

IEA Solares Heizen und Kühlen (SHC) Task 48: Qualitätssicherung und Unterstützungsmaßnahmen für solare Kühlsysteme

T. Selke, A. Preisler,
H. Focke, S. Putz,
B. Nocke, A. Thür,
D. Neyer

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

43/2017

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 Solares Heizen und Kühlen (SHC) Task 48: Qualitätssicherung und Unterstützungsmaßnahmen für solare Kühlsysteme

DI Tim Selke, Ing. Anita Preisler
AIT Austrian Institute of Technology GmbH, Energy Department

DI Hilbert Focke
Austria Solar Innovation Center - ASIC

DI Moritz Schubert, Ing. Sabine Putz
S.O.L.I.D. Gesellschaft für Solarinstallation und Design m.b.H.

Dr. Bettina Nocke
Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE
Institut für Nachhaltige Technologien AEE INTEC

Dr. Alexander Thür, Dipl.-Ing. (FH) Daniel Neyer
Universität Innsbruck, Institut für Konstruktion und
Materialwissenschaften

Graz, April 2013

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 gewährleistet wird.

Dipl. Ing. Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung.....	4
Abstract	5
1. Einleitung	6
2. Hintergrundinformation zum Projektinhalt	8
2.1. Ziele und Ergebnisse des SHC Task 48	8
2.2. Österreichische Beteiligung	10
3. Ergebnisse des nationalen Projektes	12
3.1. Qualität durch verbesserte Rückkühlung (Kühlturm etc.).....	12
3.2. Qualität durch verbesserte Pumpeneffizienz und –regelbarkeit.....	13
3.3. Quantitative Qualitätskriterien & Wettbewerbsfähigkeit	14
3.4. Tool zur Performance-Bewertung und zum Benchmark	18
3.5. Qualität durch Contracting Modelle.....	21
3.6. Einfache Broschüre	22
3.7. Qualität durch automatisierte Fehlererkennung im Anlagenbetrieb	23
3.8. ‚GOOD Practice‘ Anlagen zum offenen Verfahren der solaren sorptionsgestützten Klimatisierung	24
3.9. Anleitung zum Roadmapping.....	29
4. Vernetzung und Ergebnistransfer	31
5. Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen	33
6. Verzeichnisse.....	36
6.1. Literaturverzeichnis.....	36
6.2. Abbildungsverzeichnis	39
7. Anhang.....	40

Kurzfassung

Ergebnisse aus abgeschlossenen nationalen Forschungsprojekten und aus dem Vorläufer SHC Task 38 mit dem Titel ‚Solar Air-Conditioning and Refrigeration‘ zeigten zum einen das große Potential der solarthermischen Kühlung bzw. Klimatisierung für Gebäude in sonnenreichen Regionen und zum anderen wurde stark herausgearbeitet, dass weiterführende Entwicklungsarbeiten notwendig sind, um die Systemtechnologie langfristig energieeffizienter, zuverlässiger und wettbewerbsfähiger zu machen. Die Formulierung des Arbeitsplans der SHC Task 48 setzte auf diesen Erkenntnissen auf und sein inhaltlicher Arbeitsschwerpunkt fokussierte auf die Qualitätsverbesserung und marktunterstützende Maßnahmen zur Technologieoption ‚Solarthermisches Kühlen bzw. Klimatisieren‘. Diese betreffen sowohl die ganze zeitliche Projektierungskette (Entwurf, Planung, Inbetriebnahme und Anlagenbetrieb) als auch die technischen Einzelkomponenten sowie die gesamten Anlagen inklusive der Hydraulikkonzepte und der Regelungsstrategien.

In Kooperation mit insgesamt 22 Organisationen (12 Forschungsinstitute, 5 Universitäten und 5 Unternehmen) aus acht Ländern wurden in der IEA SHC Task 48 wertvolle Antworten, Ergebnisse und Werkzeuge zur Qualitätsverbesserung von solaren Kühlanlagen geliefert und sind als großer Erfolg zu werten. Zahlreiche Ergebnisberichte und Dokumente wurden unter signifikanter Beteiligung der österreichischen Forschungs- und Unternehmenspartner erstellt und diese sind auf der offiziellen Task Website <http://task48.iea-shc.org/> veröffentlicht. Die wichtigsten Beiträge werden nachfolgend aufgelistet:

Signifikante österreichische Beiträge zu (Final Deliverable Report)

- ‚Contracting Models for Solar Thermally Driven Cooling and Heating Systems‘
- ‚Guidelines for Roadmaps on Solar Cooling‘
- ‚Collection of Good Practices for DEC design and installation‘
- ‚Collection of criteria to quantify the quality and cost competitiveness for solar cooling systems‘

Weitere inhaltliche Beiträge aus Österreich zu (Final Deliverable Report)

- ‚Report on Life cycle analysis‘
- ‚Best practice Brochure‘
- ‚Report for self-detection on monitoring procedure‘
- ‚Pumps Efficiency and Adaptability‘
- ‚Simplified brochure on technology and quality assurance for solar thermal cooling systems‘

Die entwickelten SHC Task 48 Werkzeuge und Informationen sollten in den nächsten Jahren weltweit zielgerichtet verbreitet und genutzt werden. Die österreichischen Teilnehmer des SHC Task 48 arbeiten an der Verbreitung der wesentlichen Erkenntnisse mit. Österreich hat seine langjährige hohe Expertise im Forschungs- und Entwicklungsbereich zur Systemtechnologie Solares Heizen und Kühlen durch die Beteiligung am SHC Task 48 weiter ausgebaut und die Forschungseinrichtungen sind willkommene Partner auf internationaler und europäischer Ebene.

Abstract

Results from completed national research projects and the predecessor project SHC Task 38 'Solar Air-Conditioning and Refrigeration' showed that solar thermal cooling or air conditioning of buildings offers a huge potential for regions with a high solar radiation. In addition it was highlighted that further development work is needed to transform this technology into an energy-efficient, reliable and competitive system technology in the long run. Based on these findings the IEA SHC Task 48 work plan focuses on quality improvements and market-support measures for solar thermal cooling or air-conditioning technologies. These measures address all project development phases (design, planning, commissioning and plant operation) as well as the technical components and the entire facility including the hydraulic concepts and control strategies.

In cooperation with a total of 20 organizations from eight countries (12 research institutes, 5 universities and 5 enterprises) valuable findings, results and tools to improve the quality of solar cooling systems were collected helping the IEA SHC Task 48 to a great success. The Austrian research and business partners significantly supported the elaboration of reports and documents which are published on the official task website <http://task48.iea-shc.org/>. The main Austrian contributions are listed below:

- 'Contracting Models for Solar Thermally Driven Cooling and Heating Systems'
- 'Guidelines for Roadmaps on Solar Cooling'
- 'Collection of Good Practices for DEC design and installation'
- "Collection of criteria to quantify the quality and cost competitiveness for solar cooling systems"

The Austrian partners additionally contributed to

- 'Report on Life cycle analysis'
- 'Best practice Brochure '
- 'Report for self-detection on monitoring procedure'
- 'Pump Efficiency and Adaptability '
- 'Simplified brochure on technology and quality assurance for solar thermal cooling system'

The developed IEA SHC Task 48 tools and information should be disseminated and exploited worldwide in the next few years. The Austrian participants of the IEA SHC Task 48 actively support the dissemination of these main findings. Austria has further gained further highly qualified expertise in research and development of the system technology Solar Heating and Cooling through participation in the IEA SHC Task 48 activities and the research institutes are welcome partners at international and European level.

1. Einleitung

Ein beachtliches Wachstum des Marktes zur Klimatisierung und Gebäudekühlung ist weltweit beobachtbar. Die vermehrte Nutzung von Klima- und Kälteanlagen im Gebäude- und Gewerbebereich hat einerseits die Steigerung des Stromverbrauchs zur Folge und andererseits entstehen massive Spitzen im öffentlichen Stromnetz in Ländern mit hoher Marktdurchdringung von Klimaanlageanlagen. In einigen Ländern kommt es zu dramatischen Spannungsabfällen im Stromnetz bzw. sogar zu Blackouts, die dem Betrieb der elektrisch angetriebenen Klimaanlageanlagen zugeordnet werden. Die zunehmende Verwendung von Kompressionskältemaschinen (weltweit mehr als 100 Millionen verkaufte Einheiten im Jahr 2014) führt zu erhöhten Treibhausgas-Emissionen, die einerseits direkt durch Leckage der verwendeten Kältemittel mit hohem *Global Warming Potential GWP* verursacht werden und andererseits indirekt durch die Verbrennung fossiler Energieträger zur Stromerzeugung.

Um diesem klimaunverträglichen Trend zu begegnen, ist die Nutzung der Sonnenenergie zum Antrieb von Kälte- bzw. Klimatisierungsverfahren eine sinnvolle technische Option. Die weitgehende Zeitgleichheit (saisonal und über den Tag) zwischen solarem Angebot und auftretender Kühllast in Gebäuden legt den Einsatz von Solartechnik zur Bereitstellung der geforderten Antriebsenergie für Kühlverfahren nahe. Die zeitliche Korrelation tritt einerseits durch die gute Übereinstimmung der Gebäudenutzung mit der Verfügbarkeit der Einstrahlung auf (z. B. für Büronutzungen), andererseits ziehen hohe Verglasungsanteile in der Gebäudehülle ohne außenliegenden Sonnenschutz bei Sonnenschein hohe Kühllasten nach sich.

Während viele Marktakteure der Gebäudebranche, wie Architekten, Fachplaner und Installateure, zunächst die technische Systemkombination aus Photovoltaik und herkömmlicher elektrisch angetriebener Kompressionskältemaschinen in Betrachtung ziehen, so ist die solarthermisch angetriebene Kühlung bzw. Klimatisierung durch die Marktverfügbarkeit von effizienten Sonnenkollektoren und sorptionsgestützten Kälte- bzw. Klimatisierungsverfahren eine interessante technische Alternative.

Dazu gibt die Internationale Energieagentur mit ihrem „*Solar Heating and Cooling Programme*“ (IEA SHC) einen guten Überblick über den Stand der Technik und des Wissens zu verfügbaren Technologien und Anlagenerfahrungen von solaren Heiz- und Kühlsystemen. Weiters werden Barrieren identifiziert und bestehende Mängel werden benannt, die für eine Weiterentwicklung und Verbreitung dieser Technologien zu überwinden sind. Rund 1.200 Anlagen zur solarthermischen Kühlung bzw. Klimatisierung wurden in den letzten Jahren weltweit installiert und das Interesse an dieser technischen Systemlösung zur Deckung des Kühl- und Klimatisierungsbedarfs nimmt kontinuierlich zu. Sinnvoll ist die Nutzung der solaren Wärme der Sonnenkollektoren ganzjährig zur Warmwasserbereitung, zum winterlichen Heizen und zum sommerlichen Kühlen. Hohe Strompreise

insbesondere für elektrische Spitzenlasten und Netzspannungsabfälle lassen die Attraktivität von solarthermisch angetriebenen Kühl- und Klimatisierungsverfahren weltweit weiter zunehmen. Die Komponenten der solarthermischen Kühlung haben mittlerweile eine hohe Produktreife erreicht.

Ergebnisse aus abgeschlossenen nationalen Forschungsprojekten und aus dem Vorläufer SHC Task 38 mit dem Titel ‚*Solar Air-Conditioning and Refrigeration*‘ zeigten zum einen das große Potential dieser Technologie für die Gebäudeklimatisierung in sonnenreichen Regionen und zum anderen wurde stark herausgearbeitet, dass weiterführende Entwicklungsarbeiten notwendig sind, um solarthermische Kühl- bzw. Klimatisierungssysteme langfristig energieeffizienter, zuverlässiger und wettbewerbsfähiger zu machen.

Der Arbeitsplan der SHC Task 48 setzte auf diesen Erkenntnissen auf und sein inhaltlicher Arbeitsschwerpunkt fokussiert stark die Qualitätsverbesserung und marktunterstützende Maßnahmen. Diese betreffen sowohl alle Projektierungsphasen (Entwurf, Planung, Inbetriebnahme und Anlagenbetrieb) als auch die eingesetzten technischen Komponenten, die Gesamtsysteme inklusive der Hydraulikkonzepte und der Regelungsstrategien.

Dieser Endbericht zu den Arbeiten der SHC Task 48 baut sich wie folgt auf:

- Darlegung der Hintergrundinformation zur internationalen Zusammenarbeit
- Bericht zu den internationalen Erkenntnissen und Ergebnissen
- Bericht über ausgewählte Ergebnisse der nationalen Beiträge
- Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen

2. Hintergrundinformation zum Projektinhalt

Eines der ersten Implementing Agreements im Rahmen der IEA war das 1977 ins Leben gerufene "Solar Heating and Cooling Programme" (SHC). Seitdem wurden eine Vielzahl von Forschungsprojekten zur aktiven und passiven Solarenergienutzung, Tageslichtnutzung und die Anwendung dieser Technologien in Gebäuden und anderswo (z.B. Landwirtschaft und Industrie) durchgeführt.

Das SHC *Executive Committee* hat sich folgende Ziele gesetzt:

- die Leistungsfähigkeit von Technologien und Konzepten zum solaren Heizen und Kühlen zu verbessern.
- Industrie und Regierungen dabei zu unterstützen, den Marktanteil von Technologien und Konzepten zum solaren Heizen und Kühlen zu erhöhen.
- Informationen zu Technologien, Konzepten und Anwendungen zum solaren Heizen und Kühlen zur Verfügung zu stellen.
- Entscheidungsträger und die Öffentlichkeit über den Stand der Technik und Nutzen von solarem Heizen und Kühlen zu informieren.

2.1. Ziele und Ergebnisse des SHC Task 48

Der SHC Task 48 ist als sinnvolle Weiterentwicklung der Vorgänger Arbeitsgruppe des SHC Task 38 (*Solar Air Conditioning and Refrigeration*) gestaltet. Der inhaltliche Arbeitsschwerpunkt fokussiert die stark verbesserte Qualitätssicherung und unterstützende Maßnahmen von solarthermischen Kühlanlagen. Wesentliche Ergebnisse des SHC Task sind eine Reihe von gut dokumentierten, funktionierenden Anlagen, die als *best practice* Beispiele dienen. Basierend auf der internationalen Zusammenarbeit wurden Berichte erstellt und Instrumente entwickelt, die alle Akteure darin unterstützen, qualitativ hochwertige und effiziente Anlagen umsetzen zu können.

Offiziell und regelmäßig nahmen insgesamt 22 Organisationen (12 Forschungsinstitute, 5 Universitäten und 5 Unternehmen) aus acht Ländern (mit unterzeichnetem ‚National Participation Letter‘) aktiv am SHC Task 48 teil. Experten und Vertreter folgender Länder waren beteiligt: Australien, Österreich, Kanada, China, Frankreich, Deutschland, Italien und die USA. Der Task wurde von Herrn Mugnier der Firma Tecsol aus Frankreich geleitet. Die Aktivitäten wurden in vier verschiedenen Subtasks durchgeführt und unterschiedliche Ländervertreter haben diese geleitet.

Subtask A: Quality procedure on component level

(Lead country: Italy; Subtask leader: Marco Calderoni, POLIMI)

Dieser Subtask konzentriert sich auf die Entwicklung von Instrumenten und Ergebnissen, die die Qualität der wichtigsten Komponenten eines Systems zum solaren Kühlen und Heizen aufzeigen. Die adressierten Komponenten sind vor allem die thermische Kältemaschine, die Rückkühleinrichtung, die Pumpen und die Sonnenkollektoren. Der Subtask gliederte sich in folgende Aktivitäten:

- A1: Charakterisierung der thermischen Kältemaschine
- A3: Rückkühlung
- A4: Pumpen-Effizienz und Anpassungsfähigkeit
- A6: Stand der Technik neuer Sonnenkollektoren und deren Charakterisierung

Subtask B: Quality procedure on system level

(Lead country: Germany; Subtask leader: Alexander Morgenstern, Fraunhofer ISE)

Dieser Subtask konzentriert sich auf die Entwicklung von Instrumenten und Ergebnissen, die die Qualität des Gesamtsystems zum solaren Kühlen und Heizen adressieren. Um dieses Ziel zu erreichen, wurden relevante Qualitätsmerkmale auf Systemebene betrachtet. Die Charakterisierung und Bewertung von Systemeigenschaften erfolgte nicht allein über stationäre Zustände, sondern das Betriebsverhalten der Anlagen wurde über ein ganzes Jahr beobachtet und hinsichtlich verbesserter Qualität dargestellt. Die Aktivitäten des Subtask B waren eng mit denen aus Subtask A verknüpft. Der Subtask gliederte sich in folgende Aktivitäten:

- B1: System / Subsystem Charakterisierung & Bereich Leistungsbeurteilung
- B2: Good Practice Beispiele aus der Praxis für solare DEC-Anlagen
- B3: Lebenszyklusanalyse auf Systemebene
- B4: Vereinfachtes Design-Tool
- B5: Qualitätsverfahren Dokument / Checklisten
- B6: Semi-automatisierte Fehlererkennung im Betrieb
- B7: Kriterien zur quantitativen Qualitäts- und Kostenbewertung für Systeme

Subtask C: Market support measures

(Lead country: Australia; Subtask leader: Stephen White, CSIRO)

Die Arbeiten in diesem Subtask zielen auf ein ganzes Bündel von Maßnahmen ab, um den Markt zu unterstützen. Diese Maßnahmen verwenden Ergebnisse der Subtasks A und B und hier wurden vor allem die Möglichkeiten identifiziert, inwiefern die Qualität und Leistungsfähigkeit von Systemen zur solaren Kühlung vergleichbar, bewertbar und verbessert werden können. Die erarbeiteten Werkzeuge und Ergebnisse schaffen einen Rahmen für Entscheidungsträger, geeignete Maßnahmen (z.B. Zertifikate, Etikett und Contracting etc.) auf den Weg zu bringen, um die Systemtechnologie der solaren Kühlung im Kontext der anderen erneuerbaren Energietechnologien zu fördern und unterstützen. Zu diesem Zweck wurde der Subtask in folgender Weise strukturiert:

- C1: Überprüfung der einschlägigen internationalen Normen-Bewertung und Anreizsysteme
- C2: Methodik zur Leistungsbewertung, Bewertung und Benchmarking
- C3: Auswahl und Standardisierung von Best-Practice-Lösungen
- C4: Mess- und Prüfverfahren
- C5: Möglichkeiten zum ‚Labeling‘
- C6: Zusammenarbeit mit Task 45 zu Contracting-Modellen
- C7: Definition der Zertifizierungsprozesse für Anlagen kleiner Leistung

Subtask D : Verbreitung und Politikberatung

(Lead -Land: Deutschland ; Subtask Leader : Uli Jakob , Grün Chiller Verband)

Dieser Subtask umfasste die horizontale Bündelung der Arbeitsergebnisse aus den Subtasks A, B und C. Hier wurden gezielte Werbemaßnahmen auf Basis der kollektiven Arbeitsergebnisse durch a) Schaffung von Verbreitungsmaterial zur externen Kommunikation; b) Umsetzung von Wissenstransfermaßnahmen für die technischen Zielgruppen; c) Entwickeln von Instrumenten und deren Bereitstellung für politische Entscheidungsträger und d) Schaffung und Stimulierung von Zertifizierungs- und Standardisierungssystemen. Dieser Subtask war wie folgt strukturiert:

- D1: Website
- D2: Best practices Broschüre
- D3: Vereinfachte Kurzbroschüre
- D4: Leitfaden zum ‚Roadmapping‘
- D5: Aktualisierte spezifische Ausbildungsseminare angepasst hinsichtlich Qualitätsverfahren
- D6: Outreach Bericht

2.2. Österreichische Beteiligung

Der SHC Task 48 wurde offiziell im Oktober 2011 gestartet und endete im März 2015. Nachfolgende österreichische Forschungs- und Wirtschaftspartner waren aktiv an der Durchführung des SHC Task 48 beteiligt:

- **AIT Austrian Institute of Technology GmbH / Energy Department**
Projektleiter: Tim Selke
Mitarbeit: Anita Preisler
- **Austria Solar Innovation Center – ASIC**
Mitarbeit: Hilbert Focke, Gerald Steinmaurer
- **S.O.L.I.D. Gesellschaft für Solarinstallation und Design m.b.H.**
Mitarbeit: Moritz Schubert, Sabine Putz
- **Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE Institute für Nachhaltige Technologien**
Mitarbeit: Bettina Nocke
- **Universität Innsbruck, Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften**

Mitarbeit: Daniel Neyer, Alexander Thür

Die österreichische Beteiligung erfolgte in allen vier Arbeitspaketen des SHC Task 48 und die Aktivitäten und Beiträge werden kurz aufgelistet:

Aktivitäten in Arbeitspaket 1 - Qualitätssicherung auf Komponentenebene

- Qualität durch verbesserte Rückkühlung
- Qualität durch energieeffiziente Pumpen

Aktivitäten in Arbeitspaket 2 - Qualitätssicherung auf Systemebene

- Unterstützung zur Durchführung von Lebenszyklusanalysen von solaren Kühlanlagen
- Koordination der Aktivität zu GOOD PRACTICES DEC SYSTEMS – Solar sorptionsgestützte Klimatisierung
- Qualität durch Regelungsstrategie
- Koordination der Aktivität Quantifizierung von Qualitäts- und Kostenkriterien für Systeme

Aktivitäten in Arbeitspaket 3 - Marktunterstützung

- Methode/ Tool zur Performance-Bewertung und zum Benchmark/ Mitarbeit bei der Erarbeitung der Berechnungsalgorithmen und Darstellung der Benchmarks
- Sicherstellung der Zusammenarbeit mit SHC Task 45 zur Identifikation und Beschreibung von geeigneten Contracting-Modellen/ Erstellung einer Broschüre

Aktivitäten in Arbeitspaket 4 - Verbreitung

- Erstellung einer gut verständlichen, einfachen Broschüre
- Koordination der Aktivität und Erstellung eines Leitfadens für Roadmapping

3. Ergebnisse des nationalen Projektes

Im Nachfolgenden werden gezielt ausgewählte Ergebnisse der österreichischen Beiträge vorgestellt. Die Reihenfolge der Beiträge orientiert sich an der Struktur der Arbeitspakete und der Aktivitäten. Im Rahmen dieses Endberichtes wird über die erreichten Ergebnisse durch die österreichischen Teilnehmer berichtet, wobei die englischsprachigen Berichte des offiziellen SHC Task 48 die geleisteten österreichischen Beiträge im vollen Umfang wiedergeben. Nachfolgende Themenbereiche der Qualitätsverbesserung wurden bearbeitet:

- Qualität durch verbesserte Rückkühlung (Kühlturm etc.)
- Qualität durch verbesserte Pumpeneffizienz
- Quantitative Qualitätskriterien & Wettbewerbsfähigkeit
- Toolentwicklung zur Performance-Bewertung und zum Benchmark
- Qualität durch Contracting Modelle
- Überblick zu den Ergebnissen in einer Kurzbroschüre
- Qualität durch automatisierte Fehlererkennung im Anlagenbetrieb
- Qualität durch Dokumentation von *best practice* Fallbeispielen gebauter Anlagen zur sorptionsgestützten Klimatisierung unter Nutzung der solaren Wärme
- Anleitung zum Roadmapping

3.1. Qualität durch verbesserte Rückkühlung (Kühlturm etc.)

Es wurden folgende Hauptziele verfolgt:

- Minimierung der Investitions- und Betriebskosten
- Steigerung der Rückkühlleistung und Effizienz.

Ein Überblick über bestehende und neue Konzepte zur Wärmeabfuhr bei Anlagen zur solaren Kühlung wurde geschaffen. Es wurden Empfehlungen gegeben, welche Art der Rückkühlung unter verschiedenen Randbedingungen eingesetzt werden soll (Klima, Systemkonzept etc.). Für ausgewählte Komponenten wurde eine Charakterisierung in Abstimmung mit den Herstellern durchgeführt.

Die umfassende Marktübersicht für Rückkühlaggregate wurde erarbeitet. Diese Übersicht enthält eine Analyse von über 1.300 am Markt verfügbaren Komponenten in Bezug auf verschiedene Kennzahlen. Somit existiert eine gute Datenbasis für Benchmarks, um neu auf den Markt kommende Komponenten zu verifizieren. Eine zweite Erhebung über die nationalen und internationalen Standards für Rückkühlaggregate wurde durchgeführt. Diese Arbeit konzentrierte sich auf verschiedene Aspekte im Bereich der Installation und Betrieb und für die Sicherheit und Wartungsvorschriften. Dieser Teil

ermöglicht einen umfangreichen Überblick über alle Standards und enthält Verweise um sich mit Detailfragen zu beschäftigen. Lehren aus Erfahrungen bei realisierten Anlagen wurden in einer Reihe von Leitlinien zusammengefasst. Diese konzentrieren sich auf die Installation, Wartung und Regelstrategien für Rückkühlaggregate. Eine kurze Übersicht über mögliche Betriebsstrategien, um den Hilfsenergieverbrauch bei der Rückkühlung zu reduzieren, ist enthalten.

Thematisiert wird ebenso die Notwendigkeit, verschiedene Typologien von Komponenten bei unterschiedlichen Einsatzszenarien zu bilden. Erst dann ist eine Beurteilung der Leistung der Rückkühlaggregate möglich. Ein Vergleich der Systeme aus der Datenbank setzt voraus, dass Korrekturkoeffizienten von den Herstellern angegeben werden. Diese ermöglichen eine Leistungsprognose für den Betrieb außerhalb der Nennbedingungen zur Definition von standortspezifischen Einsatzgrenzen. Im Allgemeinen erlauben Nasskühltürme höhere Wärmerückweisungsraten - dank des Beitrags von latenter Wärme. Allerdings wird die Gesamtleistung wesentlich von der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit beeinflusst. Neben Datenblattangaben geben Monitoringdaten von realisierten Anlagen wertvolle Hinweise. Da sich die Systeme in Bezug auf Größe und Betriebsbedingungen stark unterscheiden, wurde als geeigneter Vergleich das Verhältnis der elektrischen Anschlussleistung zur Rückkühlleistung definiert.

Diese Angaben sind zur Darstellung der Betriebskosten (spezifischer elektrischer Verbrauch) und der Investitionskosten (Wärmeabgabe-Kapazität) brauchbar. Die Systemgrenze muss für alle betrachteten Systeme aber gleich gewählt werden (Gebläse, Umwälzpumpe...). Der Vergleich der Monitoringdatensätze zeigt, dass bei gegebener Rückkühlleistung der spezifische Stromverbrauch für verschiedene Systeme um einen Faktor von 4 bei Trockenkühltürmen, und um einen Faktor von 2 bei Nasskühltürmen variiert.

Die Erkenntnisse und Arbeiten der Aktivität sind im offiziell englischsprachigen Report des SHC Task 48 zusammengefasst. Dieser Bericht über die Qualität von Rückkühlaggregaten ist unter der Webadresse <http://task48.iea-shc.org/> herunterzuladen.

3.2. Qualität durch verbesserte Pumpeneffizienz und –regelbarkeit

Hauptziel war eine Erhebung des Standes der Technik wobei Pumpeneffizienz und –regelbarkeit auch viele andere Themen im Fachgebiet „Solares Heizen und Kühlen“ betreffen. Von diesem Ausgangspunkt erfolgte eine Untersuchung über die besten Möglichkeiten zur elektrischen Verbrauchsreduktion bei Pumpen in den verschiedenen hydraulischen Kreisen eines solaren Kühlsystems. Ein besonderer Schwerpunkt wurde auf die Anpassungsfähigkeit der Technologie unter Teillast gelegt. Best practice wird ein Kompromiss zwischen Effizienz und Einfachheit des Systems bleiben.

In einem ersten Schritt wurden die technischen Daten einiger am Markt verfügbaren Kältemaschinen ausgewertet. Speziell im Fokus lagen die Temperaturspreizungen, die Strömungsgeschwindigkeiten, die Druckabfälle in den externen Hydraulikkreisläufen und die sich daraus ergebenden Hilfsenergiestromverbräuche. Weil sich die Effizienzkennzahl (englisch: *Energy Efficiency Ratio* EER) für die einzeln untersuchten Kältemaschinen zwischen 11,9 und 77,6 bewegt, können einige Kältemaschine mit geringen EER-Werten als ungeeignet für den Anwendungsfall solare Kühlung angesehen werden.

In Folge wurden die verschiedenen Hydraulikkreisläufe von mehreren solaren Kühlanlagen bezüglich Pumpenstromverbrauch analysiert. Typischerweise fallen mehr als 50% des elektrischen Hilfsenergieverbrauchs für das Rückkühlsystem an (Kühlwasserpumpen und Gebläse). Eine kurze Betrachtung des Kostenanteils der Pumpen in solaren Kühlsystemen bestätigt den fast vernachlässigbaren Einfluss auf die Gesamtinvestitionskosten. Es konnten keine signifikanten Kosteneinsparungsmöglichkeiten gefunden werden. Der Einsatz von Hocheffizienzpumpen wird, um die Betriebskosten zu reduzieren, jedenfalls empfohlen. Der Sinn dieser Maßnahme konnte für mindestens eine Anlage in Österreich durch Pumpenaustausch und anschließende Vermessung demonstriert werden. Die laufenden Entwicklungen bei den Pumpenherstellern im Rahmen der Gesetzgebung zur Erhöhung der Energieeffizienz erleichtern diesen Schritt wesentlich, vor allem bei neu zu errichtenden Anlagen.

Der Einsatz von Hocheffizienzpumpen in solaren Kühlanlagen alleine, macht aber noch kein hocheffizientes System aus. Der Zusammenhang zwischen Pumpen- und Anlagenkennlinie verlangt eine richtige Gesamtsystemauslegung. Zusammenfassend ist es momentan sicherlich möglich für gut konzipierte kleine Anlagen zur solaren Kühlung eine Gesamtsystemeffizienz (Englisch: *Seasonal Energy Efficiency Ratio* SEER) von 20 zu erreichen. Der offizielle englischsprachige SHC Task 48 Report zur Pumpeneffizienz ist auf der Webadresse <http://task48.iea-shc.org/> herunterzuladen.

3.3. Quantitative Qualitätskriterien & Wettbewerbsfähigkeit

Basierend auf den Ergebnissen des IEA HPT Annex 34 und IEA SHC TASK 44 erfolgte im Zuge des IEA SHC TASK 48 die Neu- bzw. Weiterentwicklung des Berechnungstools zur Bewertung von Anlagen zum solarthermischen Heizen und Kühlen (SHC – Solar Heating and Cooling). Das Berechnungstool ermöglicht die technische wie auch die ökonomische Berechnung von Kennzahlen, welche Vergleiche zwischen den unterschiedlichen SHC-Anlagen erlauben. Zur weiteren Vergleichbarkeit werden die SHC-Anlagen einer herkömmlichen Anlage (Referenzsystem) mit Kompressionskältemaschine bzw. Gas-Brennwertkessel gegenübergestellt.

Um die Effizienz des Gesamtsystems darzustellen, werden Kennzahlen wie „Seasonal Performance Factor“ (SPF, Nutzenergie/Endenergieaufwand), „Primary Energy Ratio“ (PER, Nutzenergie/Primärenergieaufwand) und „Fractional Savings“ (fsav, Primärenergieeinsparung gegenüber einem

Referenzsystem) herangezogen. Die Berechnung dieser Faktoren erfolgt für eine oder alle der folgenden fünf Systemgrenzen:

- Gesamtsystem (inkl. Kühlung, Brauchwarmwasser und Raumwärmeunterstützung)
- Kühlung (Gesamtleistung des Kühlsystems)
- Thermische Kühlung (Leistung der Ab-/Adsorptionskältemaschine)
- Raumwärmeunterstützung (inkl. Backup)
- Brauchwarmwasser (inkl. Backup)

SPF, PER und fsav erlauben eine detaillierte Analyse der jeweiligen Anlage, setzen aber gleichzeitig einige Expertise voraus, da sie teilweise auf Primärenergiebilanzen basieren bzw. mehrere Nutzenergieformen beinhalten. Teilweise sind diese Kennzahlen nur bedingt vergleichbar mit gängigen Leistungs- bzw. Arbeitszahlen aus der klassischen Wärmepumpen- bzw. Kältetechnik. Daher wurden neue Kennzahlen erstellt, welche die Primärenergie-Kennzahlen (PER) in strom-äquivalente Arbeitszahlen (SPFequ) umformen und somit eine Vergleichbarkeit mit elektrischen Arbeitszahlen (SPFel), wie für Wärmepumpen bzw. Kompressionskältemaschinen üblich, ermöglichen.

Um einen möglichst realistischen Vergleich mit dem Referenzsystem in verschiedenen Leistungsklassen ziehen zu können, wurden in Kooperation mit Industriepartnern für die Referenz-Kompressionskältemaschinen detaillierte Leistungsdaten für unterschiedliche Kompressortypen und Leistungsklassen in Abhängigkeit von typischen Lastprofilen erhoben. Basierend auf diesen Daten wurden für herkömmliche Referenz-Kühlsysteme (wasser- und luftgekühlt, verschiedene Verdichter-Technologien, etc.) die energetischen und ökonomischen Referenz-Kennzahlen bestimmt.

Für die Darstellung der ökonomischen Aspekte wurden ebenso Grundlagendaten (Investitions-, Betriebs-, Wartungs-, Energiekosten, etc.) erhoben und zur detaillierten Berechnung herangezogen. Die Annuitätenmethode berücksichtigt in der Berechnung die Installations-, Finanzierungs-, Betriebs- und Wartungskosten sowie etwaige Förderungen. Die wesentlichen Kennzahlen sind die Energiegestehungskosten (eng: levelized cost of energy) und die Primärenergie-, sowie CO₂-Vermeidungskosten.

Das Berechnungstool aus IEA SHC Task 44 wurde entsprechend adaptiert und weiter entwickelt. Die Strukturierung beinhaltet verschiedene Eingabe und Ausgabeblätter in einem Excel-Tool. Neben der Eingabe der Standort-, Anlagen- und Referenzanlagendaten werden die Konversionsfaktoren (z.B. Referenz-Nutzungsgrade, Primärenergiefaktoren, CO₂-Faktoren, etc.) als Jahreswerte bzw. teilweise als Monatswerte einmal als IEA SHC Task 48-Standard bzw. auch länderspezifisch festgelegt. Die länderspezifischen Daten wurden von den IEA SHC Task 48-Partnern festgelegt.

INPUTS to the calculation of technical and economic key figures			
!!! please go through all fields and take your time ---- they might effect the result significantly !!!			
drop downs menu	please select an option, some option are just for information, others influence the result significantly!		
value to be filled in	please fill in the certain value, ALL values are needed!		
T48 Standard	Input Values to the T48 Standard calculation can not be changed. They were defined and agreed during the work on Task 48		
specific value	Input values can be adopted at different highlighted position in this Tool.		
editing specific values	This allows a country or project specific calculation of both technical and economic key figures cell to edit the specific value (x1, x2)		
more details about calculations, formulas, methods and utilisation of the Tool are available in the B7 deliverable			
GENERAL Information		Selection leads to specific values of	
project location	Austria	primary energy factor for electricity - Σe_l	T48 Standard 0,4 specific value 0,465
building category	Office	CO2 factor for electricity	0,55 0,417
cooled/heated area	1000 m ²		
distribution system	Fan coil		
SOLAR HEATING AND COOLING SYSTEM including BACKUPS		Selection leads to specific values of	
heat sources	Flat plate collectors	if SPECIFIC which TYPE?	
collector Type	65 m ²		
collector Area	2 m ²		
hot water storage	natural gas		
backup type	0	efficiency of the boiler - η_{HB}	T48 Standard 0,9 specific value 0,875
use of hot backup for cooling (yes=1/no=0)	45 kW	primary energy factor for specific Energy Carrier - ϵ_{EC}	0,9 0,854
backup peak load (SH/DHW)	90 kW	CO2 factor for Energy Carrier	0,26 0,236
overall peak load		Saisonal Performance Factor for ColdBackup (ACM) -	2,16 2,19
cooling	Absorption chiller SE	Saisonal Performance Factor for ColdBackup - SPF.CB	2,19 2,19
ab-/adsorption chiller type	19 kW		
ab-/adsorption chiller capacity	0 m ²		
cold storage	air cooled VCC (5-600kW)		
VCC type	20 kW		
VCC capacity	20 kW		
Cooling Peak Load	P_{CO}		
heat rejection	Cooling tower - wet		
cooling tower type	50 kW		
Cooling Tower Capacity			
rest			
Water consumption for recooling or air conditioning - SHC System	70 m ³ /y		
Electricity peak in Operation - SHC System	2,5 kW		
REFERENCE SYSTEM		Selection leads to specific values of	
heat sources	natural gas	if SPECIFIC which TYPE?	
boiler type	0,5 m ³	efficiency of the boiler - η_{ref}	T48 Standard 0,9 specific value 0,875
hot water storage	90 kW	primary energy factor for specific Energy Carrier - $\epsilon_{EC.ref}$	0,9 0,854
peak load capacity		CO2 factor for reference Energy Carrier	0,26 0,236
cooling	air cooled VCC (5-600kW)	Saisonal Performance Factor for ColdBackup - SPFFref	2,19 2,35
chiller type	0,5 m ³	Energy Efficiency Ratio - EER.ref	2,99 3,19
cold water storage	20 kW		
Cooling Peak Load	P_{CO}		
rest			
Water consumption for recooling or air conditioning - REF System	35 m ³ /a		
Electricity peak in Operation - REF System	10 kW		
daily domestic hot water consumption (DHW)	Vd		
set point of hot water tank	Tl	52,5 °C	
ambient temp. of hot water tank	Ta	15 °C	
electrical consumption ref for SH&DHW	HB_et_ref	0,02 kWhel/kWhth	
Calculation details (no editing necessary)			
reference for max performance time (CAPsolar) t	4 h		
Switch Capacity ACM	Q_Switch_ACM	250 kW	
Reference ESEER to SPF		0,75	

Abbildung 1: : Eingabedatenblatt „INPUTS“ für die Basisdaten

Mit diesen Grunddaten und den gemessenen oder auch simulierten Energiedaten (jährlich oder monatlich) werden im Tool die oben definierten Kennzahlen berechnet. Als Ausgabegrößen stehen dann alle technischen Kennzahlen in zweifacher Ausführung zur Verfügung, einmal als Standard IEA SHC Task 48 Werte und auch als spezifische Werte mit selbst definierten Konversionsfaktoren.

Summary			
System information			
general			
building category	Office		
cooled/heated area	1.000 m ²		
distribution system	Fan coil		
project location	Austria		
heat sources			
collector Type	Flat plate collectors		
collector Area	65 m ²		
hot water storage	2 m ³		
backup type	natural gas		
backup peak load (SH/DHW)	45 kW		
average DHW demand	0 l/day		
cooling			
ab-/adsorption chiller type	Absorption chiller SE		
ab-/adsorption chiller capacity	19 kW		
cold storage	0 m ³		
VCC type	air cooled VCC (5-600kW)		
VCC capacity	20 kW		
energy flows			
Cold Distribution to System	QCD.System	16.895 kWh/a	
Space heating	QHD.System	41.055 kWh/a	
Domestic hot water	QWD.System	25.158 kWh/a	
electricity demand	Qel.Total	5.424 kWh/a	
Energy Carrier to hot backup	EC.HB	48.625 kWh/a	
efficiency and transformation factors			
		T48 Standard	specific values
primary energy factor for electricity	εel	0,40 -	0,47 -
efficiency of the boiler	ηHB	0,90 -	0,88 -
primary energy factor for Energy Carrier	εEC	0,90 -	0,85 -
Reference System			
heating	natural gas		natural gas
hot water storage	0,0 m ³		0,5 m ³
cooling	air cooled VCC		air cooled VCC (5-600kW)
cold water storage	0,5 m ³		0,5 m ³
RESULTS			
Overall Primary Energy demand			
		T48 Standard	specific values
Solar Heating and Cooling		67.587 kWhprim/a	68.602 kWhprim/a
Reference System		104.347 kWhprim/a	106.918 kWhprim/a
CO2 Emissions			
Solar Heating and Cooling		15.626 kg CO ₂ /a	13.737 kg CO ₂ /a
Reference System		24.101 kg CO ₂ /a	21.409 kg CO ₂ /a
Performances Figures			
technical key figures			
		T48 Standard	specific values
electrical equivalent SPF	SPFequ_C	3,98 -	3,98 -
	SPFequ_thC	13,59 -	13,59 -
	SPFequ_SH	2,88 -	2,38 -
	SPFequ_DHW	2,95 -	2,42 -
	SPFequ_sys	3,07 -	2,61 -
incremental figures			
ΔEe_equ		12.720 kWhel.equ	16.365 kWhel.equ
ΔSPF_SHC		51,7 -	51,7 -
CAPthC		5,172 kWp.el.equ	4,768 kWp.el.equ
economic key figures			
investment costs SHC System			
total investment		126.728 €	130.092 €
annualized costs		12.325 €/a	10.454 €/a
costs per kW cold		6.336 €/kWc	6.505 €/kWc
costs per m ² floor area		127 €/m ²	130 €/m ²
investment costs Reference System			
total investment		69.769 €	61.552 €
annualized costs		10.637 €/a	8.075 €/a
costs per kW cold		3.488 €/kWc	3.078 €/kWc
costs per m ² floor area		70 €/m ²	62 €/m ²
Energy Costs			
SHC System		0,148 €/kWh	0,128 €/kWh
Reference System		0,128 €/kWh	0,097 €/kWh
avoidance costs			
primary energy		0,046 €/kWhprim	0,062 €/kWh
CO2		0,199 €/kg CO ₂	0,310 €/kg CO ₂

Abbildung 2: Ergebnisblatt „SUMMARY“ mit den wesentlichen Systemdaten und den energetischen und ökonomischen Kennzahlen.

Für die IEA SHC Task 48 Standardwerte werden dann zusammenfassend Energielabels für die Höhe der Primärenergieeinsparung, welche die SHC-Anlage im Vergleich zu einer konventionellen Referenzanlage erreicht, dargestellt. Die Energieklassen werden in 10%-Schritten (in Klassen von A+++ bis G) für alle fünf Systemgrenzen dargestellt.

Die ökonomische Berechnung und die Grundlagendaten sind auf eigenen Tabellenblättern angeführt und können leicht nachvollzogen werden. Dabei wird auch eine Gegenüberstellung mit einem Referenzsystem für die IEA SHC Task 48 Standardwerte und die spezifischen Werte gemacht.

Eine detaillierte Beschreibung des Tools steht im Report zu „Activity B7“ auf der Homepage des IEA SHC Task 48 zur Verfügung (<http://task48.iea-shc.org/publications>). Das Tool selbst ist unter folgendem Link zu finden (<http://task48.iea-shc.org/tools>).

3.4. Tool zur Performance-Bewertung und zum Benchmark

Im Zuge des IEA SHC Task 48, Subtask C2 erfolgte der Vergleich und die Datenauswertung ausgewählter Anlagen. Es handelt sich dabei um zehn, weltweit installierte Anlagen, welche individuell geplant wurden. Für diese zehn Anlagen erfolgte die Bewertung nach den in „Leistungspaket 2.5. - Quantitative Qualitätskriterien & Wettbewerbsfähigkeit“ erwähnten Kennzahlen.

Die ausgewerteten 10 Anlagen befinden sich in Österreich, Deutschland, Frankreich, Singapur, China und Italien. Sieben Anlagen haben Flachkollektoren, die restlichen je einmal Fresnel-, Parabolrinnen- und Vakuumröhrenkollektoren. Das solarthermisch erwärmte Wasser wird nur von zwei Anlagen zum reinen Kühlen verwendet. Je zwei Anlagen kombinieren Kühlen und Brauchwarmwasser bzw. Kühlen, Brauchwarmwasser und Raumwärmeunterstützung. Heizen und Kühlen erfolgt in vier Anlagen. Wird nicht ausreichend solarthermische Energie bereitgestellt, kommt ein Hot Backup zum Einsatz, welches mit Pellets (2 Anlagen) oder Erdgas (4) betrieben wird bzw. ein spezielles Backup (3) ist. Vier Anlagen haben luftgekühlte und eine ein wassergekühltes Cold Backup. Eine Anlage hat kein Hot Backup und fünf Anlagen haben kein Cold Backup. Die Rückkühlung erfolgt über Trocken- (1), Nass- (8) oder Hybridkühltürme (1).

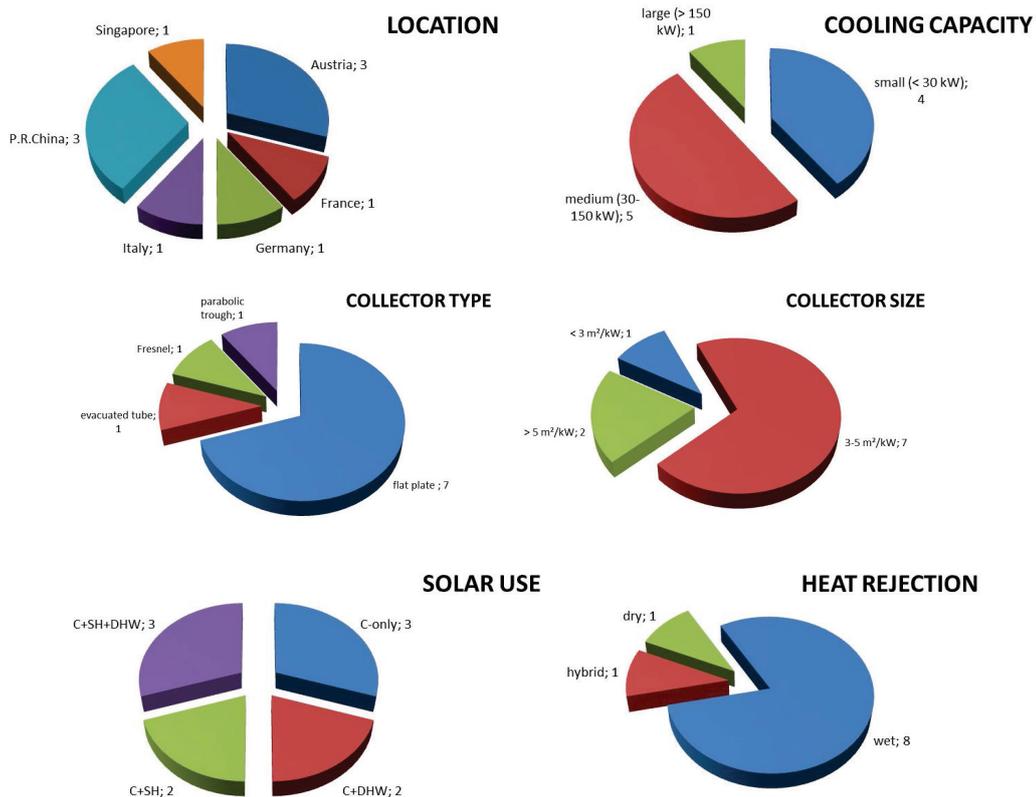


Abbildung 3: Verteilung wesentlicher Kenndaten der 10 analysierten Systeme (C...cooling, SH... space heating, DHW... domestic hot water)

Zahlreiche technische und ökonomische Ergebnisse konnten errechnet und dargestellt werden. Nachfolgend wird ein Auszug aus den wichtigsten Resultaten gegeben:

- Es wurde die starke Abhängigkeit der elektrischen Effizienz für thermisches Kühlen (SPFeI.thC) in Abhängigkeit der verteilten Kälte der Ab-/Adsorptionskältemaschine (QSS.HP & QCD.HP) dargestellt. Je mehr Kälte zur Verfügung gestellt wird, umso höher ist der SPFeI.thC. Begründet werden kann dies damit, dass die untersuchten Anlagen auf Auslegungsniveau arbeiten und weniger Teillast auftritt.

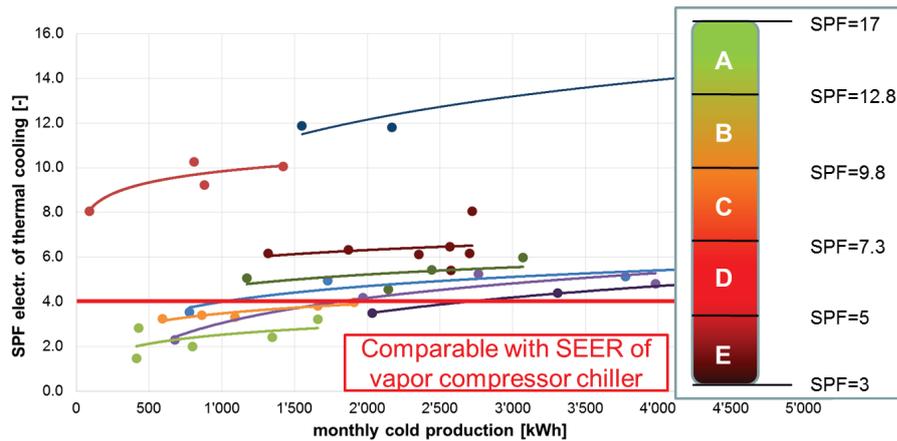


Abbildung 4: Die elektrische Effizienz für thermisches Kühlen (SPF_{el.thC}) für die 10 untersuchten Anlagen.

- Untersucht wurde auch die Abhängigkeit des SPF_{el.thC} von der thermischen Effizienz der Ab-/Adsorptionskältemaschine SPF_{th.C}. Je besser die Leistungszahl der einzelnen Komponenten (hoher SPF_{th.C}), umso geringer ist die für die Rückkühlung benötigte Energie und umso geringer ist der parasitäre Elektrizitätsbedarf. Daraus resultiert eine höherer SPF_{el.thC}.
- Der Einfluss des Speichervolumens (großes Volumen) auf die thermische Effizienz (gering), auf die Speicherverluste (hoch) und die Gesamtsystemeffizienz (nieder) ist beachtlich. Weitere Einflussfaktoren sind die Regelungsstrategie (Standby, Teillast, etc.) und die Systemkonfiguration (Verwendung für Kühlen und/oder Heizen und/oder Brauchwarmwasser).

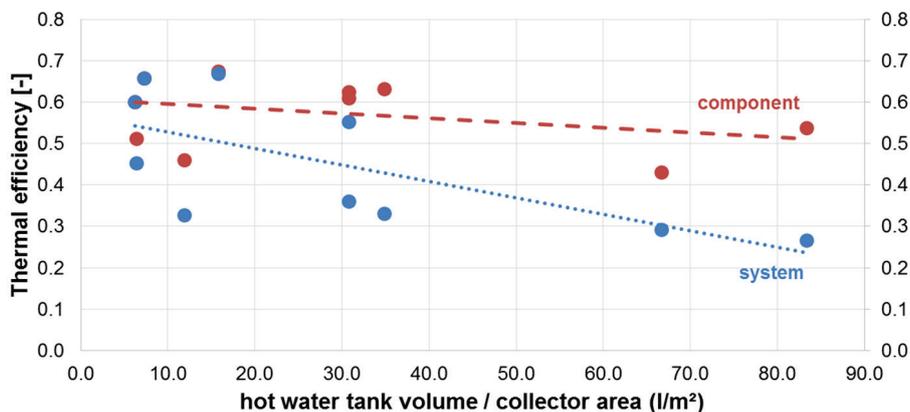


Abbildung 5: Die thermische Effizienz (SPF_{th.C}) für die thermische Kältemaschine (component) im Vergleich zum Gesamtsystem (system) für die 10 untersuchten Anlagen.

- Werden thermische und elektrische Effizienz der Rückkühlung gegenüber gestellt, so zeigt sich, dass ein Kältebackup vernachlässigbaren Einfluss auf die Systemeffizienz hat. Jedoch ist ein merklicher Einfluss von elektrischer Effizienz gegenüber dem Subsystem „thermisches Kühlen“ zu verzeichnen. Es zeigt sich, dass die Regelungsstrategie einen wesentlichen

Einflussfaktor auf die elektrische Effizienz und auf die Temperaturen hat, die in der Datenauswertung stets zu berücksichtigen ist.

- Um die technische Datenauswertung zu komplettieren, wurde die Solar Fraction (SF) gegenüber der PER, SPFeI.thC und SPFeI.C aufgetragen. Je nach Backup-Type wird die SF berechnet. Ist das SHC System auf PER Basis besonders effizient, so ist auch die SF hoch. Einsparungen werden erzielt, wenn der PER des SHC Systems größer als jener des Referenzsystems ist.
- Die Darstellung der Kosten als „cost ratio“ zeigt Relativwerte von Energiegestehungskosten (Kosten SHC-System zu Referenzsystem), da die Referenzbasis für jede Anlage individuell ist. Berechnungsgrundlage sind durchschnittliche Kosten, welche im Zuge des IEA SHC Task 48 recherchiert und erhoben wurden. Die geringsten Werte werden von jenen Systemen erzielt, welche zusätzlich zur thermischen Kühlung Raumwärmeunterstützung und Brauchwarmwasser bereitstellen. Unter diesen Aspekten kann das solarthermische System durchaus mit den Kosten des Referenzsystems mithalten.

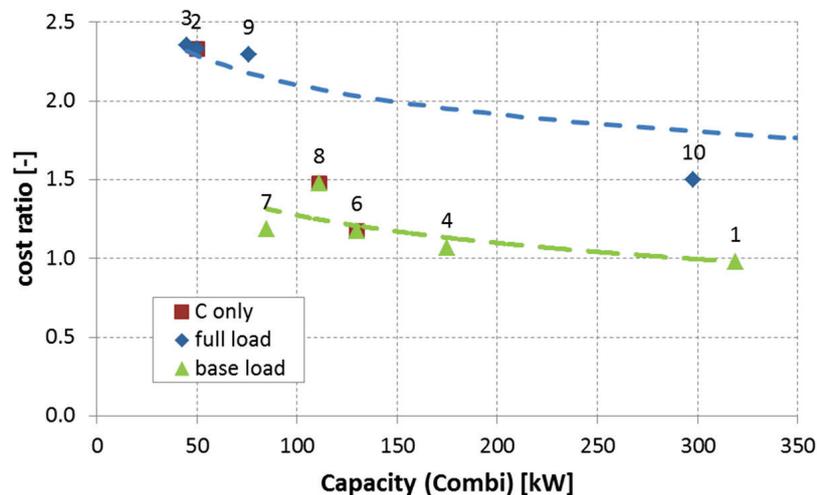


Abbildung 6: Vergleich der Energiegestehungskosten im Verhältnis zum jeweiligen Referenzsystem für die 10 untersuchten Anlagen.

3.5. Qualität durch Contracting Modelle

Aufbauend auf den Erfahrungen und Arbeiten des IEA SHC Task 45 wurde ein Leitfaden für Contracting-Modelle entwickelt und veröffentlicht. Ziel der Arbeit im IEA SHC Task 48 und des Leitfadens war, Projektentwicklern, -investoren, Kältenutzern sowie weiteren Projektbeteiligten die Anwendung von Contracting-Modellen (engl. ESCO) zu erleichtern. Contracting ist insbesondere für solare Kühlung interessant, da hier große Systeme (>2.000 m² Kollektorfläche) sinnvoll sind, um eine möglichst gute Wirtschaftlichkeit aufgrund von Skaleneffekten zu erreichen. Diese Großanlagen erfordern wiederum große Anfangsinvestitionen, die für viele Kältenutzer unattraktiv sind. Hier können Contracting-Modelle eine sinnvolle Alternative sein, um ökonomisch und ökologisch attraktive solare Kühlanlagen zu ermöglichen. So wurden die weltweit bislang leistungsstärksten solaren Kühlanlagen mittels Contracting finanziert, beide mit österreichischer Beteiligung. Diese sind am United World

College in Singapur (1,5 MW nominelle Kälteleistung) sowie an der Desert Mountain High School in Scottsdale, USA (1,75 MW nominelle Kälteleistung).

Um eine Konsistenz mit bestehenden Beschreibungen zu gewährleisten sowie um Synergien zu nutzen, wurde auf die Erfahrungen sowie den Leitfaden des IEA SHC Task 45 (Large Scale Solar Heating and Cooling Systems) zurückgegriffen. Dieser war etwas einfacher angelegt, da es hier um reine Wärmelieferung, z.B. für Nah- und Fernwärme ging. Kältelieferung aus solarer Absorptionskühlung ist komplexer. So ist es z.B. für die Effizienz der solaren Kühlung wichtig, dass das Kühlsystem innerhalb bestimmter Temperaturbereiche arbeitet. Bei solarangetriebenen thermischen Kaltverfahren fällt elektrischer Aufwand zur Rückkühlung an, der bei reiner Wärmelieferung nicht so signifikant ist. So musste der bestehende Leitfaden um Aspekte der solaren Kühlung erweitert werden, wo möglich mit internationaler Gültigkeit.

Der Leitfaden betrachtet u.a. rechtliche Aspekte, Eigentumsverhältnisse, Finanzielles und Vertragliches, Garantien, Hinweise zu Finanzinstitutionen, Versicherungen sowie Messung und Validierung. Der Leitfaden wurde auf der IEA SHC Task 48 Website veröffentlicht – siehe unter <http://task48.iea-shc.org/>

Weiters wurde ein Artikel sowie der Leitfaden selbst auf einem der größten internationalen Internetportale über Solarthermie veröffentlicht, www.solarthermalworld.org (<http://www.solarthermalworld.org/content/contracting-models-solar-thermally-driven-cooling-and-heating-systems-2014>).

3.6. Einfache Broschüre

Die Erstellung einer vereinfachten, leichtverständlichen Kurzbroschüre hatte zum Ziel, auf wenigen Seiten über die wesentlichen Tätigkeiten und Resultate des IEA SHC Tasks 48 zu informieren. Die Broschüre zeigt die gewählte Methodik zur Entwicklung von Qualitätsprozeduren sowie die Resultate bei der Erstellung von Werkzeugen für die Verbesserung der Rahmenbedingungen für solare Kühlung. Der Inhalt der Broschüre beginnt mit der Beschreibung der Technologie sowie der Potentiale der solarthermischen Kühlung. Als nächstes werden die Arbeiten zur Rückkühlung vorgestellt. Hier wurde eine Marktübersicht erstellt, Standards aufgelistet sowie praktische Erfahrungen geteilt. Die Rückkühlung ist von besonderer Bedeutung für solare Kühlanlagen, da hier Strom-, Wasser- und Wartungsaufwand anfallen. Hygienische Fragestellungen wie z.B. Legionellen sind zu beachten.

Ein weiterer wichtiger Faktor zur Erreichung eines energieeffizienten Anlagenbetriebs ist die Auswahl passender und effizienter Pumpen. Diesem Aspekt wurde ein eigenes Unterkapitel in der Broschüre gewidmet. Weiters wird ein Vorplanungswerkzeug vorgestellt, welches von französischen Partnern entwickelt wurde und zur Vorauslegung von solarthermischen Anlagen zur Kühlung, Heizung und Warmwasserbereitung dient. Ebenso werden Energiebilanzen und jährliche Effizienzfaktoren ermittelt.

Planern soll in der Phase der Projektevaluierung ermöglicht werden, den Nutzen einer solaren Kühlungsanlage abzuschätzen.

Da die Finanzierung bei der Realisierung von solaren Kühlanlagen, vor allem bei Großanlagen, eine bedeutende Rolle spielt, wird auch dieser Punkt in der Broschüre behandelt. Es wird beschrieben, wie das Geschäftsmodell von Energiedienstleistungsunternehmen („Contractoren“) funktioniert und welche Vorteile es hat. Die Broschüre schließt mit der Beschreibung von Best-Practice-Beispielen sowie einer Lebenszyklusanalyse ab. Die Broschüre wurde auf der Task-Starthomepage veröffentlicht (<http://task48.iea-shc.org>)

3.7. Qualität durch automatisierte Fehlererkennung im Anlagenbetrieb

Für einen energieeffizienten Betrieb von solarthermischen Anlagen, insbesondere der solaren Kühlung, ist es sehr wichtig, dass die Anlagen im Betrieb gemäß berechneter und definierter Planwerte funktionieren. Die Fehlererkennung im Anlagenbetrieb ist wichtig und sollte nach Möglichkeit automatisch erfolgen. So können schnell auf Fehlfunktionen identifiziert und darauf reagiert werden und oft können sowohl Anlagenschäden als auch unnötig ineffiziente Betriebsstunden vermieden werden. Die Fehlererkennung bei solarthermischen Anlagen ist komplex und bislang wurden weltweit nur Systeme für rein wärmeproduzierende Anlagen entwickelt und nicht für solare Kälteanlagen.

Im Rahmen des IEA SHC Task 48 wurden bewährte Methoden zur Anlagenüberwachung erfasst, ausgehend von den in IEA SHC Task 38 entwickelten Prozeduren. Mögliche Anlagenbetriebsfehler in solarthermisch angetriebenen Kälteanlagen sind sehr unterschiedlich und reichen von Komponentenfehlern über simple Sensorfehler bis zu ernsthaften Regelungsproblemen. Deshalb wurde, als Basis für die Entwicklung neuer Fehlererkennungssysteme, eine Kategorisierung möglicher Systemfehler ausgeführt. Für jede Fehlerkategorie wurden typische Fehlfunktionen gesammelt und mögliche Wege der Fehlererkennung sowie das hierzu notwendige Messinstrumentarium diskutiert. Abschließend wurden mögliche Implementierungen von automatisierten Fehlererkennungssystemen sowohl in lokalen Anlagenreglern als auch in Internet-basierten Systemen gezeigt. Hauptergebnis dieser Aktivität ist, dass eine automatisierte Fehlererkennung bei solarthermischen Kühlanlagen einerseits sehr wichtig und wünschenswert ist, andererseits aber die Entwicklung einer solchen sehr aufwändig und komplex ist. Derzeit ist eine solche Entwicklung nicht bekannt. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse wurde auf der IEA SHC Task 48 Website veröffentlicht – siehe unter <http://task48.iea-shc.org/>

3.8. ‚GOOD Practice‘ Anlagen zum offenen Verfahren der solaren sorptionsgestützten Klimatisierung

(Englisch: SDEC - Solar Desiccant Evaporative Cooling).

Der Arbeitsplan der IEA SHC Task 48 adressiert Maßnahmen zur Qualitätsverbesserung und zur Unterstützung der Marktverbreitung von solarthermischen Kälte- und Klimatisierungssystemen. Der technologische Fokus wurde auf die Verfahren zur solarthermischen Kaltwassererzeugung - wie Ab- und Adsorptionskälteverfahren - gelegt.

Unter österreichischer Leitung wurden dennoch im Rahmen einer Aktivität umfangreiche Informationen und Praxiserfahrungen zu Anlagen der sorptionsgestützten Klimatisierung, die die solare Wärme zur Regeneration des Trocknungsmaterials einsetzen, zusammengetragen und in einem englischsprachigen Bericht dokumentiert. Der englischsprachige Bericht hat nachfolgende Inhalte und Struktur

KAPITEL - WELTWEIT installierte solare SGK-Anlagen,

- Auf Basis einer gezielten Befragung und Analyse wurden Informationen zu rund 30 weltweit gebauten Anlagen der sorptionsgestützten Klimatisierung (SGK) auf den neuesten Stand gebracht. Generell haben SGK-Anlagen am Markt der raumluftechnischen Anlagen einen sehr geringen Anteil und die Varianten unter Verwendung der solaren Wärme zur Regeneration des Sorptionsmaterials sind weltweit in überschaubarer Stückzahl umgesetzt. Die identifizierten rund 30 verschiedenen SGK-Anlagen zeichnen sich durch unterschiedliche Systemkonzepte und Technologienkombinationen aus; dieses Kapitel gewährt einen Einblick in die Vielfalt der weltweit betriebenen solaren SGK-Anlagen.

KAPITEL - Neue technische Entwicklungen und Forschungsarbeiten

- In diesem Kapitel werden vier neue Technologie- und Konzeptansätze der sorptionsgestützten Klimatisierung unter Verwendung der solaren Wärme dokumentiert und deren Betriebsverhalten wird anhand von Simulationen und Messungen vorgestellt. Die Auswahl der vier neuesten F&E-Arbeiten hängt mit der Teilnahme der Forscher beziehungsweise Entwickler an der IEA SHC Task 48 zusammen.

KAPITEL - Bestehende Gütesiegel verschiedener Subkomponenten

- Dieses Kapitel beschreibt bestehende Gütesiegel, Normen und Zertifizierungen zur Spezifizierung der qualitätsrelevanten Daten sowohl für den Sorptionsrotor als auch für die gesamte SGK-Anlage. Vier Unterkapitel haben nachfolgende Überschriften: a) Bestehende Zertifizierungen für regenerative Wärmetauscher; b) Standards für Entfeuchtungsräder; c)

Technische Herstellerdaten zu ihren Sorptionsrädern und d) Ausrüstung zur sorptionsbasierten Entfeuchtung.

KAPITEL - GOOD PRACTICE Beispiele zu solaren SGK-Anlagen

- Hier werden drei ausgewählte Good Practice Beispiele von solaren SGK-Anlagen aus den Ländern Österreich, Australien und Italien vorgestellt. Die Dokumentation umfasst die Projektentwicklung von der Entwurf- bis zur Betriebsphase. Die drei Anlagen zur sorptionsgestützten Klimatisierung wurden wissenschaftlich von Teilnehmer der IEA SHC Task 48 begleitet und daher sind erste Simulationsergebnisse zum Betriebsverhaltens der SGK-Anlagen aus der Planungsphase verfügbar. Zur Bewertung des Betriebsverhaltens der SGK-Anlagen wurden geeignete Messgeräte und Datenerfassungssystem verbaut, die den Anforderungen der dritten Evaluierungsebene einer Langzeitbeobachtung der IEA SHC Task 38¹ genügen. Das energetische Betriebsverhalten der drei Anlagen wird anhand von monatlichen Werten relevanter Energieflüsse und aussagekräftiger Kennzahlen dargestellt. Die Beschreibungen zu den "Good Practice Beispielen" aus der Praxis schließen mit der Darlegung wichtiger Erkenntnisse und Lerneffekte, um somit Nachfolgeprojekte zur Umsetzung von solaren SGK-Anlagen anzuleiten. Diese Dokumentation beantwortet projektspezifisch die Kernfrage: Welche Qualitäts- und Begleitmaßnahmen führen zu einer erfolgreichen Realisierung einer solarthermisch betriebenen SGK-Anlage mit hoher Energieeffizienz, hohem Innenraumkomfort und hoher Benutzerfreundlichkeit für das Facility-Management?

Generell erfüllt die sorptionsgestützte Klimatisierung (SGK) die kompletten Anforderungen an die Klimatisierung. Im Wesentlichen verwendet die SGK-Technologie drei Prinzipien der Luftbehandlung: 1) Lufttrocknung durch Ab-/Adsorption, 2) direkte Verdunstungskühlung und 3) Wärmerückgewinnung. Die Verdunstungskühlung ermöglicht den Verzicht auf chemische Kältemittel und die sorptionsgestützte Luftentfeuchtung vermeidet die energieintensive Erzeugung von Kaltwasser unter dem Taupunkt, benötigt aber im Normalfall eine Wasseraufbereitung. Die Wärmezufuhr auf dem Temperaturniveau von 55 bis 90 °C ist notwendig, um das Sorptionsmaterial wieder zu regenerieren (trocknen). Abbildung 7 stellt eine Standardkonfiguration der SGK-Technik und seine technischen Komponenten dar.

¹ http://task38.iea-shc.org/data/sites/1/publications/IEA-Task38-Report_A3a-B3b-final.pdf

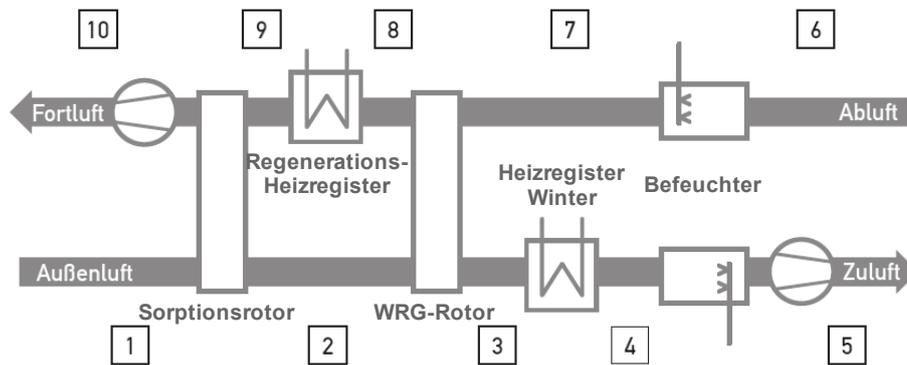


Abbildung 7: Standardkonfiguration einer SGK-Anlage (Quelle: Broschüre MA27, 2007)

Im ersten Verfahrensschritt einer SGK-Anlage wird die angesaugte Außenluft gefiltert (1) und durchströmt nachfolgend den Sorptionsrotor (1-2). Dabei wird die Prozessluft getrocknet und Sorptionswärme wird frei, die zu einer Temperaturerhöhung des Luftstromes führt. Diese trockene, warme Luft wird über ein Wärmerückgewinnungsrads (WRG) (2-3) vorgekühlt und gleichzeitig die Abluft auf der Abluftseite vorgewärmt. Um den gewünschten Zuluftzustand zu erreichen, wird die Luft anschließend in einem regelbaren Befeuchter (Verdunstungskühler) (4-5) weiter abgekühlt und befeuchtet. In den Wintermonaten kann das Heizregister die Zuluft auf die gewünschte Zulufttemperatur anheben (3-4). Mit den erforderlichen Sollwerten für Temperatur und Feuchte wird die Zuluft in die Räume eingeblasen (5). Die Abluft der Räume (6) wird in einem weiteren Befeuchter (6-7) annähernd bis zum Taupunkt befeuchtet und dadurch abgekühlt. Die feuchte, kalte Abluft nimmt somit über das Wärmerückgewinnungsrads Wärme der getrockneten warmen Zuluft auf (7-8). Dann wird die Abluft über das Nachheizregister nacherhitzt (8-9), um die Regeneration (Desorption) des darauf folgenden Sorptionsrotors sicherzustellen. Die Nacherwärmung erfolgt im Falle der solarthermischen Klimatisierung über solare Wärme. Anschließend verlässt der Luftstrom das System durch den Abluftventilator (10).

Mit offener sorptionsgestützter Klimatisierung in der vorgestellten Standardkonfiguration lassen sich prozessbedingt und aufgrund der thermodynamischen Grenzen Zulufttemperaturen unter 16°C nicht erreichen. D.h. ohne technische Adaptionen der Standardkonfiguration, z.B. Kombinationen mit zusätzlicher Kompressionskältetechnik, beschränkt sich der Einsatzbereich dieser Technologie auf Raumklimatisierung mit entsprechend geringen Wärmelasten. Mit üblichen Luftwechselzahlen für Klimaanlage in Gebäuden, z.B. 1 bis 2,5, können spezifische Kühllasten von 15 bis 30 W/m² bewältigt werden. Moderne Gebäude in Mitteleuropa weisen geringe Kühllasten auf, die mit der solarthermisch angetriebenen SGK-Technologie bewältigbar sind. Es ergibt sich ein ganzjähriger energieeffizienter Anlagenbetrieb insbesondere durch die winterliche Nutzung der Wärme- und ganz besonders der Feuchterückgewinnung mittels der beiden Rotoren. Hier werden Rückwärmehzahlen der sensiblen Wärme im Bereich von 80 bis 90% erzielt, plus der Effekt der Feuchterückgewinnung, der je nach Rahmenbedingungen. Eine tiefere Technologieeinführung ist in der dritten Ausgabe des

'Solar Cooling-Handbuch – A Guide to Solar Assisted Cooling and dehumidification Processes'² zu finden.

Kurzbeschreibung der Good Practice Anlage zur solaren Klimatisierung in Österreich

Das innovative Bürogebäude ENERGYbase im 21. Bezirk von Wien wurde mit zwei Anlagen der sorptionsgestützten Klimatisierung (SGK) ausgestattet, um die ganzjährige Frischluftaufbereitung zu erfüllen. Die SGK-Anlagen verwenden die solare Wärme aus rund 285 m² Flachkollektoren zur sommerlichen Regeneration des beladenen Entfeuchtungsrades und zur Anhebung der Zulufttemperaturen in kühleren Perioden. Die Innentemperatur der Büroraumluft wird maßgeblich über die thermische Aktivierung der Betondecke kontrolliert, so dass die SGK-Anlagen eine Zulufttemperatur nahe der Raumlufftemperatur liefern. Aufgabe der solarthermischen SGK-Anlagen ist daher einerseits die Frischluftversorgung und andererseits die Kontrolle der Luftfeuchte in den Büroräumen. Die wesentlichen SGK-Design-Parameter sind:

- Zwei separate SGK-Anlagen, die jeweils mit einem Nennluftvolumenstrom von 8.240 m³/h arbeiten
- Flachkollektoren: 285 m² (Süd / 33 °) und einem Warmwasserspeicher mit einem Volumen von 15.000 Litern
- Sorptionsrotor mit Lithium-Chlorid als Sorptionsmaterial

Weitere Fakten zur SGK-Anlage

<i>Technologie</i>	Zentrale raumlufftechnische Geräte mit sorptiver Entfeuchtung
<i>Anzahl der Anlagen</i>	2 SGK-Anlagen (Zwillinge)
<i>Nennluftmenge</i>	2 x 8,240 m ³ pro Stunde
<i>Nominelle Kühlleistung</i>	~ 40 kW pro SGK-Anlage
<i>Hersteller</i>	Robatherm
<i>Entfeuchtungseinheit</i>	Sorptionsrotor (Klingenburg SECO 1770)
<i>Regenerationsleistung</i>	80 kW pro SGK-Anlage

Weitere Fakten zum Kollektor-Anlage

<i>Kollektortyp</i>	Großflächenkollektor
<i>Kollektormarke</i>	Sonnenkraft /MEA DESIGN
<i>Kollektorfläche (Apertur)</i>	285 m ²
<i>Ausrichtung (Neigung, Azimut)</i>	32° Süd
<i>Kollektorarbeitsfluid</i>	Wasser-Propyläen Glykol 70/30
<i>Typische Betriebstemperatur</i>	80°C
<i>Wärmeabnehmer</i>	SGK-Anlagen und Betonkernaktivierung

² Henning H.-M., Motta M., Mugnier D., Solar Cooling Handbook - A Guide to Solar Assisted Cooling and Dehumidification Processes, Januar 2014, Publisher: Ambra Verlag, ISBN: 978-3-99043-438-3

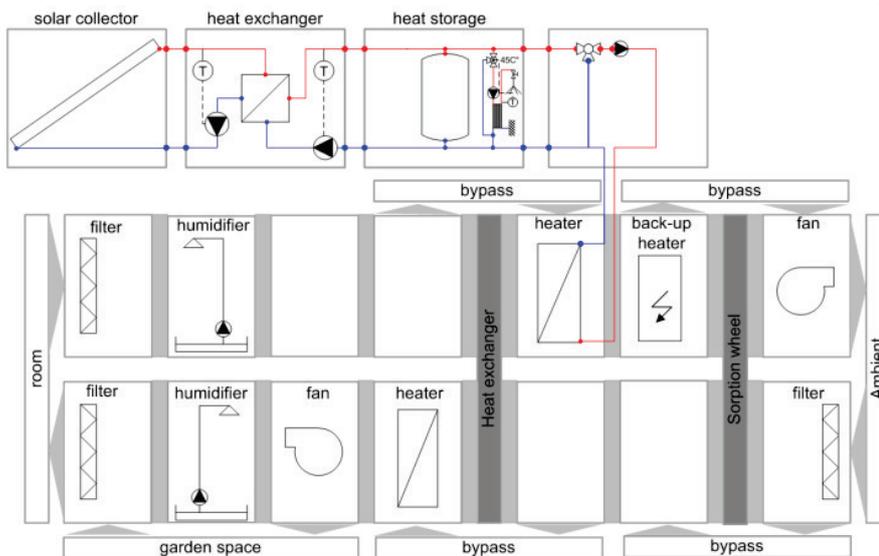


Abbildung 8: Schematische Darstellung der SGK-Anlage in Wien, Österreich

Im Sommer entfeuchtet das langsam rotierende Sorptionsrad die Umgebungsluft und im Winter arbeitet das Rad mit höherer Umdrehungsgeschwindigkeit als Enthalpie-Rückgewinnungseinheit, d.h. die Feuchtigkeit und Temperatur aus der Abluft wird zurückgewonnen. Die beiden SGK-Zwillingsanlagen sind seit 2008 in Betrieb und wurden durch ein permanentes Langzeitmonitoring hinsichtlich ihres energetischen Betriebsverhaltens beobachtet. Im publizierten Bericht der IEA SHC Task 48 wurden Betriebsdaten aus dem Jahr 2010 herangezogen, um Kernaussagen über das Betriebsverhalten zu generieren. Kernaussagen sind:

- Im Sommer 2010 wurde das Sorptionsmaterial des Entfeuchtungsrotors zu 100 Prozent unter Verwendung der solaren Wärme aus der Flachkollektoranlage regeneriert
- Die jährlichen Primärenergieeinsparungen sind erheblich im Vergleich zu einem Referenzsystem mit klassischer Technologie, insbesondere erwirkt der Einsatz des Sorptionsrotors zur winterlichen Feuchte- und Temperaturrecycling im Winter signifikante Einsparungen
- Der Betrieb der Anlagen erfolgte mit hoher Zuverlässigkeit und im Hinblick auf die relative Raumluftfeuchte wurde eine hohe Innenraumbehaglichkeit erreicht
- Das Facility-Management bestätigt die Benutzerfreundlichkeit der Systemsteuerung der SGK-Anlagen

Mit den positiven Betriebserfahrungen dieser solarthermisch angetriebenen SGK-Anlagen im Bürogebäude ENERGYbase wurde diese Technologie ein zweites Mal in einem weiteren innovativen Wiener Bauprojekt angewendet.

3.9. Anleitung zum Roadmapping

Die österreichischen Teilnehmer vom AIT haben diese Aktivität koordiniert und wesentliche Textbeiträge zum englischsprachigen Report geliefert. Der Report der IEA SHC Task 48 dazu ist auf der Webseite abrufbar – siehe <http://task48.iea-shc.org/>

Der englischsprachige Bericht mit dem Titel „Guidelines for Roadmaps on solar cooling“ weist nachfolgende Struktur auf:

- Zusammenfassung
- Review Prozess zu existierenden Roadmaps weltweit
- Leitfaden zum ‚Roadmapping‘

Die Internationale Energieagentur veröffentlichte 2014 eine neue Ausgabe zu einem Leitfaden zur Entwicklung und Implementierung von Technologie-Roadmaps³. Grundideen, Vorgehensweisen und Vorschläge dieses Leitfadens dienten den Verfassern der IEA SHC Task 48 Arbeitsgruppe als Basis zur Entwicklung von Empfehlungen für Technologie-Roadmaps zum Thema ‚Solares Kühlen bzw. Klimatisieren‘. Weiters wurde ein Screening-Prozess relevanter Materialien durchgeführt und mit ausgewählten Roadmap-Verfassern wurden Interviews geführt.

Generell gibt es wohl nicht den einen richtigen Weg, um eine Technologie-Roadmap zu erstellen, vielmehr liegt der Schlüssel zum Erfolg im Roadmapping-Prozess selbst. "Einige Prozesse motivieren große Gruppen von Akteuren und Interessengruppen, die sich über lange Zeiträume versammeln und viele verschiedene Beiträge zu einem Konsens zu bringen versuchen. Andere werden von einer kleinen Gruppe von erfahrenen Analysten und Experten entwickelt, die intensiv für eine kurze Zeit arbeiten, um verfügbare Daten, Analysen und Einblicke in einen logischen Rahmen zu integrieren. Jeder Ansatz hat seine Verdienste und die Organisation oder die Gemeinschaft, die die Roadmap entwickelt, entscheidet welcher Ansatz für ihre Situation zielführend ist. "

Unter Berücksichtigung von unterschiedlichen Informationsquellen hat die Arbeitsgruppe der IEA SHC Task 48 versucht, die wichtigsten Ergebnisse und Erkenntnisse so zu filtern und zu kondensieren, dass essentielle Empfehlungen zur Erstellung einer Technologie-Roadmap für die solare Kühlung abgegeben werden können. Dazu liegt einerseits ein Schwerpunkt auf der allgemeinen Beschreibung des Roadmapping-Prozesses und andererseits werden brauchbare Beispiele von bestehenden Roadmaps zu den unterschiedlichen Prozessschritten und Themen aufgezeigt, um die möglichen Inhalte zu konkretisieren. Dieser Leitfaden bezieht sich auf vier verschiedene Phasen zur Entwicklung einer Roadmap, die dem Leitfaden der Internationalen Energieagentur aus dem Jahre 2014 entnommen sind:

- 1) Planung und Vorbereitung
- 2) Vision und Zieldefinitionsphase

³ Energy Technology Roadmaps a guide to development and implementation, International Energy Agency, Paris, France 2014

- 3) Roadmap - Entwicklung
- 4) Roadmap - Implementierung und Anpassung

Alle vier verschiedenen Phasen werden kurz beschrieben und in jeder Phase werden die angewandten Methoden und Inhalte aus bestehenden Roadmaps vorgestellt. Die ausgewählten repräsentativen Fallbeispiele werden aus drei verschiedenen bestehenden Roadmap-Dokumente übernommen. Diese sind:

- 1) Internationale Energieagentur (IEA) Technologie-Roadmap, solares Heizen und Kühlen
- 2) ESTTP Solares Heizen und Kühlen für eine nachhaltige Energiezukunft in Europa 2012
- 3) Österreichischer Fahrplan "Solarwärme 2025" - Eine Technologie und Marktanalyse mit Empfehlungen für Aktionen

Die Autoren sind sich bewusst, dass jede Technologie-Roadmap ein Resultat der teilhabenden Individuen ist und in unterschiedlichen Ländern sind unterschiedliche Herausforderungen zu bewältigen. Nichtsdestotrotz wird durch die Vorlage der entwickelten Anleitung zur Entwicklung einer Technologie-Roadmap zur verstärken Nutzung der solaren Heiz- und Kühlsysteme ein Mehrwert für die IEA SHC Mitglieder und das beobachtende Publikum geschaffen. Diese Anleitung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Mit Vorlage des IEA SHC Task 48 Leitfadens zur Entwicklung von Technologie-Roadmaps konnten Partner dieser Arbeitsgruppe Teilaspekte nutzen, um für den arabischen Raum eine Studie anzufertigen. Diese trägt den Titel „*Assessment on the Commercial Viability of Solar Cooling Technologies and Applications in the Arab Region*“ und ist auf der Website www.solarthermalworld.org zu finden.

4. Vernetzung und Ergebnistransfer

Wesentliche österreichische Adressaten der erreichten Ergebnisse aus dem IEA SHC Task 48 sind insbesondere Marktakteure (Planungsbüros, Installateure, Energiedienstleister, Projektentwickler, Investoren, etc.) im Bereich Bauen und Gebäudetechnik. Weiters sind österreichische Komponentenhersteller und Systemanbieter von solaren Kühl- bzw. Klimatisierungsanlagen die wesentliche Zielgruppe für die erarbeiteten Erkenntnisse und Ergebnisse des IEA SHC Task 48.

Seitens der österreichischen Partner des IEA SHC Task 48 wurde Erfahrungen aus bereits umgesetzten Projekten und durchgeführten Forschungsprojekten zum erneuerbaren Heizen und Kühlen im Gebäudebereich in die Arbeitsgruppe eingebracht. Die Aufdeckung von Optimierungspotentialen insbesondere der Energiesystemkombination solarhybrider Systemlösungen führt zu Wissensaufbau und erwirkt die Schärfung der wissenschaftlichen Methoden. Die systematische Analyse von solarhybriden Systemlösungen zum Heizen und Kühlen in Gebäuden ist einerseits mit großer Expertise zu den jeweiligen Einzeltechnologien anzugehen und andererseits ist der Kompetenzaufbau zu komplexen hybriden Energiesystemen ein erstrebenswertes Ziel der wissenschaftlichen Partner.

Durch die Beteiligung am IEA SHC Task 48 haben sich die österreichischen Teilnehmer in den nachfolgenden Themenfeldern neue und vertiefte Expertise und Know-how angeeignet:

- Durch die Marktuntersuchungen im Bereich sorptionsgestützter Klimatisierung und durch die umfangreiche Dokumentation von drei „best practice“ Beispielen von gebauten und betriebenen Anlagen zu solarer Klimatisierung mittels sorptionsgestützter Verfahren sind neue Kenntnisse aufgebaut worden
- Durch die Koordination und Erstellung einer Anleitung zum Roadmapping für solare Heiz- und Kühltechnologien wurden neue Kenntnisse zur Vorgehensweise und Methodik des Roadmapping-Prozesses erworben. Ergebnisse und Methodik dieser Arbeit wurden zur Erstellung einer Machbarkeitsstudie zur solaren Kühlung für die arabische Region genutzt – siehe Kapitel 8.
- Die Entwicklung einer Methodik und der Aufbau eines Bewertungsinstruments zur Evaluierung des Betriebsverhaltens von solaren Kühl- bzw. Klimatisierungsanlagen führen zu einem Alleinstellungsmerkmal. Österreichische Experten können nun sehr rasch standardisiert energetische Bewertungen zum Betriebsverhalten solcher Anlagen vornehmen. Das Instrument und die Methodik werden in nationalen Projekten weiterentwickelt.
- Durch die Zusammenstellung von geeigneten Methoden zur semi-automatisierten Fehlererkennung des Anlagenbetriebs wurde neue Expertise aufgebaut und die Erkenntnis, dass keine Entwicklung dazu am Markt existiert, führte zu dem nationalen Forschungsprojekt extrACT (FFG Nr. 838688), in dem eine Methodik zur Erkennung von Fehlern und

ineffizienten Betriebszuständen von thermisch angetriebenen Kältemaschinen entwickelt wurde.

Die österreichischen Partner haben zahlreiche Fachpublikationen veröffentlicht und eine Auswahl dazu ist dem Literaturverzeichnis zu entnehmen.

Österreich hat eine langjährige hohe Expertise im Forschungs- und Entwicklungsbereich zur Systemtechnologie solares Heizen und Kühlen aufgebaut und die Forschungseinrichtungen sind willkommene Partner auf internationaler und europäischer Ebene. Der Anwendungsmarkt solarer Kühlanlagen ist in Österreich sehr limitiert und etwa 20 Anlagen sind verbaut und durch nationale Forschungsprojekte ist deren Betriebsverhalten gut dokumentiert.

Die aussichtsreiche Anwendung dieser Systemtechnik zum solarthermischen Kühlen und Heizen liegt im Bereich der Großanlagen und ist für die Regionen Asien, USA, Mittlerer Osten und im arabischen Raum interessant.

Die österreichische Expertise zur Technologiekombination ‚Solarthermisches Kühlen‘ wurde eindrucksvoll mit dem Bauvorhaben Sheikh Zayed Desert Learning Center demonstriert. Das Sheikh Zayed Desert Learning Center ist als Museum und Forschungszentrum für Wüstenlandschaften und Umweltthemen konzipiert und wurde in Al Ain / Abu Dhabi errichtet. Mit diesem architektonisch und technisch höchst innovativen Bauwerk wird demonstriert, dass nachhaltige Gebäudekonzepte auch in der Wüste umsetzbar sind. Die Kühlung des Gebäudes wird zu einem großen Anteil über eine solarthermisch angetriebene Absorptionskältemaschine erreicht. Das Projekt wurde von den Wiener Architekten Chalabi Architekten & Partner als Generalplaner in einem ganzheitlichen Planungsprozess entwickelt und großteils mit österreichischen Unternehmen (STRABAG AG, S.O.L.I.D. GmbH, ertex solar GmbH, Bartenbach GmbH, iC consulenten ZT GmbH, Bollinger, Grohmann & Schneider) und in Zusammenarbeit mit wissenschaftlichen Partnern (AIT Austrian Institute of Technology) umgesetzt. Eine umfangreiche Dokumentation dazu findet sich auf der Website <http://www.energy-innovation-austria.at/> .

Ein nationaler IEA SHC Task 48 Workshop wurde in Kooperation mit der Abschlussveranstaltung des nationalen Forschungsprojektes SolarCoolingOpt im November 2013 in Graz durchgeführt. Dr. Morgenstern vom Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme in Freiburg hat in seiner Funktion als Subtask A Leiter einen Einführungsvortrag zur IEA SHC Task 48 "Quality Assurance and Support Measures for Solar Cooling" gehalten. Herr Albert als Vertreter des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie hat die Programmlinie IEA vorgestellt. Dem interessierten Fachpublikum wurde der Technologiestatus zum solaren Kühlen durch die Vorstellung der Projektergebnisse des nationalen Forschungsprojektes SolarCoolingOpt und der Aktivitäten im IEA SHC Task 48 dargelegt. Durch die Beteiligung der ARGE der IEA SHC Task 48 bei diesem Workshop konnten die Entwicklungen und Hindernisse der Technologie sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene diskutiert und dem Fachpublikum vorgestellt werden.

5. Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen

Nachfolgende Schlussfolgerungen lassen sich anhand der erreichten Ergebnisse der internationalen Kooperation und durch das Aufsetzen eines Positionspapiers zum Thema ‚Solar Cooling‘ ableiten:

Aktuelle Barrieren zur verstärkten Marktverbreitung sind

- Die Komponenten für solarthermisch angetriebene Kälte- und Klimatisierungsverfahren haben ein hohes Niveau an Marktreife erreicht. Wichtige technische Herausforderungen liegen heute auf Systemebene und adressieren eine gute Systemauslegung und die Entwicklung geeigneter Regelstrategien.
- Rückkühlung: Rückkühlwerke konsumieren vielfach viel Strom und sind nicht für Teillast regelbar. Nasskühltürme mit kleinen nominellen Rückkühlleistungen sind verhältnismäßig teuer und ziehen einen höheren Wartungsaufwand nach sich. Trockenkühler benötigen mehr Strom und die Rückkühltemperaturen sind für einen effizienten Betriebspunkt der thermisch betriebenen Kältemaschinen zu hoch. Hybrid Rückkühlssysteme werden als vielversprechende Lösung angesehen, allerdings sind nur wenige am Markt und diese sind nicht auf die Anforderungen einer thermischen Kältemaschine abgestimmt.
- Energieeffiziente Zusatzkomponenten und eine sorgfältige hydraulische Systemauslegung sind der Schlüssel zum Erfolg.
- Eine weitere technische Barriere betrifft die Integration aller Komponenten in ein gut funktionierendes Gesamtsystem. Die Planung und Auslegung erfordert hohe Professionalität und Fähigkeiten auf unterschiedlichen Fachgebieten. Die vielen beteiligten Gewerke sollten sich gut abstimmen und speziellen Kenntnisse und Fähigkeiten erwerben, um eine hohe Qualität in der Planung, in der Errichtung bzw. Inbetriebnahme und in der Beobachtung des Anlagenbetriebs zu erlangen.
- Die Haupthürde für eine signifikante Marktdurchdringung von solaren Kühlprojekten sind die hohen Investitionskosten. Die Anschaffungskosten realisierter Anlagen zur solaren Kühlung sind zwischen 2- und 5-mal höher als bei herkömmlichen Systemen (Kompressionskälte). Zwei wesentliche Optionen zur Kostenreduktion sind: 1) Projektierung von mittleren bis großen solaren Kühlsystemen, um eine möglichst gute Wirtschaftlichkeit aufgrund von Skaleneffekten zu erreichen und 2) die Standardisierung der Systeme mittels hohem Grad an pre-engineering sowohl für die Komponenten als auch für die Gesamtsysteme, so lässt sich der Planungs- und Installationsaufwand und weitere Risiken reduzieren.

D.h. die Technologie befindet sich in einer kritischen Phase. Wesentliche Komponenten stehen am Markt zur Verfügung und etwa 1.200 Anlagen wurden weltweit realisiert. Die Anwendung dieser Technologie hat nachweislich gezeigt, dass erhebliche Primärenergieeinsparungen im Anlagenbetrieb gegenüber konventionellen Lösungen möglich sind. Die Technologie hat das Stadium der frühen Markteinführung erreicht. Allerdings ist das finanzielle Risiko für Akteure, Unternehmen, die sich im

Marktsektor der solarthermischen Kühlung engagieren, noch immer sehr hoch. Folgende Maßnahmen sollten dieses Risiko zu verringern:

- Entwicklung von systematischer Qualitätssicherungsverbesserung und Definition von Standards für solare Kühlanlagen. Derzeit gibt es keine internationalen ISO / EN Standards oder Normen, die speziell auf die solare Kühlung Bezug nehmen. Solche Standards würden dazu beitragen, dem Betreiber und Nutzer das notwendige Vertrauen zu geben, dass technisch mögliche Energieeinsparungen und die Kosteneffizienz im realen Anlagenbetrieb erreicht werden. Die entwickelten Standards und Qualitätslabel könnten maßgebliche Vorgabe sein, um zielgerichtet Fördermaßnahmen oder Steuergutschriften aufzusetzen und die Qualität zu fördern und somit die Marktnachfrage zu stimulieren.
- Aufbau von Ausbildungen/ Trainings für spezielle Zielgruppen von Akteuren. Die wenigsten Planer und Installateure haben Erfahrung und Kompetenz zu dieser Systemtechnologie im Ganzen. Ohne gezielte Kenntnisse und Fähigkeiten wächst der zeitliche Aufwand für die Projektierung und die damit verbundenen Personalkosten übersteigen schnell die der Projektierung von Standardystemlösungen.
- Implementierung von Förderregimen zur Unterstützung der industriellen Entwicklung von solaren Kühlanlagen. Diese sollten insbesondere die speziellen Vorteile der solarthermischen Kühlung adressieren, zum Beispiel die Vermeidung von sommerlichen Stromspitzen im öffentlichen Netz. Anreize in rein stromgeführte Systeme sollten vermieden werden und Investitionsentscheidungen sollten zu Gunsten thermischer Kühlung fallen können.

Maßnahmen, die eine nachhaltige und langfristige Marktentwicklung unterstützen, sind essentiell. Dies beinhaltet die Implementierung von groß angelegten Demonstrationsprogrammen, die sowohl durch finanzielle Anreize als auch durch die Festlegung von Qualitätsanforderungen die Marktverbreitung von zuverlässigen, robusten und energieeffizienten Anlagen fördern. Diese Maßnahmen sollten auf regionaler und nationaler Ebene organisiert werden. Sie sollten zuerst in den Regionen der Welt implementiert werden, in denen die Gebäude- und Prozesskühlung ein dominantes Thema ist (Mittlerer Osten, Südostasien, Sun Belt in den USA und Australien zum Beispiel) und Umweltfragen ein wichtiges Anliegen sind. Qualitätsverbesserungen entlang aller Phasen der Projektentwicklung zur Systemtechnologie der solaren Kühlung sind essentiell, um den Erwartungen aller gerecht zu werden und eine verstärkte Marktdurchdringung zu erreichen.

Wertvolle Antworten, Ergebnisse und Werkzeuge zur Qualitätsverbesserung von solaren Kühlanlagen wurden durch die internationale Zusammenarbeit der IEA SHC Task 48 Teilnehmer geliefert und werden als großer Erfolg gewertet. Zahlreiche Ergebnisberichte und Dokumente sind unter signifikanter Beteiligung der österreichischen Forschungs- und Unternehmenspartner entstanden.

Diese IEA SHC Task 48 Berichte sind auf der offiziellen Task Website <http://task48.iea-shc.org/> veröffentlicht. Die wichtigsten werden nachfolgend aufgelistet:

Signifikante Beiträge zu den Berichten (Final Deliverable Report)

- 'Contracting Models for Solar Thermally Driven Cooling and Heating Systems'
- 'Guidelines for Roadmaps on solar cooling'
- 'Collection of Good Practices for DEC design and installation'
- "Collection of criteria to quantify the quality and cost competitiveness for solar cooling systems"

Inhaltliche Beiträge zu den Berichten (Final Deliverable Report)

- Report on Life cycle analysis
- Best practice Brochure
- Report for self-detection on monitoring procedure
- Pumps Efficiency and Adaptability
- Simplified short brochure on Technology and quality assurance for solar thermal cooling systems

Die entwickelten IEA SHC Task 48 Werkzeuge und Informationen sollten in den nächsten Jahren weltweit zielgerichtet verbreitet und genutzt werden. Die österreichischen Teilnehmer des IEA SHC Task 48 arbeiten an der Verbreitung der wesentlichen Erkenntnisse mit.

Weiters verfügen die österreichischen Teilnehmer der SHC Task 48 über langjährige Erfahrungen und Expertise im Bereich des solaren Heizens und Kühlens im Gebäude- und Gewerbebereich. Die Zusammenarbeit ist sowohl national als auch international erprobt und fußt auf den gemeinsamen Beteiligungen an verschiedenen IEA SHC Tasks (25, 38 und 48). Die sich ergänzenden Expertisen der österreichischen Partner führten bislang zu Kooperationen sowohl auf internationaler als auch auf nationaler Ebene. Zu nennen sind hier:

- Im nationalen Projekt „CiQuSo - City Quarters with optimised Solar hybrid Heating and Cooling Systems“ (FFG No: 845168) beforschen die Partner AIT, AEE Intec, UIBK und SOLID mit weiteren Wirtschaftspartnern das Potenzial der Solarenergienutzung für den Betrieb von urbanen Heiz- und Kühlsystemen auf Quartiersebene. Wesentliche Erkenntnisse aus dem IEA SHC Task 48 führten zur inhaltlichen Ausrichtung des nationalen Forschungsprojektes.
- Seit November 2013 sind die wissenschaftlichen Partner AIT, AEE Intec und UIBK mit der Teilnahme am IEA SHC Task 53 „New Generation Solar Cooling & Heating Systems (Photovoltaics or solar thermally driven systems)“ durch das bmvit beauftragt. Die wissenschaftliche Vernetzung und Weiterentwicklung der Systemtechnologie in Richtung einer neuen Generation von solaren Kühl- und Klimatisierungssystemen wird somit mit österreichischer Beteiligung auf internationaler Ebene fortgesetzt.

6. Verzeichnisse

- Literaturverzeichnis (Link zu Taskwebsite (Seite, auf der der gesamte Taskbericht veröffentlicht ist/wird); Auflistung von Publikationen des Task (Link zu Downloads)
- Abbildungsverzeichnis

6.1. Literaturverzeichnis

IEA SHC TASK 48 Publikationen mit österreichischer Beteiligung

Diese IEA SHC Task 48 Berichte sind auf der offiziellen Task Website <http://task48.iea-shc.org/> veröffentlicht. Die wichtigsten werden nachfolgend aufgelistet

- 'Contracting Models for Solar Thermally Driven Cooling and Heating Systems'
- 'Guidelines for Roadmaps on Solar Cooling'
- 'Collection of Good Practices for DEC design and installation'
- 'Collection of criteria to quantify the quality and cost competitiveness for solar cooling systems'
- Task 48 Simplified short brochure: Technology and quality assurance for solar thermal cooling systems

Weitere Publikationen

- Neyer, Daniel; Neyer, Jacqueline; Thür, Alexander; Fedrizzi, Roberto; Vittoriosi, Alice; White, Stephen; Focke, Hilbert: Final Report B7: Collection of criteria to quantify the quality and cost competitiveness for solar cooling systems.
- Neyer, Daniel; Neyer, Jacqueline; Mugnier, Daniel; White, Stephen (in press): IEA SHC Task 48 - Market Support Measures. In Energy Procedia
- Neyer, Daniel; Stadler, Katharina; Fedrizzi, Roberto; Vittoriosi, Alice: IEA SHC Task 48: Technical and economic evaluation and assessment tool.
- Neyer, Daniel; Neyer, Jacqueline; Mugnier, Daniel; White, Stephen (2015): Technical and Economic Assessment of SHC Plants – Compilation of 10 Best Practice Examples of IEA SHC Task 48. In: Eicker, Ursula: 6th International Conference Solar Air-Conditioning. Rome, Italy, September 24/25, 2015. Regensburg: OTTI - Ostbayerisches Technologie-Transfer-Institut, ISBN 978-3-943891-54-6, S. 252 - 257.
- „Solar Thermal Cooling Design Guide: Case Study Examples“ bei Wiley&Sons; Editoren: Daniel Neyer (UIBK), Daniel Mugnier (TECSOL), Stephen White (CSIRO); geplanter Erscheinungszeitraum Ende 2015 / Anfang 2016
- Marco Beccali; Maurizio Cellura; Sonia Longo; Pietro Finocchiaro; Tim Selke: D-A2/D-B3 Report on Life cycle analysis

Fachvorträge

Fachvorträge AIT:

- T. Selke, M. Schubert: "LEEDTM Platinum awarded Arabian Green Building with solar heat driven cooling technology"; Poster presentation at SHC 2015, International Conference on Solar Heating and Cooling for Buildings and Industry, Istanbul, Turkey; 01.12.2015 - 04.12.2015.
- A. Preisler, T. Selke, H. Focke, N. Hartl, G. Geissegger, E. Podesser, A. Thür: "Development of a technology roadmap for solar thermal cooling in Austria"; Vortrag: International Conference on Solar Heating and Cooling for Buildings and Industry, San Francisco, USA; 09.07.2012 - 11.07.2012; in: "SHC Conference 2012", <http://cms.shc2012.org/proceedings> (2012).
- Tim Selke, Antoine Frein, Matteo Muscherà, Subbu Sethuvenkatraman, Stuart Hands and Stephen White: "SHC Task 48 B2 - Three GOOD Practice examples of solar heat driven desiccant evaporative cooling systems" Poster presentation at SHC 2015, International Conference on Solar Heating and Cooling for Buildings and Industry, Istanbul, Turkey; 01.12.2015 - 04.12.2015.

Fachvorträge UIBK:

- Neyer, Daniel: Task 48 Best practical examples - cross analysis. Chinese Solar Cooling Conference, Shanghai, 27.03.2015
- Neyer, Daniel *Co-AutorInnen*: Neyer, Jaqueline; Thür, Alexander; Brychta, Markus; Streicher, Wolfgang: Anlagenkonfigurationen und Regelstrategien für solar thermisches Kühlen in Österreich. e-nova 2014 "Nachhaltige Gebäude. Versorgung – Nutzung – Integration", Pinkafeld, 13.11.2014
- Neyer, Daniel *Co-AutorInnen*: Neyer, Jacqueline; Brychta, Markus; Thür, Alexander; Streicher, Wolfgang: Simulation based Optimization of Dynamic Power Control For Small Capacity Chillers. International Conference on Solyr Energy and Buildings (EuroSun 2014), Aix-les-Bains, 17.09.2014
- Neyer, Daniel; White, Stephen: Quantitative quality and cost competitiveness criteria for systems / Methodology for performance assessment, rating and benchmarking. IEA SHC Task 48, 8th Expert Meeting, Shanghai, 24.03.2015
- Neyer, Daniel; White, Stephen: Quantitative quality and cost competitiveness criteria for systems / Methodology for performance assessment, rating and benchmarking. IEA SHC Task 48, 7th Expert Meeting: Quality assurance and support measures for Solar Cooling, München, 30.09.2014
- Neyer, Daniel; Thür, Alexander: Activity Leader Working Group "Quantitative quality and cost competitiveness criteria for systems / Methodology for performance assessment, rating and benchmarking". 6th Experts Meeting of the IEA SHC Task 48, Kingston, 13.05.2014

- Neyer, Daniel: Summary off 10 examples - technical and economic analysis. IEA SHC Task 48, 8th Expert Meeting, Shanghai, 24.03.2015
- Neyer, Daniel: Quality and cost competitiveness - summary & last inputs & tool presentation. IEA SHC Task 48, 7th Expert Meeting: Quality assurance and support measures for Solar Cooling, München, 30.09.2014
- Neyer, Daniel: Solar Thermal Cooling: Reference System & Cost Competiveness. IEA SHC Task 48, 7th Expert Meeting: Quality assurance and support measures for Solar Cooling, München, 29.09.2014
- Neyer, Daniel: Solar Cooling, introduction and examples. MAPEC - Students Internship (Master Program of Environmental Engineering and Climate Change), Innsbruck, 24.06.2014
- Neyer, Daniel *Co-AutorInnen*: Thuer, Alexander; Brychta, Markus: Impulsvortrag: gekoppelte Simulation vs. Lastfileansatz. CiQuSo, 2.Projekttreffen, Salzburg, 16.03.2015
- Thür, Alexander *Co-AutorInnen*: Neyer, Daniel: Definition der Key Performance Indikatoren. CiQuSo, 2.Projekttreffen, Salzburg, 16.03.2015
- Neyer, Daniel *Co-AutorInnen*: Thür, Alexander: Latest results and discussions on B7 & B1 activities. 6th Experts Meeting of the IEA SHC Task 48, Kingston, 12.05.2014
- Thür, Alexander *Co-AutorInnen*: Brychta, Markus; Neyer, Daniel: THEbat – Austrian Research Project. IEA SHC Task53 - KickOff Meeting, Wien, 18.03.2014
- Thür, Alexander *Co-AutorInnen*: Neyer, Daniel; Nocke, Bettina: Simulationsgestützte Optimierung der dynamischen Leistungsreglung von solarthermischer Kältebereitstellung mittels einer Absorptionskältemaschine. 24. OTTI-Symposium "Thermische Solarenergie", Bad Staffelstein, 08.05.2014
- Neyer, Daniel: Solares Kühlen - Ein Bericht zum aktuellen Stand der Forschung. Fachhochschule Vorarlberg, Dornbirn, 24.04.2015

Fachvorträge SOLID:

- 6th International Conference on Solar Air-Conditioning am 24. und 25. September 2015 in Rom: "Successful large scale projects on solar cooling - energetic and economic performance"(Christian Holter)
- International Conference on Solar Heating and Cooling for Buildings and Industry am 2.-4. Dezember 2015 in Istanbul First operation year of world's most powerful solar cooling operation in USA (Moritz Schubert, Christian Holter)

6.2. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Eingabedatenblatt „INPUTS“ für die Basisdaten.....	16
Abbildung 2: Ergebnisblatt „SUMMARY“ mit den wesentlichen Systemdaten und den energetischen und ökonomischen Kennzahlen.....	17
Abbildung 3: Verteilung wesentlicher Kenndaten der 10 analysierten Systeme (C...cooling, SH... space heating, DHW... domestic hot water)	19
Abbildung 4: Die elektrische Effizienz für thermisches Kühlen (SPF _{el.thC}) für die 10 untersuchten Anlagen.	20
Abbildung 5: Die thermische Effizienz (SPF _{th.C}) für die thermische Kältemaschine (component) im Vergleich zum Gesamtsystem (system) für die 10 untersuchten Anlagen.	20
Abbildung 6: Vergleich der Energiegestehungskosten im Verhältnis zum jeweiligen Referenzsystem für die 10 untersuchten Anlagen.....	21
Abbildung 7: Standardkonfiguration einer SGK-Anlage (Quelle: Broschüre MA27, 2007)	26
Abbildung 8: Schematische Darstellung der SGK-Anlage in Wien, Österreich	28

7. Anhang

- **Task 48 Position paper** - Written by leading experts in the field, this paper provides an inside view for energy policy makers to understand why and how solar cooling systems should be supported and promoted.
- **Task 48 Simplified short brochure**
- **Final Management Report** - TASK 48: Quality assurance and support measures for Solar Cooling