
Solare Kühlung – Überblick und neue Entwicklungen



Alexander Morgenstern

Fraunhofer-Institut für
Solare Energiesysteme ISE

*VDI-Fachkonferenz
Wärmeeinsatz zum Kühlen und
Klimatisieren*
Berlin, 14./15.05.2013

www.ise.fraunhofer.de

Solare Kühlung – warum?

Status

- Steigender Bedarf an Kühlung und Klimatisierung
 - Überwiegend Nutzung von exergetisch hochwertiger Elektroenergie
 - In der EU werden etwa 50% der Endenergie für Heiz- und Kühlzwecke eingesetzt
-
- Elektrische Lastspitzen in einigen Gegenden bereits heute durch Klimatisierung bedingt
- 
- Gleichzeitig könnten hohe Solarerträge genutzt werden



Solare Kühlung – warum?

Status

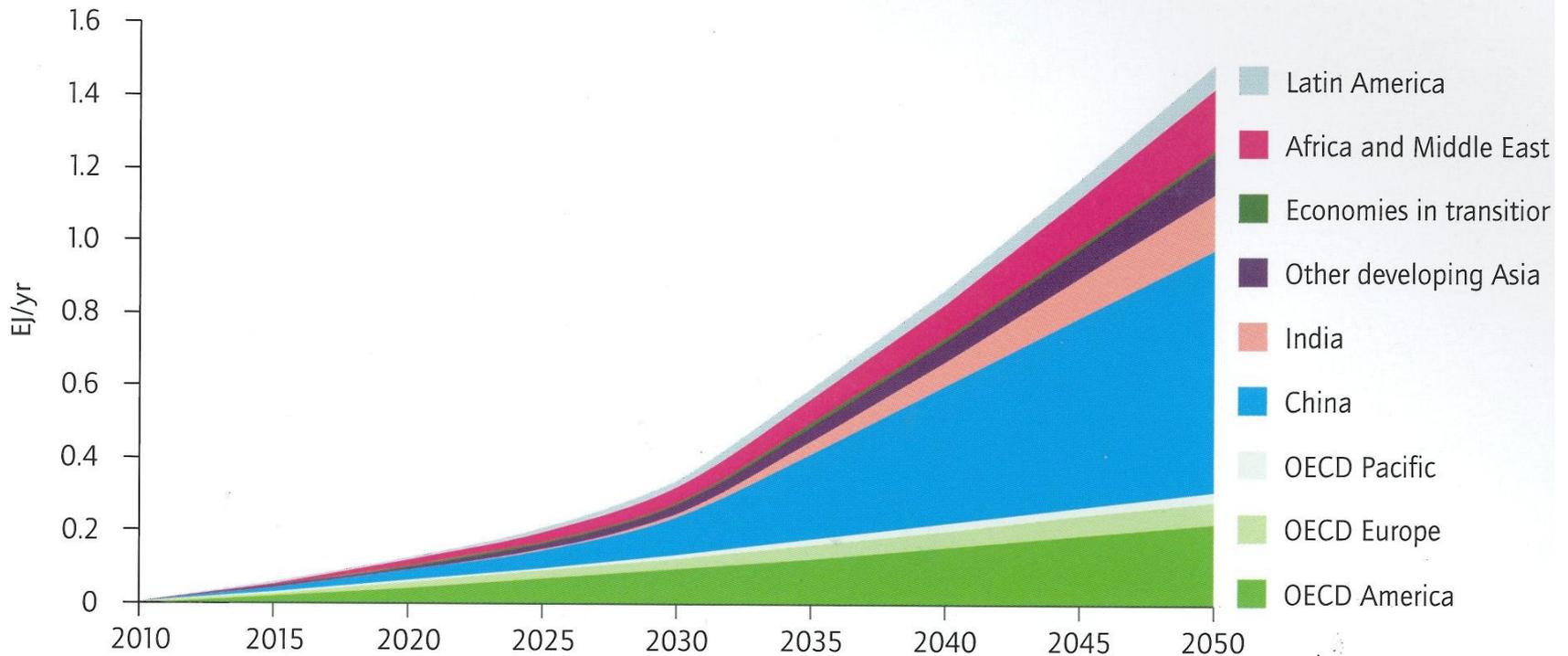
- Steigender Bedarf an Kühlung und Klimatisierung
- Überwiegend Nutzung von exergetisch hochwertiger Elektroenergie
- In der EU werden etwa 50% der Endenergie für Heiz- und Kühlzwecke eingesetzt

Ziele

- Verringerung der Spitzenlast bei Elektroenergiebedarf
- Primärenergieeinsparungen und Reduzierung der CO₂-Emissionen
- Ganzjährige Systemnutzung für Heizung, Kühlung und Warmwasser

IEA Entwicklungsprognose Solare Kühlung (I)

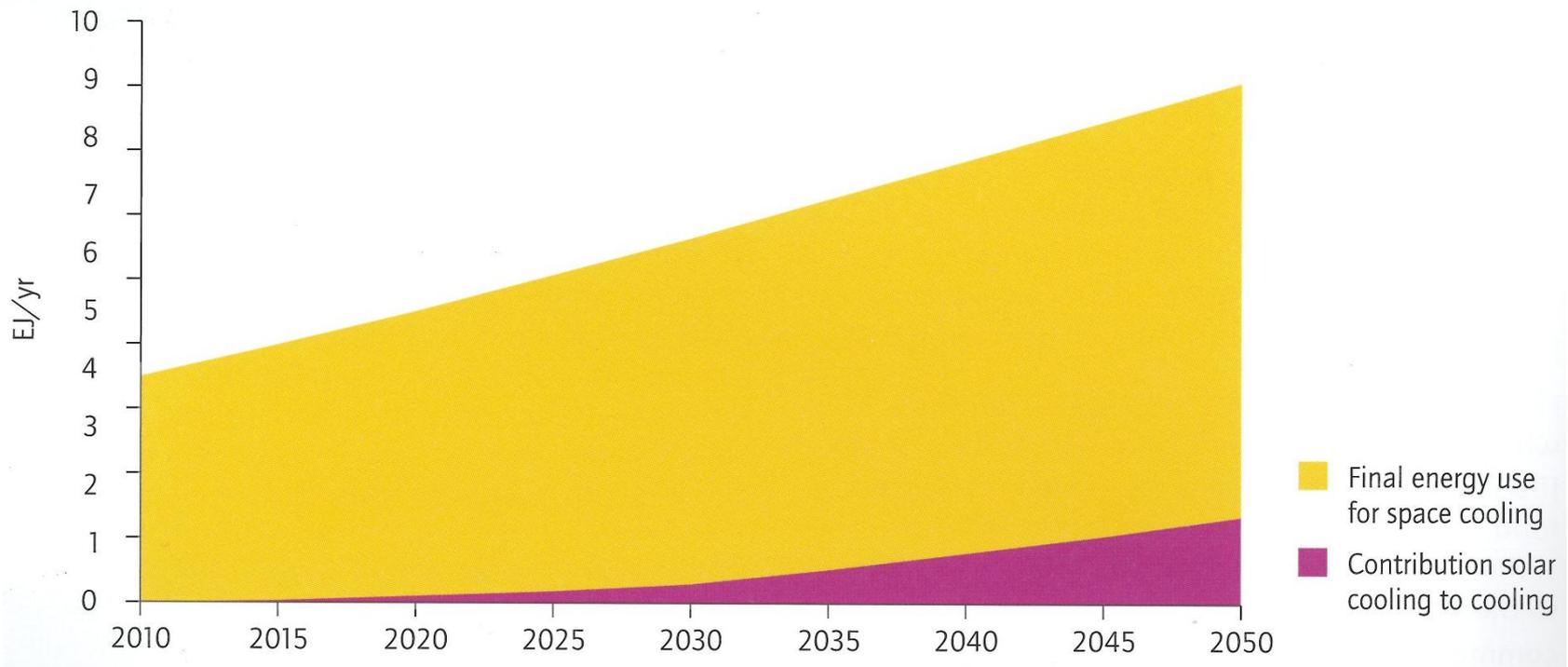
Figure 16: Roadmap vision for solar cooling (Exajoule/yr)



Datenquelle: : Technology Roadmap Solar Heating and Cooling, ©OECD/IEA, 2012

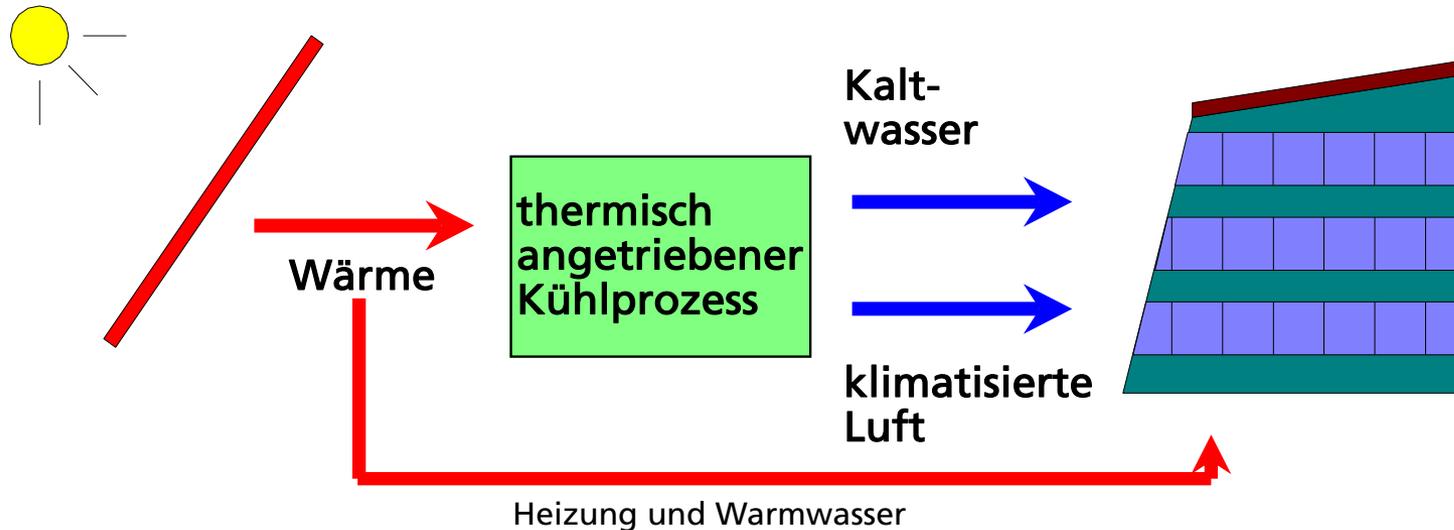
IEA Entwicklungsprognose Solare Kühlung (II)

Figure 17: Roadmap vision for solar cooling in relation to total final energy use for cooling (Exajoule/yr)



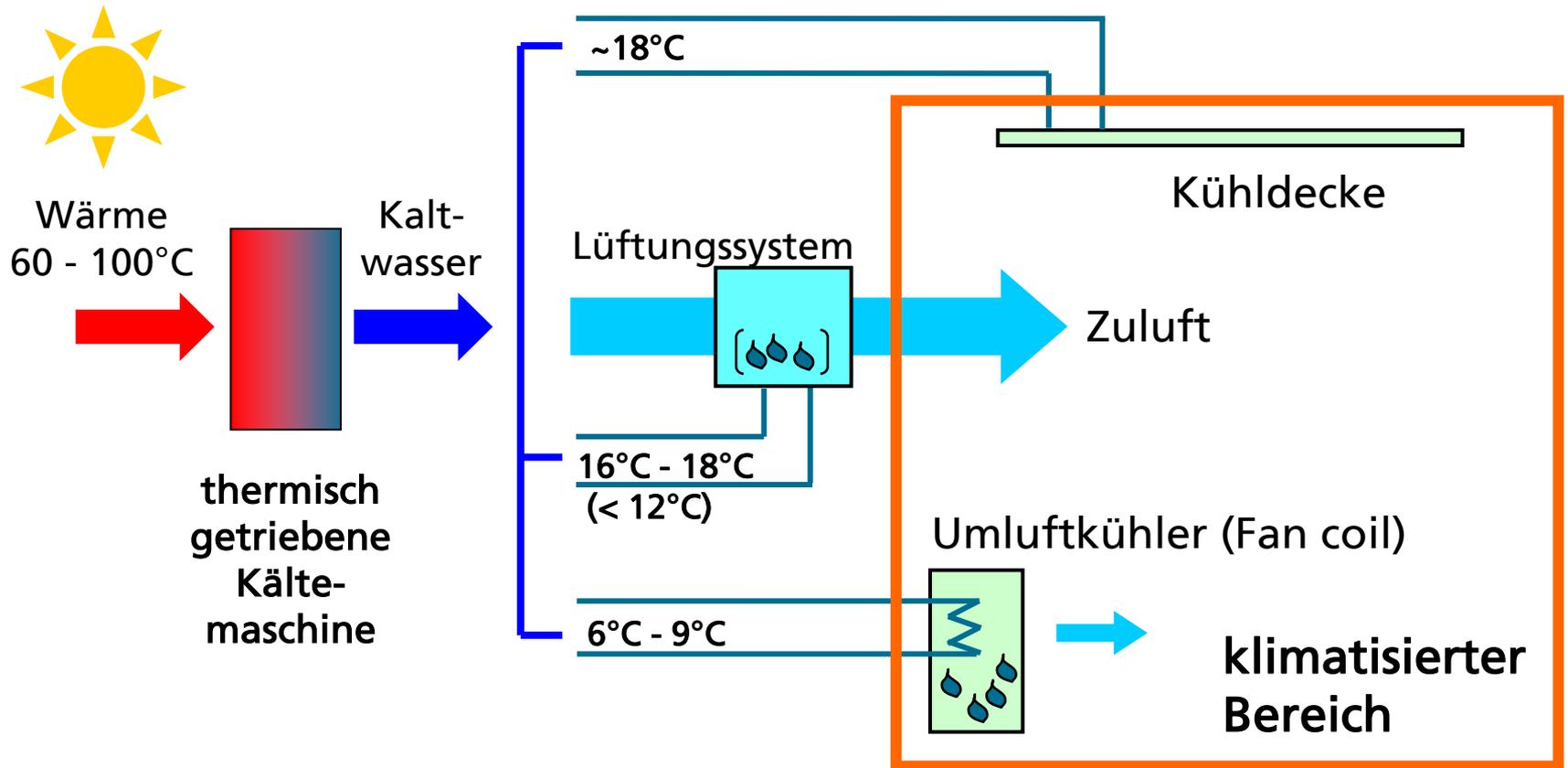
Datenquelle: : Technology Roadmap Solar Heating and Cooling, ©OECD/IEA, 2012

Technologien

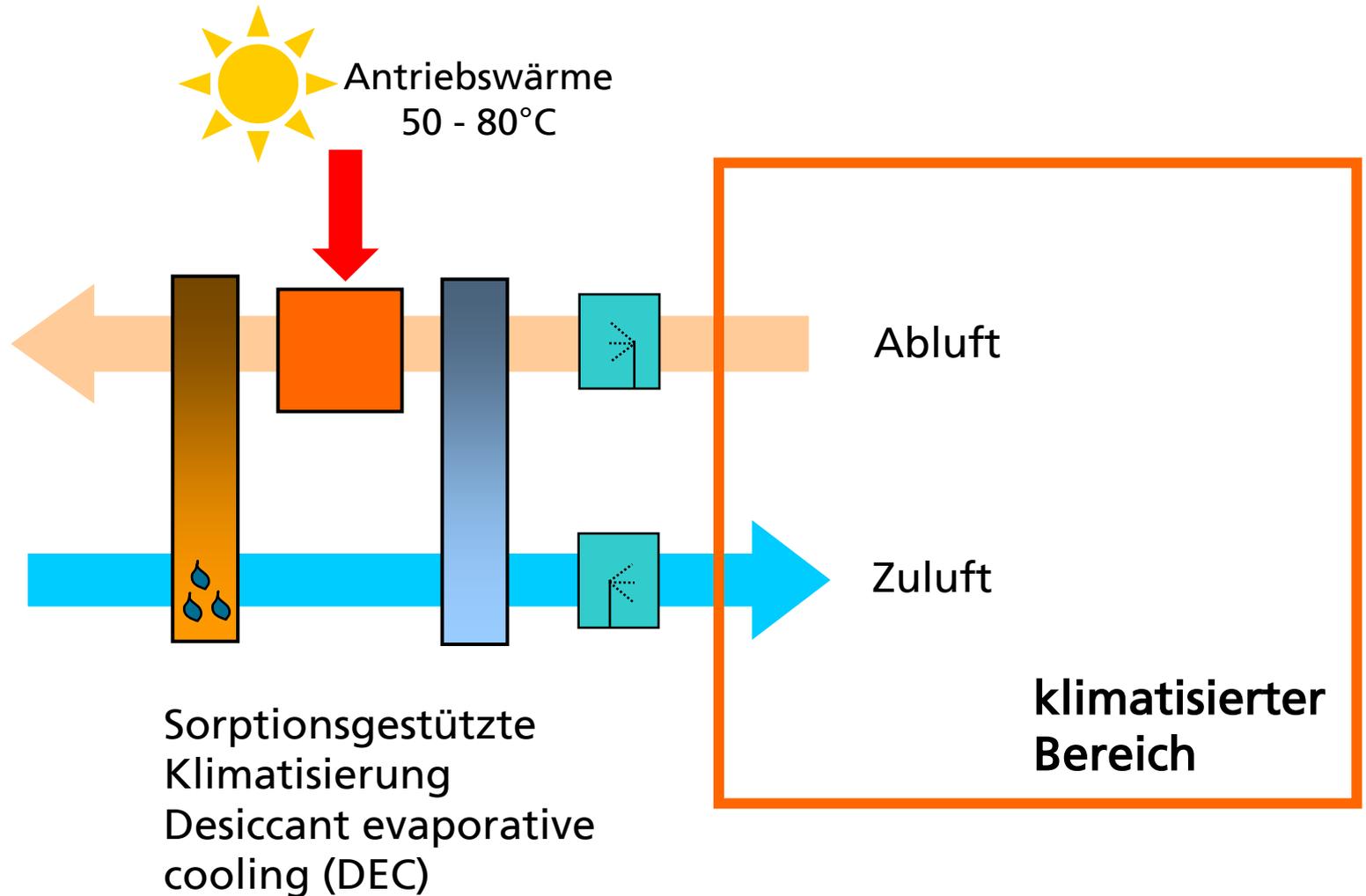


- Geschlossene Verfahren zur Kaltwassererzeugung für jede Art von Klimatechnik (z. B. Lüftungsanlagen, Umluftkühler, Kühldecken, ...)
- Offene Verfahren zur direkten Luftkonditionierung (bestehen grundsätzlich aus einer Kombination aus sorptiver Luftentfeuchtung und Verdunstungskühlung)
- Kombination von offenen mit geschlossenen Verfahren möglich

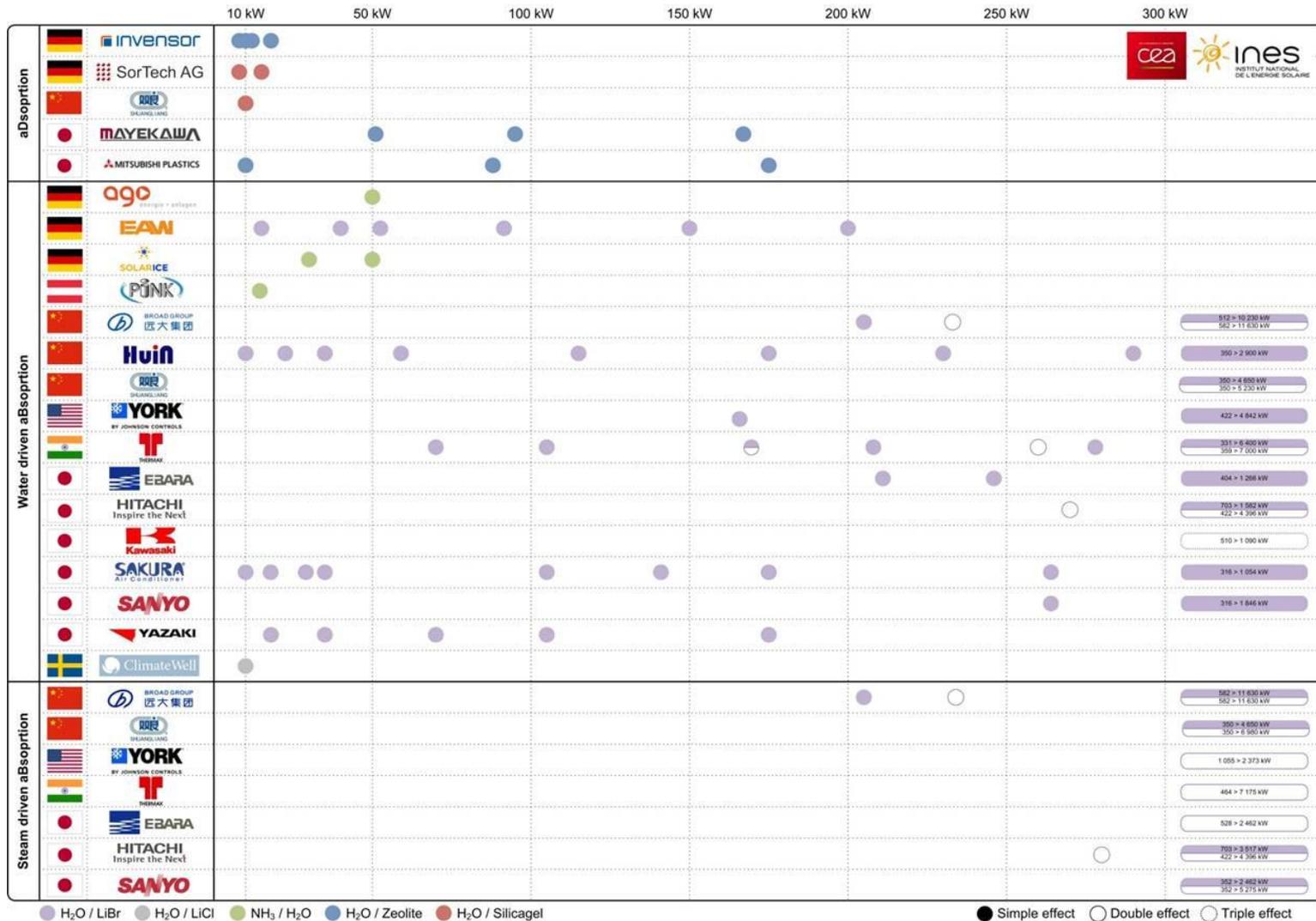
Geschlossene Verfahren zur Kaltwassererzeugung



Offene Systeme zur Luftkonditionierung



Übersicht thermisch angetriebener Kältemaschinen



Quelle: CEA INES/Task 48

Markt: Absorptionskältemaschinen, kleine Leistung (Beispiele)



makatec (DE)
 Membrantechnologie zum Heizen und Kühlen

Ammoniak/Wasser
 5 – 100 kW

Bildquelle: makatec



THERMAX (IN)
 Sustainable solutions
 Energy & Environment

Wasser/LiBr
 35 kW

Bildquelle: Jakob/CSIRO



SAKURA® (JP)
 Air Conditioner

Wasser/LiBr
 35 kW

Bildquelle: Sakura



SOLARICE (DE)

Ammoniak/Wasser
 25 – 40 kW

Bildquelle: SOLARICE



PINK (AT)

19 kW

Bildquelle: PINK



ROBUR® (IT)

12 kW

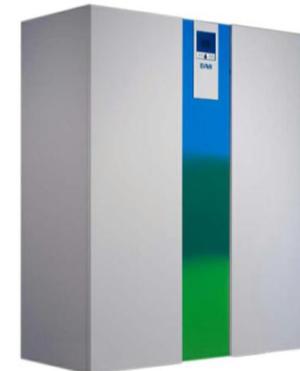
Bildquelle: ISE



YAZAKI (JP)
 WFC-SC5

17.6 kW

Bildquelle: Yazaki



EAW (DE)
 Wegracal 15

15 kW

Bildquelle: EAW

Markt: Absorptionskältemaschinen

Einzelbeispiele

- zwei- und dreistufige Absorptionskältemaschinen
 - Mehrere Hersteller
 - oft direkt befeuerte Maschinen
 - Interessant für solarthermische Anwendungen:
Antrieb mit Heißwasser / Heißdampf
2-stufig: bis ca. 180°C Antriebstemperatur;
max. EER_{th} : 1.4
3-stufig: ca. 250°C Antriebstemperatur;
max. EER_{th} : 1.8
 - 2-stufig: einige Realisierungen mit solarthermischem Antrieb (konzentrierende Kollektortechnik)

BROAD: 2-stufige Absorptions-KM
230 kW Nennkälteleistung
Bildquelle: ISE



Markt: Adsorptionskältemaschinen (Beispiele)



 **SorTech AG**
ACS 08 + ACS 15
8 + 15 kW
Bildquelle: SorTech



 **MITSUBISHI PLASTICS**
10 kW
Wasser/Zeolith
Bildquelle: Mitsubishi Plastics



 **ECO-MAX**
adsorption chillers **AD3 series**
ca. 100-1100 kW
Bildquelle: ECO-MAX



 **INVENSOR**
LTC 10 + HTC 18
10 + 18 kW
Mit integrierter
Hydraulikeinheit
Bildquelle: Invensor



 **SolabCool**
Solid Absorption Cooling
5 kW
Wasser/Silikagel
Bildquelle: SolabCool

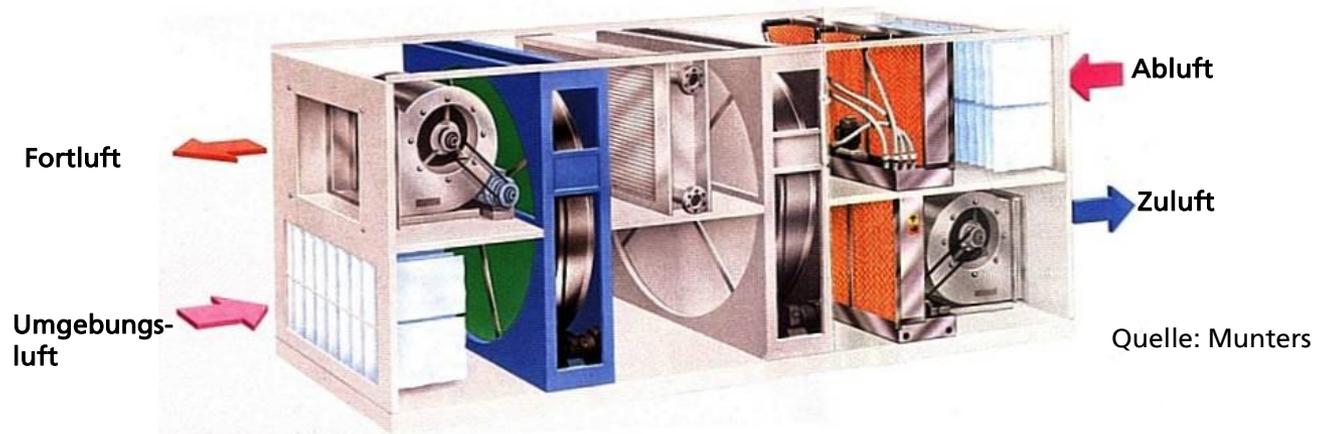


 **MAYEKAWA** **ADR-Z series**
100-400 kW
Bildquelle: Mayekawa

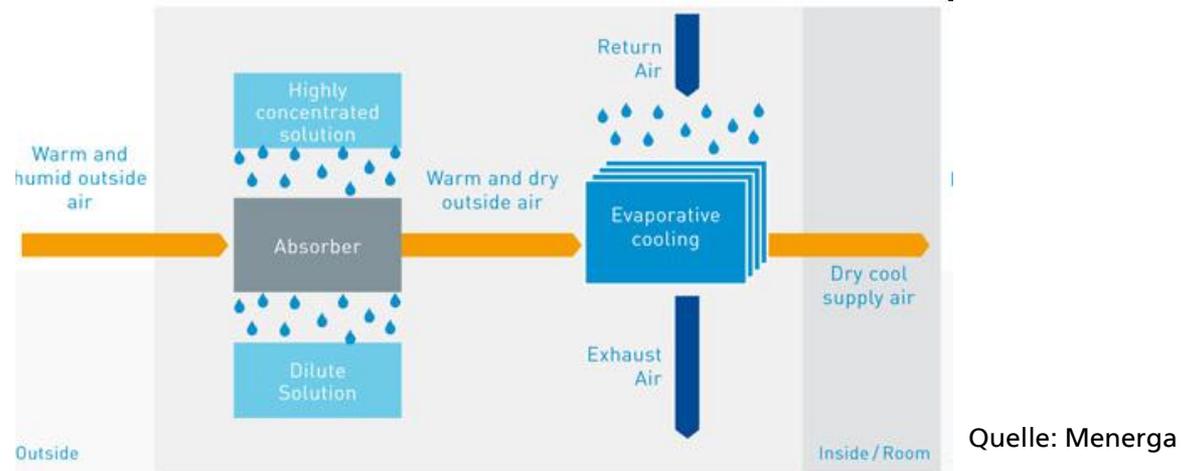
Offene sorptionsgestützte Systeme

Prinzip: Kombination von sorptiver Entfeuchtung und Verdunstungskühlung

Feststoffsorption



Flüssigsorption



Systeme: Kollektoren - Kältetechnik

Antriebs- Temperatur	Kollektortyp	Kältetechnik / System
Tief (60-90°C)	 A photograph showing a rooftop installation of solar collectors. The collectors are blue and arranged in rows on a metal structure. In the background, a multi-story building with a grid of windows is visible under a cloudy sky.	Offene Verfahren: direkte Luftbehandlung Geschlossene Verfahren: System mit hohen Verteilungstemperaturen (Kühldecke)

Systeme: Kollektoren - Kältetechnik

Antriebs- Temperatur	Kollektortyp	Kältetechnik / System
Tief (60-90°C)		Offene Verfahren: direkte Luftbehandlung Geschlossene Verfahren: System mit hohen Verteilungstemperaturen (Kühldecke)
Mittel (80-110°C)		Geschlossene Verfahren: Kaltwasser zur Kühlung und Entfeuchtung Prozesskühlung, Klimatisierung mit Eisspeicherung

Systeme: Kollektoren - Kältetechnik

Antriebs- Temperatur	Kollektortyp	Kältetechnik / System
Tief (60-90°C)		Offene Verfahren: direkte Luftbehandlung
		Geschlossene Verfahren: System mit hohen Verteilungstemperaturen (Kühldecke)
Mittel (80-110°C)		Geschlossene Verfahren: Kaltwasser zur Kühlung und Entfeuchtung
		Prozesskühlung, Klimatisierung mit Eisspeicherung
Hoch (130-200°C)		Geschlossene Verfahren: zweistufige Verfahren mit hoher Effizienz
		System mit hohem Temperaturhub (z.B. Eisspeicher mit trockener Rückkühlung)

Beispiel 1: KollSorp - kollektorintegrierte solare Kühlung

→ Entwicklung eines *kollektorintegrierten Sorptionsmoduls* zur solaren Kühlung und Heizungsunterstützung

Beteiligte Partner:

Vaillant, Fraunhofer ISE, Climatewell (Schweden)

BMU gefördert, FKZ 0325979AB, 01.09.2011 – 31.08.2014

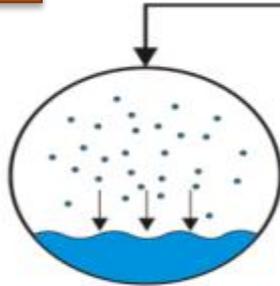
Motivation:

- Hohe Desorptionstemperaturen möglich, da kein Fluidkreis zwischen Kollektor und Sorptionsmodul geschaltet ist
- Arbeitspaarbedingt dadurch hohe Rückkühltemperaturen möglich -> hohe elektrische bei guter thermischer Effizienz
- Vereinfachte Systemtechnik, plug-and-play

KollSorp Funktionsprinzip – Tag- und Nachtzyklus

TAG

Kondensation



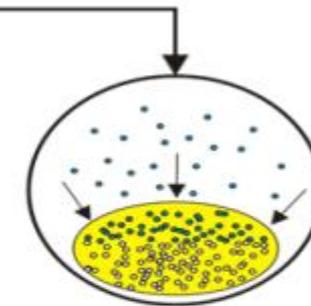
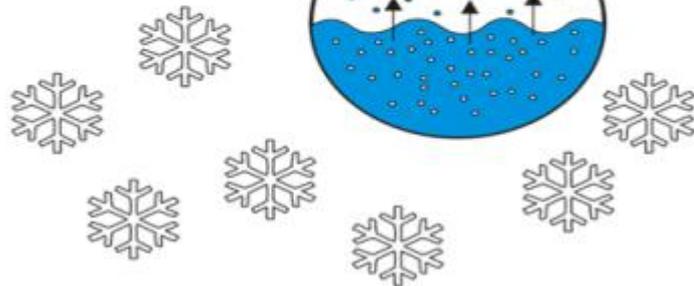
Desorption

Verdampfer/Kondensator

Reaktor/Absorber

NACHT

Verdampfung



Absorption

Schema und erste Messungen



Beispiel 2: AgroKühl – solargekühltes Kühlhaus

Entwicklung eines schlüsselfertigen Kühllagers für den mediterranen Raum

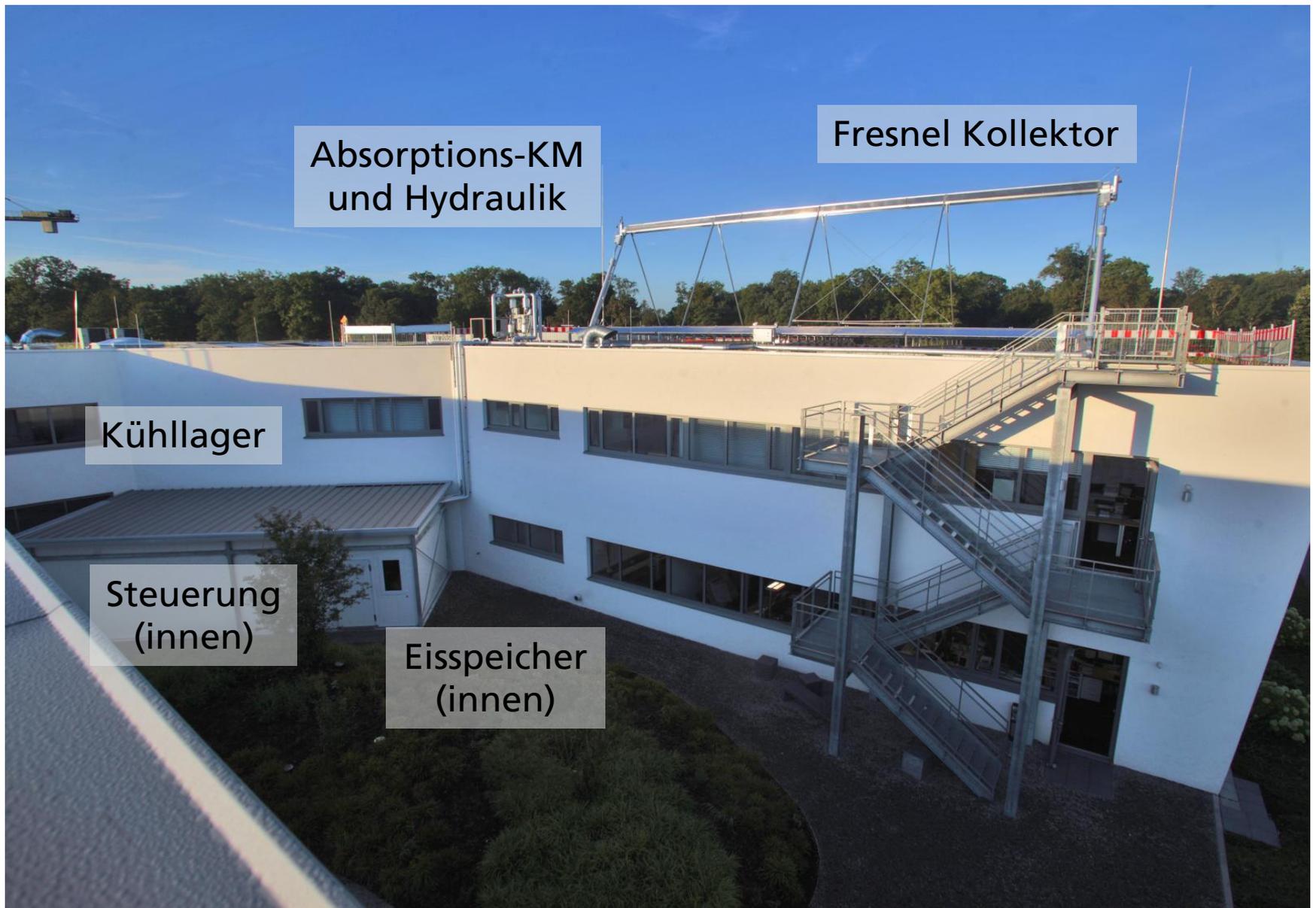
KMU-Innovativ Projekt des BMBF (FKZ: 01LY1016F, 1.6.2011- 31.5.2013)

- 5 Projektpartner

Pilot-Anlage bei Freiburg

- 88 m² Fresnel Kollektor
- 12 kW NH₃/H₂O Absorptions-KM
- 2x300l Eis-Speicher
- 100 m³ Kühllager
- Kühllast und Feuchte werden emuliert





Absorptions-KM
und Hydraulik

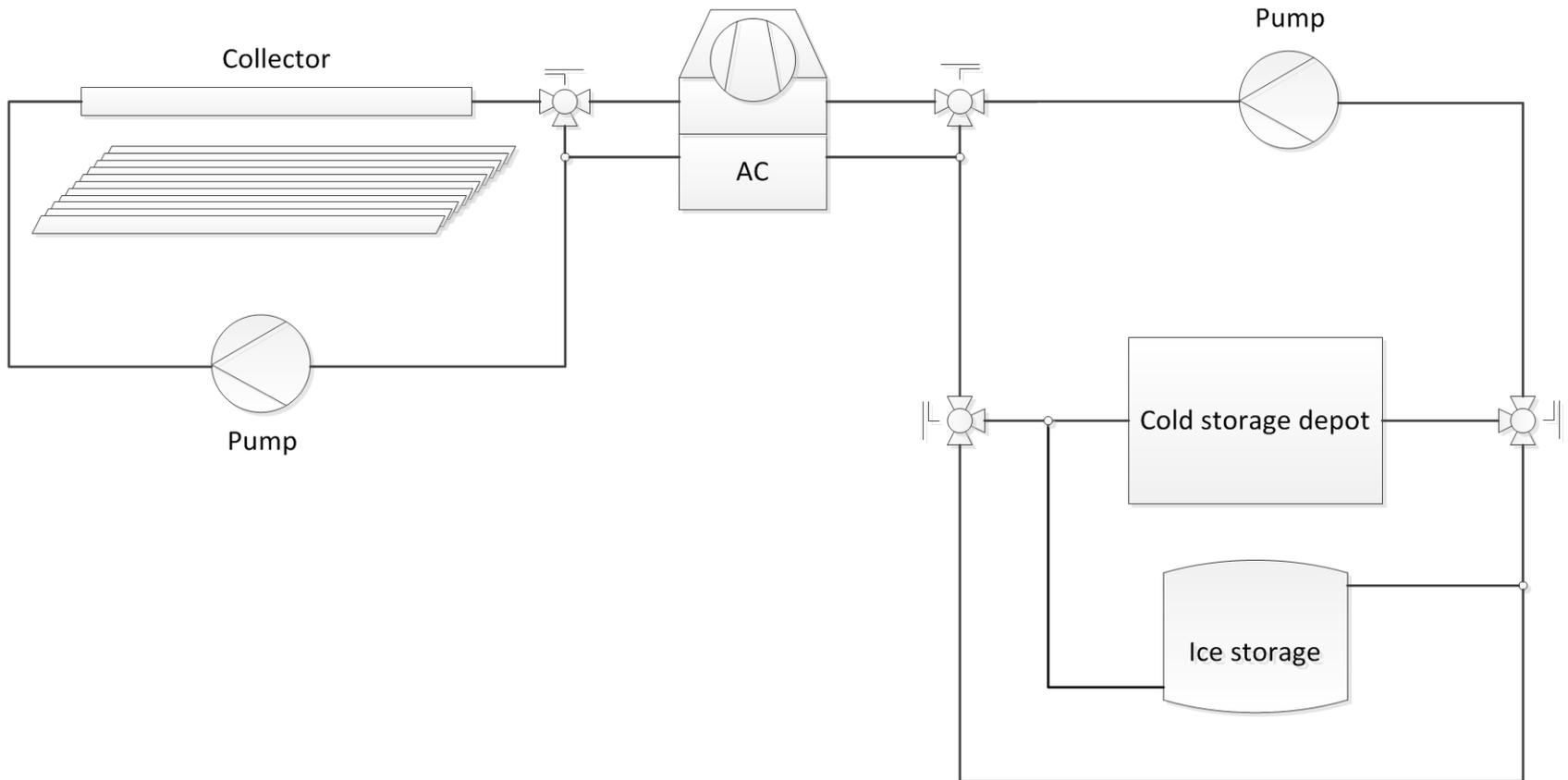
Fresnel Kollektor

Kühllager

Steuerung
(innen)

Eisspeicher
(innen)

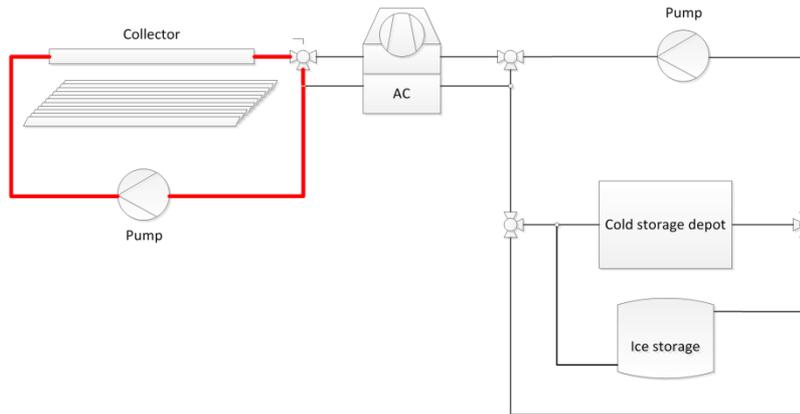
Systemschema



Betriebsmodi

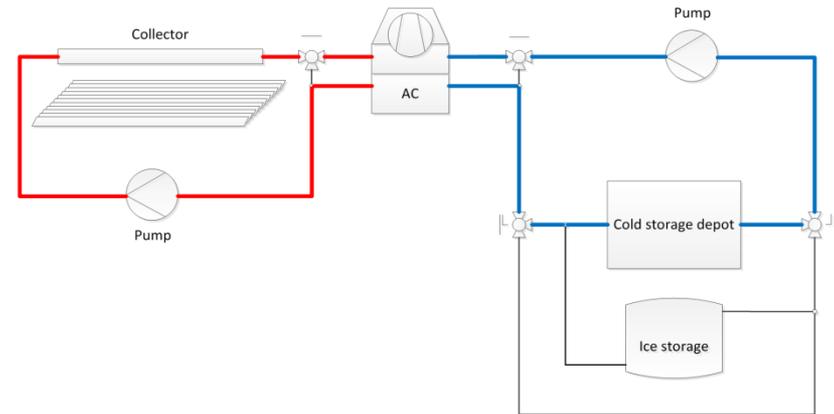
AgroKühl

Operation mode preheat



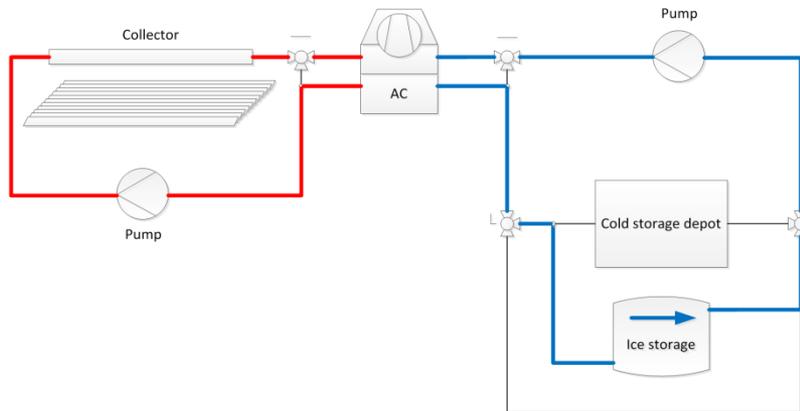
AgroKühl

Operation mode direct cooling



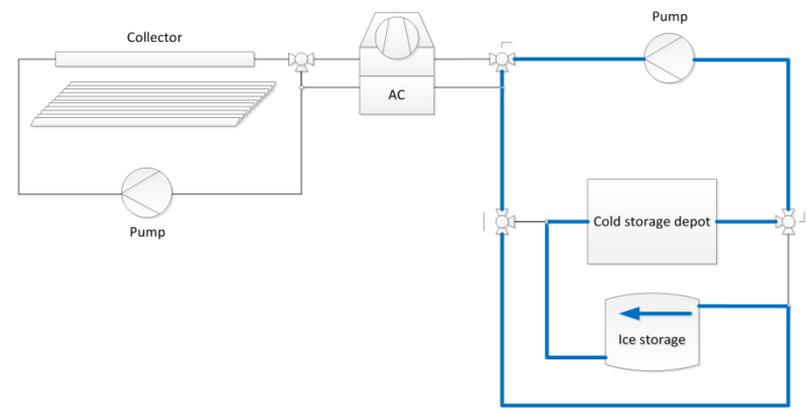
AgroKühl

Operation mode charging ice storage



AgroKühl

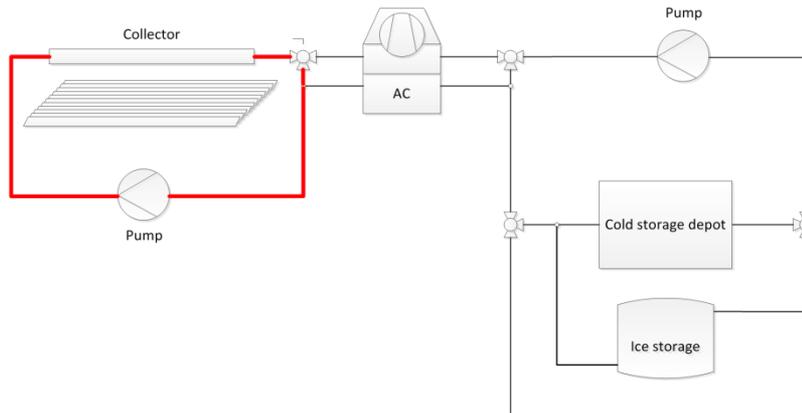
Operation mode discharging ice storage



Betriebsmodi

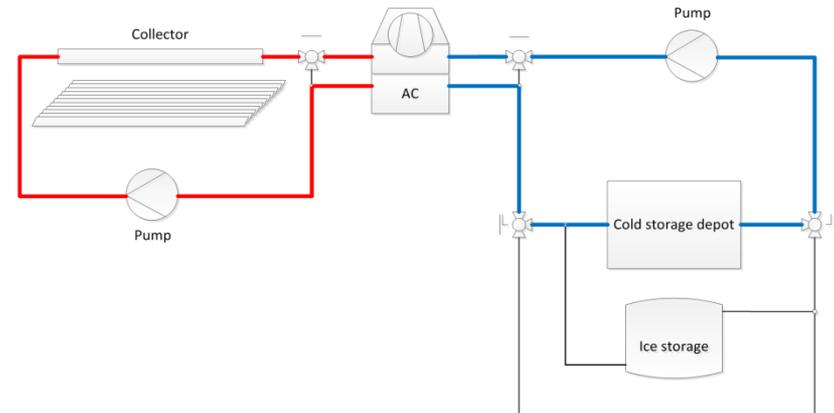
AgroKühl

Operation mode preheat



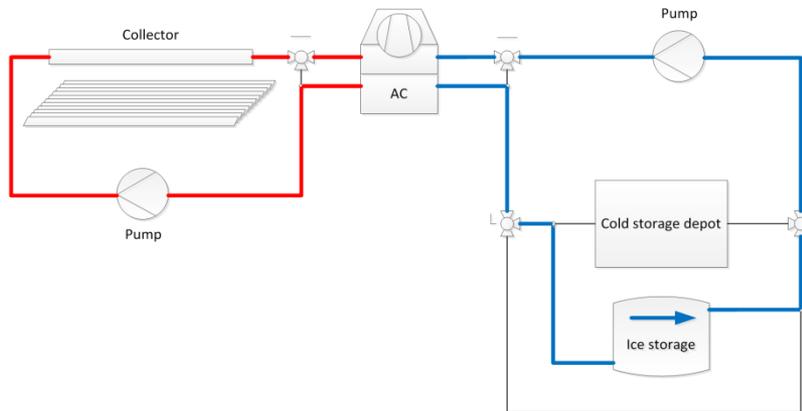
AgroKühl

Operation mode direct cooling



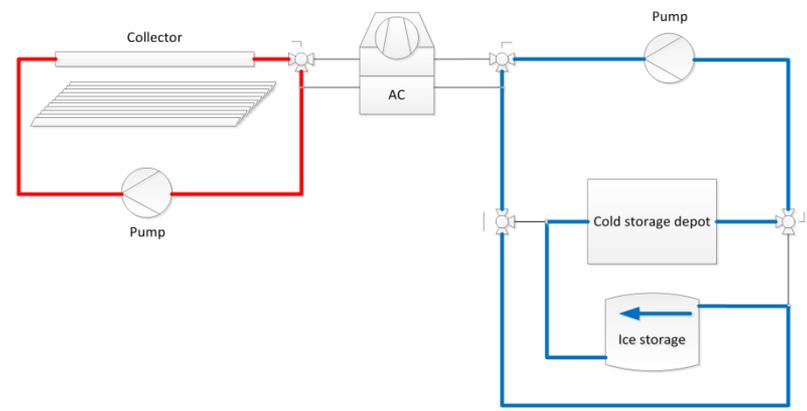
AgroKühl

Operation mode charging ice storage



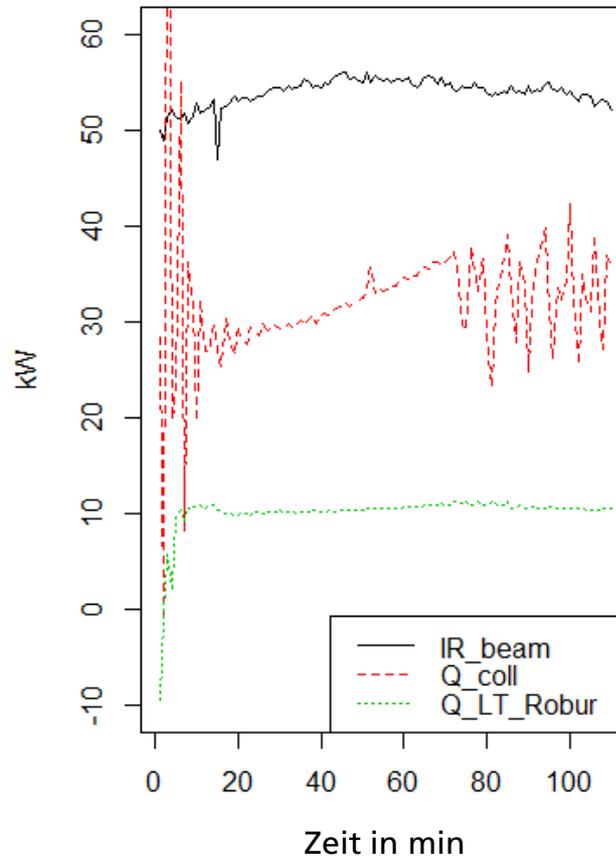
AgroKühl

Operation mode preheat & discharging ice storage

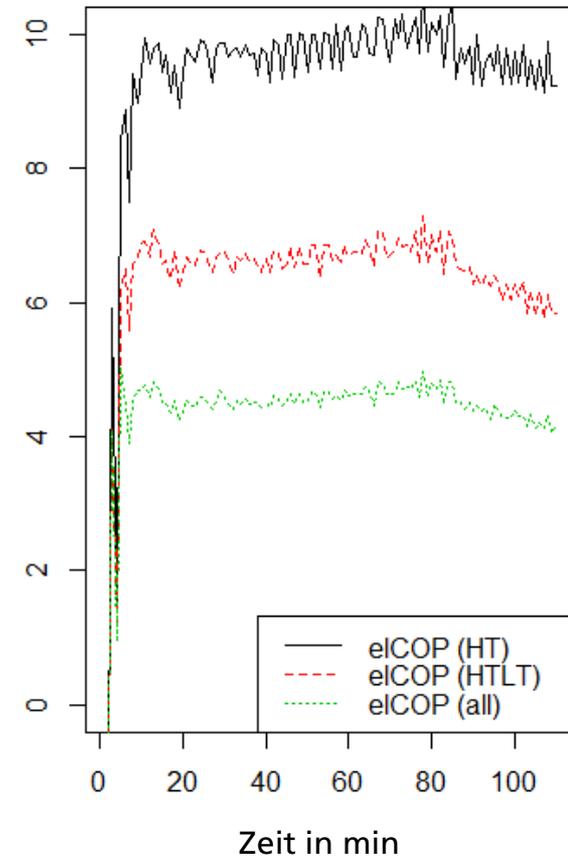


Erste Messergebnisse – Modus direkte Kühlung

Leistung



el. Effizienz



Beispiele großer Anlagen



Quelle: SOLID, Graz/Austria

CGD Bank Zentrale

Lissabon, Portugal

1560 m² Kollektorfläche

400 kW Absorptions-KM



Quelle: Paradigma, Festo

FESTO AG & Co KG

Berkheim, Deutschland

1218 m² Kollektorfläche

1.05 MW

(3 Adsorptions-KM)



Quelle: SOLID, Graz/Austria

United World College (UWC)

Singapur

3900 m² Kollektorfläche

1.47 MW Adsorptions-KM

Solar unterstützte Kühlung bei der FESTO AG & Co. KG

- Standort: Esslingen, Deutschland
- Klimatisierung von 26.000 m² Bürofläche (Technologiecenter)
- Seit 2001: 3 x 350 kW Adsorptions-KM (Mycom)
- Wärmequellen: Abwärme aus Produktionsprozess, Gaskessel und seit 12/2007: Solar
- 1218 m² Vakuumröhrenkollektoren (Paradigma, CPC); Aqua-System
- Zuluftkühlung, Betonkernaktivierung
- Kollektorfeld gefördert durch Solarthermie 2000plus



Quelle: FESTO

Quelle: Paradigma



Sun-Moon Mansion Gebäudekomplex, China

- Kollektorfläche 5024 m² (Warmwasser, Swimming Pools, ...)
- 1700 m² für solare Kühlung
- Klimatisierte Fläche etwa 10.000 m²
- 500 kW LiBr-Kältemaschine, mittlerer EER_{th} 0.76
- Antriebstemperatur mindestens 88°C.

Bildquelle: Himin Solar Energy



United World College of South East Asia Singapur

- Solare Kühlung und Warmwasserversorgung auf dem United World College - Campus Singapur (2012):
 - 1.5 MW Absorptionskältemaschine (Broad)
 - 3900 m² Flachkollektoren
 - WW-Versorgung für 2500 Studenten
 - Finanziert über ESCO



Bildquelle: SOLID



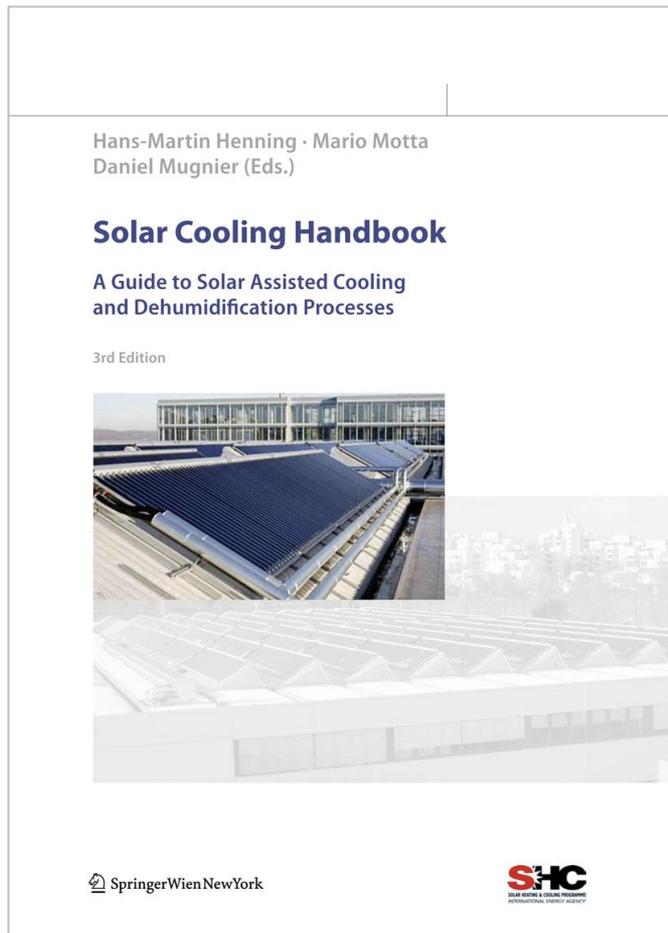
Bildquelle: ISE

Internationale Zusammenarbeit im IEA Solar Heating and Cooling Implementing Agreement

- Task 38 „Solar Air-Conditioning and Refrigeration“
 - Laufzeit: 2005 – 2010
 - Teilnehmer: 12 Länder, 36 Forschungszentren/Unis und 13 Firmen
 - Operating Agent: Hans-Martin Henning (Fraunhofer ISE)

- Task 48 „Quality Assurance and Support Measures for Solar Cooling“
 - Laufzeit: 2011 – 2015
 - Teilnehmer: 12 Länder, 15 Forschungszentren/Unis (und 15 Firmen und Verbände)
 - Operating Agent: Daniel Mugnier (TECSOL)

Ergebnisse der IEA SHC Task 38



- Erscheinungsdatum: Juni 2013

IEA-SHC Task 48

Quality Assurance and Support Measures for Solar Cooling

Ziele

- Effizienz, Zuverlässigkeit und Wettbewerbsfähigkeit von solothermischen Heiz- und Kühlsystemen
- Entwicklung von:
 - Werkzeugen und Verfahren für die Charakterisierung der Hauptkomponenten von SAC Systemen
 - anwendbaren und einheitlichen Bewertungsverfahren (angepasst an die besten Konfigurationen)
 - Qualitätsansprüchen (vorgeschrieben und bezogen auf Leistung)
 - Werkzeugen und Hilfsmitteln zur Förderung von SAC Systemen

Struktur der Task 48

Subtask A

Quality procedure on component level

POLIMI (Italy): Marco Calderoni

Subtask B

Quality procedure on system level

Fraunhofer ISE (Germany): Alexander Morgenstern

Subtask C

Market support measures

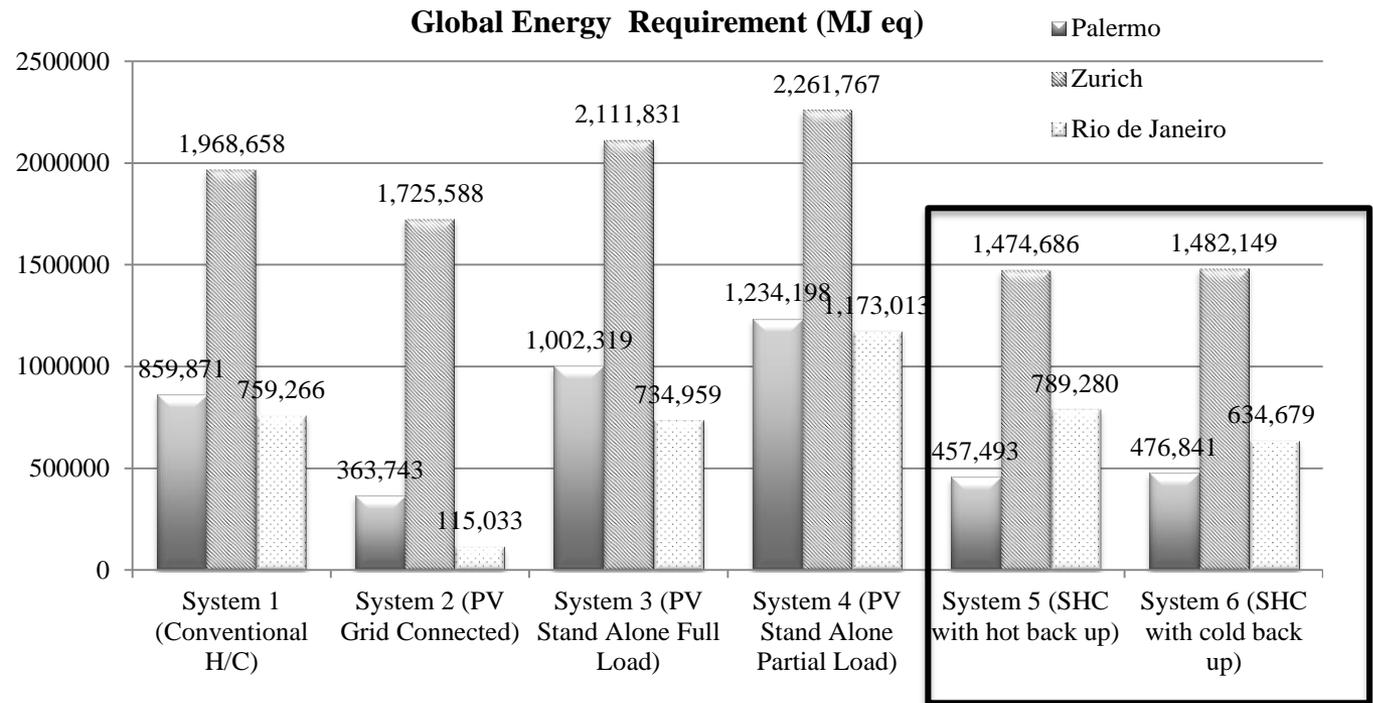
CSIRO (Australia): Stephen White

Subtask D

Dissemination and policy advices

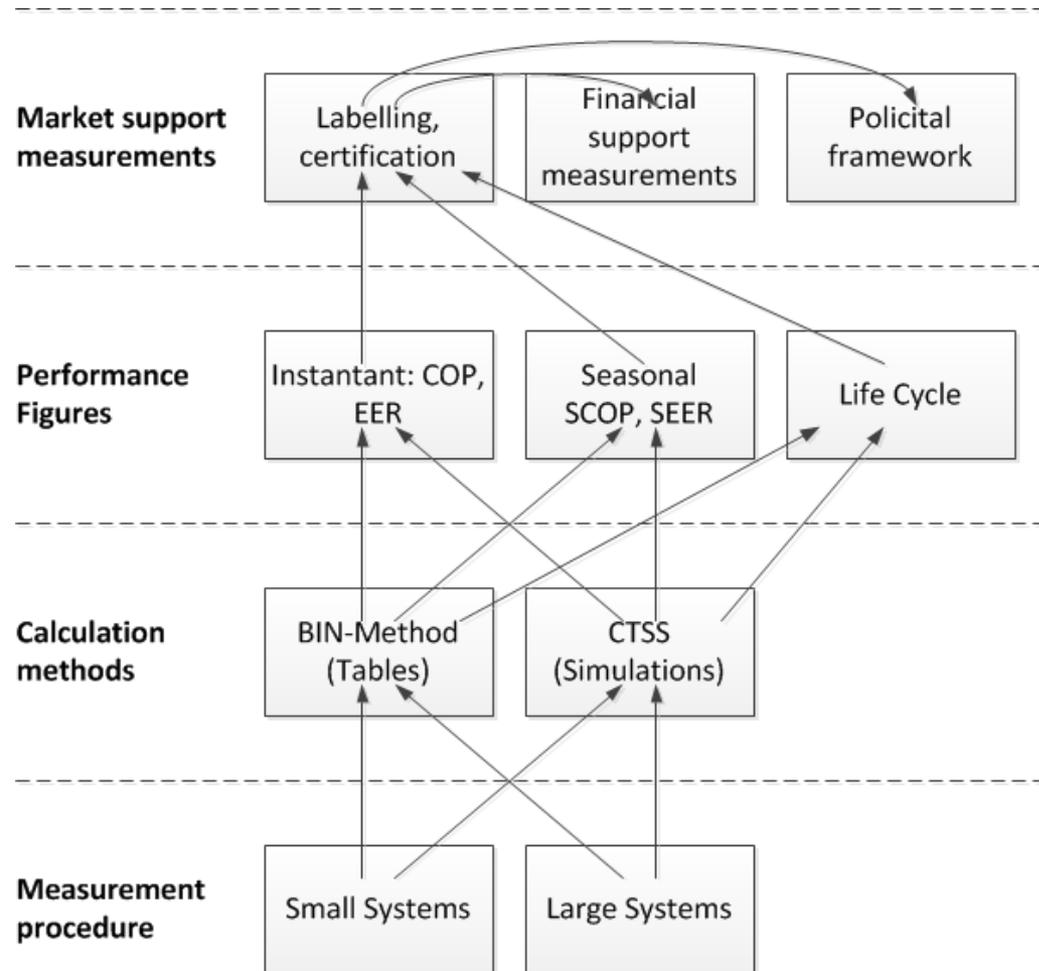
Green Chiller e.V. (Germany): Uli Jakob

Beispiel Ergebnisse Subtask A and B (WP A2/B3): Lifecycle Analyse auf Komponenten und Systemlevel



■ Vergleich Gesamtenergiebedarf

Beispiel Vorgehensweise Subtask B und C



Source: ISE

Webseite IEA SHC Task 48: <http://task48.iea-shc.org/>

IEA-SHC HOME TASK HOME MEMBER LOGIN SEARCH



SHC Task 48
QA & Support Measures for Solar Cooling

- About Project
- Participants
- Meetings / Events
- News
- Related Sites
- Member Area
- Contact

Quality Assurance & Support Measures for Solar Cooling Systems

Overview

The main objective of this Task is to assist a strong and sustainable market development of solar cooling systems. It is focusing on systems including any solar thermal cooling technology (no power limitation or solar collector field area) which can be used in heating mode.

The proposed project is intended therefore to create a logical follow up of the IEA SHC work already carried out by trying to find solutions to make the solar thermally driven heating and cooling systems at the same time efficient, reliable and cost competitive.

Task Information

DURATION
Oktober 2011 — März 2015

OPERATING AGENT
Mr. Daniel Mugnier
FRANCE
+33 4 68 68 16 42 fax: +33 4 68 68 16 41
daniel.mugnier@tecsol.fr

What's New

NEWS **MEETINGS** **PUBLICATIONS**

SHC Solar Award 2013 - Call for Nomination - For over 30 years, the International Energy Agency's Solar Heating & Cooling (SHC) Programme has worked to expand the use of solar energy for heating and cooling.

[Task 48 2012 Highlights Now Online](#)

[SHC 2013 Abstract Submission and SHC 2012 Conference Proceedings](#) - January 8, 2013

Webseite: www.solare-kuehlung.info



Planungsleitfaden Solare Kühlung





SOLARTHERMIE 2000plus
Solarthermische Anlagen zur Raumkühlung in Einzelgebäuden bzw. Gebäudegruppen
Wissenschaftliche Programmbegleitung und Begleitforschung Solarthermische Gebäudeklimatisierung
Förderkennzeichen 0329605A

 **Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit**

 **PTJ**
Projektträger Jülich

Anmelden

Solare Kühlung

Website durchsuchen

Startseite Projekte Links

Sie sind hier: Startseite

Willkommen

Sehr geehrte Besucherinnen und Besucher,

auf dieser Seite finden Sie Dokumente und Berichte zu Projekten im Themenzusammenhang Solare Kühlung, an denen das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE als Projektkoordinator oder als Projektpartner eingebunden war. Schauen Sie für weitere Informationen dazu in den Bereich „Projekte“.

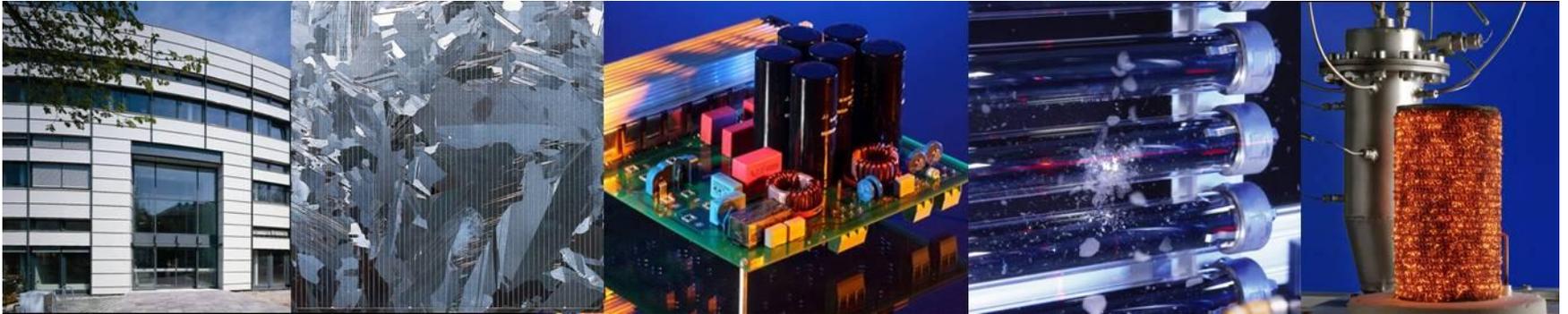
Zu einigen Projekten mit Beteiligung des Fraunhofer ISE zur solaren Kühlung existieren eigene Internet-Auftritte. Verknüpfungen dazu finden Sie im Bereich „Links“. Außerdem haben wir dort – ohne Anspruch auf Vollständigkeit – noch weitere Links zu informativen Quellen zum Thema eingetragen.



Wir wünschen, dass die angebotenen Informationen Ihr Interesse finden.

[Übersicht](#) [Kontakt](#) [Impressum](#) [Datenschutz](#)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Alexander Morgenstern

www.ise.fraunhofer.de

alexander.morgenstern@ise.fraunhofer.de