

# IEA Solar Heating and Cooling Task 43: Test und Zertifizierung von Kollektoren und Systemen

F. Helminger

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

# 13/2013

## **Impressum:**

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:  
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien  
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter  
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

# IEA Solar Heating and Cooling Task 43: Test und Zertifizierung von Kollektoren und Systemen

DI (FH) Franz Helminger, DI (FH) Paul Lampersberger  
Energy Department  
Sustainable Thermal Energy Systems  
AIT Austrian Institute of Technology G.m.b.H.

Wien, November 2012

**Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie**

**IEA** FORSCHUNGS  
KOOPERATION

Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie



## Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Programm FORSCHUNGSKOOPERATION INTERNATIONALE ENERGIEAGENTUR. Es wurde vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie initiiert, um Österreichische Forschungsbeiträge zu den Projekten der Internationalen Energieagentur (IEA) zu finanzieren.

Seit dem Beitritt Österreichs zur IEA im Jahre 1975 beteiligt sich Österreich aktiv mit Forschungsbeiträgen zu verschiedenen Themen in den Bereichen erneuerbare Energieträger, Endverbrauchstechnologien und fossile Energieträger. Für die Österreichische Energieforschung ergeben sich durch die Beteiligung an den Forschungsaktivitäten der IEA viele Vorteile: Viele Entwicklungen können durch internationale Kooperationen effizienter bearbeitet werden, neue Arbeitsbereiche können mit internationaler Unterstützung aufgebaut sowie internationale Entwicklungen rascher und besser wahrgenommen werden.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements der beteiligten Forschungseinrichtungen ist Österreich erfolgreich in der IEA verankert. Durch viele IEA Projekte entstanden bereits wertvolle Inputs für europäische und nationale Energieinnovationen und auch in der Marktumsetzung konnten bereits richtungsweisende Ergebnisse erzielt werden.

Ein wichtiges Anliegen des Programms ist es, die Projektergebnisse einer interessierten Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen, was durch die Publikationsreihe und die entsprechende Homepage [www.nachhaltigwirtschaften.at](http://www.nachhaltigwirtschaften.at) gewährleistet wird.

Dipl. Ing. Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie



# Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung.....	5
Abstract .....	6
1 Einleitung .....	7
1.1 Ausgangssituation / Motivation des Projekts .....	7
1.2 Stand der Technik .....	7
1.3 Vorarbeiten.....	8
1.4 Kurzbeschreibung des Aufbaus (Kapitel) des Endberichts.....	8
2 Hintergrundinformation zum Projektinhalt .....	9
2.1 Darstellung des Kooperationsprojekts.....	9
2.1.1 Allgemein .....	9
2.1.2 Ziele des Implementing Agreements.....	9
2.1.3 Teilnehmerländer am Task 43 .....	10
2.1.4 Inhalte und Aktivitäten des Task 43 .....	11
2.1.5 Ziele, Inhalte und Aktivitäten des nationalen Projekts.....	12
3 Ergebnisse des Projektes .....	21
3.1 Ergebnisse des nationalen Projektes .....	21
3.2 Ergebnisse des internationalen Projektes .....	22
4 Detailangaben in Bezug auf die Forschungsk Kooperation Internationale Energieagentur (IEA) .....	24
4.1 Zielgruppen und Einbindung in das Projekt .....	24
4.2 Relevanz und Nutzen der Projektergebnisse .....	24
5 Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen .....	26
5.1 Schlussfolgerungen aus den nationalen Projektergebnissen .....	26
5.2 Schlussfolgerungen aus den internationalen Projektergebnissen .....	26
6 Ausblick und Empfehlungen.....	28
7 Literaturverzeichnis .....	29
8 Anhang.....	31
8.1 Anhang a - Informationsblatt CE-Kennzeichnung von Solarkollektoren .....	31
8.2 Anhang b - Subtask A: Roadmap of Collector Testing and Certification Issues.....	31
8.3 Anhang c - Task Summary presentation .....	31





## Kurzfassung

Die thermische Nutzung von Solarenergie ist eine der Schlüsseltechnologien zur nachhaltigen Senkung von CO<sub>2</sub>-Emissionen und kann einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele leisten. Die Solarindustrie hat in den letzten Jahren vermehrt neue, fortschrittliche, solarthermische Produkte und Systeme entwickelt, um neben den etablierten Märkten (wie bspw. solare Trinkwassererwärmung und teilsolarer Raumwärme) auch neue Marktsegmente (vor allem Nah- und Fernwärmenetze, solare industrielle Prozesswärme) zu erschließen und neue Kundenschichten anzusprechen. Eine unabdingbare Voraussetzung für ein nachhaltiges Wachstum dieser Märkte und somit Technologien zur Nutzung solarer Wärme, ist die Sicherstellung hoher Qualitätsstandards. Klar definierte Standards, in denen die Anforderungen an Produkte definiert sind und anhand derer die Qualität von Produkten evaluiert wird, sind die Basis für Zertifizierungssysteme und Grundlage für die Vergabe von Qualitätssiegeln. Eine ständige Weiterentwicklung dieser Standards ist wesentlich, um damit auch innovative Produkte und Systeme in ausreichendem Maß abzudecken und unnötige Markteintrittsbarrieren abzubauen.

Der *IEA SHC Task 43 „Solar Rating and Certification Procedures“* hat sich zum Ziel gesetzt, im Rahmen einer internationalen Initiative neue Methoden und Verfahren, die als Vorschläge für eine Weiterentwicklung und Harmonisierung internationaler Standards und Normen dienen sollen, zu erarbeiten. Im Task 43 wurde dabei keine Normungstätigkeit durchgeführt, es wurden vielmehr die wissenschaftlichen Grundlagen aufgearbeitet bzw. die Rahmenbedingungen zur Entwicklung neuer Standards ermöglicht. Das nationale Projekt *„AdvancedSolRat&Cert“* zielte darauf ab, die Erfahrungen des AIT aus seiner jahrelangen Prüftätigkeit, und aus relevanten nationalen und internationalen Forschungsprojekten, einzubringen, die österreichischen Interessen im Task zu vertreten sowie die österreichische Branche über die internationalen Tätigkeiten zu informieren.

Die Beiträge des nationalen Projekts konzentrierten sich, wie geplant, auf die Inhalte des Subtasks A: Kollektoren, während die Tätigkeiten im Subtask B: Systeme nur beobachtet wurden. Die in den Subtask A: Kollektoren eingebrachten Arbeiten umfassten eine Stuserhebung relevanter Standards und Zertifizierungsrichtlinien, Inputs zum Thema Weiterentwicklung von Prüf- und Testverfahren für Niedertemperaturkollektoren, Beiträge zur Entwicklung von Verfahren und Messungen für Mitteltemperaturkollektoren sowie Disseminations- und Vernetzungsaktivitäten.

Die Weiterentwicklung von Standards und Normen für Solarkollektoren und Solarsystemen sowie die Entwicklung eines globalen Zertifikats auf internationaler Ebene werden vom AIT auch nach Abschluss des Projekts *„AdvancedSolRat&Cert“* weiter verfolgt und in nationale Fachnormenausschüsse und in Sitzungen des Verbands Austria Solar eingebracht und thematisiert werden.

## Abstract

Solar thermal systems are one of the key technologies for achieving sustainable reductions in CO<sub>2</sub> emissions and is capable of significantly contributing to the climate protection goals. In the last years, the solar industry has developed increasingly new, advanced thermal products and systems, in order to approach also new market segments (especially local and district heating networks, solar process heat) and to address new customers. High quality standards are an essential requirement for a continuous and sustainable growth of a technology, as the availability of such standards reinforces the confidence of customers in solar thermal products. A continuous further development of these standards is essential as otherwise the requirements of new products and systems are not entirely covered leading to unnecessary market barriers for new technologies which particularly affects innovative companies.

The IEA SHC Task 43 „*Solar Rating and Certification Procedures*” focuses on the development of new methods and procedures, which subsequently act as a basis for the enhancement and harmonisation of international standards without covering the standardisation work itself. The national project *AdvancedSolRat&Cert* aimed at providing the vast experience of the applicant gained in numerous performance and functional testing activities and in national and international research projects. Furthermore the applicant made sure, that Austrian interests were placed on international level and that the Austrian stakeholders were informed of the international activities on a regular basis.

The national contributions focused, like planned, on Subtask A: collectors, while the activities in Subtask B: Systems were only observed. The work provided in Subtask A consisted of a status survey on relevant standards and certification guidelines, inputs concerning the further development of testing procedures for low-temperature collectors as well as contributions regarding the development of testing and measurement procedures for medium temperature collectors. Furthermore, dissemination and networking activities were set.

The applicant will observe the further development of standards and norms for solar thermal collectors and systems on international level also in future and will disseminate the observations and conclusions in national standardisation meetings as well as in meetings of Austria Solar, the industry's association.

# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangssituation / Motivation des Projekts

Die Solarindustrie hat in den letzten Jahren vermehrt neue, fortschrittliche solarthermische Produkte und Systeme entwickelt, um damit neue Marktsegmente (vor allem Nah- und Fernwärmenetze, solare industrielle Prozesswärme) zu erschließen und Kundenschichten anzusprechen. Diese neuartigen Kollektoren und Kollektorsysteme unterscheiden sich vor allem in Bezug auf die verwendeten Materialien (Polymere, Aluminium, etc.) und ihre Kollektordesigns (CPC-Kollektoren, Weiterentwicklung der Vakuumröhrenkollektoren, etc.). Sie unterscheiden sich zusätzlich in den Einsatzbereichen und damit hinsichtlich der zu erzielenden Temperaturniveaus (im mittleren Temperaturbereich bis 250°C) von den herkömmlichen Flach- und Röhrenkollektoren.

Die von den Prüfinstituten vor Beginn des *IEA Task 43 - Solar Rating and Certification Procedures* (kurz Task 43) angewandten Prüf- und Testverfahren, welche die Basis für die Zertifizierung (bspw. nach Solar Keymark, SRCC) solarthermischer Produkte und Systeme darstellen, sind für konventionelle Flach- und Röhrenkollektoren entwickelt und ausgelegt worden. Sie eignen sich damit nur bedingt für eine sinnvolle bzw. vernünftige Prüfung der neu am Markt verfügbaren solarthermischen Kollektoren und Systeme. So verlangt beispielsweise die optische Komplexität der neuartigen Kollektoren - hervorgerufen vor allem durch Änderungen in der Form der Reflektoren, Abdeckungen und Absorber – fortschrittliche Prüfmodelle und -verfahren, um qualifizierte Aussagen über die Leistungsfähigkeit dieser neuen Kollektoren treffen zu können. Die unterschiedlichen Materialien, Geometrien und Einsatzbereiche erfordern zudem eine kontinuierliche Weiterentwicklung von Zuverlässigkeitsprüfverfahren wie z.B. der mechanischen Belastungs- oder der Schlagfestigkeitsprüfung.

## 1.2 Stand der Technik

Ein wesentlicher Aspekt im Zusammenhang mit der Zertifizierung von Produkten ist die Vergleichbarkeit von Prüfergebnissen verschiedener Prüfverfahren und -modelle. Zu Beginn des Task 43 wurden die Tests und Verfahren in den einzelnen Ländern, trotz Ähnlichkeiten, unterschiedlich durchgeführt. Die in mehreren Standards beschriebenen Verfahren waren zudem unterschiedlich weit entwickelt und wurden teilweise durch zusätzliche Richtlinien ergänzt. Somit waren die Prüfergebnisse und deren Interpretation nur teilweise bzw. mit umfangreichem Hintergrundwissen vergleichbar. Zertifizierungen basieren vorwiegend auf Standards, in denen die Anforderungen an das Produkt beschrieben sind, und weiteren Richtlinien mit zusätzlichen Anforderungen, wie bspw. an ein Qualitätsmanagementsystem. Sind die Standards unterschiedlich oder teilweise verschieden, so ist ein einheitlicher Level der Zertifizierungen schwer möglich. Dies führt oftmals dazu, dass mehrere Qualitätssiegel parallel bestehen. Für Hersteller kann dies zu erhöhtem Aufwand bei Produktprüfungen und zu Verwirrungen aufgrund nicht vergleichbarer Ergebnisse führen. Erhöhte Markteintrittskosten sind die Folge.

Die Prüfverfahren und –modelle ermöglichen durch die Beurteilung der thermischen Leistungsfähigkeit eine Bewertung der Umweltauswirkungen über den Lebenszyklus. Dies war vor Beginn des Projekts „*AdvancedSolRat&Cert*“ und des Task 43 nur uneinheitlich und unzufriedenstellend geregelt und zwischen vielen verschiedenen Vorgehensweisen und Zielen kann gewählt werden. Eine einheitliche Bewertung wäre wünschenswert und könnte die Verbreitung solarthermischer Produkte unterstützen.

### 1.3 Vorarbeiten

Eine wesentliche Basis für die Bearbeitung des Projekts „*AdvancedSolRat&Cert*“ und der Beteiligung im Task 43 stellten die Erfahrungen des AIT aus seiner mehr als 10-jährigen Prüfungs- und Zertifizierungstätigkeit von solarthermischen Kollektoren und Systemen dar.

Zudem wurden umfangreiche Erfahrungen und Know-how aus nachfolgenden, bereits abgeschlossenen, internationalen Forschungsprojekten in den Task eingebracht:

- Solar Keymark I
- Solar Keymark II
- NEGST (New Generation of Solar Thermal Systems)
- Q-Sol – Qualitätssteigerung und –sicherung solarthermischer Systeme

Aus laufenden nationalen Projekten wurde eingebracht:

- Ergebnisse aus der Vermessung eines konzentrierenden Mitteltemperaturkollektors (CPC Kollektors), FFG Projekt: MasterCPC 825522
- Erkenntnisse aus Charakterisierungen von Mitteltemperaturkollektoren unterschiedlicher Bauart

Aus laufenden internationalen Projektbeteiligungen wurde eingebracht:

- Ergebnisse aus der Vermessung von Polymerkollektoren im Rahmen des *IEA SHC Task 39 - Polymeric Materials for Solar Thermal Applications*
- Quality Assurance in Solar Heating and Cooling Technology (QAiST, IEE/08/593/SI2.529236)

### 1.4 Kurzbeschreibung des Aufbaus (Kapitel) des Endberichts

Die nachfolgenden Kapitel beschreiben ausführlich die Inhalte, Ziele und Ergebnisse des **nationalen Projekts** „*AdvancedSolRat&Cert*“ sowie des **Task 43**. In weiterer Folge werden die Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen, die nationale und internationale Dissemination und nach Projektabschluss folgende Schritte erläutert.

## 2 Hintergrundinformation zum Projektinhalt

### 2.1 Darstellung des Kooperationsprojekts

#### 2.1.1 Allgemein

Eines der ersten Implementing Agreements im Rahmen der IEA war das 1977 gestartete „Solar Heating and Cooling Programme“ (SHC). Es wurden bisher über 35 Tasks im Bereich aktiver und passiver Sonnenenergienutzung für Heizen und Kühlen von Gebäuden sowie Photovoltaik abgeschlossen, weitere sind am Laufen. Durch die Teilnahme von 18 Ländern sowie durch die Unterstützung der Europäischen Kommission ist in diesem Forschungsprogramm ein breiter internationaler Erfahrungsaustausch möglich.

Das SHC Programm bearbeitet dabei die folgenden Schwerpunkte:

- Verbesserung bestehender Technologien;
- Erhöhung der Wirtschaftlichkeit von Produkten;
- F&E für neue Materialien und Prozesse, um die Energieeffizienz von Gebäuden durch die Sonnenenergienutzung zu verbessern;
- Verbesserung der Integration und Optimierung von solaren Komponenten (Photovoltaik und Solarthermie) in energieeffiziente Gebäude;
- Testen und Zertifizieren von Komponenten und Produkten;
- Erarbeiten und Verbreiten von Informationsmaterial für Interessierte und Entscheidungsträger;
- Entwicklung von verbesserten Methoden zur Berechnung und Verbreitung von genauen und verlässlichen Statistiken bezüglich weltweiter Solarressourcen für alle Solartechnologien.

#### 2.1.2 Ziele des Implementing Agreements

Im Rahmen des **IEA Task 43 - Solar Rating and Certification Procedures** werden Ansätze für die Charakterisierung und Prüfung von konventionellen, aber auch neuen, modernen Systemen und Kollektoren untersucht, welche zusätzlich den thermischen Komfort des Benutzers sowie die Umweltauswirkungen mitberücksichtigen. Der Task fokussiert dabei auf Forschungsaktivitäten und beschäftigt sich nicht mit den Kerntätigkeiten von Standardisierungsinstituten. Erkenntnisse aus bestehenden Tasks, Technischen Komitees und Zertifizierungsgruppen werden als Basis für die Entwicklung der Arbeit herangezogen.

Durch die wissenschaftliche Erforschung von Problemfällen bei den Prüfungen und verbesserte Herangehensweisen können Firmen, Laboratorien und Zertifizierungsstellen den zeitlichen und finanziellen Aufwand optimieren, wobei der Verbraucherschutz und die Zuverlässigkeit der Informationen für solares Heizen und Kühlen weiterhin gewährleistet bleiben.

### 2.1.3 Teilnehmerländer am Task 43

Teilnehmende Länder	Institute / Personen / Verantwortlichkeit
Australien	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sustainability Victoria, Standards Australia Committee CS028, Ken Guthrie, (<b>ExCo member</b> and ISO TC180)</li> <li>• Australian Office of the Renewable Energy Regulator</li> </ul>
Kanada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Natural Resources Canada, Doug McClenahan, (<b>ExCo Chair</b>)</li> <li>• Bodycote Solar Test Facility, Alfred Brunger, Canada</li> </ul>
Deutschland	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ITW University of Stuttgart , Harald Drucek (<b>Subtask Leader</b>) and Elke Streicher,</li> <li>• Fraunhofer ISE, Stefan Mehnert, Korbinian Kramer</li> <li>• ISFH Hannover, Nele Rumler</li> </ul>
Italien	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ENEA, Vinod Sharma</li> </ul>
Portugal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• INETI, Maria Joao Carvalho</li> </ul>
Spanien	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Centro Nacional de Energias Renovables, Fabienne Sallaberry, Lourdes Ramirez Santigosa, Enric Mateu Serrats (<b>Subtask Leader</b>)</li> </ul>
Schweden	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SP Sweden, Peter Kovacs</li> </ul>
USA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• U.S. Department of Energy, Robert Hassett (<b>ExCo member</b>)</li> <li>• Solar Rating and Certification Corporation Les Nelson (<b>North American Co-Operating Agent</b>), Mark Thornbloom und Stephen Still</li> <li>• Florida Solar Energy Center, James Huggins</li> <li>• National Renewable Energy Laboratory, Tim Merrigan</li> <li>• University of Wisconsin Solar Energy Laboratory, Sandy Klein</li> </ul>
Privat / Nicht-Regierungsorganisation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ESTIF/Solar Keymark, Jan Erik Nielsen (<b>European Co-Operating Agent</b>)</li> <li>• Kingspan Renewables, Richard Pelan, Großbritannien</li> <li>• Bosch Portugal, Tiago Mateus, Portugal</li> <li>• Solar Twin, Ltd, Barry Johnson, Großbritannien</li> </ul>

## 2.1.4 Inhalte und Aktivitäten des Task 43

Der **Task 43** gliedert sich in zwei, nachfolgend kurz beschriebene, Subtasks:

- Subtask A: Kollektoren
- Subtask B: Systeme

### *Subtask A: Kollektoren*

Inhalt ist die Untersuchung bestehender Prüf- und Zertifizierungsverfahren für Vakuumröhren- sowie Flachkollektoren im Niedertemperaturbereich, Luftkollektoren und konzentrierende Mitteltemperaturkollektoren um Schwächen, Inkonsistenzen in der Anwendung sowie signifikante Lücken bei den bestehenden Test- und Prüfverfahren zu identifizieren. Die Untersuchungen sollen in neuen bzw. verbesserten Verfahren münden, welche an ISO/TC 180 mit dem Ziel der Ablösung der alten Standards sowie Entwicklung neuer Standards kommuniziert werden. Die Methoden inkludieren Rundversuche, um die bestehenden Testverfahren in Kooperation mit Wissenschaftlern, der Industrie sowie Zertifizierungsinstituten der Branche weiterzuentwickeln.

Die Hauptaktivitäten des Subtasks A:Kollektoren umfassen:

- Activity A.1 – Erstellung einer Roadmap
- Activity A.2 – Nieder- bis Mitteltemperaturkollektor: Prüfverfahren, –standards und Simulation
- Activity A.3 – Luftkollektoren: Prüfverfahren, –standards und Simulation
- Activity A.4 – Konzentrierende Kollektoren: Prüfverfahren, –standards und Simulation
- Activity A.5 – Kommunikation und Umsetzung der Ergebnisse

### *Subtask B: Systeme*

Das Ziel ist es, Schwächen sowie Inkonsistenzen in der Anwendung sowie signifikante Lücken bei den bestehenden Test- und Prüfverfahren für solarthermische Systeme zu identifizieren. Die Untersuchung umfasst Komponenten / Materialsubstitutionsfragen inklusive ihrer Implikationen für die Qualifikation und Sicherheitstests. Systemperformancemessungen, Prüfungen, Simulationen, Modellierungen und Extrapolation werden untersucht, um Schlüsselthemen wie beschleunigte Alterungstests und Performanceprognosen zu klären. Die Erforschung erstreckt sich auch auf die Klärung der Frage, wie die Systemprüfungs- und Performanceergebnisse zur Analyse und öffentlichen Verbreitung von, für die Öffentlichkeit interessanten ökologischen, ökonomischen, energiebezogenen sowie nutzerkomfortbezogenen Indikatoren solarthermischer Systeme, eingesetzt werden können. Die Methoden inkludieren Round Robin Tests um die bestehenden Testprozeduren in Kooperation mit Wissenschaftlern, Industrie sowie Zertifizierungsinstituten der Branche weiterzuentwickeln.

Die Hauptaktivitäten des Subtasks B:Systeme umfassen:

- Activity B.1 – Erstellung einer Roadmap
- Activity B.2 – Komponenten/Materialsubstitution, Qualifikation und Sicherheitstests
- Activity B.3 – Simulation und Modelling

- Activity B.4 – Analyse und Öffentliche Verbreitung
- Activity B.5 – Kommunikation und Koordination

Zusammengefasst ist das Ziel des **Task 43**, eine technische Basis zu schaffen, die es Zertifizierungsinstituten ermöglicht, Prüfverfahren solarthermischer Produkte (mit Fokus auf neuartige Kollektortypen und Solarsysteme) länder- und regionsübergreifend zu akzeptieren. Dazu ist es erforderlich, international gültige und akzeptierte Standards zu harmonisieren und auf Basis von wissenschaftlichen Ergebnissen weiter zu entwickeln. Aktivitäten und Ergebnisse von parallel laufenden Projekten sollten dabei berücksichtigt werden. Die Qualität der Prüfergebnisse sollte dabei sichergestellt werden. Zusammen sollten diese Maßnahmen dazu dienen, ein globales Zertifikat zu entwickeln.

### 2.1.5 Ziele, Inhalte und Aktivitäten des nationalen Projekts

Das Projekt „*AdvancedSolRat&Cert*“ verfolgte folgende **Ziele**:

- Vertretung der österreichischen Interessen im Task 43 durch aktive Beteiligung an der Ausarbeitung von Grundlagen und Vorschlägen für zukünftige internationale Standardisierungsaktivitäten.
- Einbringung der österreichischen Erfahrungen aus laufenden und abgeschlossenen nationalen sowie internationalen Forschungsprojekten als Input für die Ausarbeitung neuer Methoden und Vorschläge.
- Ausführliche Information der österreichischen Stakeholder über zukünftige bzw. zu erwartende Entwicklungen im Bereich internationaler Standards und Regelwerke.
- Stärkung bzw. Ausbau der internationalen Kooperationsbeziehungen zu relevanten Forschungseinrichtungen, öffentlichen Institutionen sowie global agierenden Unternehmen.

Die vom AIT im Rahmen des nationalen Projekts durchgeführten Aktivitäten bezogen sich hauptsächlich auf den Subtask A: Kollektoren. In diesem Subtask fanden auch auf internationaler Ebene die meisten Arbeiten statt. Im Subtask B: Systeme nahm das AIT eine beobachtende Position ein und verfolgte die internationalen Aktivitäten.

Die **Inhalte und Aktivitäten** des AIT lassen sich wie folgt kurz zusammenfassen:

- Systematische Erhebung der Interessen der österreichischen Industrie als Input für die aktive Beteiligung am Diskussionsprozess im Task inkl. Einbringung von Verbesserungsvorschlägen.
- Auswertung von Datenmaterial aus der Mess- und Prüftätigkeit des AIT sowie nationalen und internationalen Forschungsprojekten und Durchführung von Berechnungen und Simulationen im Niedertemperaturbereich
- Durchführung einer Literaturstudie zu Modellierungsansätzen im Bereich der Mitteltemperaturkollektoren sowie Bildung von Modellen und Durchführung von Referenzmessungen



- Ausarbeitung einer Informationsblatt (siehe Abschnitt 8.1) über die CE-Kennzeichnung von Solarkollektoren
- Informations-, Verbreitungs- und Vernetzungsaktivitäten

Das Projekt „*AdvancedSolRat&Cert*“ war in folgende 4 Arbeitspakete unterteilt.

- AP 1 sah eine Stuserhebung vor, um die bis dahin erfolgten Arbeiten des Task 43 zu analysieren, der österreichischen Solarindustrie zu erläutern und eine Priorisierung der Interessen der österreichischen Solarindustrie zu erarbeiten.
- In AP 2 wurden Prüfverfahren für Niedertemperaturkollektoren und Simulationstools für die Vergleichbarkeit von Solarkollektoren bearbeitet.
- AP 3 setzte den Schwerpunkt auf Prüfverfahren von Mitteltemperaturkollektoren.
- AP 4 ermöglichte die nationale Dissemination und Teilnahme an den Task-Meetings.

In weiterer Folge werden die Arbeitspakete im Detail erläutert und mit den Aktivitäten des Task 43 verknüpft.

#### **AP1 – Stuserhebung**

Der Status wurde vorwiegend anhand der im Rahmen des IEA Task 43 entwickelten „*Roadmap of Collector Testing and Certification Issues*“ (in der Folge kurz Roadmap genannt) erhoben, welche zu diesem Zweck analysiert wurde (siehe Abschnitt 8.2). Dabei wurden folgende Punkte als relevant identifiziert:

- Unterschiedliche Verfahren für die Prüfung von herkömmlichen Kollektoren im Niedertemperaturbereich (wie bspw. Flach- und Röhrenkollektoren) in europäischen, nordamerikanischen und weltweiten Standards.
- Fehlende Verfahren für die Prüfung von Mitteltemperaturkollektoren mit Fokus auf nachgeführte konzentrierende Kollektoren.
- Erforderliche Weiterentwicklung von Standards unter Berücksichtigung von Kunststoffkollektoren und Kollektoren mit erhöhtem Kunststoffanteil.
- Standardisierung von Prüfungen an Kollektorkomponenten (bspw. Absorberbeschichtung, Vakuumröhren, etc.).

In einem nationalen Disseminations-Workshop (Details hierzu im AP4 - Dissemination und internationale Vernetzung) wurden - neben den Zielen und Inhalten des Task 43 – auch die Schwerpunkte des nationalen Projekts besprochen und mit Vertretern der österreichischen Solarindustrie diskutiert. Vorbereitend auf diesen Disseminations-Workshop wurden Regelwerke zu den genannten Schwerpunkten analysiert, die großteils in der Roadmap referenziert sind. Um einen Vergleich zu den bekannten Zertifizierungsrichtlinien des Solar Keymark Zertifikats herzustellen, wurde ein Fokus auf die Zertifizierungsrichtlinien nach SRCC und den dazugehörigen Standards gelegt. Die SRCC-Richtlinien wurden den Richtlinien der Solar Keymark Zertifizierung gegenübergestellt, um anhand der Unterschiede den österreichischen Vertretern die SRCC-Zertifizierung zu erklären und Vorschläge zur Harmonisierung der beiden Zertifizierungsrichtlinien

auszuarbeiten. Dabei wurden Lücken, Widersprüche und Schwächen (wie z.B. eine strikte Reihenfolge bei der SRCC-Zertifizierung, das Fehlen der Berechnungsprüfung bei der SRCC-Zertifizierung und die Vorteile der Leistungsparameter basierend auf der mittleren Kollektortemperatur bei der Solar Keymark - Zertifizierung) thematisiert.

Im Zuge des Workshops hat sich herauskristallisiert, dass für die österreichischen Vertreter, neben den Richtlinien der genannten Zertifizierungen, die CE-Kennzeichnung von Solarkollektoren ein wichtiges Thema ist. Die CE-Kennzeichnung bestätigt die Konformität des Produkts mit definierten Anforderungen, welche unterhalb der Anforderungen von Zertifizierungen wie bspw. Solar Keymark liegen. Sie basiert auf einem sogenannten harmonisierten Standard und ist somit Teil der Standardisierungsaktivitäten, jedoch ausschließlich auf europäischer Ebene. Auf Wunsch der österreichischen Industrie wurden die internationalen Aktivitäten im Bereich der CE-Kennzeichnung verfolgt und eingehend analysiert. Es wurden Informationen gesammelt und in einer Informationsblatt (siehe Abschnitt 8.1) zusammengefasst (siehe AP4 - Dissemination und internationale Vernetzung).

Die Entwicklung der Arbeiten im **Task 43 – Sub-Task A: Kollektoren** hat dazu geführt, dass folgende Struktur von Standards für Solarkollektoren absehbar ist:

- EN 12975-1: **Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile – Kollektoren**  
Allgemeine Anforderungen
- EN ISO 9806: **Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile – Kollektoren**  
Prüfverfahren
- EN ISO 9488: **Solarenergie – Vokabular**

Zu Beginn der Arbeiten im **Task 43 – Subtask A: Kollektoren** wurde ausschließlich durch europäische Vertreter an den genannten Standards gearbeitet. Dabei wurde beim Standard EN 12975-1 besonderes Augenmerk darauf gelegt, einen harmonisierten Standard zu entwickeln, der die Grundlage für eine CE-Kennzeichnung darstellt, was im Interesse der österreichischen Industrievertreter ist. In weiterer Folge, konnte erreicht werden, dass der bis dahin rein europäische Standard EN 12975 – 2 (Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile – Kollektoren / Prüfverfahren) als Basis für ISO – Standards herangezogen und unter weltweiter Beteiligung weiterentwickelt wurde. Die Fertigstellung aller gelisteten Standards konnte mit Projektende nicht umgesetzt werden und wird in weiterer Folge unterstützt werden.

Im **Subtask B: Systeme** wurde der Status anhand der Roadmap „*System Testing and Certification*“ analysiert. Diese greift folgende Themen auf:

- Normen für Tests zur Charakterisierung der Leistungsfähigkeit von Solarsystemen
- Tests zur Überprüfung der Zuverlässigkeit der Solarsysteme
- Modellierung und Simulation von Solarsystemen (mit und ohne Zusatzheizung)
- Wärmepumpen/Solarwärme – Kombination
- Vorort-Messungen und
- Komponenten und Materialsubstitution

Die relevanten Normen zur Charakterisierung der Leistungsfähigkeit und zur Prüfung der Zuverlässigkeit von Solarsystemen wurden erhoben und die Aktivitäten der zuständigen CEN- und ISO-Gremien verfolgt. Die relevanten Normen setzen sich aus einer Reihe von ISO-Normen und EN-Normen zusammen, welche sich in unterschiedlichen Stadien der Entwicklung befinden. Die wesentlichsten sind:

- EN 12976: **Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile**  
Vorgefertigte Anlagen
- EN 12977: **Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile**  
Kundenspezifisch gefertigte Anlagen
- ISO 9459: **Solar heating – Domestic water heating systems**

Es wurde ein Überblick über die Normen und deren Verfahren erarbeitet. So sind für die Charakterisierung der thermischen Leistung folgende Verfahren wesentlich:

- Complete System Testing Group (CSTG) gemäß ISO 9459-2
- Dynamic System Testing (DST) gemäß ISO 9459-5
- Component Testing System Simulation (CTSS) gemäß EN 12977

Eine weitreichende Harmonisierung der EN- und ISO-Normen durch den Task 43 Subtask B: Systeme konnte im nationalen Projekt nicht beobachtet werden.

## **AP2 – Niedertemperaturkollektoren**

Für die Bearbeitung dieses Arbeitspakets wurde die am AIT vorhandene umfangreiche Erfahrung in der Prüfung von Niedertemperaturkollektoren genutzt. Im Mittelpunkt der Arbeiten standen vor allem Prüfverfahren zur Messung der Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit von Niedertemperaturkollektoren. Dabei wurden neben Verfahren für Flachkollektoren auch Verfahren für Vakuumröhrenkollektoren (ETC) und teilweise PVT-Kollektoren eingehend untersucht und thematisiert. Die in den Task 43 eingebrachten Inhalte bezüglich der Prüfung von Kunststoffkollektoren wurden in Abstimmung mit dem *IEA Task 39 - Polymeric Materials for Solar Thermal Applications* erarbeitet. Zusätzlich wurden die Ergebnisse von Rundversuchen an Niedertemperaturkollektoren eingebracht und unterschiedliche Tools zur Simulation von Niedertemperaturkollektoren erhoben und zur Diskussion gestellt. Die Arbeiten werden nachfolgend im Detail dargestellt.

Im Zuge der Analyse der **Leistungsprüfung von ETCs** wurde besonderes Augenmerk auf das Prüfverfahren unter quasi-dynamischen Bedingungen gelegt. Es hat sich herausgestellt, dass das quasi-dynamische Verfahren samt dem dahintersteckenden physikalischen Modell zur Darstellung des Verhaltens dieser Art von Kollektoren erheblich besser geeignet ist als jenes unter stationären Bedingungen, nachdem es folgende Vorteile bietet:

- es kann an den jeweiligen Kollektortyp angepasst werden;

- es erlaubt die Beschreibung der Abhängigkeit der thermischen Leistung von der Windgeschwindigkeit oder langwelliger Strahlung und
- es bietet eine umfangreichere Charakterisierung der thermischen Leistung bei geringerem zeitlichem und finanziellem Aufwand.

Die Vorteile des quasi-dynamischen Verfahrens gehen soweit, dass die thermische Leistung mancher Kollektortypen ausschließlich mit diesem Verfahren charakterisiert werden kann. Trotz der beträchtlichen Vorteile dieses Verfahrens, wurden in dem dahinterliegenden physikalischen Modell, wie auch bei allen anderen bekannten Verfahren, bis dato bestimmte Einflussfaktoren wie zum Beispiel der Neigungswinkel von Kollektoren noch nicht berücksichtigt. Bei einer zukünftigen Weiterentwicklung des Modells ist zu berücksichtigen, dass die damit einhergehenden höheren Mess- und Prüfkosten nur dann gerechtfertigt sind, wenn sie einen ausreichend großen Informationsgewinn liefern. Dies könnte vor allem bei Heatpipe-Kollektoren der Fall sein.

Die Analyse der Zuverlässigkeitsprüfungen von ETCs hat ergeben, dass weitere Unterteilungen von ETCs vorgenommen werden müssen, welche bei der Bearbeitung von Prüfverfahren zu berücksichtigen sind. Diese Unterteilungen sind an den jeweiligen ETC-Typ angepasst vorzunehmen. Eine mögliche Unterteilung, die bei der Prüfung der mechanischen Belastung einen wesentlichen Unterschied macht, ist beispielsweise jene in „Konstruktion mit Reflektor“ oder „Konstruktion ohne Reflektor“. Eine weitere mögliche Unterteilung ist jene in „Einsatz von Heatpipes“ im Gegensatz zu „direkter Durchströmung“. Diese Unterteilung ist vor allem bei der Durchführung der Hochtemperaturbeständigkeits- oder der Frostbeständigkeitsprüfung von Relevanz. Die Erkenntnisse und Unterschiede waren wesentlich bei der Weiterentwicklung des Standards EN ISO 9806 (siehe AP1 – Stuserhebung).

Bei der Bearbeitung der Arbeitspaketinhalte mit Bezug zu **Kollektoren mit Polymerkomponenten** war geplant, Informationen des *Task 39 - Polymeric Materials for Solar Thermal Applications* einzubringen. Da die Arbeiten in diesem Task nicht wunschgemäß vorankamen, konnten nur Zwischenergebnisse daraus verwendet werden. Um dennoch Erkenntnisse und einen weiteren Beitrag für den Task 43 zu liefern, wurden Ergebnisse des EU-Projekts „*Quality Assurance in solar thermal heating and cooling technology*“ (QAiST) herangezogen. Die Untersuchungen betrafen die Prüfung der Schlagfestigkeit (hervorgerufen durch Hagelschlag) von Kollektoren mit Kunststoffabdeckungen.

Verfahren zur Prüfung von **PVT-Kollektoren** sind in unterschiedlichen Richtlinien zu finden. So betrachten beispielsweise die Richtlinien der Solar Keymark Zertifizierung PVT-Kollektoren als thermische Kollektoren ohne Berücksichtigung der elektrischen Sicherheit. Die Gewinnung elektrischer Energie wird ausschließlich bei der Ermittlung der thermischen Leistung berücksichtigt. PVT-Kollektoren bieten eine Vielzahl an Konstruktionsmöglichkeiten. Dies erschwert die konkrete Entwicklung von Verfahren.

Zusätzlich wurden Zwischenergebnisse eines **Rundversuchs an Niedertemperaturkollektoren** aus dem Projekt QAI<sup>2</sup>ST in Task 43 – Subtask A: Kollektoren eingebracht. Die Durchführung eines solchen Rundversuchs wurde seitens der Task 43 – Teilnehmer begrüßt. Um weltweit die Ergebnisse der Prüfungen auf einem sehr hohen Niveau zu halten, wurde der Rundversuch um Teilnehmer außerhalb des QAI<sup>2</sup>ST-Projekts erweitert. Es handelt sich dabei um fünf Laboratorien aus Nordamerika, welche die geforderten Tests durchgeführt haben. Im Anschluss wurden die Gesamtergebnisse ausgewertet und im Task 43 diskutiert.

Im Zuge dieses Arbeitspakets wurden weiters eine Reihe von Simulationstools analysiert, um deren unterschiedlichen Schwerpunkte herauszufiltern und in weiterer Folge ein geeignetes Tool zum direkten Vergleich von Solarkollektoren zu identifizieren. Das Programm RETScreen beispielsweise bietet Planern und Entscheidungsträgern eine Unterstützung bei der Minimierung von Kosten und Emissionen unterschiedlicher Technologien, während die Programme SHWin und TSol für Berechnungen von Solaranlagen zur Warmwasserbereitung mit eventueller teilsolarer Heizung entwickelt wurden. Luftkollektoren werden mit der Software SWIFT 99 berechnet. Die genannten Programme ermöglichen nicht den gewünschten direkten Vergleich von Solarkollektoren untereinander, da zusätzlich zu den Kollektorparametern Eingaben erforderlich sind und nicht ausschließlich Solarkollektorerträge errechnet werden. Aus den Berechnungsergebnissen kann keine einheitliche Bewertung der Solarkollektoren erfolgen. Im Unterschied zu den genannten Tools, wird das durch das Kollektor-Brutto-Ertragskalkulationstools *SCEnOCalc – Solar Collector Energy Output Calculator* gewährleistet. Dieses Tool erscheint damit für die weiteren Standardisierungsaktivitäten am besten geeignet und wurde eingehend auf die Plausibilität der Ergebnisse hin untersucht. Besonderes Augenmerk wurde dabei auf die korrekte Berücksichtigung von Winkelkorrekturfaktoren gelegt, da dies einen erheblichen Einfluss auf den Jahresertrag hat. Die Erkenntnisse hinsichtlich Anwendbarkeit inklusive geringfügiger Mängel wurden in den Task 43 – Subtask A: Kollektoren eingebracht und führten zu einer Optimierung des Kollektor-Brutto-Ertragskalkulationstools *SCEnOCalc*.

**Luftkollektoren** waren kein wesentlicher Teil des nationalen Projekts. Das AIT hatte damit bei der Entwicklung der Standards nur einen Beobachterstatus. Die Weiterentwicklung im Bereich der Luftkollektoren in den letzten Jahren machte eine Standardisierung dieses Kollektortyps erforderlich, was durch die Kooperation im Task 43 ermöglicht wurde. Die Fortschritte münden mit Projektende darin, dass im Standard EN ISO 9806 Luftkollektoren berücksichtigt sein werden und ein Einverständnis über deren Handhabung vorherrscht. Dabei werden sowohl open-loop-, als auch closed-loop-Kollektoren integriert.

### **AP3 – Mitteltemperaturkollektoren**

Prüfungen und Tests von Mitteltemperaturkollektoren (=weiterentwickelte Flach- und Vakuumröhren-, Parabolrinnen- oder Fresnelkollektoren, welche bei einer Temperatur zwischen 100 °C und 250 °C betrieben werden) sind ein weitgehend neuartiges Betätigungsfeld, nachdem dieser Kollektortyp erst in den letzten Jahren entwickelt wurde. Bislang stehen nur wenigen Instituten Einrichtungen zur Verfügung, die Tests bei Betriebstemperaturen oberhalb von 100°C durchführen können.

Im Projekt „*AdvancedSolRat&Cert*“ wurde der Mitteltemperaturprüfstand des AIT eingesetzt, um Inputs zur Weiterentwicklung von Verfahren zur Charakterisierung der thermischen Leistung von Mitteltemperaturkollektoren liefern zu können. Der technologische Schwerpunkt wurde dabei auf Compound-Parabolic-Collectors (CPC-Kollektoren) gelegt. Dabei konnten auch Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt MasterCPC (FFG Projektnummer: 825522) genutzt werden. Zusätzlich wurden spezielle Vakuumröhrenkollektoren und nachgeführte Parabolrinnenkollektoren näher analysiert. Die Arbeiten haben sich auf das Prüfverfahren unter quasi-dynamischen Bedingungen konzentriert, nachdem dieses Verfahren eine erheblich umfangreichere Charakterisierung bei gleichzeitig geringerem technischem und zeitlichem Aufwand möglich macht. So ist allen voran, damit die Ermittlung von Winkelkorrekturfaktoren besser und einfacher durchzuführen. Bei bestimmten Kollektortypen wie z.B. den nachgeführten Parabolrinnenkollektoren, ist die Prüfung der thermischen Leistung ausschließlich mit diesem Verfahren machbar.

#### **AP4 – Nationale Dissemination und internationale Vernetzung**

Im Zuge des Projekts hat das AIT, wie geplant, zusammenfassend folgende Disseminationsmaßnahmen durchgeführt bzw. an ihnen teilgenommen:

- 1) Organisation eines nationalen Disseminations-Workshop für die Industrie (Details siehe nachfolgend);
- 2) Information über den Task 43 im Zuge eines Workshops in Kombination mit der 182. Sitzung des Österreichischen Normungskomitees 173 – Thermische Sonnenenergienutzung am 22. Januar 2011;
- 3) Verbreitung der Inhalte und Entwicklungen des Task 43 an Repräsentanten der österreichischen Solarindustrie im Zuge regelmäßiger Treffen der Arbeitsgruppe „Qualität“ des Verbands Austria Solar;
- 4) Direkte Gespräche mit Repräsentanten von Firmen der österreichischen Solarthermiebranche, welche nicht in Arbeitsgruppen von Austria Solar oder in Normungsgremien vertreten sind;
- 5) Wiederkehrende Informationstätigkeiten in den Sitzungen des Fachnormenausschusses ONK 173 und Arbeitsgruppe ONK 173.01 – Kollektoren; und
- 6) Teilnahme an internationalen Experten- und Industrieworkshops (Details siehe nachfolgend).

#### Disseminations-Workshop

Der Disseminations-Workshop wurde in Zusammenarbeit mit dem Verband Austria Solar, der in halbjährlichem Abstand ein Treffen der Arbeitsgruppe „Qualität“ organisiert, umgesetzt. Dadurch wurde - mit 14 Vertretern der österreichischen Solarbranche - eine größere Teilnehmerzahl erreicht, als dies im Zuge eines separat veranstalteten Workshops zu erwarten gewesen wäre. Am Disseminations-Workshop wurde der Task 43 in Struktur und Zielen vorgestellt, die bis dahin erarbeiteten Erkenntnisse vorgestellt sowie die Interessen der österreichischen Solarindustrie erhoben und priorisiert.

Folgende Priorisierung wurde mit den Workshop-Teilnehmern erarbeitet:

1. CE-Kennzeichnung von Solarkollektoren
2. Weiterentwicklung der EN 12975-Serie
3. Solar Keymark
4. Globales Zertifikat
5. Zertifizierung nach SRCC

Zusammenfassend ist die österreichische Solarindustrie den Arbeiten im Task 43 gegenüber sehr positiv gestimmt, da die Zielsetzungen des Tasks - Abbau von Marktbarrieren, um international ohne nationale Zusatzanforderungen solarthermische Produkte vertreiben zu können - den Interessen der Industrie entsprechen. Besonderes Augenmerk legten die Industrievertreter auf Subtask A: Kollektoren. Da in der CE-Kennzeichnung das größte Potential zur Verbesserung der Exportchancen der österreichischen Solarindustrie gesehen wird, wurde in der Bearbeitung des nationalen Projekts ein besonderer Fokus auf dieses Thema gelegt. Die CE-Kennzeichnung ist mit der Veröffentlichung eines harmonisierten Standards gekoppelt. Die Weiterentwicklung der EN 12975-1 wird zu diesem harmonisierten Standard führen und voraussichtlich Anfang 2014 veröffentlicht. Zur Vorbereitung der österreichischen Industrieunternehmen wurde eine Informationsblatt zu diesem Thema erstellt (siehe Abschnitt 8.1) und per Email verschickt.

Das globale Zertifikat wurde durch die österreichische Solarindustrie im Disseminations-Workshop als mittelfristiges Ziel angesehen. Die Entwicklung dieses Zertifikats sollte weiter beobachtet und gegebenenfalls beeinflusst werden. Beratungen könnten im Zuge der Treffen der Austria Solar Arbeitsgruppe „Qualität“ erfolgen.

#### Internationale Experten- und Industrieworkshops

Das AIT nahm an folgenden internationalen Meetings und Experten-Workshop teil:

- 9. Februar 2010 in Stuttgart (D)
- 6. Oktober 2010 in Graz (A)
- Telefonkonferenz am 17. Januar 2011
- 17. Mai 2011 in Raleigh (USA)
- September 2011 in Kassel (D)
- 10. Juli 2012 in San Francisco (USA)

Zur umfangreichen Information industrieller Akteure aus allen beteiligten Ländern, wurden im Zuge des Task 43 folgende Industrie-Workshops veranstaltet:

- Industry Workshop - Solar thermal hot water and combisystems - Testing and Certification  
ITW, Universität Stuttgart, Deutschland 8. Februar 2010
- Task 43; Rating & Certification Workshop  
Raleigh Convention Center, North Carolina, Vereinigte Staaten von Amerika, 18. Mai 2011

Die Aktivitäten des Subtask B: Systeme wurden im Zuge des AP4 - Dissemination und internationale Vernetzung beobachtet. Im Subtask B fanden bis zum Projektende wenige konkrete Arbeiten auf

internationaler Ebene statt. Diese Arbeiten haben sich auf die Gegenüberstellung von EN- und ISO-Standards beschränkt. Die wichtigsten dieser Standards sind:

- EN 12976: **Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile**  
Vorgefertigte Anlagen
- EN 12977: **Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile**  
Kundenspezifisch gefertigte Anlagen
- ISO 9459: **Solar heating – Domestic water heating systems**

Die Disseminationsaktivitäten des Subtask B: Systeme zielten darauf ab, eine Harmonisierung durch Kommunikation zwischen den Taskteilnehmern zu initiieren. Dazu wurde - neben Diskussionen in den Taskmeetings - auch eine Online-Plattform eingerichtet, um relevante Dokumente zu verbreiten. Normungsgremien wurden weltweit identifiziert und auf die Aktivitäten des **Task 43: Subtask B** aufmerksam gemacht.



## 3 Ergebnisse des Projektes

### 3.1 Ergebnisse des nationalen Projektes

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse des nationalen Projektes aufgeteilt auf die jeweiligen Arbeitspakete des Projektes dargestellt.

#### AP1 – Statuserhebung

Das **nationale Projekt** „*AdvancedSolRat&Cert*“ hat durch den Disseminationsworkshop die Erhebung und Priorisierung der Interessen der österreichischen Solarindustrie ermöglicht. Vor allem die CE-Kennzeichnung von Solarkollektoren spielt für die österreichische Industrie eine wesentliche Rolle. Es wurde eine Informationsblatt (siehe Abschnitt 8.1) erstellt, um über die CE-Kennzeichnung von Solarkollektoren zu informieren. Vorbereitend auf den Disseminations-Workshop wurde ein Vergleich der Zertifizierungsrichtlinien der Solar Keymark - und SRCC – Zertifizierungen ausgearbeitet, wodurch ein besseres Verständnis der Unterschiede bei den Workshopteilnehmern erreicht werden konnte.

Durch die Analyse der „*Roadmap of Collector Testing and Certification Issues*“ des Subtask A: Kollektoren (siehe Abschnitt 8.2) konnten relevante Punkte, wie bspw. Unterschiede in Prüfverfahren von Kollektoren im Niedertemperaturbereich, in weltweiten Standards erhoben werden und für eine gezielte Weiterentwicklung und Harmonisierung genutzt werden. Dabei konnte das Fehlen von Verfahren für Prüfungen an Mitteltemperaturkollektoren, eine Berücksichtigung von Kunststoffkollektoren und eine Standardisierung von Prüfungen an Kollektorkomponenten herausgestellt werden.

Durch die Auswertung von Prüfergebnissen von Niedertemperaturkollektoren konnten Verbesserungen für die Prüfverfahren erarbeitet werden. Vor allem bei den Verfahren zur Prüfung der Schlagfestigkeit (von besonderer Relevanz für Kunststoffkollektoren), der mechanischen Belastungsprüfung von Vakuumröhrenkollektoren und der thermischen Leistung konnten Verfahrensverbesserungen als Inputs zur Entwicklung der EN ISO 9806 erzielt werden.

#### AP2 – Niedertemperaturkollektoren

Bei der Weiterentwicklung von Verfahren zur Charakterisierung der thermischen Leistung von Niedertemperaturkollektoren wurde das Prüfverfahren unter quasi-dynamischen Bedingungen mit dem zugehörigen Kollektormodell evaluiert.

Durch die Analyse unterschiedlicher Simulationstools konnte erreicht werden, dass ungeeignete Berechnungstools ausgeschlossen wurden. Das Kollektor-Brutto-Ertragskalkulationstools *SCE<sub>NO</sub>Calc* – *Solar Collector Energy Output Calculator* wurde als am besten geeignet für direkte Vergleiche von Solarkollektoren erkannt und angewandt. Verbesserungsvorschläge für *SCE<sub>NO</sub>Calc* wurden erarbeitet und in den Task 43 eingebracht.

Beide Ergebnisse führten zu einer Verbesserung des EN ISO 9806 – Standards für Solarkollektoren.

### **AP3 – Mitteltemperaturkollektoren**

Der Betrieb von Mitteltemperaturkollektoren bei einer Temperatur von über 100°C erfordert eine Charakterisierung der thermischen Leistung über den gesamten Bereich der Betriebstemperaturen. Wird eine Charakterisierung nur in einem geringeren Bereich durchgeführt und die Ergebnisse extrapoliert, droht eine Über- oder Unterschätzung der thermischen Verluste und somit der Leistung des Kollektors. Daraus resultieren eventuell falsch berechnete Energieerträge, was bei einer Wirtschaftlichkeitsrechnung einen erheblichen Einfluss haben kann. Für die Prüfung der thermischen Leistung im Bereich von 100°C bis 250°C sind spezielle Einrichtungen erforderlich. Eine gängige Methode ist, diese Einrichtungen samt Kollektorkreislauf bei einem erhöhten Druck zu betreiben, um die Verdampfung des Wärmeträgers (bspw. Wasser) zu verhindern.

Die Umsetzung von Zuverlässigkeitsprüfungen an Mitteltemperaturkollektoren ist stark von der Bauweise der Kollektoren abhängig. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Konstruktions- und Funktionsdetails bei der Durchführung der Prüfungen eine wesentliche Rolle spielen. Des Weiteren muss bedacht werden, dass manche der für klassische Flachkollektoren vorgesehenen und entwickelten Prüfungen an Mitteltemperaturkollektoren nicht in unveränderter Form anwendbar sind. So ist beispielsweise bei Expositionsprüfungen von nachgeführten Parabolrinnenkollektoren das Verhalten im Stagnationsfall zu berücksichtigen und eventuell keine Stagnationstemperatur sinnvoll anzugeben. Mitteltemperaturkollektoren haben teilweise Schutzeinrichtungen integriert, welche bei der Prüfung der Kollektoren berücksichtigt werden muss.

### **AP4 – Nationale Dissemination und internationale Vernetzung**

Die Ergebnisse dieses Arbeitspaketes auf nationaler Ebene sind im Wesentlichen der Disseminations-Workshop mit der Priorisierung der Interessen der österreichischen Solarindustrie (siehe AP1 – Staterhebung) und die Informationsblatt zur CE-Kennzeichnung von Solarkollektoren (siehe 8.1)

## **3.2 Ergebnisse des internationalen Projektes**

Die Arbeiten und Diskussionen der Taskteilnehmer des **Task 43** haben zu einer Harmonisierung der etablierten Zertifizierungsschemata wie SRCC und Solar Keymark geführt. Zusätzlich wurde die Struktur eines globalen Zertifikats entwickelt. Diese Grundstruktur wurde mit Teilnehmern im Task und Industrie-Vertretern im Zuge von Industrie-Workshops diskutiert.

Eine Harmonisierung weltweiter Standards für Kollektoren und Solarsysteme wurde erreicht. Die wissenschaftliche Begleitung der Entwicklung der Standards führte zu folgender Struktur bei Kollektorstandards:

- EN 12975-1: **Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile – Kollektoren**  
Allgemeine Anforderungen
- EN ISO 9806: **Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile – Kollektoren**  
Prüfverfahren
- EN ISO 9488: **Solarenergie – Vokabular**

Die Standards für Solarsysteme wurden im Zuge des Task 43 weniger weit entwickelt, als Kollektorstandards. Folgende Standards wurden bei den Arbeiten berücksichtigt:

- EN 12976: **Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile**  
Vorgefertigte Anlagen
- EN 12977: **Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile**  
Kundenspezifisch gefertigte Anlagen
- ISO 9459: **Solar heating – Domestic water heating systems**

Durch die Verbreitung von Informationen über einen Rundversuch an Niedertemperaturkollektoren des EU-Projekts QAISt konnte das Interesse von Prüflaboratorien auf der ganzen Welt geweckt werden. Dies führte zu einer Erweiterung des Rundversuchs um Teilnehmer auf der ganzen Welt.

Durch die Berücksichtigung von Inputs aus dem Task 39 und dem EU-Projekt QAISt konnten Kunststoffkollektoren besser in Testmethoden von Solarkollektoren berücksichtigt werden.

Durch die Zusammenarbeit der Teilnehmer im Task 43 konnte erreicht werden, dass Luftkollektoren in die Prüfstandards der Kollektoren aufgenommen werden.

Durch die Weiterentwicklung des Kollektor-Brutto-Ertragskalkulationstools *SCE<sub>n</sub>OCalc* konnte eine Einführung bei „Solar Keymark“-Zertifizierungen und Verbreitung dieses Tools unter den Taskteilnehmern und darüber hinaus erreicht werden.

Im **Task 43** wurden während der Projektlaufzeit folgende Ergebnisse veröffentlicht:

- Subtask A: Roadmap of Collector Testing and Certification Issues, März 2012, siehe Abschnitt 8.2
- Task Summary Presentation, November 2009, siehe Abschnitt 8.3

Die Veröffentlichung weiterer Ergebnisse ist davon abhängig, ob der Task 43 weitergeführt wird. Dies ist abhängig von einer Entscheidung des IEA Executive Committee (Entscheidung voraussichtlich Ende November 2012). Gegebenenfalls sind Veröffentlichungen zum globalen Zertifikat (Inhalt des Subtasks A: Kollektoren) und Subtask B: Systeme zu erwarten.

## **4 Detailangaben in Bezug auf die Forschungskooperation Internationale Energieagentur (IEA)**

### **4.1 Zielgruppen und Einbindung in das Projekt**

Zur nationalen Zielgruppe zählen primär:

- Österreichische Solarkollektor- und Solarsystemhersteller
- Wesentliche österreichische Forschungseinrichtungen im Bereich der Solarthermie
- Österreichische Normungsgremien wie z.B. der Fachnormenausschuss FNA 173
- Industrieverband Austria Solar

Die genannten Akteure wurden im Zuge des Disseminationsworkshops, in Normungssitzungen und bei Treffen der Arbeitsgruppe „Qualität“ des Verbands Austria Solar eingebunden und über die Inhalte, Entwicklungen und Ergebnisse des nationalen Projekts und des Task 43 informiert. Österreichische Solarkollektorhersteller, welche nicht Mitglied im Verband Austria Solar sind, wurden direkt kontaktiert und in persönlichen Gesprächen eingebunden.

Für industrielle Akteure aus allen beteiligten Ländern wurden im Zuge des internationalen Projekts folgende zwei Industrie-Workshops veranstaltet:

- Industry Workshop - Solar thermal hot water and combisystems - Testing and Certification  
ITW, Universität Stuttgart, Deutschland, 8. Februar 2010
- Task 43; Rating & Certification Workshop  
Raleigh Convention Center, North Carolina, Vereinigte Staaten von Amerika, 18. Mai 2011

### **4.2 Relevanz und Nutzen der Projektergebnisse**

#### **Nutzen für die österreichische Solarbranche**

- Information über die aktuellen Qualitätssicherungs- und Standardisierungsaktivitäten inkl. Normen für die Prüfung solarthermischer Kollektoren und Systeme in den relevanten Märkten sowie Möglichkeit der Einflussnahme über die Beteiligung des AIT im Task;
- Mittelfristig: Verbesserung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit durch Reduktion der Markteintrittsbarrieren im internationalen Vertrieb und der damit verbundenen Markteintrittskosten (schneller time-to-market, reduzierte Zertifizierungskosten)

#### **Nutzen für das AIT sowie andere österreichische Forschungseinrichtungen im Bereich Solarthermie:**

- Zugriff auf neue Simulationsmethoden und -modelle welche im Rahmen von F&E-Projekten eingesetzt werden und zu qualitativ besseren Endprodukten führen.

- Zugriff auf aktuelle Richtlinien, die im Zuge von Forschungs- und Entwicklungsprojekten angewandt werden können.
- Kontakte zu potentiellen Forschungspartnern (Forschungsinstituten, Unternehmen) über europäische Grenzen hinaus

Folgende **Kompetenzen** wurden im Zuge der Bearbeitung des nationalen Projekts aufgebaut:

- Detailliertere Kenntnisse in Bezug auf weltweite Standards und Richtlinien für solarthermische Kollektoren und Systeme (ISO-Standards für Solarkollektoren, SRCC-Zertifizierungsrichtlinien)
- Kenntnisse und Erfahrung in der Anwendung des Kollektorprüfverfahrens unter quasi-dynamischen Bedingungen
- Erfahrung und Verbesserung von Zuverlässigkeitsprüfungen von Solarkollektoren im Nieder- und Mitteltemperaturbereich
- Erfahrung im Betrieb von Mitteltemperaturkollektoren mit aktiven und / oder passiven Schutzeinrichtungen
- Kenntnisse über Grundlagen und Strukturen unterschiedlicher internationaler Zertifizierungsschemata
- Erfahrung mit unterschiedlichen Simulationstools
- Internationale Vernetzung mit Experten aus Industrie, Prüflaboratorien und Zertifizierungsstellen

## **5 Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen**

### **5.1 Schlussfolgerungen aus den nationalen Projektergebnissen**

Die Ergebnisse des nationalen Projekts lassen folgende Schlussfolgerungen zu:

- Für die Charakterisierung der thermischen Leistung von Solarkollektoren wird bislang das Verfahren unter stationären Bedingungen (steady state testing – SST) weltweit am häufigsten verwendet. Im Zuge des Projekts stellte sich heraus, dass das Verfahren unter quasi-dynamischen Bedingungen (quasi-dynamic testing – QDT) eine umfangreichere Charakterisierung bei geringerem zeitlichem und finanziellem Aufwand ermöglicht. Das QDT wurde bislang ausschließlich in Europa angewandt und konnte durch den Task 43 weltweit verbreitet werden.
- Die Zuverlässigkeit von Mitteltemperatur- und Polymerkollektoren stellt eine besondere Herausforderung für die Entwicklung dar. Für die Hersteller derartiger Produkte ist es besonders wichtig, die realen Anforderungen zu kennen, und sie bei der Produktentwicklung zu berücksichtigen.
- Die weltweiten unterschiedlichen Zertifizierungsschemata für solarthermische Produkte und Systeme basieren auf dem gleichen oder zumindest einem ähnlichen Prinzip. Eine Harmonisierung scheint dadurch zwar begünstigt, jedoch treten oftmals regionale oder nationale Interessen in den Vordergrund. Die Weiterentwicklung von Zertifizierungssystemen ist zusätzlich abhängig von der Fördersituation der zertifizierten Produkte. Werden Produkte nicht gefördert und dadurch kein einheitliches, vergleichbares Zertifikat benötigt, sinkt das Interesse daran. Dies kann zur Verunsicherung der Endkunden führen und die Verbreitung von Solarsystemen nachhaltig beeinträchtigen. Um dennoch die Markteintrittskosten zu reduzieren, kann ein globales Zertifikat hilfreich sein, sofern ausreichend bekannt.
- Die unterschiedlichen nationalen und internationalen Regelwerke für Solarkollektoren und Solarsysteme sind für die österreichische Solarindustrie von großer Bedeutung. Die große Anzahl der Regelwerke macht es schwierig, alle Anforderungen zu erfüllen. Eine weiterführende Harmonisierung und Reduzierung der Regelwerke ist wünschenswert, um vor allem nationale Regelwerke durch internationale zu ersetzen.

### **5.2 Schlussfolgerungen aus den internationalen Projektergebnissen**

Aus den Erkenntnissen des internationalen Projekts kann zusammenfassend geschlossen werden:

- Normenentwicklung stellt eine komplexe Aufgabe dar, welche viel Zeit in Anspruch nimmt und von vielen Interessen beeinflusst wird. Bereits auf nationaler Ebene müssen dabei zahlreiche Akteure befragt und Meinungen berücksichtigt werden. Auf internationaler Ebene vervielfachen sich der Aufwand und die Komplexität dieser Aufgabenstellung. Für eine effiziente Normenentwicklung sind ausgiebige Diskussionen und ein straffes Management erforderlich. Dabei kommt es oftmals zu Verzögerungen, was eine kontinuierliche Anpassung von Zeitplänen erforderlich macht. Nur eine internationale Vernetzung von Experten, wie im

Task 43 vorhanden, kann gewährleisten, dass die Standardisierungsarbeit auf ISO-Ebene vorangetrieben werden kann.

- Im Zuge der nationalen und internationalen Treffen und Diskussionen hat sich gezeigt, dass die Ergebnisse der Prüfungen von solarthermischen Produkten seitens der Solarindustrie als sehr hochwertig und verlässlich angesehen werden. Ein Nachteil wird darin gesehen, dass die Charakterisierung von solarthermischen Systemen keine einfache Kennziffer zur Bewertung, sondern eine Vielzahl an Kennwerten liefert. Eine einzelne Kennziffer ist schwer zu definieren, nachdem zu viele unterschiedliche Interessen aufeinander stoßen. Es ist davon auszugehen, dass solche Kennziffern in Zukunft weltweit diskutiert werden, ebenso wie eine weitere Harmonisierung von Regelwerken.

## 6 Ausblick und Empfehlungen

Durch die Fortschritte in der internationalen Harmonisierung von Standards und die Entwicklungen in Richtung eines globalen Zertifikats werden nationale Regelwerke mittelfristig an Bedeutung verlieren und durch internationale Regelungen ersetzt werden. Dies zeichnete sich in den Arbeiten zu einem EN ISO 9806 -Standard ab, welcher im Rahmen der interkontinentalen Zusammenarbeit im Task 43 wesentlich vorangetrieben werden konnte. Diese Entwicklung wird über die Task-Laufzeit hinaus andauern und im Sinne der österreichischen Solarindustrie behandelt werden, ebenso wie die Entwicklungen der Standards EN 12975-1 und ISO 9488.

Der voraussichtliche Zeitplan für die Fertigstellung und Veröffentlichung stellt sich wie folgt dar:

EN 12975-1: Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile – Kollektoren	<b>Anfang 2014</b>
EN ISO 9806: Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile – Kollektoren	<b>Anfang 2014</b>
EN ISO 9488: Solarenergie – Vokabular	<b>Ende 2015</b>

Eine Fertigstellung der im Task 43 – Subtask B: Systeme behandelten Standards ist bislang nicht absehbar.

Polymerkollektoren und Mitteltemperaturkollektoren stellen in weiterer Folge Produktkategorien dar, welche mit besonderem Augenmerk weiterentwickelt werden sollten, nachdem damit einerseits eine Kostenreduktion im Niedertemperaturbereich und andererseits die solare Wärmeproduktion im Mitteltemperaturbereich, ermöglicht wird. Dabei sollte in zukünftigen Entwicklungsprojekten berücksichtigt werden, dass mit wenigen Systemkennziffern eindeutiger Aussagen getroffen werden können und Systemzertifizierungen auf Basis dieser Kennziffern anzustreben sind.

Die Informationsblatt zur CE-Kennzeichnung von Solarkollektoren wird nach Fertigstellung des harmonisierten Standards EN 12975-1 überarbeitet und veröffentlicht werden. Im Anschluss daran wird diese Informationsblatt der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden.

Weiterführender Informationsfluss nach Ende des nationalen Projekts wird voraussichtlich bei den Treffen der Austria Solar Arbeitsgruppe Qualität und der Sitzungen des Fachnormenausschusses 173 und 173.01 stattfinden. Dies ist abhängig von einer eventuellen Weiterführung des Task 43, worüber voraussichtlich Ende November 2012 entschieden wird.

Ein globales Zertifikat wird dann von hoher Bedeutung für die österreichische Solarindustrie sein, wenn es in ausreichend vielen Ländern ohne zusätzliche Anforderungen anerkannt wird. Eine Weiterentwicklung ist davon abhängig, ob sich ausreichend Akteure bereit erklären, sich an der Entwicklung zu beteiligen.

Die offenen Arbeiten des Subtask B und die Weiterentwicklung eines globalen Zertifikats werden nach einer eventuellen Verlängerung der Tasklaufzeit weitergeführt. Dies ist abhängig von einer Entscheidung des IEA Executive Committee (Entscheidung voraussichtlich Ende November 2012). Eine österreichische Beteiligung ist empfehlenswert, um die österreichischen Interessen weiterhin vertreten zu können.



## 7 Literaturverzeichnis

- [1] Specific CEN Keymark Scheme Rules for Solar Thermal Products, October 2011
- [2] SRCC DOCUMENT OG-100-06 - OPERATING GUIDELINES FOR CERTIFYING SOLAR COLLECTORS; September 2006
- [3] SRCC STANDARD 100 - TEST METHODS and MINIMUM STANDARDS FOR CERTIFYING SOLAR COLLECTORS, August 2010
- [4] RANDOM SELECTION PROCEDURE: SRCC DOCUMENT RS-1
- [5] EN 12975-1:2006, Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile – Kollektoren, Teil 1: Allgemeine Anforderungen, 2006
- [6] EN 12975-2:2006, Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile – Kollektoren, Teil 2: Prüfverfahren, 2006
- [7] EN 12975-1:2006+A1:2010, Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile – Kollektoren, Teil 1: Allgemeine Anforderungen, 2010
- [8] ISO 9806-1:19941201, Test methods for solar collectors – Part 1: Thermal performance for glazed liquid heating collectors including pressure drop
- [9] ISO 9806-2:19950815, Test methods for solar collectors – Part 2: Qualification test procedures, 1995
- [10] ISO 9806-3:19951215, Test methods for solar collectors – Part 3: Thermal performance for unglazed liquid heating collectors (sensible heat transfer only) including pressure drop
- [11] N0162R0, prEN 12975-2 Annex P – Reliability testing of concentrating and tracking collectors, 2011
- [12] EN ISO 9488:2000-04-01, Solarenergie Vokabular, 2000
- [13] ISO 9459 – Serie: Solar heating — Domestic water heating systems
- [14] EN 12976-1 & 2: Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile – Vorgefertigte Anlagen
- [15] EN 12977-Serie: Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile – Kundenspezifisch gefertigte Anlagen
- [16] AS/NZS 2712:2007 Solar and heat pump water heaters - Design and construction
- [17] CAN/CSA-F378 (draft) - Solar collectors
- [18] ANSI-ASHRAE93 1993. Methods of Testing to Determine the Thermal Performance of Solar Collectors
- [19] Buchbauer, Christian: Entwicklung einer Methode zur Prüfung thermischer Sonnenkollektoren nach dem quasidynamischen Testverfahren, Fachhochschulstudiengänge Burgenland, Diplomarbeit, 2002
- [20] Ing. Johann Brandmayr, BSc.: Solarprüfstand zur Charakterisierung von solarthermischen Kollektoren unter quasi-dynamischen Bedingungen; September 2011
- [21] Buttinger F., Beikirchner T., Pröll M., Schölkopf W., Development of a new flat stationary evacuated CPC-collector for process heat applications, Solar Energy 84 (2010)
- [22] F. Hengstberger, T. Fleckl, C. Zauner, F. Helminger, P. Lampersberger: Erste Betriebserfahrungen mit einem neuartigen Mitteltemperaturprüfstand für Kollektorprüfungen über 200 °C. Staffelstein 2012

- [23] Description of the Energy Output Calculator, a program for calculation of annual solar collector energy output; Oktober 2011
- [24] Fischer, S.: WP4.1. - Incidence angle modifier measurements and application of EN 12975 to tracking and concentrating collectors / NEGST - New Generation of Solar Thermal Systems; 2006
- [25] Fischer, S.: Test and simulation of solar thermal collectors with multi-axial incident angle behavior / NEGST - New Generation of Solar Thermal Systems; 2007.
- [26] Fischer, S. ; Müller-Steinhagen, H. ; Perers, B. ; Bergquist, P.: Collector test method under quasi-dynamic conditions according to the European Standard; EN 12975-2; 2001
- [27] Fischer S., Dynamische Prüfung von Sonnenkollektoren unter besonderer Berücksichtigung der Einfallswinkelkorrektur und der Reduzierung der Prüfdauer; 2011
- [28] Fischer, S., Collector test method under quasi-dynamic conditions according to the European Standard EN 12975-2, Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW), Stuttgart, 2001
- [29] Institut für Eignungsprüfung GmbH; Proficiency Test - QAISt testing of solar collectors and solar systems; Mai 2012
- [30] M. Rößler; Experimentelle Untersuchung der Auswirkung von Hagelschlag auf Kunststoffabdeckungen von Solarkollektoren; 2012
- [31] MANDATE TO CEN/CENELEC CONCERNING THE EXECUTION OF STANDARDISATION WORK FOR HARMONIZED STANDARDS ON SPACE HEATING APPLIANCES; M 129 – EN; April 1999
- [32] AMMENDMENT TO MANDATE TO CEN/CENELEC CONCERNING THE EXECUTION OF STANDARDISATION WORK FOR HARMONIZED STANDARDS ON SPACE HEATING APPLIANCES - M 129; M/369 EN
- [33] THE DEFINITION OF FACTORY PRODUCTION CONTROL IN TECHNICAL SPECIFICATIONS FOR CONSTRUCTION PRODUCTS; GUIDANCE PAPER B; August 2002
- [34] CE MARKING UNDER THE CONSTRUCTION PRODUCTS DIRECTIVE; GUIDANCE PAPER D; CONSTRUCT 04/645 Rev.1
- [35] THE ATTESTATION OF CONFORMITY SYSTEMS AND THE ROLE AND TASKS OF THE NOTIFIED BODIES IN THE FIELD OF THE CONSTRUCTION PRODUCTS DIRECTIVE; GUIDANCE PAPER K; Dezember 2004

Im **Task 43** wurden während der Projektlaufzeit veröffentlicht:

- [36] Subtask A: Roadmap of Collector Testing and Certification Issues, März 2012, siehe Abschnitt 8.2
- [37] Task Summary Presentation, November 2009, siehe Abschnitt 8.3
- [38] Die gesammelten Präsentationen der Vortragenden vom Industrie-Workshop in Stuttgart 2010 stehen unter [http://www.itw.uni-stuttgart.de/aktuelles/veranstaltungen/IND\\_WS\\_STG1D.htm](http://www.itw.uni-stuttgart.de/aktuelles/veranstaltungen/IND_WS_STG1D.htm) zur Verfügung.

## **8 Anhang**

**8.1 Anhang a - Informationsblatt CE-Kennzeichnung von Solarkollektoren**

**8.2 Anhang b - Subtask A: Roadmap of Collector Testing and Certification Issues**

**8.3 Anhang c - Task Summary presentation**

# CE-Kennzeichnung von Solarkollektoren

## Allgemeines

Die CE-Kennzeichnung beruht im Allgemeinen auf Richtlinien der Europäischen Union zur Harmonisierung der Vermarktung von Produkten. Durch das Anbringen des CE-Kennzeichens wird erklärt, dass die geforderten Konformitätsbewertungsverfahren durchgeführt wurden und das Produkt allen entsprechenden Vorschriften entspricht. Im Falle von mehreren Richtlinien der Europäischen Union für ein Produkt, bedeutet die CE-Kennzeichnung, dass die Konformität des Produkts mit den Bestimmungen aller dieser Richtlinien gefordert ist.

Das Mandat der Europäischen Kommission M 129 – EN „Space heating appliances“ und dessen Ergänzung M/369 EN für „energy capturing appliances“ beschreiben die technische Harmonisierung und Standardisierung im Rahmen der EU-Richtlinie 89/106/EWG (Bauproduktenrichtlinie – BPR, engl. Construction Products Directive – CPD). Solarkollektoren sind von diesem Mandat betroffen und werden im Sinne der CPD behandelt. Das Mandat der Europäischen Kommission zeigt ebenfalls die technischen Bedingungen und Festlegungen für die Konformitätsbescheinigung auf.

Die EU-Richtlinie 97/23/EG (Druckgeräte Richtlinie – DGRL, im Englischen als Pressure Equipment Directive - PED bezeichnet) legt die Anforderungen an Druckgeräte für das Inverkehrbringen innerhalb des Europäischen Wirtschaftsraums fest. Solarkollektoren sind von dieser Richtlinie prinzipiell betroffen, in welcher Form und Umfang ist abhängig von Betriebsdruck, Wärmeträgerfluid und Einsatzbereich.

Die Richtlinie 2006/95/EG (Niederspannungsrichtlinie – NSR, engl. Low Voltage Directive – LVD) gilt für elektrische Betriebsmittel zur Verwendung bei einer Nennspannung zwischen 50 und 1000 V für Wechselstrom und zwischen 75 und 1500 V für Gleichstrom. Sogenannte PVT-Kollektoren sind von dieser Richtlinie betroffen.

Für die CE-Kennzeichnung von Solarkollektoren ist ein harmonisierter Standard erforderlich. Durch die Revision der EN 12975-Serie wird der geforderte harmonisierte Standard entstehen. Im Annex ZA der EN 12975-1 werden die Anforderungen der Bauproduktenrichtlinie beschrieben, im Annex ZB die Anforderungen der Niederspannungsrichtlinie und im Annex ZC die Anforderungen der Druckgeräterichtlinie.

Nach dem Inkrafttreten des harmonisierten Standards (mit entsprechenden Übergangsfristen) ist die CE-Kennzeichnung von Solarkollektoren verbindlich. Das bedeutet, dass ausschließlich Kollektoren mit CE-Kennzeichnung, die im europäischen Binnenmarkt in Verkehr gebracht werden, zulässig sind. Nationale Behörden müssen einmal erbrachte Konformitätsnachweise anerkennen. Separate Nachweise brauchen somit nicht in jedem EU-Mitgliedsstaat erfolgen. Das Inkrafttreten des harmonisierten Standards wird durch ein Amtsblatt der EU mitgeteilt. Produkte mit CE-Kennzeichnung benötigen eine Produktbegleitinformation. Diese gibt verbindliche Auskunft über einzelne harmonisierte Produktleistungsmerkmale. Sie ist auf dem Produkt selbst, auf den kommerziellen Begleitpapieren oder der Verpackung anzubringen. Die Art der Anbringung der CE-Kennzeichnung sowie deren Form und Größe ist in den jeweils zutreffenden Richtlinien der Europäischen Union festgelegt.

Die Übereinstimmung von Solarkollektoren mit den Anforderungen des Annex ZA des harmonisierten Standards ist einerseits durch eine Typprüfung und andererseits durch eine Produktionsüberwachung

nachzuweisen. Für das Konformitätsbewertungsverfahren wurde Kategorie 3 als System der Konformitätsbescheinigung festgelegt. Diese Kategorie 3 wird als Eigenkonformitätserklärung bezeichnet und umfasst Aufgaben unter der Verantwortung des Herstellers. Aufgaben zur Konformitätsbewertung von unabhängigen Stellen sind nicht vorgesehen.

Für die Anforderungen des Annex ZB des harmonisierten Standards an Solarkollektoren ist der Niederspannungsgeräteverordnung (51. Verordnung: Niederspannungsgeräteverordnung 1995 - NspGV 1995) Folge zu leisten.

Gemäß Annex ZC des harmonisierten Standards für Solarkollektoren ist bezüglich des Konformitätsbewertungsverfahrens die Beschreibung der Druckgeräte Richtlinie heranzuziehen.

Die ESTIF (European Solar Thermal Industry Federation) unterstützt aktiv die Entwicklung der CE-Kennzeichnung von Solarkollektoren. Sie sieht großes Potential und Nutzen darin. Vor allem durch einen Abbau von Handelsbarrieren erwartet man sich weitreichende Auswirkungen. Außerdem sollen nationale Anforderungen für Produktzulassungen wegfallen oder sehr stark reduziert werden. Dadurch werden europäische Märkte einfacher zu erschließen sein. Desweiteren ist durch den allgemeinen Bekanntheitsgrad des CE-Kennzeichens ein positiver Marketingeffekt zu erwarten, da einerseits für Endnutzer und andererseits auch für Behörden auf einen Blick erkennbar ist, dass die entsprechenden Anforderungen erfüllt werden. Durch die Vereinheitlichung der Richtlinien und deren weitreichende Auswirkungen scheint die Position der Solarthermie-Branche gestärkt und für die Zukunft gut vorbereitet. Im Zusammenspiel des CE-Kennzeichens mit dem Solar Keymark Qualitätslabel haben Hersteller die Möglichkeit die Konformität mit relevanten Richtlinien und die hohe Qualität darzustellen.

## **Anforderungen durch die Typprüfung**

Für die jeweilig anzuwendenden Richtlinien (Bauproduktenrichtlinie, Druckgeräte Richtlinie, Niederspannungsrichtlinie) sind im harmonisierten Standard EN 12975-1 die Anforderungen an Solarkollektoren in den Anhängen Annex ZA, Annex ZB und Annex ZC beschrieben. Die Übereinstimmung mit diesen Anforderungen wird im Zuge der Typprüfung ermittelt. Welche der Annexe anzuwenden ist, ist einerseits vom Kollektortyp (bspw. ist für PVT-Kollektoren Annex ZB relevant) und andererseits von Konstruktionsdetails und technischen Details der Betriebsweise der Kollektoren abhängig. Die anzuwendenden Richtlinien sind einzeln zu prüfen.

Gemäß Annex ZA für die Bauproduktenrichtlinie werden dabei Anforderungen an eingesetzte Materialien, thermische Eigenschaften und Zuverlässigkeitskriterien an das Produkt gestellt. Der Großteil der Anforderungen ist durch Prüfungen nach dem Standard EN 12975-1 gedeckt. Annex ZB für die Niederspannungsrichtlinie zeigt eine Vielzahl von Normen auf, welche beispielsweise bei PVT-Kollektoren anzuwenden sind. Gemäß Annex ZC für die Druckgeräte Richtlinie ist eine Kategorisierung vorgegeben. In welche Kategorie welcher Kollektor fällt, ist einzeln zu prüfen.

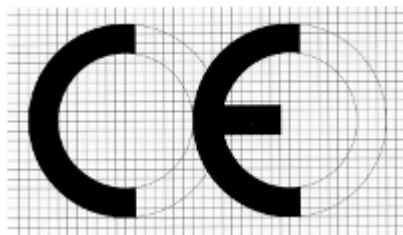
## **Anforderungen an Produktionsüberwachung**

Vom Hersteller ist eine Produktionsüberwachung inklusive einer Produktbewertung gefordert. Dies bedeutet, dass der Hersteller eine Produktionsüberwachung betreiben soll, welche gewährleistet, dass ausschließlich konforme Produkte in Verkehr gebracht werden. Die EN 12975-1 gibt dazu umfangreiche Hinweise, beginnend mit allgemeinen Hinweisen zum Qualitätsmanagement, Anforderungen an Mess- und Produktionsequipment, Rückverfolgbarkeit bis hin zum Umgang mit nicht-konformen Produkten.

## **Das CE-Zeichen**

Wesentlichste Merkmale des CE-Zeichens können folgendermaßen zusammengefasst werden:

- ✓ Das CE-Zeichen wird immer vom Hersteller angebracht – und zwar gut sichtbar, leserlich und dauerhaft auf dem Produkt oder dem Produkt-Typenschild. Ist dies nicht möglich, kann es auch auf der Verpackung oder den Begleitunterlagen angebracht werden.
- ✓ Das CE-Zeichen weist immer folgendes Schriftbild auf



Bei Verkleinerung oder Vergrößerung der CE-Kennzeichnung müssen die sich aus dem abgebildeten Raster ergebenden Proportionen beibehalten werden. Verschiedene Formate können unter [http://www.ce-richtlinien.eu/ce\\_zeichen.html](http://www.ce-richtlinien.eu/ce_zeichen.html) heruntergeladen werden

- ✓ Zusätzlich zum CE-Zeichen sind Informationen zu Produktcharakteristika anzuführen. Die geforderten Informationen sind den Annexen des Standards EN 12975-1 zu entnehmen.

### **Informationen zu dieser Broschüre**

Diese Broschüre wurde zu einem Zeitpunkt erstellt, an dem die Normungsaktivitäten zum harmonisierten Standard EN 12975-1 nicht abgeschlossen waren. Somit beruhen Informationen dieser Broschüre auf einer Vornorm der EN 12975-1. Änderungen bis zur Fertigstellung können nicht ausgeschlossen werden. Auch die Details zur CE-Kennzeichnung von Solarkollektoren können noch geändert werden.

Der Herausgeber ist nicht haftbar für jegliche Inhalte dieser Broschüre.

Diese Broschüre wurde in Zusammenarbeit und mit Unterstützung des BMVIT – Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (<http://www.bmvit.gv.at>), der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft FFG ([www.ffg.at](http://www.ffg.at)) und dem OIB – Österreichisches Institut für Bautechnik ([www.oib.or.at](http://www.oib.or.at)) erstellt.

### **Weitere Informationen**

Informationen des BMWFJ – Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend zur CE-Kennzeichnung zu Bauprodukten -

<http://www.bmwfj.gv.at/TechnikUndVermessung/Bauprodukte/Seiten/default.aspx>

Informationen des OIB zur CE-Kennzeichnung - [www.oib.or.at/ce\\_kennzeichnung.htm](http://www.oib.or.at/ce_kennzeichnung.htm)

Informationen der Ingenieurgesellschaft für Technik-Kommunikation GmbH - <http://www.ce-richtlinien.eu/>





## **IEA-SHC TASK 43: SOLAR RATING AND CERTIFICATION PROCEDURES**

### **Subtask A: Roadmap of Collector Testing and Certification Issues**





### TABLE OF CONTENTS

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION</b>	<b>4</b>
<b>1.1</b>	<b>Sector description</b>	<b>4</b>
<b>1.2</b>	<b>Goals</b>	<b>4</b>
<b>1.3</b>	<b>Document structure</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>SOLAR THERMAL MARKET OVERVIEW</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>SOLAR RATING AND CERTIFICATION STANDARDS</b>	<b>8</b>
<b>3.1</b>	<b>International Standard ISO 9806</b>	<b>8</b>
<b>3.2</b>	<b>European Standard UNE-EN 12975-2</b>	<b>9</b>
<b>3.3</b>	<b>American Standard ASHRAE 93</b>	<b>12</b>
<b>3.4</b>	<b>American Standard ASTM E 905-87</b>	<b>12</b>
<b>3.5</b>	<b>Global standards harmonization</b>	<b>14</b>
<b>4</b>	<b>PARAMETER DEFINITIONS</b>	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>LOW-TO-MEDIUM TEMPERATURE COLLECTOR TEST PROCEDURES</b>	<b>15</b>
<b>5.1</b>	<b>Flat plate collectors</b>	<b>15</b>
<b>5.1.1</b>	<b>Current standards and certification procedures</b>	<b>16</b>
<b>5.1.2</b>	<b>Gaps and open questions</b>	<b>16</b>
<b>5.1.3</b>	<b>Testing approaches</b>	<b>16</b>
<b>5.2</b>	<b>Evacuated tube collectors</b>	<b>17</b>
<b>5.2.1</b>	<b>Current standards and certification procedures</b>	<b>17</b>
<b>5.2.2</b>	<b>Gaps and open questions</b>	<b>18</b>
<b>5.2.3</b>	<b>Testing approaches</b>	<b>18</b>
<b>5.3</b>	<b>Polymeric material collectors</b>	<b>18</b>
<b>5.3.1</b>	<b>Current standards and certification procedures</b>	<b>20</b>
<b>5.3.2</b>	<b>Gaps and open questions</b>	<b>20</b>
<b>5.3.3</b>	<b>Testing approaches</b>	<b>21</b>
<b>5.4</b>	<b>Actions</b>	<b>21</b>
<b>6</b>	<b>AIR HEATING COLLECTOR TEST PROCEDURES</b>	<b>22</b>
<b>6.1</b>	<b>Introduction</b>	<b>22</b>
<b>6.2</b>	<b>Current standards and certification procedures</b>	<b>23</b>

<b>6.3</b>	<b>Gaps and open questions</b>	<b>23</b>
<b>6.4</b>	<b>Testing approaches</b>	<b>24</b>
<b>6.4.1</b>	<b>IEA Task 14: Advanced active solar systems</b>	<b>24</b>
<b>6.4.2</b>	<b>IEA Task 19: Solar air systems</b>	<b>24</b>
<b>6.4.3</b>	<b>NEGST draft-standard</b>	<b>25</b>
<b>6.5</b>	<b>Actions</b>	<b>25</b>
<b>7</b>	<b>CONCENTRATING COLLECTOR TEST PROCEDURES</b>	<b>27</b>
<b>7.1</b>	<b>Current standards and certification procedures</b>	<b>27</b>
<b>7.1.1</b>	<b>Collector performance test methods</b>	<b>27</b>
<b>7.1.2</b>	<b>Collector durability test methods</b>	<b>28</b>
<b>7.1.3</b>	<b>Component durability test methods</b>	<b>30</b>
<b>7.2</b>	<b>Gaps and open questions</b>	<b>34</b>
<b>7.3</b>	<b>Testing approaches</b>	<b>35</b>
<b>7.3.1</b>	<b>Concentrating Solar Power (CSP) test methods</b>	<b>35</b>
<b>7.3.2</b>	<b>SRCC standard 600</b>	<b>36</b>
<b>7.4</b>	<b>Actions</b>	<b>36</b>
<b>7.4.1</b>	<b>New EN ISO collector standard</b>	<b>36</b>
<b>7.4.2</b>	<b>CSP standardization activities</b>	<b>39</b>
<b>8</b>	<b>PV/T COLLECTOR TEST PROCEDURES</b>	<b>40</b>
<b>8.1</b>	<b>Current standards and certification procedures</b>	<b>40</b>
<b>8.2</b>	<b>Gaps and open questions</b>	<b>40</b>
<b>8.3</b>	<b>Testing approaches</b>	<b>41</b>
<b>8.4</b>	<b>Actions</b>	<b>41</b>
<b>9</b>	<b>SOLAR FLUID TEST PROCEDURES</b>	<b>41</b>
<b>9.1</b>	<b>Current standards and certification procedures</b>	<b>42</b>
<b>9.1.1</b>	<b>ASTM D1384</b>	<b>42</b>
<b>9.1.2</b>	<b>ASTM E72</b>	<b>42</b>
<b>9.1.3</b>	<b>ASTM E745</b>	<b>42</b>
<b>9.2</b>	<b>Gaps and open questions</b>	<b>43</b>
<b>9.3</b>	<b>Testing approaches</b>	<b>43</b>
<b>9.4</b>	<b>Actions</b>	<b>43</b>
<b>10</b>	<b>COLLECTOR TEST STANDARDS COMPARISON TABLE</b>	<b>43</b>

### 1 INTRODUCTION

#### 1.1 Sector description

The testing and characterization of solar thermal collectors and components have been investigated from the inception of the IEA Solar Heating & Cooling Programme<sup>1</sup>. Performance test procedures and characterization equations were originally developed for typical solar collector types under well-defined standard test conditions. In addition, short-term tests were developed to predict the long-term durability of standard collectors and systems. Presently, national and international testing laboratories in many IEA participant countries use these test procedures and characterization equations in order to determine a solar thermal product's performance and compliance with required safety and reliability standards. Based on the test certificates issued by accepted test laboratories the products are certified by certification bodies. In order to assess and compare solar thermal products, appropriate procedures are required. These procedures should account for aspects like thermal performance, safety and durability issues.

However, new and advanced solar thermal collectors are continually being introduced to the marketplace and are being submitted to national certification bodies. The existing testing and characterization procedures do not always accommodate these new products or allow them to be evaluated in a reasonable and consistent manner. This has caused the manufacturers of some of these advanced products to believe that they are being unfairly barred from participating in certain markets and their related incentive programs.

#### 1.2 Goals

The objective of subtask A is to examine existing testing and certification procedures for low-temperature evacuated tube and flat-plate collectors, air heating collectors, medium- to high-temperature concentrating collectors, to identify weaknesses, inconsistencies in application, and significant gaps.

The objective of subtask A roadmap is the preparation of a reference document to be used as a guide which describes the existing collector testing procedures, how tests and standards are applied and how they relate to certification, identifying gaps, inconsistencies and weaknesses along with approaches to addressing problems. Develop recommendations for improving the system for emerging technologies where standards and testing procedures are still under development.

#### 1.3 Document structure

Chapter 1 is an introduction to the sector and a description of the goals for the Task 43 Subtask A: Collectors and its roadmap. Chapter 2 gives an overview of the solar thermal market. Chapter 3 summarizes the current solar rating and certification standards. Chapter 4 introduces the need of common testing parameter definitions for fair energy comparisons between collector technologies.

---

<sup>1</sup> IEA-SHC Task 03, "Performance Testing of Solar Collectors," 1977-1987

Chapter 5 presents the low-to-medium temperature collector testing procedures for flat plate, evacuated tube and polymeric material collectors. Chapter 6 presents the air heating collector testing procedures. Chapter 7 presents the concentrator collector testing procedures, considering also durability issues. Chapter 8 presents the PV/T collector testing procedures and chapter 9 presents the solar fluid testing procedures.

The same information structure has been used from chapter 5 to chapter 9 and for each collector technology, starting with an evaluation of the current standards and certification procedures in order to identify their gaps and open issues. New testing approaches, which solve the previously detected gaps have been gathered to be used as a ground for the Task 43 subtask A research actions. Chapter 10 shows a collector testing standards comparison table.

## 2 SOLAR THERMAL MARKET OVERVIEW

The solar thermal collector capacity in operation worldwide equalled 172.4 GW<sub>th</sub> corresponding to 246.2 million square meters at the end of the year 2009<sup>2</sup>. Of this, 151.5 GW<sub>th</sub> were accounted for flat-plate and evacuated tube collectors and 25.1 GW<sub>th</sub> for unglazed plastic collectors. Air collector capacity was installed to an extent of 1.2 GW<sub>th</sub>.

The vast majority of glazed and unglazed water and air collectors in operation are installed in China (101.5 GW<sub>th</sub>), Europe (32.5 GW<sub>th</sub>), and the United States and Canada (15.0 GW<sub>th</sub>), which together account for 86.4% of total installed. The remaining installed capacity is shared between Australia and New Zealand (5.2 GW<sub>th</sub>), Central and South America (4.7 GW<sub>th</sub>), the Asian countries of India, South Korea, Taiwan and Thailand (4.6 GW<sub>th</sub>), Japan (4.3 GW<sub>th</sub>), the Middle East represented by Israel and Jordan (3.5 GW<sub>th</sub>) and some African countries (1.1 GW<sub>th</sub>), namely Namibia, South Africa, Tunisia and Zimbabwe

The main markets for flat-plate and evacuated tube collectors worldwide are in China and Europe as well as in Australia and New Zealand. The average annual growth rate between 1999 and 2007 was 23.6% in China, 20% in Europe, 26% in Canada and the USA and 16% in Australia and New Zealand. Although the installed capacity of flat-plate and evacuated tube collectors in the USA is very low compared to other countries, especially with regard to the large population in the USA, the market for new installed glazed collectors has been significantly growing in recent years.

In the year 2009 a capacity of 36.5 GW<sub>th</sub> corresponding to 52.1 million square meters of solar collectors were newly installed worldwide. This means an increase in collector installations of 25.3% compared to the year 2008. The main driver for the market growth in 2009 was China whereas in key European markets as well as in the United States and other important economic regions, such as in Japan, the solar thermal sector suffered from the economic downturn, resulting in stagnating or decreasing local markets.

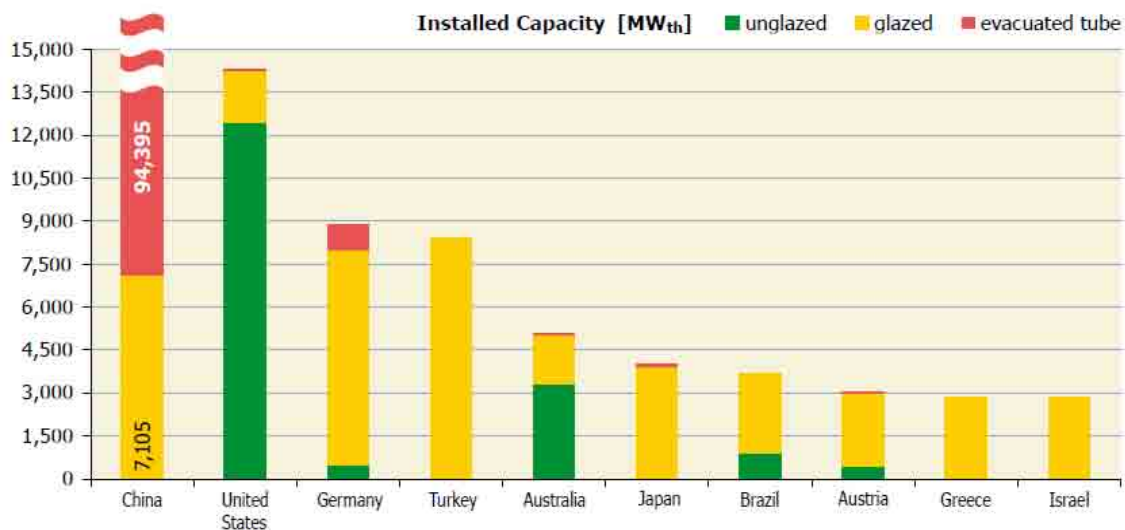
---

<sup>2</sup> IEA-SHC Solar Heat Worldwide 2011. Markets and contribution to the Energy Supply 2009

Between 2004 and 2009 the annually installed glazed water collector area worldwide almost tripled. The worldwide average annual growth rate between 2000 and 2009 was 20.8%.

The worldwide market of unglazed collectors for swimming pool heating recorded an increase between 1999 and 2002 and a slight decrease in 2003. After a slight increase from 2004 to 2006, the installed capacity rate declined again in 2007. The number of newly installed systems decreased significantly by 7.7% compared to 2008, accounting for 1.5 GW<sub>th</sub> or 2.2 million of square meters in 2009, whereas there was an increase of 13.9% in the period 2007-2008.

Figure 1 shows the installed capacity of water solar thermal collectors of the ten leading countries.



**Figure 1. Water collector total capacity in operation of the ten leading countries at the end of 2009<sup>2</sup>**

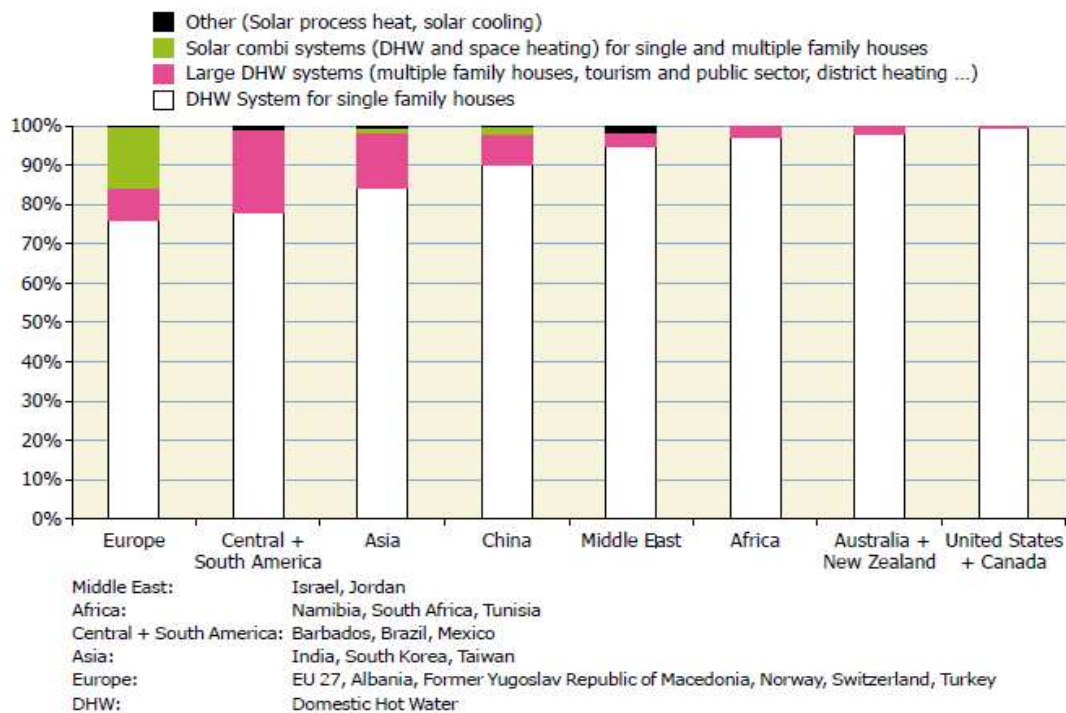
It should be mentioned that there is a growing unglazed solar air heating market in Canada and the USA. These un-glazed air collectors are used for commercial and industrial building ventilation, air heating and agricultural applications.

The final use of solar thermal energy varies depending on the region considered, see Figure 2, but its widespread use is almost focused on low temperature applications like swimming pools, domestic hot water preparation and space heating in the residential sector.

Europe having a wider range of applications is an exception to that, where around 10% are medium temperature solar thermal applications. The total EU-25 industrial heat demand represents an untapped potential estimated in 100 GW<sub>th</sub><sup>3</sup> where almost 60% are low (<80°C) and medium (<250°C) temperature applications which can be easily covered by solar thermal collectors already in the market and also through new medium temperature collector developments<sup>4</sup>.

<sup>3</sup> IEA-SHC Task 33 and SolarPACES Task IV: Solar Heat for Industrial Processes - Potential for Solar Heat in Industrial Processes.

<sup>4</sup> IEA-SHC Task 33 and SolarPACES Task IV: Solar Heat for Industrial Processes – Medium Temperature Collectors. State of the art within task 33. Subtask C.



**Figure 2. Solar thermal energy applications distributed by region, area installed in 2009<sup>5</sup>**

Under the IEA-SHC Task 33, several new development activities<sup>6</sup> for medium temperature process heat collectors have been carried out. To give a short overview on these developments, three categories are introduced:

- Vacuum tube collectors and improved flat-plate collectors: double-glazed flat plate collectors with AR glazing and hermetically sealed collectors with inert gas fillings, or a combination of both. These collectors are installed in a fixed orientation; no sun-tracking system. Full utilisation of the global solar radiation.
- Stationary (i.e. non-tracking) low-concentration collectors: stationary CPC type collectors. The concentration factor is low (approx. 1.5 to 2) in order to avoid sun-tracking. The acceptance angle of the concentrating reflectors reduces the utilisation of the solar radiation.
- Concentrating tracking collectors: parabolic trough, Fresnel collectors or Fixed Mirror Solar Collectors (FMSC) with small aperture widths. Only the direct solar radiation is used.

The current PV/T market is very small, but nevertheless, PV/T has good advantages concerning integration in buildings and the potential of significant market expansion in the near future. There is a potential market expansion<sup>7</sup>, considering that the EU targets for 2020 are set at 100 million m<sup>2</sup>

<sup>5</sup> IEA-SHC Solar Heat Worldwide 2011. Markets and contribution to the Energy Supply 2009.

<sup>6</sup> Booklet at [http://www.iea-shc.org/publications/downloads/task33-Process\\_Heat\\_Collectors.pdf](http://www.iea-shc.org/publications/downloads/task33-Process_Heat_Collectors.pdf) Subtask C SHC-IEA-Task 33.

<sup>7</sup> PVT Roadmap: A European guide for the development and market introduction of PV-Thermal technology. EU-supported Coordination Action PV-Catapult.

for solar thermal (corresponding to 70 GW<sub>p</sub> thermal) and 3 GW<sub>p</sub> for PV, this potential market is mainly found in the residential sector, but also can include municipalities, energy companies, sport facilities and hotels.

### 3 SOLAR RATING AND CERTIFICATION STANDARDS

Testing the thermal performance and quality of solar collectors has a relatively long history. The present European test standards were developed on the basis of ISO and ASHRAE standards that originate before 1990.

Most well-known test methods, such as ISO9806-1 and EN12975-2, are under steady-state conditions to test the collector thermal performance. These steady-state test methods require strict stable testing conditions. The concentrating collectors are mentioned at the ASHRAE 93-77, ISO9806-1 and EN12975-2 standards. See the comparison table for the existing standards at chapter 10.

#### 3.1 International Standard ISO 9806

The ISO 9806 standard consists of the following parts, under the general title test methods for solar collectors:

- Part 1: Thermal performance of glazed liquid heating collectors including pressure drop
- Part 2: Qualification test procedures
- Part 3: Thermal performance of unglazed liquid heating collectors (sensible heat transfer only) including pressure drop

The ISO 9806 Part 1 provides test methods and calculation procedures for determining the steady-state and quasi-steady-state thermal performance of solar collectors. It contains methods for conducting tests outdoors under natural solar irradiance and for conducting tests indoors under simulated solar irradiance. It is not applicable to tracking concentrating collectors, only gives some information in the annex for special biaxial incident angle modifiers of parabolic-trough concentrating collectors.

The testing conditions for the thermal performance are:

- Collector inlet temperature variation less than  $\pm 0.1\text{K}$  during the specified time before and during each test
- Minimum difference temperature of 1.5K
- Ambient temperature  $t_a$  must vary less than  $\pm 1.0\text{ K}$
- $G > 800\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  and  $\Delta G$  no more than 3%
- $G$  measured with an incidence angle less than  $30^\circ$
- Flow rate variation less than 1%
- Wind speed between 2 and 4 m/s
- 4 equally spaced values of inlet fluid temperature

- The spectrum-weighted value of the transmittance-absorptance product at normal incidence must not differ more than 3% from the value of the transmittance-absorptance product calculated using the standard spectrum.

The ISO 9806 Part 2 is dedicated to the durability tests and applies to all types of solar collectors, including integral collector storage systems but excluding tracking concentrating collectors. It describes the following testing procedures:

- Internal pressure tests for absorbers
- High-temperature resistance test
- Exposure test
- External thermal shock test
- Internal thermal shock test for liquid-heating collectors
- Rain penetration test
- Freezing test
- Impact resistance test (optional)
- Final inspection

The ISO 9806 Part 3 establishes methods for determining the thermal performance of unglazed liquid heating solar collectors. It contains methods for performing outdoor tests under natural solar radiation and simulated wind and for performing indoor tests under simulated solar radiation and wind. It is not applicable to those collectors in which a thermal storage unit is an integral part of the collector and those collectors in which the heat transfer fluid can change phase, nor is it applicable to collectors affected by condensation of water vapour from the ambient air.

### 3.2 European Standard UNE-EN 12975-2

The most commonly used methodology is the steady state according to EN 12975-2 is applicable to glazed, unglazed and evacuated tube collectors. It allows two different test methods to determine the thermal performance: the steady-state (SS) and the quasi-dynamic (QD).

The steady-state method according to part 6.1 of this standard is applicable only to no-tracking collectors. This standard is not applicable to those collectors in which a thermal storage unit is an integral part of the collector and also is not applicable for qualification tests to tracking concentrating collectors, only the thermal performance test as given in clause 6.3 (quasi-dynamic testing) is applicable to most concentrating collector designs, from stationary non-imaging concentrators as CPCs to high concentrating tracking designs.

The collector is tested over its operating temperature range in order to determine its efficiency characteristic. Data points are obtained for at least four water inlet temperatures evenly spaced over the collector operating temperature range. Especially, one inlet temperature shall be selected in such a way that the average temperature in the collector lies within the range of ambient temperature  $\pm 3$  K, in order to obtain an accurate determination of the optical efficiency:  $\eta_0$ . At least four independent data points shall be obtained for each inlet temperature for outdoor test and 2 data points for indoor test.



The following testing conditions must be considered for both testing methods:

- Minimum temperature difference of 1K
- Ambient temperature  $t_a$  must vary less than  $\pm 1.0$  K (indoor) or  $\pm 1.5$  K (outdoor)
- Flow rate variation less than 1%
- 4 equally spaced values of inlet fluid temperature
- For the steady-state test method:
  - Collector inlet temperature variation less than  $\pm 0.1^\circ\text{C}$  during specified period
  - Data points variation  $\Delta G$  no more than  $50 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$
  - $G > 700 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$
  - $G_d/G < 30\%$
  - $G$  measured with an incidence angle less than  $20^\circ$  or for an angle which doesn't change the incidence angle modifier more than 2%
- For the quasi-dynamic test method:
  - Collector inlet temperature variation less than  $\pm 1^\circ\text{C}$  during the specified period
  - Incidence angle from  $20^\circ$  (or for an angle which doesn't change incidence angle modifier more than 2%) to  $60^\circ$ .
- The efficiency curve model is defined for the steady-state method as:

$$\frac{Q}{A} = F'(\tau\alpha)_{en} G_b - c_1(t_m - t_a) - c_2(t_m - t_a)^2$$

And for the quasi-dynamic state method as:

$$\begin{aligned} \frac{Q}{A} = & F'(\tau\alpha)_{en} K_{\theta_b}(\theta) G_b + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\theta_d} G_d - c_1(t_m - t_a) - c_2(t_m - t_a)^2 \\ & - c_3 u(t_m - t_a) - c_4(E_L - \sigma T_a^4) - c_5 \frac{dT_m}{dt} - c_6 u G \end{aligned}$$

The long-wave irradiance dependence of the collector is modeled in a similar way as described in the ISO 9806-3, for unglazed collectors testing, but here it is treated as a heat loss term. The coefficients in the previous equation are explained below:

$c_1$  heat loss coefficient at  $(t_m - t_a) = 0$  is modelled as  $F'U_0$  [ $\text{W}/(\text{m}^2 \text{K})$ ]

$c_2$  temperature dependence of the heat losses, equal to  $F'U_1$  [ $\text{W}/(\text{m}^2 \text{K}^2)$ ]

$c_3$  wind speed dependence of the heat losses, equal to  $F'U_u$  [ $\text{J}/(\text{m}^3 \text{K})$ ]

$c_4$  long-wave irradiance dependence of the heat losses, equal to  $F'_e$  [–]

$c_5$  effective thermal capacitance, equal to  $(mC)_e$  [ $\text{J}/(\text{m}^2 \text{K})$ ]

$c_6$  wind dependence of the zero loss efficiency, a collector constant [ $\text{s}/\text{m}$ ]

$K_{\theta d}$  incidence angle modifier (IAM) for diffuse radiation, a collector constant [–]

$K_{\theta b}(\theta)$  incidence angle modifier (IAM) for direct (beam) radiation [–]

For the steady-state test method when using a solar simulator and when testing collectors containing spectrally selective absorbers or covers, it is mandatory to check the effect of the difference in spectrum on the effective transmittance-absorptance product  $(\tau\alpha)$  for the collector.

This effect should be correct if the difference between the product  $(\tau\alpha)_e$  under the simulator and under the solar radiation spectrum (with an optical air mass AM1.5) differs by more than  $\pm 1\%$ .

The range for calculating this product is detailed (the measurement of the solar simulator spectral qualities shall be performed on the collector plane over the wavelength range between  $0.3 \mu\text{m}$  and  $3\mu\text{m}$  and shall be determined with bandwidths of  $0.1 \mu\text{m}$  or smaller. But it is not described how to measure the optical properties. An outdoor check of the optical efficiency  $\eta_0$  could be enough to control this effect.

According to this standard, the incidence angle modifier can be measured in steady state conditions with an incidence angle  $\theta \pm 2.5^\circ$ . The definition of the incidence angle modifier is in this case:

$$K(\theta) = \frac{\eta(\theta)}{\eta(0^\circ)}$$

The measurement is usually done at an angle  $\theta = 50 \pm 2.5^\circ$ . For conventional flat plate collectors, this angle will be sufficient. For some collectors with unusual optical performance characteristics, or if it is required for a simulation software, angles of  $20^\circ$ ,  $40^\circ$ ,  $60^\circ$  and others have to be determined too.

It can also be performed by the quasi-dynamic test method obtaining the parameter  $b_0$  assuming the following equation for the incidence angle modifier, mainly for the flat-plate collector, as described in e.g. ASHRAE 93-77.

$$K_{\theta b}(\theta) = 1 - b_0 \left[ \left( \frac{1}{\cos\theta} \right) - 1 \right]$$

For the asymmetrical collectors there is no equation but it is required to measure at different incidence angles (at least  $20^\circ$ ,  $40^\circ$ ,  $60^\circ$ ). For evacuated tubes or CPC collectors the incidence angle modifier is measured on the longitudinal and transversal planes separately and assuming that:

$$K_\theta(\theta) = K_{\theta_L} \cdot K_{\theta_T} \text{ and using the following correlation: } \tan^2(\theta) = \tan^2(\theta_L) + \tan^2(\theta_T).$$

The standard includes the following durability test procedures:

- Internal pressure
- High-temperature resistance
- Exposure
- External thermal
- Internal thermal
- Rain penetration
- Freeze resistance
- Internal pressure (retest)
- Mechanical load
- Impact resistance
- Final inspection

### 3.3 American Standard ASHRAE 93

This standard is for a steady state performance test and defines the following testing conditions for thermal performance:

- Ambient temperature ( $t_a$ ) less than 30°C
- $G > 790 \text{ W.m}^{-2}$  and  $G_d$  no more than 20%
- The efficiency formula is defined as:

$$\eta_g = \frac{\int_{T_1}^{T_2} m c_p (t_{f,e} - t_{f,i}) dT}{A_g \int_{T_1}^{T_2} G dT}$$

This standard gives a procedure for determining the collector incident angle modifier for non-concentrating, stationary concentrating and for single-axis tracking collectors. It gives the following formula for the collector incident angle modifier:

$$K_\theta = \frac{\eta_g}{\left(\frac{A_a}{A_g}\right) F_R (\tau\alpha)_{e,n}}$$
 for non-concentrating collectors

and:

$$K_\theta = \frac{\eta_g}{\left(\frac{A_a}{A_g}\right) F_R [(\tau\alpha)_e \rho\gamma]_n}$$
 for concentrating collectors

For a collector with isotropic behaviour:  $K_\theta = 1 - b_0 \left[ \left( \frac{1}{\cos\theta} \right) - 1 \right]$

### 3.4 American Standard ASTM E 905-87

The American standard ASTM E 905 – 87 (Standard Test Method for Determining Thermal Performance of Tracking Concentrating Solar Collectors) covers the determination of thermal performance of tracking concentrating solar collectors that heat fluids for use in thermal systems. It is applicable to collectors with a geometric concentration ratio of seven or greater but not applicable to fixed mirror-tracking receiver collectors or to central receivers, or to phase-change collectors.

This test method determines the thermal performance of tracking concentrating solar collectors that heat fluids for use in thermal systems for outdoor testing only, under clear sky and quasi-steady state conditions.

The testing conditions for the thermal performance are:

- Collector inlet temperature variation less than  $\pm 0.2^\circ\text{C}$  or  $\pm 1.0\%$  of the value of  $\Delta t_a$  whichever is larger, during the specified time before and during each test

- Collector difference temperature variation less than  $\pm 0.4^{\circ}\text{C}$  or  $\pm 4.0\%$  of the value of  $\Delta t_a$  whichever is larger, during the specified time before and during each test
- Before and during  $\Delta G$  and  $\Delta G_b$  no more than 4%
- Ambient temperature ( $t_a$ ) must vary less than  $\pm 2.0^{\circ}\text{C}$
- Mean  $G_b > 630 \text{ W/m}^2$  and min  $G$  y min  $G_b > 200 \text{ W/m}^2$
- $G_b$  measured with an angular field of view between  $5^{\circ}$  and  $6^{\circ}$ .
- 4 equally spaced values of inlet fluid temperature

The net rate of energy gain is defined as:  $\dot{Q} = \dot{m} c_f \Delta T$  and the efficiency formula as

$$R(\theta) = \frac{\dot{Q}}{E_{s,D} A_a}, \text{ but no model is provided for the efficiency curve.}$$

This standard also provides the test methods for determining the time response and the incident angle modifier. According to this standard the incidence angle modifier is expressed as:

$$K(\theta_{\parallel}) = \frac{R(\theta_{\parallel})}{R(\theta_{\parallel} = 0^{\circ})}$$

This equation is similar to other standards. The testing procedure requires measuring it with an angle accuracy of  $\pm 2.5^{\circ}$ . There are two different testing procedures (one for 2 axis tracking and the other for 1 axis tracking from  $\theta=0^{\circ}$  to  $\theta$  for which efficiency is one-half).

Determination of the angle range (aperture angle range) for which  $R > 0.98$ .

### 3.5 Global standards harmonization

The path to a common international standard for solar thermal collectors started when the CEN TC312 WG1 started revising the EN 12975 standard due to the approval of the QAIST<sup>8</sup> project, founded by the European Union within the IEE program in June 2009. At the same time the IEA-SHC Task 43 started its activities in order to disseminate and built consensus around the EN 12975 revision activities on a global level, also due to the ISO TC180 lack of activity during past years concerning the ISO 9806 revision. In October 2009 the ISO TC180 decided to closely follow the EN12975 revision process for a future ISO 9806 revision.

In April 2011, the CEN TC312 WG1 submitted to CEN a draft proposal for the EN 12975 revision and in August 2011 an ISO TC180 ballot resolved that the ISO 9806 standard will be based on the EN 12975 standard. The CEN TC312 WG1 decided to postpone the public enquiry of the EN 12975 revision in order to catch up with the ISO 9806 revision process. In September 2011, it was decided that the EN ISO 9806 will be developed under the Vienna Agreement with CEN lead establishing joint working groups from CEN TC312 and ISO TC180 to develop a common international standard for solar thermal collectors. It was also agreed to create a multi-part standard on collector components and materials, also under Vienna Agreement with some parts lead by CEN and others by ISO:

- ISO lead – Part 1: Evacuated tube durability and performance
- ISO lead – Part 2: Heat pipes for evacuated tubes - Durability and performance
- CEN lead – Part 3: Absorber surface durability and other parts to be considered like glazing and insulation materials

The date of availability for the new EN ISO 9806 standard will be around June 2013. This international standard will pave the way towards a global certification scheme for solar thermal collectors.

## 4 PARAMETER DEFINITIONS

New parameter definitions covering the type of collectors considered within the subtask A have been commonly agreed and developed within the IEA-SHC Task 43, the CEN TC312 WG1, the solar thermal electric plants subcommittee from AENOR (Spain) and revised by Jean-Marc Suter former convenor of the ISO TC180 WG1. The definitions should be general enough to cover the different collector technologies allowing a fair comparison of their thermal performance test results. Most of the definitions are dealing with concentrating collector terms are mainly applicable to line-focus collectors due to the difficulty of having broad definitions which also cover central receiver systems (out of the scope of testing standards).

---

<sup>8</sup> QAIST: Quality Assurance in solar thermal heating and cooling technology. <http://www.qaist.org>

The main criterion used for the definition proposals was to maintain the ISO 9488 definitions as far as possible and new terms not present in the ISO 9488 are taken mainly from existing standards or technical papers:

- Standards:
  - EN ISO 9488:1999 Solar Energy Vocabulary
  - ISO 9806-1:1994 and ISO 9806-2:1994
  - ASHRAE 93-2003
  - CAN-CSA-F378-87(R2004)-Collectors-2412326
  - ASTM E905 - 87 (2007)
  - SRCC OG 600
- Technical papers:
  - Lüpfer, Paper\_Standards\_Oxaca-draft227
  - Biggs,1979 / Duffie,1980 / Falcone and Kistler,1986 / Montes-Pita,2008
  - Stine,2001 / Forristal,2003 / SAM,2009
  - Eickhoff,2002 / Fisher,2004 / Perers,1997

A new set of definitions has already been included in the EN 12975 revision and this set will be also included in the next ISO 9488 Solar Energy vocabulary. The terms included in this set are the following ones:

Acceptance angle, Cleanliness factor, Collector optical axis, Collector rotation axis or tracking axis, Collector useful power, Combined assembly, Concentrator, Concentrator axis, Cosine loss, End effects, Fail-safe, Incident angle modifier, Intercept factor, Longitudinal angle of incidence, Longitudinal plane, Maximum operating temperature, Minimum acceptance angle, Module, Nominal collector power, Near-normal incidence, Non concentrating collector, No-Flow condition, Outgassing, Optical efficiency or zero loss efficiency, Passive, Peak efficiency, Peak optical efficiency, Peak power, Quasi-dynamic test, Rated Performance, Receiver aperture, Receiver efficiency, Reconcentrator, Reflector or Reflective Surface, Rim angle, Shadowing, Site assembled collector, Specular reflectance, Spillage, Sunshape, Thermal performance, Tracking angle, Transversal angle of incidence, Transversal plane, Trigger or safety activation temperature.

## 5 LOW-TO-MEDIUM TEMPERATURE COLLECTOR TEST PROCEDURES

It has been already mentioned that there are different test methods for solar thermal collector characterization and certification. The main ones are the American standard ASHRAE 93-77, the international standard ISO 9806-1 and the European standard EN12975-2. Those procedures test the reliability and the efficiency of solar thermal collectors. The thermal performance characterization test methods for solar collectors are different mainly in the duration time of the testing period, the testing conditions, and the mean temperature of the working fluid.

### 5.1 Flat plate collectors

Flat-plate solar collectors absorb solar radiation and transfer the energy to a working fluid, without concentrating the incident radiation before the absorption, hence using both the direct and diffuse solar radiation.

The main components are the transmission cover, the absorber plate with high absorptance and low emittance layer and the casing with insulation behind the absorber plate. The transparent cover is used to reduce convection losses from the absorber plate through the restraint of the stagnant air layer between the absorber plate and the glass. It also reduces radiation losses from the collector as the glass is transparent to the short wave radiation received by the sun but it is nearly opaque to long-wave thermal radiation emitted by the absorber plate.

A flat-plate collector has a large heat absorbing area, however it has the highest heat loss of all collector types; that is why it is usually limited to low temperature applications, usually less than 80°C. This collector does not require sun-tracking and it is fixed on a structure with an optimum tilt angle (which is approximately the location latitude) and oriented directly facing the equator.

### ***5.1.1 Current standards and certification procedures***

The main applicable standards are: ISO 9806-1, EN 12975 and ASHRAE 93 which have been already described in chapter 3.

### ***5.1.2 Gaps and open questions***

The exposure test according to the European standard has been under a lot of debate, mainly due to its inability to maintain uniform test conditions all over Europe. The exposure tests over 30 days according to the European standard EN-12975-2 are still in question.

The rain penetration test according to the European Standard has 3 different criteria to define if a collector passes or fails this test (by weighing the collector, by means of humidity measurement or by means of estimating the condensation level). Those 3 different criterions do not guaranty uniform testing conditions all over Europe labs.

Existing test procedures for performance testing of collectors - for certain types of collectors - do not give correct performance characterisation with "non-typical" flow rates.

### ***5.1.3 Testing approaches***

#### CEN/TC312

The French laboratory CSTB for example recommend for this accelerated ageing test to extend the exposure period from 6 to 12 months, but this proposal has the disadvantage to be highly time consuming. Another solution is the adaption of the Australian Standard AS/NZS 2535.1 which describes a short period improved exposure test.

Most participants in the EU NEGST project have the opinion that one year is a too long testing period and recommend to further investigate the possibilities for using a test procedure similar to the Australian short term procedure. According to the last resolution 6/2007, taken by CEN/TC

312, on 2007-10-15 & 16, Nicosia / Cyprus, the performance of flat plate collectors at non typical flow rates should be also studied.

### 5.2 Evacuated tube collectors

Evacuated tube collectors (ETC) consist of an absorbing surface mounted in a vacuum glass tube to eliminate convection heat loss. This collector is composed of an array of glass evacuated tubes using water as working fluid.

Types of evacuated tube collectors:

- Single glass tubes
- Double glass tubes
- ETC with direct connection
- ETC with heat pipe connection

**Table 1. Specific features relevant to all types of ETCs<sup>9</sup>**

Specific feature	Implication on testing or system design
The comparatively low heat losses resulting in high stagnation- and maximum operation temperatures	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Difficult to determine efficiency at high temperatures with good accuracy</li> <li>• Difficult to determine unambiguous stagnation temperature</li> <li>• Special attention required in system design in order to avoid thermal stress on the heat transfer fluid</li> </ul>
The non planar shape of the collector surface, either it is fitted with a reflector or not	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Difficult to determine proper loads for mechanical load tests</li> <li>• Bi- or multi axial incidence angle modifiers need to be determined in performance testing</li> </ul>
The frequent use of (external) reflector mirrors	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Highly exposed component having a high influence on the performance but not being assessed in present test standards</li> <li>• Difficult to assess the long term effects on the collector output</li> </ul>
The fragile structure of the vacuum tubes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impact resistance testing required in some regions</li> </ul>
The fact that the performance is heavily dependent on the quality (level, durability) of the vacuum	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Difficult to determine vacuum loss in connection to quality tests</li> <li>• Difficult to assess the long term durability of the vacuum</li> </ul>

#### 5.2.1 Current standards and certification procedures

There is no specific test standard for ETC, the testing methodologies used for ETC are standards which were first written with the flat-plate solar collectors in mind. In most of standards, it is not considered the geometric and thermal specific behaviour of these collectors.

The main difference between ETC and flat-plate collector in the European standard EN 12975-2 involves the incidence angle modifier measurement.

<sup>9</sup> Recommendations on testing evacuated tube collectors (ETCs). EU NEGST WP4 document D2.1.b at <http://www.swt-technologie.de/html/publicdeliverables3.html>



Evacuated FPC and ETC for water heating applications at temperatures under 100°C can be tested under the ISO 9806-1. But in order to test their efficiency at low radiation levels, the test procedures for ETC are performed with quasi-dynamic methods.

### **5.2.2 Gaps and open questions**

There are still gaps in the definitions and specifications of the ETC. As well as lacks in the thermal performance model, the capacitance determination, the mechanical load, the impact resistance, the freeze testing of heat pipes and the durability of the glass to metal seal.

The slope of the efficiency curve for an evacuated collector is low resulting from the elimination of convective heat losses. The efficiency model is not accurate, for example, for double-glass evacuated tube collectors and the measurement of the absorber temperature is difficult to perform in practice.

The evaluation of thermal capacitance is not really accurate. With the calculation method, according to chapter 6.1.6.2, it is underestimated and with the quasi-dynamic test it is overestimated.

The mechanical load test is not performed for evacuated tubes without reflectors by most of European laboratories, although it is advisable for snowy regions to realize the positive load test. For example, it can be used some wood pellets to simulate snow behaviour (see NEGST Project).

The impact resistance test is also not well-defined for tube with ice ball or steel balls.

Finally the problems related with vacuum losses are not tested at all under the available standards. This should be an important quality parameter to control.

### **5.2.3 Testing approaches<sup>10</sup>**

- Study possible new models for efficiency curve.
- Define the incidence angle and location impact for hail ball impact tests.
- Define a test method to control vacuum losses
- Thermal capacitance modelling of ETCs has been reviewed in the Eurosol project and will be taken into consideration in the revision of EN 12975.
- For IAM test, there are some difficulties for heat-pipes (In most tests methods it is difficult to obtain 50° longitudinal angle: In simulator because it needs a really good collimation; in sun-tracker because of the changing tilt; In equator-facing test bench because of minimum tilt)

## **5.3 Polymeric material collectors**

Conventional solar collector systems are based on materials (e.g. copper) with limited availability. The material supplies will not be large enough to cover up for the expected growth in solar thermal

---

<sup>10</sup> NEGST WP4 document D2.1.b at <http://www.swt-technologie.de/html/publicdeliverables3.html>

installations. These issues demand the introduction of new materials, of which polymers seem to have a strong preference in all respects. Polymers reveal a large cost reduction potential due to mass production, reduction in weight, freedom in structural and functional design and the potential to lead to a breakthrough for solar thermal energy production.

Polymeric collectors had a market share of 17% of the worldwide solar heating capacity in operation in 2007<sup>11</sup>, which are almost exclusively unglazed absorbers for swimming pool heating. The USA represents the largest market for polymeric pool absorbers with a power production of 25.1 GW<sub>th</sub> in operation at the end of 2007. Pool absorbers are applicable in the low temperature range. In order to meet the requirements from the market for heating applications in the medium and high temperature range, the introduction of new polymeric materials and technology is essential. New materials can only be applied if the service-life is comparable to those in conventional products.

Unglazed absorbers in polymeric materials for (outdoor) swimming pool heating have been successfully in the market for more than 20 years. But there are a few commercial glazed collectors with polymeric absorbers. These are mostly designed for low-pressure systems, which are open vented and have pure water without antifreeze additives as heat carrier. Depending on the application polymeric absorbers have different design criteria to the solar collector system than conventional, metal-based absorbers; some designs have a built-in overheat/freezing protection mechanisms for the solar collectors, e.g. drain-back technology, ventilation or other designs to avoid thermal stagnation or freezing of the heat carrier in the solar loop.

The application of polymeric materials opens for new production techniques, allows new types of shapes and e.g. smart snap-designs. Many examples exist where polymeric collectors due to shape, design or simply due to the material have an added value due to its building integration, replacing conventional materials and producing thermal energy.

The applications of polymeric materials as collector components include:

- Unglazed absorbers, with high market penetrations as pool absorbers of rigid, extruded sheets of polypropylene (PP) with intrinsic channels, or with pipe structure are plain polyethylene (PE) pipes, etc.
- Glazing, which has to sustain the temperature gradient between the collector inside and the ambient temperature, solar irradiation, load of weather impacts due to wind, snow, hail and rain. Comprehensive work on the durability of polymeric glazing has been performed, in Subtask C of IEA-SHC Task 39, UV-resistant, thermotropic and anti-soiling coatings for polymeric surfaces are studied.
- Glazed absorbers, for example, a thermosiphon collector with blow-moulded absorber of PE, a flat-plate collectors with 10 mm PC twin-wall sheets as collector cover or modular

---

<sup>11</sup> IEA-SHC Solar Heat Worldwide. Market and contribution to the Energy Supply 2007

systems of polymeric or hybrid-polymeric collectors, which are available in various lengths and designed for replacing conventional roof- or facade covers.

- Integrated storage collector (ICS), for example, ICS with polypropylene casing and transparent insulation of cellulose triacetate, a moulded storage container in polyethylene, glazing in polycarbonate and heat exchanger in copper or a cylindrical tank under a transparent dome of PMMA with an inner, upper shell of PC and an outer, rear shell of HD-PE.
- Collector frame, low weight and easy installation are some of the major advantages of polymeric materials for collector frame and casings.

### ***5.3.1 Current standards and certification procedures***

ISO 9806 and ASHRAE 93 standards can be used, but their tests methods are not suitable for solar water heaters with an integrated storage system.

The standard EN 12975 can also be used but is of limited scope for polymeric innovations and is not suitable for solar water heaters with an integrated storage system. Five possible limitations of EN 12975 regarding polymer innovations follow. (1) In the performance test, the quadratic performance equation fails to represent thermal step change panels using thermochromics or thermostatic air vents. In the durability test, the limitations are: (2) description of polymers as organic, thus excluding silicone rubber which is inorganic; (3) use of absolute instead of functional pass-fail criteria, overlooking the flexibility of polymers; (4) incorrect test assumption that the peak pressures in water filled freeze tolerant collectors coincide with high temperature stagnation, when instead peak pressures may occur under freezing conditions; (5) the exposure test requires dry panels to stagnate for 30 days, but some polymer panels are continually pumped at high temperatures (and they dump heat to prevent boiling at low light levels).

### ***5.3.2 Gaps and open questions***

Thermal stagnation and risk for overheating is generally aimed to be avoided in any collector systems if these have metal-based or polymeric collectors. The intention with a built-in overheating mechanism for polymeric collectors is to be able to use low-cost commodity plastics in glazed collectors. Here are listed several overheating control strategies:

- Natural or forced ventilation of the collector between absorber/glazing or absorber/thermal insulation can be used for the overheat protection of polymeric collectors.
- Functional materials / thermotropic coatings switch from transparent to opaque at a critical temperature for the absorber material  $T_c$ . The coating can be applied on the glazing and reduces the transmittance or on the absorber and reduce the absorptance for temperatures above  $T_c$ .
- Another principle for the overheat protection is the change of refraction index of the collector glazing by a simple mechanism that reduces the solar radiation transmittance

To justify the high investments for a solar thermal system, generally a long lifetime in the range of more than 20 years has to be ensured. However, up to now most producers of polymeric glazing

materials do not present reliable data on the ageing performance of their products over such a long time period.

### **5.3.3 Testing approaches**

The weathering<sup>12</sup> properties of PMMA were in the range of glasses or even slightly better. Contrarily, material degradation was observed for PC, PET, PVC and UP. Soiling was strongly dependent on the exposure site and the glazing material. At the sub-urban site of Rapperswil (CH) a significant loss in solar transmittance in the range of 3-15% was measured. For the investigated fluoropolymers surprisingly high losses in transmittance (ETFE) or tendency for soil accumulation (FEP, PVF) was observed.

EU NEGST project recommends considering as a basis for potential future standardisation work the Swedish SP-method<sup>13</sup> focused to plastic- and rubber components in solar collectors. It focuses primarily on absorbers, reflectors, cover glazing and frames. The method can however with certain adjustments be applied to other polymeric material components, such as pipe systems and sealings. The purpose of the method is to ensure a 15-year lifetime of the components by lifetime analysis of included materials regarding mechanical characteristics, absorption and transmittance. The method is also intended to, in combination with other requirements, be used as a basis for P-marking of solar collectors.

## **5.4 Actions**

As already explained in the chapter 3.5 the new EN ISO standard for collector testing has been lead and supported by the EU project QAI<sup>14</sup>. This project has contributed to the new EN ISO standard with the following working topics:

- Extension of the standard scope to cover also medium temperature collectors (tracking/concentrating collectors) by setting up new definitions, clarifying the performance test conditions (based on the quasi-dynamic test method) and including durability and reliability tests procedures
- Clarification and strengthening of durability and reliability requirements of the following test methods:
  - Exposure test: which has been reorganised in order to be more flexible and allowing to perform part of the test indoors to reduce the testing time
  - Rain penetration test: the methodologies have been reduced to two accepted methods only. First is applying the weighing procedure as it was already defined in

---

<sup>12</sup> F. Ruesch, S. Brunold, Ageing Performance of Collector Glazing Materials – Results from 20 Years of Outdoor Weathering. 338 - Eurosun 2008 Proceedings.

<sup>13</sup> Polymeric materials in solar collectors - Test methods and technical requirements", Department of Chemistry and Materials Technology Borås 2004, Leo Spilg

<sup>14</sup> QAI<sup>14</sup>: Quality Assurance in solar thermal heating and cooling technology. <http://www.qaist.org>

the EN 12975. Second is to do the rain penetration test at the end of the test run and apply a final inspection subsequently. A more accurate procedure for the spraying (nozzles, positions, etc) has been defined.

- Mechanical load test: the test procedure is still under development, but a first clarification of the load level applied has been developed and it has been harmonised according to the IEC 61215 standard
- Impact resistance test: It has been defined as mandatory, and allows both testing methods (steel and ice ball) even if they are not directly comparable. The ice ball method has been also harmonised according to the IEC 61215 standard
- Freezing resistance test: no big change to the testing procedure but it has been demonstrated that it is highly recommended to perform this test to heat-pipe collectors
- Internal pressure test
- Final inspection: definition and clarification of the test criteria
- Harmonized collector energy output calculations
- Extension of the scope of the standard to cover air heating collectors
- Harmonized CE marking, fire safety and weather tightness

ISO TC 180 has recently started a new work item for a multi-part standard on collector components and materials:

- Part 1: Evacuated tube durability and performance
- Part 2: Heat pipes for evacuated tubes - Durability and performance
- Part 3: Absorber surface durability based on the draft from IEA-SHC Task X.

For further information on this topic, see the IEA-SHC Task 43 White Paper on Low-to-Medium Temperature Collectors.

## 6 AIR HEATING COLLECTOR TEST PROCEDURES

### 6.1 Introduction

Solar air systems are a promising technology in the active use of solar energy for heating but they have not yet entered the market with significant rates. As main barrier for a wide dissemination of solar air systems appears the lack of information and confidence on how these systems will perform. Testing of the respective components is therefore essential. Such tests should be reproducible and acknowledged, but up to now no common international standard exists for solar air collectors.

Air collector testing measurements of air-temperatures and air mass flows requires much higher effort for obtaining satisfactory accuracies. Moreover, leakage, the air flow pattern inside the collector and the much lower heat transfer from the absorber to the heat transfer medium are further complex affects. The assembling of the air system components, the way how the components are connected, how the system is operated are all very decisive factors for the efficiency of the whole air system.

### 6.2 Current standards and certification procedures

Some standardised testing procedure exists so far:

- The Italian Standard UNI 8937
- The US-American Standard ASHRAE 93-2003
- The Canadian Standard CSA F378.2: air heating solar collectors, released in September 2011

The UNI 8937 only gives an idea of how air collectors tests can be carried out, but does not detail the specific problems of solar air systems.

The ASHRAE 93-2003 is already a usable standard but since it describes procedures for testing of both liquid and air collectors it does take into account all possible variations of solar air collectors and leaves some uncertainties.

An outdoor transient test method has been included in the British Standard DD77<sup>15</sup>.

Starting a standardisation process for testing solar air collectors was already discussed in the Technical Committee 180 of the International Standardisation Organisation (ISO), but no further steps were taken.

The recently published CSA F378.2 standard applies to solar collectors that use air as a heat transfer medium including the following collector types:

- glazed closed-loop recirculated air heating solar collectors
- unglazed closed-loop recirculated air heating solar collectors
- glazed open-loop ambient air heating solar collectors
- unglazed open-loop ambient air heating solar collectors

### 6.3 Gaps and open questions

The EU NEGST draft-standard does not include:

- Procedures for unglazed solar thermal systems, and regarding air collectors with polymeric materials
- Stagnation temperature
- Time constant
- Pressure drop
- Incidence angle modifier (IAM)

Required new testing procedures

*Internal pressure tests for collectors:*

- How relevant are pressure tests for air collectors?.

---

<sup>15</sup> T.Oreszczyń, B.W.Jones, A transient test method applied to air heating collectors. Solar Energy Vol. 38," No. 6, pp. 425-430, 1987.

- Is it possible to reach relevant over pressure under real conditions?
- Internal pressure test may be dropped for open absorbers (i.e. transpired air collectors)

### *Fluid inlet temperature:*

- Air collectors in combination with heat pumps can have an inlet temperature range starting at -20°C.
- How relevant are these testing conditions for air collectors?
- Is it applicable to chill down the testing environment to -20°C?

### *Wind dependency*

For collector testing, it is essential to find out the wind dependency of a collector. Some collectors, especially uncovered, but also collectors with the air flow directly under the cover are strongly dependant on the wind speed. Recommendations for the wind simulation in the test bench can be found in the existing standard for testing water collectors.

Further research, on the impacts of the surrounding air speed, is needed for redefining the surrounding air speed requirement of the current draft or even defines new test procedures to determine the wind dependency in order to have a standard covering the needs of all stakeholders.

## **6.4 Testing approaches**

### **6.4.1 IEA Task 14: Advanced active solar systems**

The Air Systems Working Group of the IEA SHC Task 14 Advanced Active Solar Systems concentrated their study and improvement of a type of air-heating collector called the unglazed perforated-absorber collector, this type of collector was developed and initially used for preheating ventilation air in large industrial buildings. The air to be heated is drawn from outdoors through the distributed small holes of the absorber plate and it is mixed with some indoor air in order to maintain a set delivery temperature and then is distributed to the building interior.

### **6.4.2 IEA Task 19: Solar air systems**

Within the IEA-SHC Task 19 "Solar Air Systems" more than twenty experts from nine countries, worked together investigating on series produced solar air collectors, done by Arsenal Research in 1999 (Fechner 1999). Seven long time proven products as well as prototypes from seven different countries, mainly from Europe but also from Canada and Australia have been tested. The main topics of development, investigation and research during this project have been:

- Development of a steady state testing procedure for solar air collectors, suited for all types
- Discussion on physically correct and proper efficiency presentations
- Development of different performance descriptions adequate for all common operation modes
- A comparison of available series-produced products
- Investigation of the technical behaviour of different types of air collectors
- Recommendations for an optimised utilisation of solar air collectors

- Recommendations for improvements of tested products
- Adaptation of the existing solar-laboratory-facilities for testing solar air collectors

### **6.4.3 NEGST draft-standard<sup>16</sup>**

Within the EU project NEGST, a draft-standard for testing solar air collectors based on existing standards has been developed. This draft provides test methods and calculation procedures for determining the steady-state thermal performance of glazed air heating solar collectors.

It specifies test methods for determining the ability of a solar air collector to resist the influence of degrading agents. It defines procedures for testing collectors under well-defined and repeatable conditions and contains methods for conducting tests outdoors under natural solar irradiance and natural and simulated wind and also for conducting tests indoors under simulated solar radiation and wind.

## **6.5 Actions**

The lack of an air collector testing standard has caused problems among manufacturers competing with slightly different solar air heating technologies to prove the quality of their products in order to have access to different solar thermal national subsidy programs. To remedy this situation, and to create a uniform system of test standards, a draft extension to the EN 12975 standard to cover solar air heating collectors was developed within the CEN/TC 312 WG1 by Fraunhofer ISE and proposed to the standardization committees at the end of 2010. The text is based on the ANSI ASHRAE 93 standard, but it was further developed. Since the beginning of 2011, the draft is in the comment phase and expected to be finally approved as part of the new EN 12975 standard in autumn 2012.

In a lot of aspects, solar air heating collectors can be tested in the same way as water heating collectors. The rainwater penetration, exposure, high-temperature resistance, external thermal shock, mechanical load and stagnation temperature tests as well as the final inspection can be applied in the same way as for water heating collectors.

However, some durability and reliability tests have to be modified for solar air heating collectors. The thermal performance test, the determination of the IAM (Incident Angle Modifier) and collector capacity, the internal thermal shock test and the internal pressure test must be adapted.

The pressure drop test is optional for water heating collectors, but it should be mandatory for air heating collectors. Unlike water heating collectors an air heating collector is usually not fully air tight. Therefore the classical tightness test is not appropriate. Since the leakage rate has a strong influence on the collector performance, it must be taken into account in the performance evaluation and thus has to be measured. In addition, the determination of the maximum start temperature is mandatory for solar air heating collectors, but not considered relevant for water heating collectors.

---

<sup>16</sup> NEGST WP4 document D2.1 at <http://www.swt-technologie.de/html/publicdeliverables3.html>



In parallel to the European activities, the CSA F378.2 standard for solar air heating collectors was developed and published in Canada in 2011 for the comment phase. It is also based mainly on the ANSI ASHRAE 93 standard, but with several functional test details added, similar to the EN 12975 new draft. A summary of the tests covered by the three standards is given in Table 2.

The CSA F378.2 standard supports the convergence of the "American" and "European" method and is intended to come into force by mid-2011.

**Table 2. Standards and tests for solar air heating collectors**

	pr EN 12975-1: 2011	ANSI ASHRAE 93, 2003	CSA F 378.2, 2011	CEN-ISO 2012
<b>Thermal Performance</b>				
1) Thermal Efficiency	✓	✓	✓	✓
2) Incident Angle Modifier	✓	✓	✓	✓
3) Collector Capacity	✓	✗	✗	✓
4) Collector Time Constant	✓	✓	✓	✓
<b>Durability and Reliability Tests</b>				
1) Internal Pressure	✓	✗	✓	✓
2) High-Temperature Resistance	✓	✗	✓	✓
3) Exposure	✓	✗	✓	✓
4) External Thermal Shock	✓	✗	✓	✓
5) Internal Thermal Shock	✓	✗	✗	✓
6) Rain Penetration	✓	✗	✗	✓
7) Mechanical Load	✓	✗	✓	✓
8) Stagnation Temperature	✓	✗	✗	✓
9) Maximum Start Temperature	✓	✗	✗	✓
10) Leakage Test	✓	✓	✓	✓
11) Pressure Drop	✓	✓	✓	✓
12) Final Inspection	✓	✓	✓	✓

The extension for air heating collector draft of EN 12975 is limited to covered collectors, since the test methods for non-covered air heating collectors is not fully developed yet. However, Fraunhofer ISE is working on a subsequent draft extension, which shall be presented to the standardization committees by mid 2012. A summary of the solar collector types covered by the different standards is given in Table 3.

**Table 3. Solar collector types, which are covered by the different standards**

	pr EN 12975-1: 2011	ANSI ASHRAE 93, 2003	CSA F 378.1,2, 2011	CEN ISO in 2012
<b>Water Collectors</b>				
Covered	✓	✓	✓	✓
Uncoverd	✓	✗	✓	✓
<b>Solar Air Heaters Open Loop</b>				
Covered	✓	✓	✓	✓
Uncoverd	✗*	✗	✓	✓
<b>Solar Air Heaters Closed Loop</b>				
Covered	✓	✓	✓	✓
Uncoverd	✗*	✗	✓	✓

In Table 2 and Table 3, the CEN-ISO 2012 standard is also mentioned as a goal for a worldwide, unified solar air heating standard. Some important steps to achieve this goal have already been described. The setting of a joint working group of ISO and CEN under the Vienna agreement was done in September 2011. A unified CEN-ISO standard for solar air heating collectors is ready to be published for comments and could even be approved by the end of 2012 or the beginning of 2013.

For further information on this topic, see the IEA-SHC Task 43 White Paper on Air Heating Collectors.

## 7 CONCENTRATING COLLECTOR TEST PROCEDURES

There are basically two types of concentrating solar thermal collectors: stationary (like CPC) and sun-tracking. A sun-tracking concentrating solar collector usually has reflecting or refracting surfaces to focus the sun beam radiation into a smaller receiving area, thereby increasing the radiation flux. The main testing procedures in standards are usually developed for non-concentrating and stationary collectors.

### 7.1 Current standards and certification procedures

#### 7.1.1 Collector performance test methods

##### American Standard ASHRAE 93

This standard considers the concentrator in the definitions and the incidence modifier angle test. It describes the different incident modifier angle behaviour for particular collectors, in part 8.2.3.1 "Collectors requiring more than one Incident angle modifier" and Annex G. It gives an efficiency model especially for concentrating collector which considers the fraction of specularly reflected radiation from the reflector and the reflectance of a reflecting surface.

$$\begin{aligned}\eta_g &= (A_a/A_g)F_R[(\tau\alpha)_e\rho\gamma - (A_r/A_g)U_L(t_{f,i} - t_a/G_{bp})] \\ &= \dot{m}c_p(t_{f,e} - t_{f,i})/A_g G_{bp}.\end{aligned}$$

##### International Standard ISO 9806-1

This standard is clearly not applicable to tracking concentrating, only gives some information in the annex for special biaxial incident angle modifiers of parabolic-trough collectors.

##### American Standard ASTM E 905 – 87

The standard ASTM E 905 – 87 (Standard Test Method for Determining Thermal Performance of Tracking Concentrating Solar Collectors) covers the determination of thermal performance of tracking concentrating solar collectors that heat fluids for use in thermal systems. It is applicable to collectors with a geometric concentration ratio of seven or greater but not applicable to fixed mirror-tracking receiver collectors or to central receivers, or to phase-change collectors.

This test method determines the thermal performance of tracking concentrating solar collectors that heat fluids for use in thermal systems for outdoor testing only, under clear sky and quasi-steady state conditions.

##### European Standard UNE-EN 12975-2

This standard is not generally applicable to tracking concentrating collectors, only the thermal performance test as given in clause 6.3 (quasi dynamic testing) is applicable to most concentrating

collector designs, from stationary non-imaging concentrators as CPCs to high concentrating tracking designs.

Part of the solar radiation measurement has to be adjusted in case of a tracking collector, and a pyrheliometer must be used to measure beam radiation.

For solar collector with sun-tracking for high concentration, the value  $K_d$  could be neglected if during the t-value identification at the first regression it is found not significant (t-value < 2). So for high concentration  $K_{\theta d} = 0$  and  $K_{\theta b} = 1$ .

$$\frac{Q}{A} = F'(\tau\alpha)_{en} G_b - c_1(t_m - t_a) - c_2(t_m - t_a)^2 - c_3 u(t_m - t_a) - c_4(E_L - \sigma T_a^4) - c_5 \frac{dT_m}{dt} - c_6 uG$$

Moreover, the value  $c_3$ ,  $c_4$  and  $c_6$  could be set to 0 if its t-value identification are found not significant too, and reducing the model.

$$\frac{Q}{A} = F'(\tau\alpha)_{en} G_b - c_1(t_m - t_a) - c_2(t_m - t_a)^2 - c_5 \frac{dT_m}{dt}$$

The steady-state test method (in clause 6.1) is generally not applicable for concentrating collectors.

### 7.1.2 Collector durability test methods

#### International Standard ISO

As it is said in the standard ISO 9806-1, it applies to all types of solar collectors, including integral collector storage systems with the exception of tracking concentrating collectors. In general none of the tests is applicable to a concentrating collector.

#### European Standard

The standard EN 12975-2 describes both the thermal efficiency tests and the durability tests for solar collectors. This standard applies to non concentrating collectors, the durability tests are not applicable to concentrator collectors with the exception of the thermal performance test.

#### Other durability standards.

That can be adapted for component durability issues:

- The standard EN 61701 applicable to photovoltaic (PV) modules specifies the module ageing test in a saline environment created from a dissolution in which the concentration of 5% of Chloride Sodium with an ambient temperature of 35°C, performed during 96 hours.
- The standard for salt spray tests ISO 9227 (Corrosion tests in artificial atmospheres).

#### International Standard IEC

The degradation factors from environmental stresses in service conditions need to be evaluated and measured to predict the component expected service life from the results of accelerating ageing tests.

The general standard IEC 60721<sup>17</sup> can be used as a starting point, this standard contains recommendations for classifying stress severity for various climatic, mechanical, chemical, biological and electrical environments.

Although some standards are applicable to photovoltaic (PV) modules, they could be also used for solar thermal collectors. The standard IEC 61215 is applicable to photovoltaic (PV) modules.

**Table 4. IEC 61215 tests and testing conditions**

Test	Testing conditions
UV degradation test	5 kWh/m <sup>2</sup> between 280 nm and 320 nm 15 kWh/m <sup>2</sup> between 280 nm and 385 nm
Thermal cycles test	200 cycles from -40 to 85 °C
Humid heat test	1000 hours 85°C, 85% HR
Hail impact test	Ice ball impact, 25 mm diameter and 23.0 m/s speed

The international standard IEC 62108 specifies the minimum requirements for the design qualification and type approval of concentrator photovoltaic (CPV) modules and assemblies suitable for long-term operation in general open-air climates as defined in IEC 60721-2-1. Those durability tests are similar to the standard IEC 61215 specific to photovoltaic modules.

**Table 5. IEC 62108 tests and testing conditions**

Tests	Testing conditions
Visual inspection (part 10.1)	Visual inspection No major visual defects
Electrical performance (part 10.2)	Outdoor, clear sky conditions DNI > 700 W/m <sup>2</sup> , wind speed < 6 m/s.
Thermal cycling test (part 10.6)	T <sub>c</sub> from -40 °C to T <sub>max</sub> . 500 cycles if T <sub>max</sub> = 110 °C, 1 000 cycles if T <sub>max</sub> = 85 °C, 2 000 cycles if T <sub>max</sub> = 65 °C,
Damp-heat test (part 10.7)	1 000 h at 85 °C and 85 % RH Or 2 000 h at 65 °C and 85 % RH
Humidity freeze test (part 10.8)	T <sub>max</sub> and 85 % RH for 20 h followed by 4 h cool down to -40 °C; 20 cycles if T <sub>max</sub> is 85 °C; 40 cycles if T <sub>max</sub> is 65 °C.
Hail impact test (part 10.9)	At least 10 shots of 25.4 mm diameter ice ball at 22.4 m/s on areas where an impact by hailstone falling from 45° around the vertical line is possible.
Water spray test (part 10.10)	1 h water spray on each of four orientations.
Mechanical load test (part 10.13)	2 400 Pa on front and back, 1 h each, total of 3 cycles
UV conditioning test (part 10.15)	Expose to UV accumulation of 50 kWh/m <sup>2</sup> . (This test could be combined with the outdoor exposure test of 10.16)

<sup>17</sup> IEC 60721, Classification of Environmental Conditions, International Electrotechnical Commission, P.O. Box 131, CH - 1211 Geneva 20, Switzerland.

Outdoor exposure test (part 10.16)	Expose to DNI accumulation of 1 000 kWh/m <sup>2</sup> when DNI > 600 W/m <sup>2</sup> .
------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------

### Australian Standard

The Standard AS/NZS 2714:2002 is applicable to solar collector and heat pump water heaters, the section 4 gives general requirements for the collectors and the section 6 explain testing procedures. The most relevant part for solar collectors is:

**Table 6. AS/NZS 2714 standard tests**

Tests	Clause
Pressure test	Clause 6.2.3
Stagnation test for collector	Clause 4.5
Structural strength of collector	Clause 4.11
Protection against ingress of water (container and collector)	Clause 3.7 and 4.7
Hail resistance	Clause 4.6
Protection against freezing	Clause 4.10

### **7.1.3 Component durability test methods**

#### Reflector test methods

There is no specific standard for the concentrator reflector of solar thermal collectors.

#### *Mirror reflectance measurement*

The Standard ISO 9050 (Glass in building — Determination of light transmittance, solar direct transmittance, total solar energy transmittance, ultraviolet transmittance and related glazing factors) gives details on the reflectance measurement that could be performed on reflector even if the scope is for glasses. The reflectance is measured between 300 nm to 2500 nm for quasi-parallel almost normal radiation incidence. For the measurements, the incidence angle on the sample shall be less than 10° from the normal to the surface, and the acceptance angle shall be less than 5°. The accuracy in reflectance measurement should be about ± 0,01.

The Standard ASTM E 424 – 71 test methods cover the measurement of solar energy transmittance and reflectance of materials in sheet form. The solar reflectance measurements  $\rho$  can be performed, according to this standard, using a spectroradiometer (method A) or a pyranometer (method B). With the method A, the reflectance is measured between 350 nm to 2500 nm. The solar reflectance is then calculated with normalized weighted ordinates energy intervals of twenty selected ordinates wavelength, as follows:

$$\rho = \sum_{\lambda=350\text{ nm}}^{\lambda=2500\text{ nm}} \rho(\lambda)E(\lambda)$$

The Standard ISO 9845-1 (Reference solar spectral irradiance at the ground at different receiving conditions) gives the spectral distribution of direct normal (with a 5,8° field-of-view angle) and hemispherical (on an equator-facing, 37° tilted plane with an albedo of 0,2) solar irradiance for air mass 1,5.

The Standard ASTM G173 – 03 gives tables for reference solar spectral irradiances: direct normal and hemispherical incident on a sun-facing plane tilted to 37° from the horizontal, in the

wavelength range 280 to 4000 nm. The data are related to the absolute air mass of 1,5 and the direct irradiance contains a circumsolar component for a field of view of 5,8° centred on the sun.

In all those Standards the procedure to calculate the solar reflectance is given based on the spectral reflectance measurements and weighted with solar energy, summarized as follows:

$$\rho(SW, \theta, \varphi) = \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \rho(\lambda, \theta, \varphi) E_{\lambda}(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E_{\lambda}(\lambda) d\lambda}$$

Where:

- $\rho(SW, \theta, \varphi)$  : solar weighted reflectance
- $\rho(\lambda, \theta, \varphi)$  : sample specular reflectance at a wavelength  $\lambda$ , with an incidence angle  $\theta$  and an acceptance angle  $\varphi$ .
- $E_{\lambda}(\lambda)$  : solar radiation spectral distribution at a wavelength  $\lambda$
- $\lambda_1$  : wavelength range lower limit
- $\lambda_2$  : wavelength range upper limit

For hemispherical reflectance measurement the acceptance angle  $\varphi$  is  $2\pi$  as all the reflected light is measured.

For concentrated solar power (CSP) applications it is more convenient to integrate the specular spectral reflectance curve over the direct normal solar spectral irradiances and for low temperature solar collector applications to integrate the hemispherical spectral reflectance curve over the global solar spectral irradiances.

The optical measurement is not specified in most of those Standards. However the SolarPACES report "Measurement of solar weighted reflectance of mirror materials for concentrating solar power technology with commercially available instrument" (Version 1.1 May 2011) makes a summary of the different techniques and commercial instruments used for mirror in CSP applications.

The main instrument to measure spectral reflectance is the spectrophotometer. This instrument is a photometer (a device for measuring light intensity) that can measure intensity as a function of the light source wavelength. Spectrophotometers are commonly used for measurements of transmittance, absorptance and reflectance of solutions and opaque materials making them effective for wide areas of application. To select the specific wavelength a monochromatic is used. The hemispherical reflectance is measured using an integrating sphere to detect all the diffuse light reflected by the sample. The diffuse light can be cut with a light-trap in the integrated sphere. As a results the spectral specular reflectance

$$\rho_s(\lambda) = \rho_h(\lambda) - \rho_d(\lambda)$$

The specular reflectance can also be measured directly without an integrating sphere But the accessories for the measurement of specular reflectance has a specific acceptance angle  $\varphi$  that should be well-defined. Generally, the acceptance angle is too large in CSP applications and so the information is lost but for low-temperature application it is enough.

Reflectometers are measurement devices that measure the intensity of the light source after reflection on a sample without spectral wavelength selection. Reflectometers that are equipped with integrating spheres may be suitable for hemispherical reflectance measurements if their sphere is large enough. The solar-weighted reflectance value achieved with a reflectometer utilizing only one or a few discrete wavelength bands as a light source is always an approximation with lower accuracy than the one which can be obtained with a spectrophotometer. Their capabilities are not suitable for evaluating the specular reflectance of solar mirror materials. It is important for CSP applications that the reflectometer measures the radiometric radiance of reflection.

### *Reflector accelerated ageing tests*

Based on the IEA (International Energy Agency) Task 27: Solar Building Facade Components: Final Report-Subtask B-Part2, IEA Solar Heating and Cooling Programme (2007), the accelerated ageing tests have been summarized in Table 7.

**Table 7. Screening testing for solar reflectors<sup>18</sup>**

<b>Degradation mechanism</b>	<b>Critical periods of high environmental stress</b>	<b>Suitable accelerated test methods and range of degradation factors</b>
Degradation of the protective layer	At high cumulative dose of solar irradiation, photooxidation, hydrolysis, acid rain	Weatherometer tests: ISO 4892 Plastics - Methods of exposure to laboratory light sources (UV, temperature and RH) Condensation test + irradiation SPART 14 - acid rain modification of SAE J1960, which is a weatherometer test ASTM G155-00ae1 Standard practice for operating xenon arc light apparatus for exposure of non-metallic materials
Corrosion of the reflecting layer	Under humidity conditions involving reflector water condensation	Salt spraying and hostile gases-SP method 2499 A, also corresponding to ISO/CD 21207 method A
Surface abrasion	Wind, hail, cleaning	ASTM D4060-01 Standard Test Method for abrasion resistance of organic coatings by the taber abraser ISO 11998:1992 Paints and varnishes - determination of wet scrub resistance and cleanability of coatings
Surface soiling	Moisture, dust, dirt	ASTM D3274-95 Standard Test Method for evaluating degree of surface disfigurement of Paint Films by microbial (fungal or algal) growth or soil and dirt accumulation
Degradation of the substrate	Moisture, pollutants, acid rain, hail	Hail: ASTM E822-92(1996) Standard practice for determining resistance of Solar Collector covers to hail by impact with propelled ice balls ASTM E1038-98 Standard Test Method for determining resistance of Photovoltaic Modules to hail by impact with propelled ice balls
Loss of adhesion of protective coating	Moisture, pollutants, acid rain, hail, icing, UV, Thermal expansion	Hail: ASTM E822-92(1996) Standard practice for determining resistance of Solar Collector covers to hail by impact with propelled ice balls ASTM E1038-98 Standard Test Method for determining resistance of Photovoltaic Modules to hail by impact with propelled ice balls EN 12975-2 cap 5.10 Impact resistance test Icing: Build up of ice layers MIL-STD 810 E, Method 521 Icing /Freezing rain ISO 2653, ice formation, Test C Frost appearance IEC 60068-2-39,Z/AMD, combined sequential cold, low air pressure and damp heat test Thermal expansion: IEC 60068-2-14, Test N, Change of Temperature

<sup>18</sup> Task 27: Solar Building Facade Components: Final Report-Subtask B-Part2, International Energy Agency Solar Heating and Cooling Programme (2007).

		MIL-STD 810 E, Method 503.3, Temperature shock: ISO 10545 - Part 9 Ceramic tiles determination of resistance to thermal shock
--	--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### Receiver test methods

There are no specific standards for the receiver (Heat Collecting Element) performance and durability tests.

#### *Thermal characterization*

The existing thermal characterization tests have different approaches and levels of testing complexity to obtain the thermal losses curve of a parabolic trough receiver. From the thermal losses test the receiver emittance can be obtained. According to the type of test bench used the thermal characterization methods can be:

- Outdoor test benches: Test benches using thermal oil loops for the performance test of a whole parabolic trough solar collector assembly (SCA) <sup>19</sup> like the LS3-HTF loop from PSA or a parabolic trough collector module mounted in a rotating test bench platform (with azimuth tracking) <sup>20</sup>. In both previous test benches the mass flow and the temperature difference between input and output are measured with the collector module oriented to the sky but in the shadow in order to determine the receiver thermal losses at a certain operating temperature.
- Indoor test benches which reproduce the receiver tube operating conditions in a controlled environment like a laboratory. The receiver operating temperatures are obtained by means of electrical heating sets which radiate the metallic absorber tube of the receiver. When temperature stationary conditions at a certain temperature are reached the electrical power supplied to the heating sets is equivalent to the receiver thermal losses at that temperature. Reproducing the test at different operating temperatures allows to obtain the characteristic receiver thermal losses curve and the thermal emittance for a temperature range from 100°C to 500°C. This testing procedure was developed by NREL<sup>21</sup> and adopted by other R&D test centers and receiver manufacturers, some of them already take part in the only intercomparison test performed up to now<sup>22</sup>.

<sup>19</sup> [19] V.E. Dudley, G.J.Kolb, M.Sloan, D.Kearney. "Test Results SEGS LS-2 Solar Collector". SAND94-1884, Sandia National Laboratories, December 1994

<sup>20</sup> P.Heller, M. Meyer-Grünefeld, M. Ebert, N.Janotte, B.Nouri, K.Pottler,C.Prahl, W.Reinalter, E.Zarza. "KONTAS – A Rotary Test Bench for Standardized Qualification of Parabolic Trough Components". SolarPACES 2011 - International Symposium on Concentrating Solar Power and Chemical Energy Systems. Granada

<sup>21</sup> F.Burkholder, C.Kutscher. "Heat Loss Testing of Schott's 2008 PTR70 Parabolic Trough Receiver". Technical Report NREL/TP-550-45633, May 2009

<sup>22</sup> S.Dreyer, P.Eichel, T.Gnaedig, Z.Hacker, S.Janker, T.Kuckelkorn, K.Simly, J.Pernpeintner, E.Luepfert. "Heat loss measurements on parabolic trough receivers". SolarPACES 2010 - 16th International Symposium on Concentrating Solar Power and Chemical Energy Systems. Perpignan, France



A part from the previous tests there several technical reports about the failures during operation of CSP plants and tests which complement the thermal loss curve like the vacuum level analysis or the use of different gases to reduce the receiver thermal losses<sup>23</sup>.

### *Optical characterization*

The existing optical characterization test methods for tubular receivers can be group in two categories: the destructive method and the non destructive method.

The destructive characterization method and the measurement equipments are based in the standard ASTM E424-71 and uses samples to measure the optical properties. Among the measurement devices the following ones can be highlighted:

- UV-VIS-NIR reflectance measurement equipment, able to measure at variable angle according to the ASTM standard.
- Far IR Fourier Transform measurement equipment with accessories to measure reflectance / emitance.

The highest disadvantage from the destructive method is that is conceived for measuring flat samples and it's difficult to adapt to tubular samples because the integration sphere ports are not well suited for that.

The non destructive characterization method allows to measure the optical properties without destroying the receiver sample, it is performed to the whole receiver tube. There are several methods<sup>24 25</sup> to measure the optical properties of the receiver tube or the solar transmittance ( $\tau_s$ ) and solar absorptance ( $\alpha_s$ ) or the optical efficiency<sup>26</sup> ( $\tau\alpha$  product).

## 7.2 Gaps and open questions

The parameter definitions of current standards should be extended to include new concentrating developments and emerging concepts.

The current standards are mainly focused on different testing methodologies for determining the concentrator collector thermal performance, using outdoor steady state or quasi-dynamic methods, see previous chapter 7.1.

---

<sup>23</sup> G.Gong, X.Huang, J.Wang, M.Hao. "An optimized model and test of the China's first high temperature parabolic trough solar receiver". Solar Energy- August 2010. Elsevier Ltd

<sup>24</sup> E.Mateu, M.Sanchez, D.Perez, A.Garcia de Jalón, S.Forcada, I.Salinas, C.Heras. "Optical characterization test bench for parabolic trough receivers". SolarPACES 2011 - 17th International Symposium on Concentrating Solar Power and Chemical Energy Systems. Granada

<sup>25</sup> J.Pernpeintner, N.Lichtenthäler, B.Schiricke, E.Luepfert, T.Litzke, W.Minich. "Test benches for the measurement of the optical efficiency of parabolic trough receivers using natural sunlight and solar simulator light". SolarPACES 2010 - 16th International Symposium on Concentrating Solar Power and Chemical Energy Systems. Perpignan, France

<sup>26</sup> C.Kutscher, F.Burkholder, J.Netter. "Measuring the optical performance of evacuated receivers via an outdoor thermal transient test". SolarPACES 2011 - 17th International Symposium on Concentrating Solar Power and Chemical Energy Systems. Granada

Less developed are the durability or qualification tests methods for concentrator collectors. The lack of a specific standard, leads to a wide range of durability tests possibilities causing the following problems:

- Need to review a wide range of durability test standards from other technology fields to perform tailor made durability tests which are adapted from several "selected" standards.
- Difficulties to compare durability test results from different manufacturers or testing laboratories, because they are based on different standards or testing conditions.
- No common definition for accelerated test exposure conditions that can differ a lot from service life conditions. Microclimate characterization and degradation factors also need to be assessed.
- Validation of predicted service life through outdoor exposure tests or data from their components or materials service life, where reliable test results are obtained, in most cases, after a new material is commercially launched.

### 7.3 Testing approaches

#### 7.3.1 Concentrating Solar Power (CSP) test methods

##### Receiver performance tests

Outdoor – Thermal Loop Tests:

- Use measurement of flow and temperature difference to calculate energy gained or lost.
- Sandia Rotating Platform: AZTRAK test bench for a single collector element, Plataforma Solar de Almería: EuroTrough Collector, and SEGS Collector Test Loops.
- Rapid field observations:
  - IR receiver temperature measurements<sup>27</sup>
  - Loss of vacuum or hydrogen detection
  - Optical quality assessment with different techniques<sup>28</sup> (Photogrammetry, Distant Observer, Lasertracking, etc)
  - New methods have to be developed or investigated

Indoor – DLR, Schott, NREL, CENER and others:

- Electrical resistance heating of HCE<sup>29</sup>
  - Heat receiver to steady state temperature
  - At steady state power consumption is equal to thermal losses
- Non destructive optical receiver characterisation: solar spectral glass transmittance ( $\tau$ ) and absorptance ( $\alpha$ )

---

<sup>27</sup> M. Pfänder, E. Lüpfert, P. Pistor, Infrared temperature measurements on solar trough absorber tubes. Solar Energy 81 (2007) 629–635.

<sup>28</sup> T.J. Wendelin, Optical Characterization of Concentrating Solar Power Technologies at NREL.

<sup>29</sup> F. Burkholder and C. Kutscher, Heat-Loss Testing of Solel's UVAC3 Parabolic Trough Receiver. Technical Report NREL/TP-550-42394 January 2008.

- Receiver temperature measurements/estimation by infrared camera
- Receiver non invasive measurement of gases

### Optical characterisation, mirror alignment and mounting quality tests

Some of the different optical tools that have been already mentioned in the receiver performance tests are needed to improve initial designs, provide quality control during manufacture/assembly and maintain performance during operation. The collector optical quality and durability is also related with the structural collector behaviour, especially in CSP but also in other type of collectors.

### Reflectivity and accelerated ageing tests

Solar reflector materials are based on several constructions like metalized thick and thin glass mirrors, front surface aluminized reflectors, silvered polymers, and multilayer dielectric designs. The most broadly used solar reflectors are thick glass mirrors that are produced by applying a silver reflection layer on a metal substrate (copper) on an upper glass layer (>1mm thick) using wet chemistry processes, and a backside paint layer to extend mirror service life protecting it from abrasion and corrosion. A widespread application of concentrated solar thermal power technologies depends largely on developing a durable low-cost reflector, new candidate solar reflectors based on polymeric materials or light weight constructions have been developed to reduce weight, increasing design and manufacture flexibility but maintaining the high corrosion resistance and excellent durability of the thick mirror glass reflectors.

A broad experience leaded by NREL has been gathered in accelerated indoor and outdoor exposure tests<sup>30</sup> for candidate solar reflectors with different reflector constructions<sup>31</sup>. It is very important to check the concordance between the accelerated ageing tests results with the real service conditions outdoor measurements.

### **7.3.2 SRCC standard 600**

The 600 draft standard document is being elaborated by the SRCC Subcommittee on Concentrating Collectors.

## **7.4 Actions**

### **7.4.1 New EN ISO collector standard**

The EN 12975-2:2011 revision includes as an informative annex the reliability testing of concentrating and/or tracking collectors. The advances of the EN 12975 revision will be also

---

<sup>30</sup> T.Fend \*, B. Hoffschmidt, G.Jorgensenb, H. Küster, D. Krüger , R. Pitz-Paal , P. Rietbrock , K.J. Riffelmann Comparative assessment of solar concentrator materials, Solar Energy 74 (2003) 149–155.

<sup>31</sup> C.E. Kennedy, K. Terwilliger, Optical Durability of Candidate Solar Reflectors, Journal of Solar Engineering (2005) Transactions of the ASME Vol. 127 262-269.

adopted in the present ISO 9806 revision process. These advances are described in the following paragraphs.

### General requirements

- Concentrating collectors shall demonstrate suitable performance and ability to protect themselves from common failures in standard operation during their lifetime.
- The collector shall be assembled according to manufacturer's specifications. If the collector has active mechanisms those mechanisms shall be operational during testing and shall be supplied by manufacturer. Concentrating collector designs which include a factory sealed container charged with a fluid used in the collection of heat shall be tested without the removal of this element.
- The protection systems can be active or passive. The manufacturer shall define the equipment protection features and if the equipment require an external energy supply to operate or not.
- The collector can present a combination of active and passive controls, so the test sequence shall be selected to verify suitable operation of controls during normal operating conditions.

### Reliability tests

#### *Exposure test*

The test shall be performed according to the procedure described in the corresponding section of the EN 12975-2:2011 (almost like the EN 12975-2:2006 procedure), but taking into account the following indications:

- Concentrating collectors shall be tested in outdoor exposure conditions, and all their components and subsystems shall be validated to be functional during the exposure period. If the collector includes active systems they shall be active and operational during the exposure test.
- Collectors shall be mounted outdoors but shall not be filled with heat transfer fluid, unless controls are used to manage both a no-flow and high temperature conditions according to the manufacturer's instructions. In that case, collectors shall be filled with the heat transfer fluid and such controls shall be verified.
- Collector designs which include a factory sealed container charged with a fluid used in the collection of heat shall be tested without heat transfer fluid flowing through them unless controls are used for over temperature protection.
- At least once a week, collectors shall be subjected to visual inspection and any change in the physical appearance shall be registered and reported with the test results.

#### *Active and passive control test*

The manufacturer must identify all active and passive protection controls which are present in the collector. The manufacturer shall submit their control set points and parameters in order to verify their suitable operation during normal working conditions.

A test cycle during the exposure period will be established for testing the active and/or passive controls which are necessary to keep the collector in working conditions. Their operation shall be validated to be functional, in such a way that any failure can be detected. The test cycle shall include as events, the loss of electrical supply and the blockage of tracking mechanism (if present). The verified control functions shall be described and reported with the test results.

### *High temperature resistance test*

The test shall be performed according to the procedure described in the corresponding section of the EN 12975-2:2011 (almost like the EN 12975-2:2006 procedure), but taking into account the following indications:

- High temperature resistance test shall be carried out during the exposure test.
- If controls are present to manage both a no-flow and high temperature condition, the collector must be filled with heat transfer fluid and it should not be able to reach stagnation conditions. Such controls shall be validated to be functional and the collector shall reach the maximum operating temperature defined by the manufacturer.
- The verified control functions shall be described and reported with the test results.

### *Internal thermal shock test*

The test shall be performed according to the procedure described in the corresponding section of the EN 12975-2:2011 (almost like the EN 12975-2:2006 procedure), but taking into account the following indications:

- It is not applicable to those parts of the collector which are factory sealed.
- It is not applicable to those collectors in which heat transfer fluid is continuously flowing for protection purposes. In that case control(s) used to manage a no-flow condition shall be validated to be functional in such a way that any failure can be detected.
- The verified control functions shall be described and reported with the test results.

### *Mechanical load test*

The test shall be performed according to the procedure described in the corresponding section of the EN 12975-2:2011 (almost like the EN 12975-2:2006 procedure), but taking into account the following indications:

- As concentrating collectors have different geometries, specific and suitable procedures must be designed to test resistance against mechanical load. The procedure carried out shall be clearly described with the test results.
- When according to the manufacturer's instructions, controls are present to protect the collectors against wind or snow load, the control functions shall be validated to be

functional, if it is possible, and they shall demonstrate resistance to failures associated with collector normal operation.

- The verified control functions shall be described and reported with the test results.

The following tests will be performed as described in the corresponding chapters of the EN12975-2:2011 standard (almost identical test procedures like the EN12975-2:2006 for non concentrating collectors: flat plate or evacuated tube):

- Internal pressure test for absorbers
- Rain penetration test
- External thermal shock test
- Impact resistance test
- Final inspection and test report

### **7.4.2 CSP standardization activities**

At the beginning of 2010 the Spanish Association for Standardization and Certification (AENOR) created a new subcommittee inside the electricity production technical committee (AEN/CTN206) to deal with standardization activities related with solar thermal electric plants. This subcommittee is comprised of R&D Centres of excellence in renewable energy and Spanish industrial partners. The aim of this subcommittee<sup>32</sup> is to create a series of Spanish Standards (UNE) that will define procedures to qualify components (receiver tubes, sun tracking systems, reflectors, etc.), subsystems (solar field, thermal storage system and power block) and complete CSP plants. Within this subcommittee, three different working groups (WG) have been created concerned with different aspects of the CSP plant: the first working group deals with standardization aspects related to the solar field and the CSP plant as a whole; the second working group develops standardization procedures related to the solar field components; and the third working group is focused on the standardization of thermal storage systems for CSP applications.

Due to the lack of standardization in this field, the Spanish Committee launched a proposal to the International Electrotechnical Commission (IEC) for the establishment of a new IEC Technical Committee. The request was accepted –twenty countries voted in favour, and nine of them communicated their interest to participate actively in the work. So the IEC SMB (Standardization Management Board) approved the creation of the IEC TC 117 Solar Thermal Electric Plants, allocating the secretariat to the Spanish National Committee. The first meeting will be held in March 2012, after this kick-off meeting and once the program of work is agreed, the Spanish CSP projects will be considered at an international level.

---

<sup>32</sup> M.Sanchez et al. "Overview of activities related to the development of Spanish standards for concentrating solar thermal power plants.17<sup>th</sup> Symposium on Concentrating Solar Power and Chemical Energy Systems - SolarPACES 2011, Granada,Spain.

In the near future it is expected a close collaboration between the recently created IEC/TC117 and the ISO/TC180 related with the concentrating/tracking collectors and their components.

For further information on this topic, see the IEA-SHC Task 43 White Paper on Concentrating Collectors.

### 8 PV/T COLLECTOR TEST PROCEDURES

PV/T is a solar energy device using PV as a thermal absorber. By using the heat generated in the PV, a PV/T device generates not only electrical, but also thermal energy. PV/T devices can be very different in design, ranging from PV/T domestic hot water systems to ventilated PV facades and actively cooled PV concentrators.

#### 8.1 Current standards and certification procedures

One of the main bottlenecks for PV/T is the lack of certification, and standardization. It is important that the reliability and life time of PV/T laminates is thoroughly assessed, which requires further research and dedicated test procedures.

Performance certification is defined for either solar thermal systems (EN 12975 or ISO 9806) or for PV Power systems (IEC 61215 and IEC 62108 Concentrator photovoltaic (CPV) modules and assemblies – Design qualification and type approval), but currently not for combined systems.

#### 8.2 Gaps and open questions

Indoor test facilities<sup>33</sup>

- Sun simulator performance: Solar spectrum, irradiance, beam homogeneity, spectral distribution, wind and sky/ambient temperatures.

Performance tests

- The electrical performance affects the thermal performance. Therefore, it should be clear whether the characterisation of a PV/T module should be with or without production of electricity. There is a need to define and include in the EN 12975-2 a procedure for operating the PV option in a standardised way.
- A PV/T collector is more sensitive to spectral variations than a normal collector, resulting in problems with indoor measurements.
- Stagnation temperatures and active over heating protection.

Reliability

- In glazed PV/T collectors, the PV may be subject to substantially higher temperatures than are prescribed for thermal cycling in the PV standard IEC 61215.
- Due to the metal rear, short circuiting needs more attention.

---

<sup>33</sup> Indoor Test Facility PVT-Panels. A Feasibility Study, June 2002 ECN.

- It should become clear whether the PV tests can be carried out on laminate level, or should be carried out on PV/T module level

### 8.3 Testing approaches

Recently, as a part of the EU PV-Catapult<sup>34</sup>, a performance test has been drafted<sup>35</sup> for flat-plate PV/T liquid modules with crystalline silicon cells. In addition, a discussion paper has been written on reliability issues for these modules.

Also in the Subtask C: Product and System Development, Tests and Evaluation from IEA-SHC Task 35 PV/Thermal Solar Systems, the aims were to develop, test and evaluate PV/Thermal solar system components and concepts from the experience of products already on the market. The most important activity was to suggest and evaluate a standard method for performance testing of PV/T collectors, for this reason several market available collectors had been tested. A certification process for PV/T systems was also discussed.

Last Solar Keymark Network meeting has taken the following decision concerning Solar Keymark Certification of PV/T collectors: Solar Keymark Certification of PV/T collectors as a solar thermal product is possible provided the measurements of the thermal performance are performed with and without electricity production. For the electrical load applied for the electricity production a MPP tracker shall be used.

### 8.4 Actions

No actions will be taken within the IEA-SHC Task 43 about this topic.

## 9 SOLAR FLUID TEST PROCEDURES

In regions where weather conditions can cause ambient temperatures below zero, solar thermal collectors are usually filled with an antifreeze fluid to prevent the bursting of pipes.

A number of standardized and non standardized test methods are available to determine corrosion of metals in contact with fluids used in solar applications. The maximum lost of metal mass for different metals is not given by the standards but proposed publications conclude that heat-transfer fluids for solar applications proved excellent corrosion protection. But corrosion is usually not a problem in solar applications as long as the installation is well designed, with an appropriate and in good condition solar fluid.

Manufacturers usually give upper temperature limits for the solar application fluids of 120-175°C, which are under the stagnation temperatures of modern flat plate collectors and much lower if evacuated tube collectors are considered.

---

<sup>34</sup> PVT Roadmap: A European guide for the development and market introduction of PV-Thermal technology. EU-supported Coordination Action PV-Catapult. For more information, see [www.pvtforum.org](http://www.pvtforum.org).

<sup>35</sup> EU PV-Catapult deliverable D8-6: PVT performance measurement guidelines.



During stagnation conditions and unfavourable emptying behaviour of collector fields, solar fluids based on glycol mixtures deteriorate with time, leading to two different problems: metal corrosion and plugging of pipes, filters and pumps due to the degradation products of the solar fluid. For this reason it is very important to test not only the fresh solar fluid, but also the lifetime solar fluids in a given application. The influencing parameters for a given application are: the number and total time of collector stagnations, pressure of the collector field, type of collector emptying behaviour, presence of metals, presence of oxygen, etc. Due to this reason is necessary to check periodically the condition of the solar fluid, and replace it if necessary.

### **9.1 Current standards and certification procedures**

Several standardized corrosion test methods for metals in contact with antifreeze have been developed by the American Society for Testing and Materials (ASTM). All the testing methods have in common that they are only focused on the corrosion on metals or other materials and not on the antifreeze properties change over its service lifetime. The most relevant standards for solar fluids are mention below.

#### **9.1.1 ASTM D1384**

It is a standard corrosion testing method for engine coolants in glassware, and it was not developed for solar applications, but it is the standardized corrosion test that solar antifreeze manufacturers refer in their product declarations. In this method metal samples are immersed in aerated antifreeze solutions for 336 hours at a constant temperature of 71°C or 88°C, and after the test the metal loss due to corrosion is measured. This test is not giving much information about the antifreeze properties for solar applications because the test temperature is too low compared with the ones encountered under the solar system operating conditions.

#### **9.1.2 ASTM E72**

This test is a laboratory screening of metallic containment materials for use with liquids in solar heating and cooling systems, and it has been developed for the prediction of performance of metals in combination with a specific solar fluid under solar application service conditions. This test covers six testing procedures focused on detecting the changes in the nature of the fluid that might significantly alter its corrosivity, but the lifetime of the antifreeze fluid is not considered. All the test of this standard recommends a minimum testing time of 30 days because of the time dependence of corrosion factors. The tests measure the metal loss due to corrosion.

#### **9.1.3 ASTM E745**

This test is a standard practice for simulated service testing for corrosion of metallic containment materials for use with heat-transfer fluids in solar heating and cooling systems, and its purpose like the other standards is to determine the performance of the metallic containment material instead of the antifreeze fluid deterioration. It describes three practices for testing where a minimum

testing time of 6 months because of the time dependence of corrosion factors. The final evaluation is similar to the previous ASTM standards.

### 9.2 Gaps and open questions

No standard test method has been found for solar fluid deterioration and lifetime under specific conditions. Several non standardized investigation methods were developed by different authors. The temperature limits and lifetime estimation of solar fluids are poorly documented and also their compatibility with plastic materials clearly lack in standardized methods, so further work is needed to create a standard test method.

Also the solar fluid toxicity level should be considered due to the different country or region legislations.

### 9.3 Testing approaches

Within the EU NEGST project CEN/TC312 has been recommended to consider initiating standardisation on "solar fluids". A very solid basis for such work is presented in the four resource documents from M.Haller, P.Vogelsanger, SPF, 2005<sup>36</sup>:

- Report on corrosion and lifetime tests for solar fluids
- Report on properties and standard tests of solar fluids
- Recommendations for the elaboration of missing testing procedures for solar fluids
- Recommendations for the use of standards for solar fluid parameters

### 9.4 Actions

No actions will be taken within the IEA-SHC Task 43 about this topic.

## 10 COLLECTOR TEST STANDARDS COMPARISON TABLE

Test	Standard	Test procedure
<b>High temperature resistance</b>	EN 12975	Collector A minimum 1 h with $G > 1000 \text{ W/m}^2$ and ambient temperature $20 - 40 \text{ }^\circ\text{C}$ , wind $< 1 \text{ m/s}$
	ISO 9806-1	
	ISO 9806-2	Collector A minimum 1 h with $G$ : A) $950 - 1049$ ; B) $1050 - 1200$ ; C) $> 1200 \text{ (W/m}^2\text{)}$ and ambient temperature: A) $25 - 29,9$ ; B) $30 - 40$ ; C) $> 40 \text{ }^\circ\text{C}$ , wind $< 1 \text{ m/s}$
	Standard 100-8	
	CAN/CSA-F378-87	Collector A minimum 1,5 h with $G (I) = 950 + 5 \cdot (30 - T_{\text{amb}}) \text{ W/m}^2$ , wind $< 5 \text{ m/s}$
	ANSI/ASHRAE standard 93	
	AS/NZS 2735.1	Collector A according to ISO 9806-2
AS/NZS 2712	Collector A performance according to AS/NZS2535.1 $G_{\text{mean}} = 1050 \text{ W/m}^2$ with max $20 \text{ W/m}^2$ deviation at 6 points $T_{\text{amb}} > 30 \text{ }^\circ\text{C}$ (Level 1) / $> 38 \text{ }^\circ\text{C}$ (Level 2), 12 h irradiation on / 12 h irradiation off for 10 days	
<b>Exposure</b>	EN 12975	Collector A according to ISO 9806-2 Class A

<sup>36</sup> NEGST WP4 documents D2.7 a, b, c and d at <http://www.swt-technologie.de/html/publicdeliverables3.html>

## TASK 43: Solar Rating and Certification Procedures

Test	Standard	Test procedure
		30 days with $G > 14 \text{ MJ/m}^2$ 30 h with $G > 850 \text{ W/m}^2$ and $T_{\text{amb}} > 10^\circ\text{C}$
	ISO 9806-1	
	ISO 9806-2	Collector A, B, C 30 days with G: A) 14 ; B) 18 ; C) 20 $\text{MJ/m}^2$ 30 h with G: A) 850 ; B) 950 ; C) 1050 $\text{W/m}^2$ and $T_{\text{amb}} > \text{A) } 10 ; \text{B) } 15 ; \text{C) } 20^\circ\text{C}$
	Standard 100-8	Collector A 30 days with $G > 17 \text{ MJ/m}^2$
	CAN/CSA-F378-87	Collector A, first the collector will be filled according to Ba / Bb / Bc drain and close. Exposition phase started after closing of pipes 30 days with $G > 17 \text{ MJ/m}^2$
	ANSI/ASHRAE standard 93	
	AS/NZS 2735.1 AS/NZS 2712	Collector A according to ISO 9806-2
<b>External thermal shock</b>	EN 12975	Collector A 2 times according to ISO 9806-2 Class A minimum 1 h with G ( $\text{W/m}^2$ ) and $T_{\text{amb}}$ ( $^\circ\text{C}$ ) as in 30 h exposure
	ISO 9806-1	
	ISO 9806-2	Collector A 2 times minimum 1 h with G ( $\text{W/m}^2$ ) and $t_{\text{amb}}$ ( $^\circ\text{C}$ ) as in 30 h exposure
	Standard 100-8	Collector A 3 times according to ISO 9806-2 Class B minimum 1 h with $G > 950 \text{ W/m}^2$ and $T_{\text{amb}} > 15^\circ\text{C}$
	CAN/CSA-F378-87	
	ANSI/ASHRAE standard 93	
	AS/NZS 2735.1 AS/NZS 2712	Collector A according to ISO 9806-2
<b>Internal thermal shock</b>	EN 12975	Collector A 2 times according to ISO 9806-2 Class A minimum 1 h with G ( $\text{W/m}^2$ ) and $T_{\text{amb}}$ ( $^\circ\text{C}$ ) as in 30 h exposure
	ISO 9806-1	
	ISO 9806-2	Collector A 2 times minimum 1 h with G ( $\text{W/m}^2$ ) and $T_{\text{amb}}$ ( $^\circ\text{C}$ ) as in 30 h exposure
	Standard 100-8	Collector A 1 time according to ISO 9806-2 Class B minimum 1 h with $G > 950 \text{ W/m}^2$ and $T_{\text{amb}} > 15^\circ\text{C}$
	CAN/CSA-F378-87	Collector A 1 time minimum 1 h with $G > 900 \text{ W/m}^2$
	ANSI/ASHRAE standard 93	
	AS/NZS 2735.1 AS/NZS 2712	Collector A according to ISO 9806-2
<b>Rain penetration</b>	EN 12975	Collector A, Test duration 4 h
	ISO 9806-1	
	ISO 9806-2	Collector A, Test duration 4 h
	Standard 100-8	
	CAN/CSA-F378-87	Collector A, Test duration 30 min.
	ANSI/ASHRAE standard 93	
	AS/NZS 2735.1 AS/NZS 2712	Collector A according to ISO 9806-2 Collector A 10 min. rain penetration, 4 h drying with shaded aperture
<b>Impact resistance</b>	EN 12975	Collector A according to ISO 9806-2 or with 7.5 g ice ball 10 times with 23 $\text{m/s} \pm 5\%$
	ISO 9806-1	
	ISO 9806-2	Collector A or B max. 5 cm from the edge max. 10 cm from the corner. Steel ball 150 gram +/- 10 g each 10 times at 0,4 / 0,6 / 0,8 / 1,0 / 1,2 / 1,4 / 1,6 / 1,8 / 2,0 meter in height
	Standard 100-8	Collector A according to ISO 9806-2 for none tempered glass
	CAN/CSA-F378-87	
	ANSI/ASHRAE standard 93	
	AS/NZS 2735.1 AS/NZS 2712	Collector A according to ISO 9806-2 Collector A - no glass pieces > 50 mm with ice ball according to EN 12975 with steel ball 63 gram at 2.9 m height, 3 different positions, 150 mm from corner or edge
<b>Mechanical</b>	EN 12975	Collector A minimum + 1000 Pa, minimum - 1000 Pa
	ISO 9806-1	

Test	Standard	Test procedure
<b>Load</b>	ISO 9806-2	
	Standard 100-8	
	CAN/CSA-F378-87	Collector A + 1500 Pa, - 2000 Pa
	ANSI/ASHRAE standard 93	
	AS/NZS 2735.1	
	AS/NZS 2712	Collector A positive and negative load
<b>Final Inspection</b>	EN 12975	Collector A
	ISO 9806-1	
	ISO 9806-2	Collector A, B, C
	Standard 100-8	Collector A
	CAN/CSA-F378-87	Collector A
	ANSI/ASHRAE standard 93	
	AS/NZS 2735.1	Collector A
	AS/NZS 2712	
<b>Thermal performance</b>	EN 12975	Collector B, pre-conditioning 5h with $G > 700 \text{ W/m}^2$ , diffuse fraction $< 30 \%$ . Steady State or Quasi-Dynamic Testing.
	ISO 9806-1	Collector A, tilt-angle latitude $\pm 5^\circ$ but not less than $30^\circ$ , diffuse fraction $< 20 \%$ . Collector area: 0,1 % accuracy, minimum global irradiation $G > 800 \text{ W/m}^2$ . Wind speed 2 - 4 m/s. Volume flow 0.02 $\text{kg}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ , max. drift $\pm 10 \%$ , deviation mass flow $\pm 1 \%$ , Deviation Irradiation $\pm 50 \text{ W/m}^2$ . Deviation $T_{\text{amb}} \pm 1 \text{ K}$ , deviation inlet temperature $\pm 0,1 \text{ K}$ . $T_{\text{out}} - T_{\text{in}} > 1,5 \text{ K}$ , $T_m - T_{\text{amb}}$ at $\eta_0 \pm 3\text{K}$ . Conditioning phase minimum 15 min and measurement phase minimum 15 min.
	ISO 9806-2	Collector A according to ISO 9806-1
	Standard 100-8	Collector A, 5 minutes measurement points / 0,07 $\text{g}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ according to ISO 9806-1
	CAN/CSA-F378-87	Collector A according to ANSI/ASHRAE
	ANSI/ASHRAE standard 93	Minimum global irradiation $G > 790 \text{ W/m}^2$ , deviation irradiation $\pm 32 \text{ W/m}^2$ , diffuse fraction $< 20 \%$ . Max. $T_{\text{amb}} 30 \text{ }^\circ\text{C}$ . Wind speed 2.2 - 4.5 m/s, volume flow 0,02 $\text{g}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ . Deviation inlet temperature $\pm 2\%$ or $1^\circ\text{C}$ Deviation mass flow $\pm 2\%$ or 0,000315 l/s. Deviation $T_{\text{amb}} \pm 1,5 \text{ K}$ . Conditioning phase 2*times constant or minimum 10 minutes. Measurement phase minimum 0,5*times constant or minimum 5 minutes.
	AS/NZS 2735.1	Collector A, tilt-angle latitude $\pm 5^\circ$ but not less than $30^\circ$ , diffuse fraction $< 20 \%$ . Collector area: 0,1 % accuracy, minimum global irradiation $G > 800 \text{ W/m}^2$ . Wind speed 2 - 4 m/s. Volume flow 0,02 $\text{kg}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ , max. drift $\pm 10 \%$ , deviation mass flow $\pm 1 \%$ , Deviation Irradiation $\pm 50 \text{ W/m}^2$ . Deviation $T_{\text{amb}} \pm 1 \text{ K}$ , deviation inlet temperature $\pm 0,1 \text{ K}$ . $T_{\text{out}} - T_{\text{in}} > 1,5 \text{ K}$ , $T_m - T_{\text{amb}}$ at $\eta_0 \pm 3\text{K}$ . Conditioning phase minimum 15 min and measurement phase minimum 15 min.
	AS/NZS 2712	

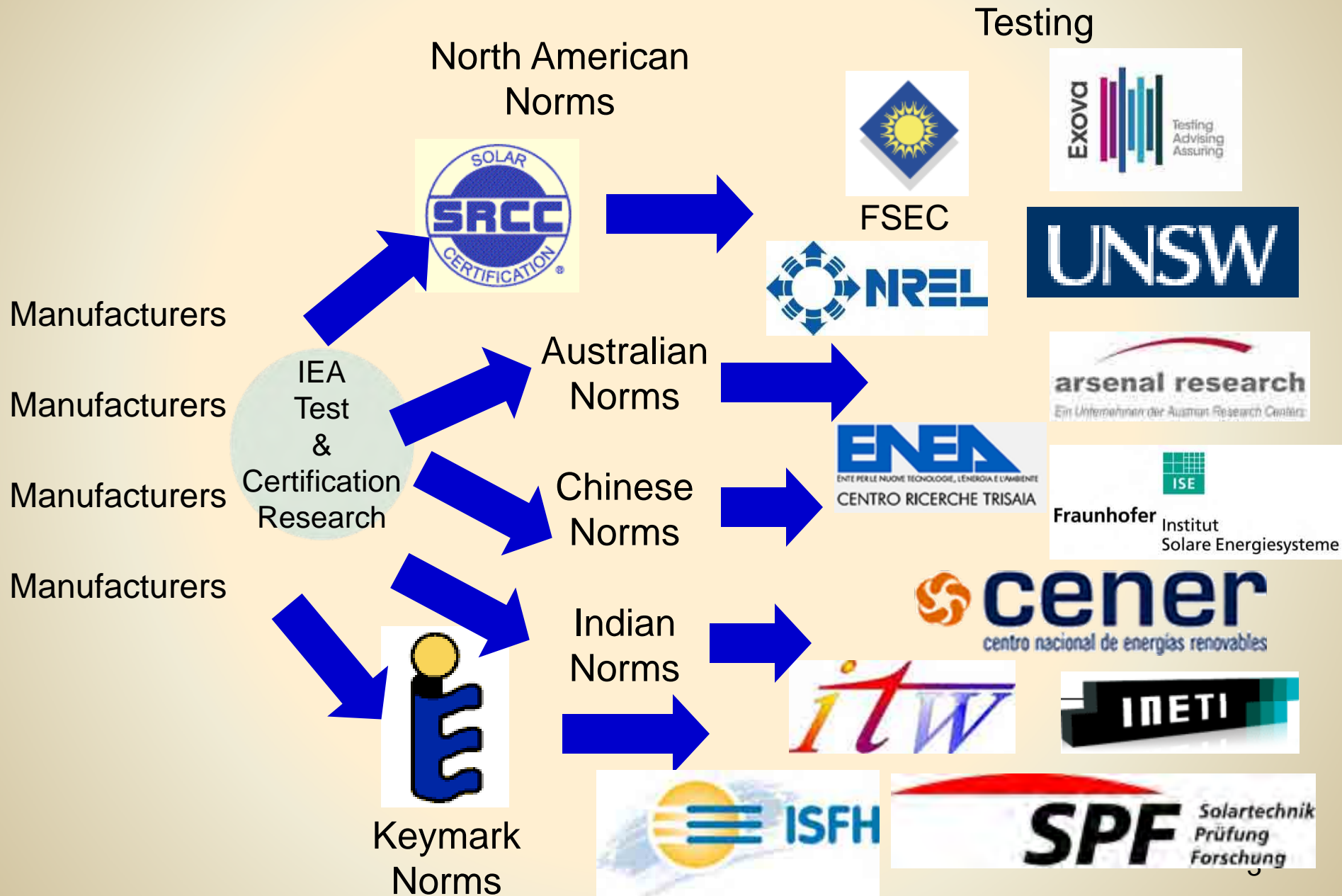
**Overview/Introduction to IEA-SHC Programme TASK 43:  
IEA SHC Rating and Certification Procedures – Advanced  
Solar Thermal Testing and Characterization for  
Certification of Collectors and Systems**

**November, 2009**

# What is the Situation?

- Countries in Europe, North America, Australia and many individual countries have certification bodies and testing procedures for solar thermal equipment designed to protect consumers from poor performance, unsafe designs, and false claims.
- Most certification procedures rely on outside testing, and the tests have much in common from country to country – but may not be exactly identical.
- Most certification bodies only recognize tests from laboratories they certify, and that follow their technical specifications – although much of the testing is based on essentially the same ISO standards worldwide.
- Testing standards and certification bodies have not kept up with all the new technologies and system applications that have emerged recently, creating a barrier to market innovation because access to incentives and markets for new products is often tied to certification.
- Solar thermal markets are booming, governments are relying on certification to ensure incentives are given to effective products, and the testing laboratories and certification bodies are struggling to keep up with demand.

# Testing and Certification Challenge



# Why is it a Problem?

- Companies often have to repeat expensive and time-consuming testing and certification processes for each country/market they wish to enter, giving an advantage to companies/products already certified in a market.
- Competition is reduced and consumers are harmed by having limited access to worthy products and less competition for their business.
- If certification bodies are not taking advantage of the most effective testing standards for existing or new products, they are not as effective in providing consumer protection and consumer choice as they can be.
- Lack of coordination on testing standards and cooperation among certification bodies unnecessarily may constrain market growth by limiting the resources available for testing and certification.



# How Does Task 43 Address the Problem?

- First, coordinate research and information sharing among test labs and research institutions around the world to:
  - Identify inconsistencies and gaps in testing standards and procedures and how they are applied in different countries
  - Support new research to address problems with existing collector and system testing, and develop new procedures for emerging technologies or applications
- Second, researchers participate in standards groups like ISO/TC180, CEN/TC 312, ASHRAE, and others to share research results and lessons learned on testing standards and procedures and encourage updates to existing standards and development of new standards where necessary, and also invites representatives from these groups to be involved in Task 43.
- Third, involve organizations involved with certification schemes in Australia, North America (SRCC) and Europe (Solar Keymark) to:
  - Facilitate discussion among these groups to recognize where they have common interests and opportunities for coordinating their approaches and requirements for certification to reduce burdens on industry and enhance their service to consumers and industry
  - Explore the possibility of creating:
    - a harmonized set of testing standards that all certification bodies will recognize and require from the testing facilities they work with so that a certification in one country or region can be recognized as equivalent to certification in another country or region,
    - with flexibility to require additional tests specific to unique characteristics of an individual country or region's solar resource and/or markets.

# Task Objective

- This international collaboration will research and develop, where needed, new test procedures and characterization methods for addressing the testing of both conventional and advanced solar thermal products. It will leverage the knowledge from existing Tasks/Technical Committees/Certification Groups as a base for the development of work, inviting these groups to participate. By researching testing issues and improved approaches the outputs of this task can help optimize the time and resources companies, laboratories and certification bodies expend on testing and certification; while still assuring consumer protection and providing credible information on solar heating and cooling benefits.

# Participation from Institutions in 8 Countries, 9 Industry Observers, Interest from 10 Institutions/Countries



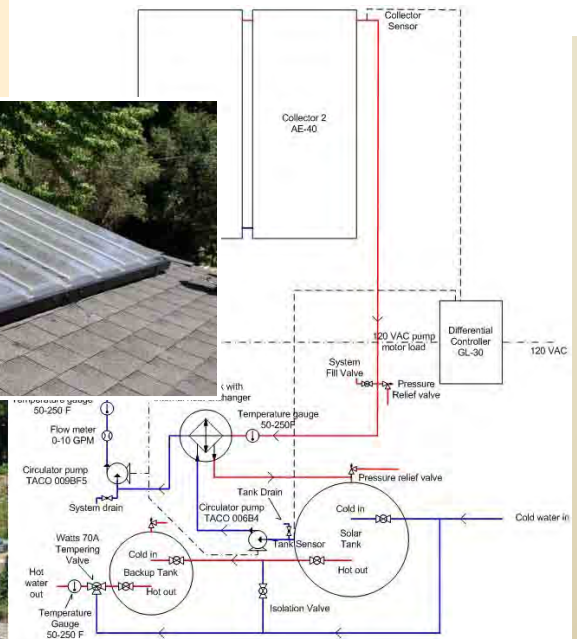
# **TASK LEADERSHIP AND APPROACH**

## Co-Operating Agents

- Les Nelson, North America, active in SRCC and Solar Energy Industries Association
- Jan-Erik Nielsen, Europe, Solar Keymark Network Secretary, active with European Solar Thermal Industries Federation

# Subtasks

- A: Collectors (*CENER Lead, Enric Mateu Serrat*)
- B: Systems (*ITW Lead, Harald Drueck*)



# Subtask A: Low-Temperature Collector Activities

**Objective:** to examine existing testing and certification procedures for low-temperature evacuated tube and flat-plate collectors, air heating collectors, medium- to high-temperature concentrating collectors, to identify weaknesses, inconsistencies in application, and significant gaps.

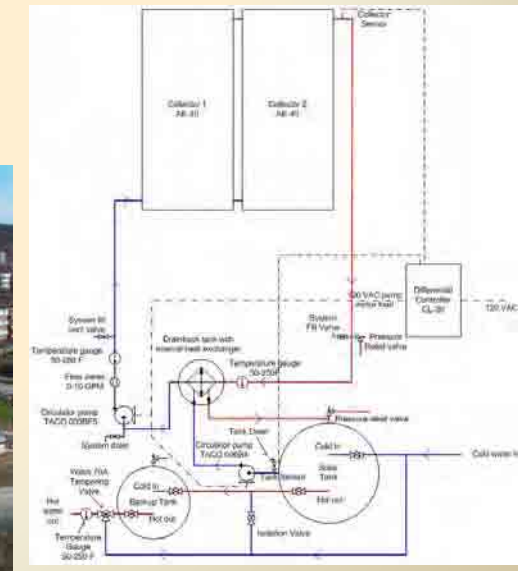
- ***Activity A.1: Roadmap of collector testing and certification issues***
- ***Activity A.2 – Low-to-Medium Temperature Collector Test Procedures, Standards and Simulation***
- ***Activity A.3 – Air Heating Collector Test Procedures, Standards and Simulation***
- ***Activity A.4 – Concentrator Collector Test Procedures, Standards and Simulation***
- ***Activity A.5 – Communication and Adoption of Result***



# Subtask B: Systems

**Objective: examine testing procedures for entire systems and identify weaknesses, inconsistencies in application, and significant gaps**

- ***Activity B.1 – Roadmapping of Systems Issues***
- ***Activity B.2 –Component/Material Substitution, Qualification and Safety Testing***
- ***Activity B.3 – Simulation and Modelling***
- ***Activity B.4 – Analysis and Public Dissemination of Benefit Indicator***
- ***Activity B.5 – Communication and Outreach Coordination***





# Resources

- Funding
  - Each country bears own costs
  - Meeting organization costs borne by host country
  - Commits at minimum 4 person-months to the task, allocated among the subtasks
  - Can include funding already allocated to a national or international activity
  - Industry contributes products for round-robin testing where they choose to participate
- Leadership
  - Operating agent at .2 FTE per year
  - Subtask leaders for each subtask at .2 FTE per year<sub>13</sub>

# How to Become Involved

- Visit IEA-SHC Website for more information:  
<http://www.iea-shc.org/task43/index.htm>
- Contact Project Manager for Task 43, Kevin DeGroat, ([kdegroat@antares.org](mailto:kdegroat@antares.org))
- IEA-SHC Member Countries
  - Contact Executive Committee Member for your country if you want to actively participate (see IEA-SHC website for contacts)
- Non-Member Countries
  - Request participation/observation role, requires approval by Executive Committee and IEA CERT
- Industry
  - Active in member countries request to be included on mailing lists and meetings
  - Not active in member countries request observer status and addition to mailing list
- Certification/Standards Bodies (National or International)
  - Request notification of relevant meetings and access to public materials