



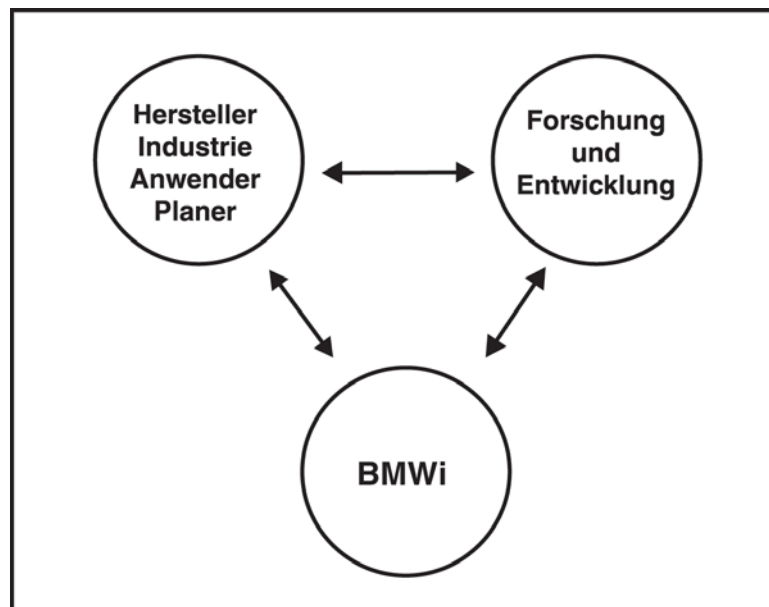
Forschungs-Informations-Austausch



Dr. Hans-Martin Henning, Edo Wiemken, Carsten Hindenburg

Solare Klimatisierung

IEA-SHC-Task 25 — Solar Assisted Air Conditioning of Buildings
Operating Agent und wissenschaftliche Begleitung



Forschungsberichte

Solare Klimatisierung

**IEA-SHC-Task 25 — Solar Assisted Air Conditioning of Buildings‘
Operating Agent und wissenschaftliche Begleitung**

Herausgeber: FIA-Projekt – Forschungs-Informations-Austausch
unterstützt durch das
Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA)
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

im Fachinstitut Gebäude-Klima e.V.
Danziger Straße 20
74321 Bietigheim-Bissingen
Tel.: 071 42/5 44 98
www.fgk.de

Projekt: Dr. Hans-Martin Henning
Edo Wiemken
Carsten Hindenburg

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE
Abteilung Thermische Anlagen und Gebäudetechnik
Heidenhofstr. 2
D-79110 Freiburg

Veröffentlicht im November 2005 Best. Nr.: 115
ISBN 3-938210-11-7
Die Verantwortung für den Inhalt liegt bei den Autoren



Bericht TAG1-HMH-0504-E01

IEA-SHC-Task 25
„Solar Assisted Air Conditioning of Buildings“
– Operating Agent und wissenschaftliche Begleitung

für:

Projektträger Jülich (PTJ) im Forschungszentrum Jülich
Herrn Jürgen Gehrmann, Herrn Dr. Volkmar Lottner

Forschungszentrum Jülich GmbH
Projektträger BEO
52425 Jülich

von:

Dr. Hans-Martin Henning
Edo Wiemken
Carsten Hindenburg

30. April 2005

Adresse:

Fraunhofer-Institut
für Solare Energiesysteme ISE
Abteilung Thermische Anlagen und Gebäudetechnik
Heidenhofstr. 2
D-79110 Freiburg

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit unter dem Förderkennzeichen 0327253A gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

INHALTSVERZEICHNIS

EINLEITUNG	4
1 KURZE DARSTELLUNG DER AUFGABEN	5
1.1. Aufgabenstellung	5
1.2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde	7
1.3. Planung und Ablauf des Vorhabens	7
1.4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde	8
1.5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen	8
2 BERICHT ÜBER DAS VORHABEN UND DIE ERGEBNISSE	11
2.1. Eingehende Darstellung des erzielten Ergebnisses	11
2.1.1. Operating Agent	11
2.1.2. Mitarbeit in den Subtasks von Task 25	12
2.1.2.1. Subtask A: Survey of solar assisted cooling	12
2.1.2.2. Subtask B: Design tools and simulation programs	15
2.1.2.3. Subtask C: Technology, market aspects and environmental benefits	16
2.1.2.4. Subtask D: Solar assisted cooling demonstration projects	18
2.1.3. Monitoring der Anlage der IHK Freiburg	18
2.1.4. Monitoring der Anlage an der Universitäts-Klinik Freiburg	20
2.1.5. Monitoring der Anlage der Firma Menerga am SOBIC Freiburg	26
2.1.6. Entscheidungsbaum zur Systemauswahl	38
2.1.7. Kriterienkatalog zum Systemdesign	43
2.1.8. Verbreitungsaktivitäten	47
2.2. Darstellung des Nutzens und der Verwertbarkeit	51
2.3. Darstellung des Fortschritts auf dem Gebiet der solaren Klimatisierung	53
2.4. Erfolgte und geplante Veröffentlichungen	56
LITERATUR	61
ANHÄNGE	63
A1. Task Status Reports (10 Reports)	
A2. Final Management report	
A3. Protokolle der Expertentreffen (11 Protokolle)	
A4. Beitrag zum Subtask D Bericht: Universitäts-Klinikum Freiburg	
A5. Beitrag zum Subtask D Bericht: Industrie- und Handelskammer Freiburg	
A6. Detaillierte Ergebnisse Menerga-Anlage (August bis Dezember 2004)	
A7. Dokument zum Entscheidungsbaum zur Systemauswahl	
A8. Themen-Info des BINE-Informationssdiensts	

Einleitung

Das Vorhaben „IEA-SHC-Task 25 ‚Solar Assisted Air Conditioning of Buildings‘ – Operating Agent und wissenschaftliche Begleitung“ wurde zunächst für die Laufzeit 1.12.1999 bis 30.11.2002 bewilligt. Einer ersten konstenneutralen Laufzeitverlängerung um 5 Monate von 1.12.2002 bis 30.4.2003 folgte eine weitere Laufzeitverlängerung bis zum 31.12.2004, die mit einer Aufstockung der Mittel und einer entsprechenden Erweiterung des Arbeitsprogramms verbunden war.

Im ursprünglichen Antrag lehnte sich das Arbeitsprogramm des Vorhabens sehr eng an die Struktur des Task 25 „Solar Assisted Air Conditioning of Buildings“, die unter internationaler Beteiligung von 11 Ländern im Rahmen des „Solar Heating & Cooling Programme“ der „Internationalen Energie-Agentur (IEA)“ durchgeführt wurde. Für die Aufstockungsphase wurde darüber hinaus eine Erweiterung der Arbeiten aufgenommen, die teilweise über das Arbeitsprogramm der IEA Task 25 hinaus gingen.

Dieser Bericht orientiert sich deshalb strukturell an dem Arbeitsprogramm der Aufstockungsphase und fasst die Ergebnisse des Gesamtvorhabens über die gesamte Laufzeit zusammen.

1 Kurze Darstellung der Aufgaben

Generelles Ziel des Vorhabens - wie auch von Task 25 des IEA Solar Heating and Cooling Programmes - war es, die Bedingungen für die Markteinführung von solar unterstützten Klimatisierungsverfahren zu verbessern. Dazu wurde im Rahmen des IEA-Projektes wie auch dem nationalen Vorhaben die Thematik solar unterstützter Klimatisierung umfassend auf den Feldern Technologieentwicklung, Erstellung von Planungshilfen und Auslegungswerkzeugen und Dokumentation der Technik für Anwender (Architekten, Bauingenieure, Fachplaner) bearbeitet.

Das Vorhaben war in das Förderkonzept „Solar optimiertes Bauen“, Teilkonzept 2: Solar unterstützte Heizungs-, Lüftungs-, Klimasysteme im Rahmen des 3. Programms Energieforschung und Energietechnologien des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung Technologie (BMBF) eingegliedert. Dabei wurden insbesondere Themen zu Neuentwicklungen im Bereich der solar unterstützten Heizungs-, Lüftungs- und Klimatisierungsverfahren adressiert. Hierzu zählen u.a.:

- Kompatibilität von Kältererzeugungsverfahren und Verfahren der Solarenergienutzung
- Ankopplung der Solarsysteme und Regelung der Gesamtanlagen
- energetische und ökonomische Bewertung der innovativen Techniken im Vergleich mit bestehenden Technologien

Die ursprünglich vorgesehenen konkreten Aufgaben mussten teilweise im Verlauf des Vorhabens angepasst werden, da sich die Aufgabenstellungen im Rahmen von Task 25 verschoben. Außerdem konnten wegen einer Reduktion des geplanten Budgets für die Mittelaufstockung nicht alle im Antrag formulierten Aufgaben bearbeitet werden.

1.1. Aufgabenstellung

Das Vorhaben war in der Fassung des Aufstockungsantrags in 6 Arbeitspakete gegliedert, denen jeweilige Aufgaben zugeordnet waren.

Arbeitspaket 1: Leitung von Task 25 des IEA Solar Heating & Cooling Programme

Diese Arbeiten implizierten die Gesamtleitung von Task 25 mit den damit verbundenen Arbeiten wie Vorbereitung, Leitung und Nachbereitung der halbjährlichen Projekttreffen, Berichterstattung gegenüber dem Executive Committee des Solar Heating and Cooling Programme und Sicherstellung des Erreichens der Gesamtziele.

Arbeitspaket 2: Monitoring und Dokumentation von Pilotanlagen

Diese Arbeiten waren schwerpunktmäßig in Subtask D „Demonstration systems“ von Task 25 eingegliedert. Dabei wurden zwei Anlagen der solaren Kühlung/Klimatisierung untersucht, die in Freiburg in Betrieb sind und aus anderen Projekten heraus installiert wurden.

- In einem vom Bund geförderten Vorhaben wurde an der Universitäts-Klinik Freiburg eine Adsorptionskältemaschine (Nennkälteleistung 70 kW) installiert, deren Antriebswärme zu einem großen Teil von einem 170 m² großen Solarkollektorfeld (Vakuum-Röhren-Kollektoren) geliefert wird. Im Rahmen des Vorhabens wurde die

begleitende Vermessung fortgesetzt und die Ergebnisse unter Nutzung der in Task 25 erarbeiteten Auswertungsverfahren eingebracht.

- In einem von der EU geförderten Vorhaben ASODECO (Advanced solar desiccant cooling systems for central European and Mediterranean climates), wurde eine sorptionsgestützte Klimatisierungsanlage zur Klimatisierung des Versammlungsraumes der IHK Südlicher Oberrhein installiert (nominelle Luftmenge 10.000 m³/h; Solarluftkollektorfeld Fläche 100 m²). Dieses Vorhaben wurde ebenfalls als Demonstrationsprojekt innerhalb von Task 25 bearbeitet. Im Rahmen des Vorhabens wurde ebenfalls die begleitende Vermessung fortgesetzt und die Ergebnisse unter Nutzung der in Task 25 erarbeiteten Auswertungsverfahren eingebracht. Dabei wurde eine geringfügige Modifikation und Erweiterung der Messtechnik durchgeführt.

Darüber hinaus wurde eine dritte Anlage messtechnisch begleitet und ausgewertet. Im Juni 2003 wurde am Solar Building Innovation Center der Fraunhofer-Gesellschaft in Freiburg eine neue solar unterstützte Klimatisierungsanlage installiert, die die Luftentfeuchtung mit flüssigen Sorptionsmitteln in Verbindung mit hoch-effizienter Verdunstungskühlung nutzt. Die Anlage wurde von der Firma Menerga Apparatebau Mühlheim geliefert und zusammen mit dem Fraunhofer ISE in Betrieb genommen. Im Rahmen des Vorhabens wurde die Gesamtanlage messtechnisch begleitet und die Mess- und Betriebsdaten detailliert ausgewertet.

Arbeitspaket 3: Validierung Auslegungsprogramm

In Subtask B von Task 25 wurde ein Auslegungsprogramm entwickelt, das Planer bei dem Design von Anlagen der solaren Klimatisierung unterstützt; die Federführung hierfür lag beim Institut für Luft- und Kältetechnik (ILK Dresden). Hier war ein Test des Auslegungsprogramms durch Vergleich mit Messdaten geplant, schwerpunktmäßig bei Anlagen, die Adsorptionskältetechnik nutzen.

Arbeitspaket 4: Marktstudie

Diese Arbeit sollte im Rahmen der Arbeiten von Subtask C von Task 25 durchgeführt werden. Dabei war eine intensive Mitarbeit bei der Erstellung einer Marktstudie geplant. Allerdings zeigte sich im Verlauf der Arbeiten in Task 25, dass hier keine ausreichenden Ressourcen zur Verfügung standen. Insofern wurde mit Genehmigung des Executive Committee des IEA Solar Heating & Cooling Programmes die Aufgabenstellung verändert und an Stelle der Marktstudie ein Entscheidungsbaum zur Auswahl der am besten geeigneten Technik der solaren Klimatisierung in Abhängigkeit von Klima und Gebäudetyp erarbeitet.

Arbeitspaket 5: Kriterienkatalog für Anlagen der solar unterstützten Klimatisierung

Über die im Rahmen von Task 25 angesiedelten Arbeiten hinaus sollte im Rahmen des Vorhabens ein Kriterienkatalog erarbeitet werden, der zur Bewertung von zukünftigen Projekten der solar unterstützten Klimatisierung dienen kann. Ziel eines solchen Kriterienkataloges sollte es sein, im Vorfeld eines Projektes eine Bewertung vornehmen zu können, die letztlich eine Entscheidungsgrundlage für eine Durchführung bzw. u.U. auch eine mögliche Projektförderung liefert.

Arbeitspaket 6: Verbreitungsaktivitäten: Workshops, Broschüre, Handbuch-Übersetzung

Eine wesentliche Aufgabe von Task 25 war die Verbreitung der Ergebnisse an mögliche Interessenten und Anwender durch geeignete Materialien und Veranstaltungen.

1.2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Das Vorhaben wurde im Anschluss an eine sogenannte Task Definition Phase durchgeführt, innerhalb derer das internationale Projekt Task 25 „Solar Assisted Air Conditioning of Buildings“ initiiert wurde. Dieses Vorhaben wurde unter dem Dach des Solar Heating & Cooling Programmes der Internationalen Energie-Agentur (IEA) durchgeführt. Für diese Task Definition Phase gab es bereits ein Vorläuferprojekt, das mit Mitteln des Bundes gefördert wurde (Solar Assisted Cooling Systems for Building Climatization - Koordination der Project Definition Phase für Task 25 des IEA Solar Heating and Cooling Programme; FKZ0329804A).

Als Ergebnis dieses Vorhabens wurde eine umfassende Studie zur Wirtschaftlichkeit der solaren Klimatisierung erstellt. Außerdem wurde innerhalb dieses Vorläufervorhabens der Arbeitsplan (Work Plan) und Vertrag (Annex) für Task 25 erstellt bzw. die Arbeiten zu der Erstellung koordiniert. Innerhalb dieses Vorläufervorhabens wurde eine Bewilligung des internationalen Vorhabens vom SHC Executive Committee erreicht.

1.3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Sowohl Planung als auch Ablauf des Vorhabens fanden in enger Anlehnung an das internationale Vorhaben Task 25 „Solar Assisted Air Conditioning of Buildings“ statt.

Der Planung des nationalen Vorhabens ging die Erstellung des Arbeitsprogramms von IEA Task 25 voraus; diese wurde ebenfalls durch ein nationales Vorhaben mit Fördermitteln des Bundes flankiert und im Rahmen von 2 sogenannten Task Definition Workshops wurde das Arbeitsprogramm innerhalb der internationalen Expertenrunde abgestimmt und erstellt. Der Bewilligung von Task 25 auf IEA-Ebene auf dem Treffen des Executive Committee im Herbst 1998 folgte die Beantragung und Bewilligung des nationalen Begleitvorhabens. Zeitgleich wurde ein Vorhaben des ILK Dresden bewilligt, das ebenfalls eine Beteiligung an IEA Task 25 sowie schwerpunktmäßig die Bearbeitung des Computer-Tools zum Inhalt hatte.

Das nationale Vorhaben wurde wie Task 25 zunächst für die Dauer von 3 Jahren genehmigt und eine Verlängerung auf beiden Ebenen war an den Erfolg der Arbeiten geknüpft. Nachdem nach 3 Jahren (bzw. 3 ½ Jahren; es wurde eine Verlängerung der ersten Phase ohne geänderte Projektziele genehmigt) wichtige Meilensteine erreicht waren – Fertigstellung eines Handbuchs, erste lauffähige Version des Computer-Programms, in Betrieb befindliche Anlagen für das Monitoring-Programm – wurde auf internationaler Ebene eine zweite Phase vom Executive Committee genehmigt. Diese hatte sowohl die Fortschreibung von begonnenen Arbeiten wie auch einige neue Arbeitspakete zum Inhalt. Dieser Fortführung der Arbeiten um weitere 2 Jahre folgte die Stellung und anschließende Genehmigung eines Aufstockungsantrags, mit dem auch auf nationaler Ebene das Vorhaben erweitert und zeitlich verlängert wurde.

1.4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Die technischen Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben begonnen wurde, waren die folgenden:

Solare Kälteerzeugung und solar unterstützte Klimatisierung von Gebäuden war in den 80er Jahren bereits Gegenstand systematischer F+E-Arbeit in den Vereinigten Staaten und Japan. Zur gleichen Zeit wurden in verschiedenen europäischen Ländern Entwicklungsprojekte in kleinerem Stil durchgeführt.

Die entsprechenden Forschungsprogramme der USA und Japans hatten damals insbesondere im Bereich der Absorptionskältemaschinen zu wesentlichen Entwicklungen geführt (verbesserte einstufige Anlagen, neue mehrstufige Zyklen, verbesserte Arbeitsstoffgemische, Anlagen im kleinen Leistungsbereich). Allerdings profitierte von diesen Entwicklungen nur unwesentlich der Betrieb von Anlagen mit solar erzeugter Wärme. In verschiedenen europäischen Ländern gab es vereinzelte Entwicklungsprojekte wie auch Demonstrationsprojekte zur solaren Kühlung und Klimatisierung. Allerdings gab es zum Zeitpunkt des Beginns des Vorhabens und von Task 25 kein koordiniertes F+E-Programm, innerhalb dessen der Komplex der solar unterstützten Klimatisierung systematisch und umfassend bearbeitet worden war.

National gab es unterschiedliche Entwicklungen von Klimatisierungsverfahren, die mit Niedertemperaturwärme arbeiten. Dabei war jedoch die Nutzung von Solarenergie als Hauptquelle zum thermischen Antrieb nicht wesentlicher Gegenstand der F+E-Arbeiten. Ein Beispiel einer mehrjährigen Entwicklung, die u.a. auch mit Mitteln des Bundes gefördert wurde, war die Flüssigsorptionsanlage der Fa. Menerga, die im Rahmen dieses Vorhabens erstmals in einer Prototypenanwendung im realen Betrieb untersucht wurde.

Der Solarthermie-Markt in Deutschland war vor Beginn des Vorhabens durch stabile Wachstumsraten geprägt, wobei jedoch die absolute Hauptanwendung die solarthermische Brauchwassererwärmung darstellte. Kombi-Anlagen zur solaren Brauchwassererwärmung mit Heizungsunterstützung waren zu diesem Zeitpunkt noch in der Phase der Entwicklung und im Verlauf des Vorhabens entwickelte sich diese Technik zu einer verbreiteten und ein Stück weit standardisierten Anwendung mit wachsendem Marktanteil. Dagegen war solare Klimatisierung auf einige wenige Einzelprojekte beschränkt und eine systematische Bearbeitung dieser Thematik war auch auf nationaler Ebene bis dato nicht erfolgt.

1.5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Innerhalb des Vorhabens wurde mit folgenden Partnern eng zusammengearbeitet:

- ILK Dresden: mit dem ILK Dresden wurde ein Kooperationsvertrag geschlossen, auf dessen Basis die Zusammenarbeit innerhalb von Task 25 erfolgte. Das ILK Dresden war für die Leitung der Subtask B „Design tools and simulation programs“ und koordinierte die Arbeiten zur Erstellung des Computer-Programms für Planer. Von Seiten Fraunhofer ISE wurden Zuarbeiten zu diesem Computer-Programm geleistet. Außerdem fand eine enge Abstimmung hinsichtlich der Durchführung sowie Vor- und Nachbereitung der internationalen Projekttreffen (Expert meetings) statt. Außerdem wurden gemeinsam Verbreitungsaktivitäten durchgeführt.

- IEMB Berlin: mit dem IEMB fand ein enger inhaltlicher Austausch zu allen Fragen der wissenschaftlichen Vermessung von Demonstrationsanlagen statt, da beide Partner mit mehreren Anlagen in Subtask D „Solar assisted cooling demonstration projects“ beteiligt waren. Außerdem wurden gemeinsam Verbreitungsaktivitäten durchgeführt.
- ZAE Bayern, Garching: das ZAE Bayern war in der ersten Phase von Task 25 beteiligt und ebenfalls in das Anlagen-Monitoring eingebunden, wobei die Anlagen allerdings nicht in Subtask D von Task 25 eingegliedert wurden.
- Fa. Klimahaus, Hamburg: die Fa. Klimahaus begleitete Task 25 ebenfalls während der ersten Phase. Dabei fand insbesondere zu Fragen der Anlagenplanung ein enger Austausch statt, um bei Planungsfragen die praktischen Gesichtspunkte des Planungsalltags zu berücksichtigen. Diese Diskussionen hatten einen erheblichen Einfluss z.B. auf die Gestaltung des Computer-Tools, um eine nutzerfreundlichen Oberfläche und schnelle Einarbeitung – beides wichtige Gesichtspunkt für den Planungsalltag – sicher zu stellen. Außerdem war die Fa. Klimahaus bei Verbreitungsaktivitäten in der ersten Phase von Task 25, z.B. der Präsenz auf der Light & Building Messe im Frühjahr 2002 in Frankfurt/Main beteiligt.
- Universitäts-Klinikum Freiburg, Abteilung Betriebstechnik: mit der Abteilung Betriebstechnik der Universitätsklinik Freiburg gab es eine enge Zusammenarbeit beim Betrieb und dessen messtechnischer Begleitung bei der solar unterstützten Kälteerzeugung im Laborbereich des Universitäts-Klinikums. In vielen Treffen wurden Details der Regelungstechnik und deren Optimierung sowie der Analyse und Bewertung der Messdaten diskutiert und Modifikationen implementiert.
- IHK Freiburg, Betriebstechnik: In ähnlicher Weise wurde mit der Betriebstechnik des Gebäudes der Industrie- und Handelskammer Freiburg eng zusammengearbeitet. Neben Modifikationen in der Betriebsführung und Regelungstechnik wurden auch bauliche Veränderung in der Anlagentechnik durchgeführt, um eine höhere Gesamteffizienz zu erzielen. In den Räumen der IHK Freiburg fanden zudem etliche Workshops und ähnliche Veranstaltungen statt und die Anlage wurde zahlreichen Besuchern vorgeführt und erläutert.
- Fa. Menerga: mit der Fa. Menerga bestand – und besteht – ein enger Austausch zur Vermessung der Pilotanlage am Fraunhofer Solar Building Innovation Center (SOBIC) in Freiburg. Auch hier wurden vielfache betriebs- und regelungstechnische Veränderungen implementiert, um die Effizienz und Betriebsstabilität der Anlage zu verbessern. Diese Arbeiten werden aktuell auf bilateraler Ebene fortgesetzt.
- Darüber hinaus wurde mit den Partnern aus Task 25 auf internationaler Ebene zusammengearbeitet. Neben den regelmäßigen, halbjährlichen Projekttreffen gab es auch viele bilaterale Treffen mit einzelnen Partnern zur Bearbeitung spezieller Fragestellungen. Die Partner auf internationaler Ebene waren:
 - Österreich: Arsenal Research (Wien), TU Graz
 - Frankreich: Tecsol (Perpignan), CSTB (Sophia Antipolis)
 - Griechenland: National Observatory of Athens
 - Israel: Technion Haifa
 - Italien: Politecnico di Milano, Università degli Studi di Palermo
 - Japan: Mayekawa MFG.Co., LTD
 - Mexiko: Universidad Nacional Autonoma de Mexico

- Niederlande: TNO Building and Construction Research (Delft), Novem (Sittard)
- Portugal: INETI-DER (Lissabon)
- Spanien: Universitat Politècnica Catalunya (Terrassa), Aiguasol Enginyeria (Barcelona)