ein- und Ausgänge der Klimaschränke in die Mess- und Prozessleitsoftware.
- Da der für Absorbentests aufgebauten Vakuumofen auch nach dem Umbau nicht zufriedenstellend arbeitet, soll dieser weiter modifiziert werden. Mit ersten Alterungsuntersuchungen soll begonnen werden.
- Evaluation, Installation und Schulung auf einer Software zur Computergestützten Strömungssimulation.

Zertifizierung Solarglas

- Prüfung weiterer Gläser nach dem Zertifizierungsverfahren für Solarglas.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

IEA – MSTC und IEA – Task 27

Nach Absprache mit dem Editor wurden letzte Änderungen an dem als Buch verfassten Abschlussbericht des Projektes **MSTC** vorgenommen. Es wird den Titel '*Performance and Durability Assessment: Optical Materials for Solar Thermal Systems*' tragen und wird im Verlag *Elsevier Science (NL)* verlegt werden.

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 ist eine Verlängerung dieses Subtasks nötig. Diese Verlängerung wurde vom ExCo bewilligt.

Messungen im Auftragsverhältnis

Die finanzielle Lage der Schweizer Solarunternehmer ist äusserst prekär. Dies hat zusammen mit der extrem angespannten Lage des Solarmarktes in Deutschland, zu einem spürbaren Nachlassen der Messaufträge im Vergleich zum Vorjahr geführt. 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. Die wesentlichen Untersuchungen sind:

Kollektordesign

Mit Hilfe eines nicht-sequentiell arbeitenden Raytrace Programms wurden weitere Designstudien eines Vakuumröhrenkollektors (Typ Dewar) mit und ohne Reflektor durchgeführt. Dabei wurde neben den simulierten optischen Eigenschaften auch das thermische Verhalten der Röhren berücksichtigt.

Verbindungstechnik Rohr - Absorberblech

Mit der Entwicklung einer neuen Solarabsorberschicht auf Aluminium ist auch die Verbindungstechnik zwischen Aluminiumblech und Kupferrohr zum Thema geworden. Aufgrund der unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten dieser beiden Materialien können Verformungen bis hin zur Zerstörung auftreten. Entsprechende Untersuchungen wurden auf einem speziellen Prüfstand durchgeführt. Auf diesem können Absorber in voller Grösse Temperaturzyklen und Temperaturschocks unterworfen werden

Kompensatoren, Kollektorverbindungen

Die Auslastung der Testanlage war deutlich geringer als im vergangenen Jahr. Trotzdem konnten insgesamt 12 Prüfungen durchgeführt werden. Neben der Untersuchung neuartiger Verbindungen wurden umfangreiche Untersuchungen für die Sanierung einer bestehenden Anlage mit undichten Anschluss- und Verbindungselementen durchgeführt.

Untersuchung der Ausgasung von Wärmedämmungen

Die 4 Prüfeinrichtungen waren wiederum durch Industrieaufträge weitestgehend ausgelastet. Vermehrt werden neben Dämmstoffen auch andere Kollektorbaumaterialien bezüglich dem Ausgasungsverhalten untersucht. Im Vordergrund standen Dichtungsprofile (Elastomer) oder Überreste von Flussmitteln gelöteter Absorber.

Vermehrt wurde auch der Einfluss der Ausgasungsprodukte auf Anti-Reflex behandelte Gläser untersucht. Es ist offensichtlich, dass auch minimale und visuell nicht erkennbare Niederschläge einen grossen Einfluss auf die Transmission ausüben.

Pysikalische Wasserbehandlung

Die Testanlage für Geräte zur Reduktion der Kalkausscheidung an Plattenwärmetauschern war weiterhin in Betrieb. Leider waren die in diesem Jahr geprüften Geräte allesamt nicht in der Lage, die Ablagerung von Kalk signifikant zu reduzieren.

Untersuchung von Lotpasten

Im laufenden Jahr wurden weitere Lotpasten untersucht. Nur eine Paste konnte mit einem positiven Resultat aufwarten.

Kollektorwirkungsgradfaktor

Die Nachfrage nach der Bestimmung des Kollektorwirkungsgradfaktors hat im Vergleich zum Vorjahr tendenziell abgenommen.

Neben einer Reihe von gelöteten und ultraschallgeschweissten Proben konnten Untersuchungen an lasergeschweissten Kupfer-Kupfer- und an geklebten Aluminium-Kupfer-Verbindungen durchgeführt werden.

Untersuchungen von Klebstoffen und Dichtungsmaterialien auf Glasabdeckungen

Im Auftrag der Industrie wurde das Klebeverhalten von Klebstoffen und Dichtungsmaterialien untersucht. Im Vordergrund stand die Qualität der Haftung auf strukturiertem Glas mit und ohne anti-Reflex Behandlung. Das Thema Klebstoffe und Dichtungsmaterialien wird für moderne Kollektorprodukte (industrielle Fertigung, Gasfüllung) zunehmend an Bedeutung gewinnen. Die Resultate der durchgeführten Untersuchung haben die Notwendigkeit weiterführender Arbeiten klar aufgezeigt.

Materialien zur Leistungssteigerung thermischer Solaranlagen

Nach 2 bzw. 3 Jahren Exposition auf unserem Freibewitterungsstand wurden alle Gläser erneut gemessen (spektrale Transmission und Winkelfaktor). Die sich abzeichnenden Tendenzen des letzten Jahres wurden im Allgemeinen bestätigt. Die Exposition wird weiter fortgesetzt.

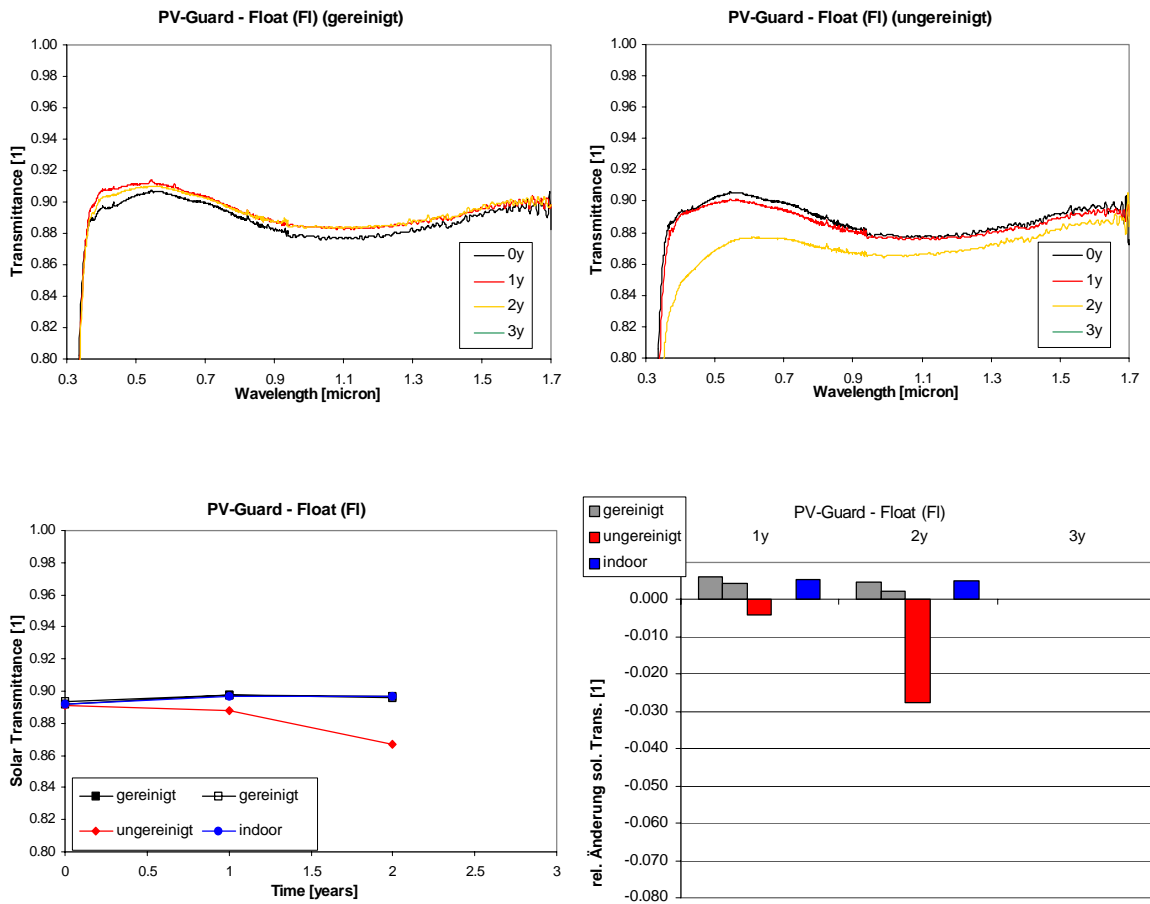


Fig.1 : Beispiel-Messung PV-Guard auf Float Glas (Float-Seite): Die oberen beiden Abbildungen zeigen das spektrale Transmissionsvermögen jeweils gereinigt und ungereinigt. Die unteren Abbildungen zeigen die Entwicklung der solaren Transmission über die Zeit jeweils absolut und relativ zum Jahr 0 (indoor = nicht exponiert als Vergleich).

Der Anstieg des Transmissionsgrades bei den Proben „gereinigt“ sowie „indoor“ (auf Werte des unbeschichteten Glases) könnte auf ein Verschwinden der anti-soiling Schicht hindeuten. Dieser Verdacht wird durch das Verhalten des ungereinigten Glases erhärtet: im ersten Jahr ist die Verschmutzung durch eine (noch) funktionierende Beschichtung verringert. Im zweiten Jahr verschmutzt die Probe wie bei unbehandeltem Glas

Unterhalt der Anlagen und Anlagenerweiterung

Für das alte FTIR, welches bereits für FIR Messungen bis über 100 μm umgerüstet worden ist, wurde eine Vorrichtung zur Bestimmung der direkt-direkten Reflexion in Betrieb genommen. Damit sind wir in der Lage, Messungen an Gläsern nach CEN Norm EN 12898:2001 an zu bieten. Erste Messungen wurden bereits im Rahmen des „*THERMES Infrared Reflectance Industrial Round Robin*“ [1] durchgeführt.

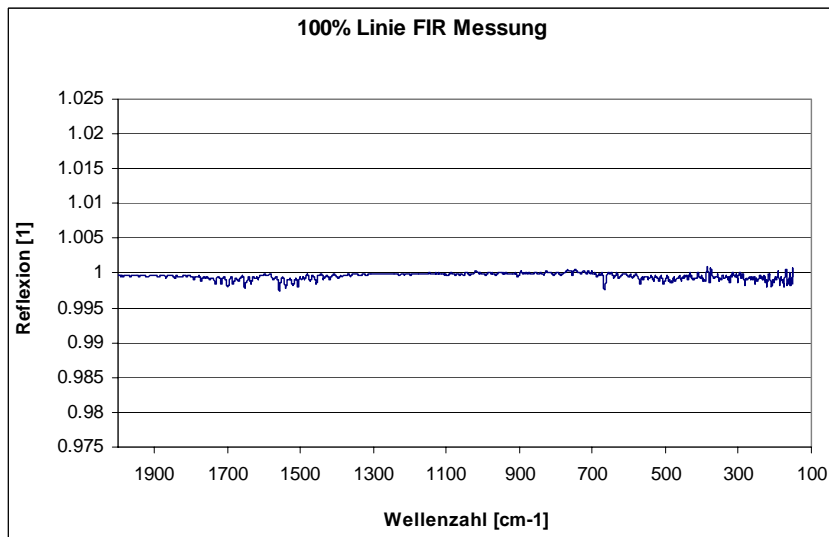


Fig. 2: 100% FIR Messung mit direkt-direkter Reflexionseinheit

Die neuen Regler unserer Klimaschränke verfügen über mehr elektronische Ein- und Ausgänge, als für das Regeln der Schränke selbst notwendig ist. Diese zusätzlichen Kanäle wurden nun in die Prozessleittechnik und Datenerfassung eingebunden, so dass diese praktisch als Datenlogger und zur Ansteuerung von Experimenten benutzt werden können.

Zur Prüfung von Solarabsorberschichten im Vakuum wurde im letzten Jahr ein Vakuumofen aufgebaut, um Hochtemperaturtests unter Vakuum durchführen zu können. Es stellte sich jedoch heraus, dass die Regelbarkeit der Temperatur nicht unseren Ansprüchen an Stabilität genügte. Daher wurde ein neues Konzept ausgearbeitet und aufgebaut. Der neue Vakuumofen besteht nach wie vor aus einem Edelstahlrohr, dessen eine Hälfte direkt beheizt ist. Der Heizleiter ist, zur besseren Temperaturverteilung, in einen Mantel aus Kupferpulver eingebettet (im letzten Design war ein massives Kupferrohr im Edelstahlrohr eingepresst). Die andere Hälfte kann gekühlt werden. Für kurze Aufheiz- und Abkühlzeiten wird das Rohr gewippt, so dass der im Rohr befindliche Probenwagen je nach Wipprichtung in die heisse bzw. in die kalte Zone rollt.

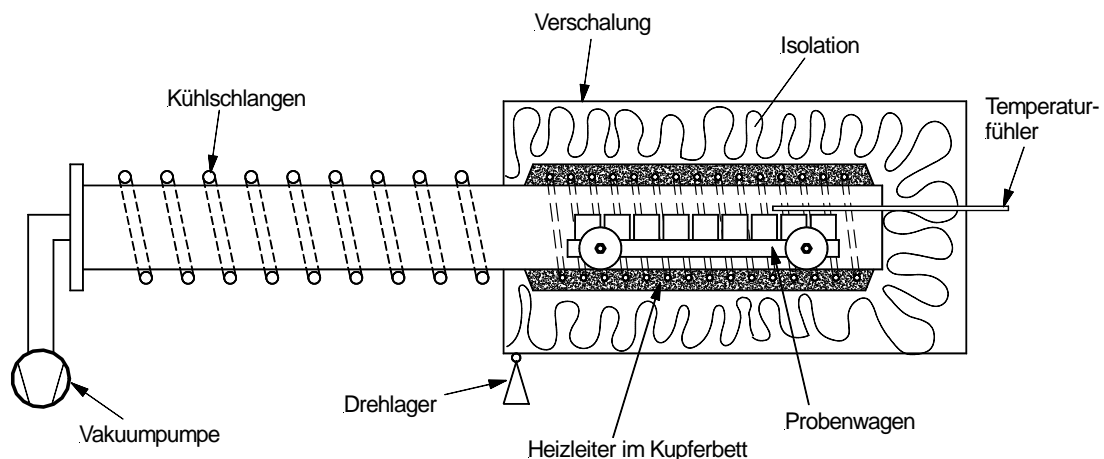


Fig. 3: Vakuumofen mit Probenwagen in der beheizten Zone. Durch Kippen kann der Wagen zur schnellen Abkühlung in die gekühlte Zone (links) gefahren werden.

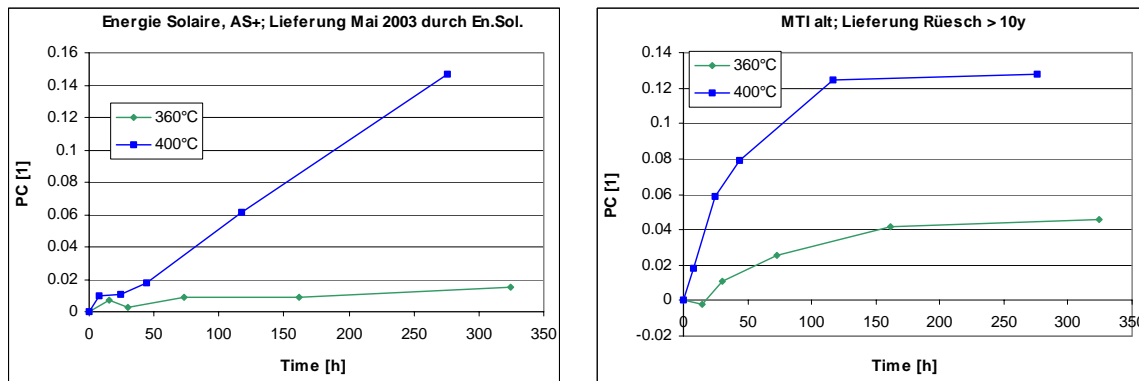


Fig. 4: Veränderung der Absorberschichten „Energie Solaire AS+“ und „MTI“ bei unterschiedlichen Temperaturen

Zertifizierung Solarglas

Dieses Jahr konnten 3 weitere Gläser als Solarglas zertifiziert werden. Ein Hersteller von Glas wurde Dank der durchgeführten Tests auf Solarisationseffekte seines Produktes aufmerksam und versucht nun Gegenmassnahmen zu ergreifen.

Nationale Zusammenarbeit

Es existieren 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“) 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 2003 und Ausblick 2004

IEA – MSTC und IEA – Task 27

Die gesteckten Ziele für 2003 wurden erreicht. Das MSTC Buch sollte, ohne dass weiterer Arbeitsaufwand unsererseits nötig wäre, im Laufe des Jahres 2004 erscheinen. Im Task 27 wird die Freibewitterung weiter geführt und, wo nötig, Indoor Tests gefahren. Die beobachteten Degradationsvorgänge sollen durch mathematische Modelle beschrieben werden, um so die Übertragung der Ergebnisse aus den Indoor Versuchen auf die Degradation im realen Einsatz bewerkstelligen zu können.

Messungen im Auftragsverhältnis

Die Anzahl der Messaufträge 2003 ist leider nicht zu unserer vollen Zufriedenheit ausgefallen. Da der Solarmarkt im nahen Ausland wieder anzieht, rechnen wir mit einer deutlichen Steigerung der Messaufträge im nächsten Jahr.

Materialien zur Leistungssteigerung thermischer Solaranlagen

Die exponierten Gläser wurden gemessen, für eine definitive Beurteilung der beobachteten Änderungen ist es aber noch etwas früh. Die Gläser wurden wieder exponiert und in ca. 2 Jahren wieder gemessen.

Unterhalt der Anlagen und Anlagenerweiterung

Die „direkt-direkte“ Reflexionseinheit konnte auf dem FIR erweiterten FTIR in Betrieb genommen werden. Das Gerät ist nun für Messungen an Gläsern nach EN 12898 bereit.

Die freien analogen und digitalen Ein- und Ausgänge der Regler der Klimaschränke wurden für Steuerungs- und Datenerfassungszwecke zugänglich gemacht. Dadurch sind aufwändigere Prüfungen (wie etwa zyklische Kondensationstests etc.) einfacher und sicherer durchführbar.

Zertifizierung Solarglas

Insgesamt haben jetzt 4 Gläser das SPF Zertifizierungsverfahren durchlaufen. Alle 4 Gläser sind in die Spitzengruppe eingeteilt. Die Zertifizierung weiterer Solargläser soll weiterhin gefördert werden.

Referenzen

- [1] Webpage: www.thermes.org.uk