

IEA Solares Heizen und Kühlen (SHC) Task 65: Solares Kühlen für die Sonnengürtel-Regionen

Arbeitsperiode 2020 - 2024

Berichte aus Energie- und Umweltforschung 10/2026

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:

Bundesministerium für Innovation, Mobilität und Infrastruktur,
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:

Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien

Leitung (interimistisch): DI (FH) Isabella Warisch

Kontakt zu „IEA Forschungskooperation“: Mag.^a Sabine Mitter

Autorinnen und Autoren:

DI Dr.techn. Daniel Neyer, MSc. (Neyer Brainworks GmbH)

Manuel Ostheimer, BSc, MSc, MA, Michael Strobel, B.Eng; M.Eng, Prof. Dr.-Ing. Uli Jakob
(Universität Innsbruck, AB Energieeffizientes Bauen)

DDI Jan W. Bleyl (Energetic Solutions)

Ein Projektbericht gefördert im Rahmen von



Wien, Bludenz, Jänner 2025

Rückmeldungen: Ihre Überlegungen zu vorliegender Publikation übermitteln Sie bitte an
iii3@bmimi.gv.at.

Disclaimer:

Dieser Ergebnisbericht wurde von der Fördernehmer:in erstellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit, Aktualität sowie die barrierefreie Gestaltung der Inhalte übernimmt das Bundesministerium für Innovation, Mobilität und Infrastruktur (BMIMI) keine Haftung.

Mit der Übermittlung der Projektbeschreibung bestätigt die Fördernehmer:in ausdrücklich, über sämtliche für die Nutzung erforderlichen Rechte – insbesondere Urheberrechte, Leistungsschutzrechte sowie etwaige Persönlichkeitsrechte abgebildeter Personen – am bereitgestellten Bildmaterial zu verfügen.

Die Fördernehmer:in räumt dem BMIMI ein unentgeltliches, nicht ausschließliches, zeitlich und örtlich unbeschränktes sowie unwiderrufliches Nutzungsrecht ein, das übermittelte Bildmaterial in allen derzeit bekannten sowie künftig bekannt werdenden Nutzungsarten für Zwecke der Berichterstattung, Dokumentation und Öffentlichkeitsarbeit im Zusammenhang mit der geförderten Maßnahme zu verwenden, insbesondere zur Veröffentlichung in Printmedien, digitalen Medien, Präsentationen und sozialen Netzwerken.

Für den Fall, dass Dritte Ansprüche wegen einer Verletzung von Rechten am übermittelten Bildmaterial gegen das BMIMI geltend machen, verpflichtet sich die Fördernehmer:in, das BMIMI vollständig schad- und klaglos zu halten. Dies umfasst insbesondere auch die Kosten einer angemessenen rechtlichen Vertretung sowie etwaige gerichtliche und außergerichtliche Aufwendungen.

Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts im Rahmen der IEA Forschungsk Kooperation. Es wurde vom Bundesministerium für Innovation, Mobilität und Infrastruktur (BMIMI) initiiert, um österreichische Forschungsbeiträge zu den Kooperationsprojekten der Internationalen Energieagentur (IEA) zu unterstützen.

Die IEA Forschungsk Kooperationen umfassen eine breite Palette an Energiethemen mit dem Ziel Energiesysteme, Städte, Mobilitäts- und Industriesysteme fit für eine nachhaltige Zukunft bis 2050 zu machen. Auch Themen wie Gendergerechtigkeit oder Ressourcen- und Kreislaufwirtschaftsaspekte werden berücksichtigt.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements der beteiligten Forschungseinrichtungen und Unternehmen ist Österreich erfolgreich in der IEA verankert. Durch die vielen IEA-Projekte entstanden bereits wertvolle Inputs für europäische und nationale Energieinnovationen und neue internationale Standards. Auch in der Marktumsetzung konnten richtungsweisende Ergebnisse erzielt werden.

Ein wichtiges Anliegen ist es, die Projektergebnisse einer interessierten Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Daher werden alle Berichte nach dem Open Access Prinzip in der Schriftenreihe des BMIMI über die Plattform nachhaltigwirtschaften.at veröffentlicht.

Inhalt

1 Kurzfassung	8
2 Abstract	10
3 Ausgangslage.....	12
4 Projektinhalt	16
4.1 IEA SHC Task 65 und Subtask A, B, C, D Ziele	17
4.2 Österreichischer Beitrag.....	19
4.3 Methoden und wissenschaftlicher Lösungsansatz	20
5 Ergebnisse	22
5.1 Ergebnisse der Subtasks und Activities	23
5.1.1 Subtask A: Anpassung	23
5.1.2 Subtask B: Demonstration.....	24
5.1.3 Subtask C: Bewertung und Werkzeuge	26
5.2 Schlussfolgerungen	30
5.3 Liste der Veröffentlichungen.....	31
6 Vernetzung und Ergebnistransfer	35
7 Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen.....	37
Abbildungsverzeichnis	41
Tabellenverzeichnis	41
Literaturverzeichnis.....	42
Abkürzungen.....	46

1 Kurzfassung

Die steigende Nachfrage nach Raumkühlung resultiert aus Wirtschaftswachstum, Bevölkerungszunahme und erhöhtem Lebensstandard, insbesondere in heißen Regionen. Der Energiebedarf für Klimatisierung wächst rapide, insbesondere in Schwellenländern wie Indien, China und Indonesien. Ohne Gegenmaßnahmen könnte sich der Energiebedarf für Gebäudekühlung bis 2050 verdreifachen. Solares Kühlen wurde bereits in mehreren IEA SHC Tasks behandelt, doch die Marktdurchdringung bleibt hinter den Erwartungen zurück. Trotz technischer Fortschritte gibt es weltweit nur wenige Installationen (ca. 2.000 bis 2020). Besonders in Ländern des Sonnengürtels (zwischen dem 20. und 40. Breitengrad) könnte solares Kühlen aufgrund steigender Klimatisierungsnachfrage eine Schlüsselrolle spielen.

Task 65 konzentriert sich auf kosteneffiziente, sichere und zuverlässige solare Kühlsysteme, die für heiße Klimazonen optimiert werden. Dies erfordert Kostensenkungen, Systemvereinfachungen, Lebenszyklus-Kosten-Nutzen Betrachtungen und politische Fördermaßnahmen. Die Forschung umfasst sowohl solarthermische als auch photovoltaisch betriebene Kühltechnologien. Der Task ist in folgende 4 Subtasks unterteilt:

- A (Anpassung): Technische und wirtschaftliche Analyse sowie Anpassung existierender Technologien an die klimatischen Bedingungen des Sonnengürtels.
- B (Demonstration): Praxistests und Monitoring von Demonstrationsanlagen zur Optimierung und Validierung der Systeme.
- C (Bewertung & Instrumente): Entwicklung von Entscheidungs- und Simulationswerkzeugen zur wirtschaftlichen und ökologischen Analyse.
- D (Verbreitung): Internationale Kommunikation und politische Beratung zur Förderung solarer Kühlsysteme.

Österreich spielt eine zentrale Rolle in Task 65, insbesondere bei der Bewertung der Technologien (Subtask C). Durch wissenschaftliche Analysen, Pilotprojekte und Workshops sollen Markthürden überwunden und solares Kühlen als marktfähige Lösung etabliert werden.

Die Ergebnisse des IEA SHC Task 65 sind für Österreich in den Bereichen Wissenschaft, Wirtschaft und nachhaltige Kühlung relevant. Der Fokus liegt auf der Förderung solarthermischer Kühlsysteme zur Reduzierung des nicht-erneuerbaren Energieverbrauchs in Gebäuden. Die Forschung zur Anpassung an verschiedene Klimazonen zeigt, dass viele Technologien auch in gemäßigten Regionen einsetzbar sind.

Software-Tools zur Simulation und Optimierung solarer Kühlsysteme unterstützen österreichische Ingenieure bei der Entwicklung effizienter Lösungen. Die internationale Zusammenarbeit fördert

den Technologietransfer und stärkt Österreichs Wettbewerbsfähigkeit. Zudem zeigen Demonstrationsprojekte, dass solare Kühlung vielseitig und wirtschaftlich einsetzbar ist, insbesondere in öffentlichen Gebäuden, im tertiären Sektor sowie im verarbeitenden Gewerbe und in der Industrie.

Wichtige Erkenntnisse aus den Subtasks umfassen:

- Anpassung (Subtask A): Nutzung von GIS-Software zur Standortanalyse, Optimierung bestehender Systeme und Gebäudeeffizienzsteigerung.
- Demonstration (Subtask B): Praxisbeispiele aus 18 Ländern mit 32 Projekten belegen die Effektivität solarer Kühltechnologien. Designrichtlinien und standardisierte Systeme verbessern die Marktfähigkeit.
- Bewertung & Werkzeuge (Subtask C): Entwicklung von Simulationsmodellen, technischen und wirtschaftlichen Datenbanken, Lebenszyklus-Kosten-Nutzen Analyse Tool sowie Benchmarking-Methoden zur Effizienzbewertung.
- Verbreitung (Subtask D): Roadmaps und Finanzierungsmodelle zur Marktintegration solarer Kühlung, insbesondere in den Sunbelt-Regionen.

Zusammenfassend bietet Task 65 wertvolle Einblicke in die Anpassung, Standardisierung, Wirtschaftlichkeit und Finanzierung solarer Kühlungslösungen und trägt zur Erreichung der Klimaziele bei.

Drei nationale Workshops dienten der Integration österreichischen Know-hows, der Rückführung internationaler Erkenntnisse und der Erprobung neuer Tools. Diskutiert wurden eine technische, ökologische und ökonomische Lebenszyklusbewertung sowie die Anwendung des LCCBA-Tools. Sechs weitere österreichische Unternehmen/Universitäten beteiligten sich am Task.

Zukunftsthemen umfassen neue Anwendungsfelder (z. B. Agri-Food, Tourismus), technische und sozio-ökonomische Forschungsfragen, Marktbedürfnisse sowie Wissenstransfer in den Globalen Süden.

Ein vierjähriger Follow-up Task zu „Solar Cooling für den Globalen Süden“ wurde vorgeschlagen, mit Fokus auf nachhaltige Heiz- und Kühllösungen, thermische Energiespeicherung und industrielle Abwärmenutzung.

2 Abstract

The rising demand for space cooling is driven by economic growth, population increase, and improved living standards, especially in hot regions. Energy consumption for cooling is growing rapidly, particularly in emerging economies like India, China, and Indonesia. Without countermeasures, the energy demand for building cooling could triple by 2050. Solar cooling has been addressed in several IEA SHC (International Energy Agency Solar Heating and Cooling) tasks, yet market penetration remains below expectations. Despite technical advancements, there were only about 2,000 installations worldwide by 2020. Particularly in Sunbelt countries (between the 20th and 40th latitudes), solar cooling could play a key role due to the increasing demand for air conditioning.

IEA SHC Task 65 focuses on cost-efficient, safe, and reliable solar cooling systems optimized for hot climates. This requires cost reductions, system simplifications, life-cycle cost-benefit assessments and supportive policies. The research covers both solar thermal and photovoltaic-powered cooling technologies. Task 65 is divided into the following four subtasks:

- A (Adaptation): Technical and economic analysis and adaptation of existing technologies to the climatic conditions of the Sunbelt.
- B (Demonstration): Practical testing and monitoring of demonstration plants to optimize and validate the systems.
- C (Assessment & Tools): Development of decision-making and simulation tools for economic and environmental analysis.
- D (Dissemination): International communication and policy consultation to promote solar cooling systems.

Austria plays a key role in Task 65, particularly in the assessment of technologies (Subtask C). Through scientific analyses, pilot projects, and workshops, market barriers are to be overcome, and solar cooling is to be established as a viable solution.

The results of IEA SHC Task 65 are relevant to Austria in the fields of science, economy, and sustainable cooling. The focus is on promoting solar thermal cooling systems to reduce non-renewable energy consumption in buildings. Research on adaptation to different climate zones shows that many technologies can also be used in moderate climates, particularly in industrial applications. Software tools for simulating and optimizing solar cooling systems support Austrian engineers in developing efficient solutions. International collaboration promotes technology transfer and strengthens Austria's competitiveness. Additionally, demonstration projects show that solar cooling is versatile and economically viable, especially in public and, tertiary sector buildings and industry.

Key Findings from the Subtasks

- Adaptation (Subtask A): Use of GIS software for site analysis, optimization of existing systems, and improving building efficiency.
- Demonstration (Subtask B): Case studies from 18 countries with 32 projects confirm the effectiveness of solar cooling technologies. Design guidelines and standardized systems enhance marketability.
- Assessment & Tools (Subtask C): Development of simulation models, technical and economic databases, life-cycle cost-benefit analyses tool and benchmarking methods for efficiency evaluation.
- Dissemination (Subtask D): Roadmaps and financial models for market integration of solar cooling, particularly in Sunbelt regions.

In summary, Task 65 provides valuable insights into the adaptation, standardization, economics and financing of solar cooling solutions and contributes to achieving climate targets.

Three national workshops facilitated the integration of Austrian expertise, the incorporation of international findings, and the testing of new tools. Topics discussed included technical, ecological, and economic life cycle assessments as well as the application of the LCCBA tool. Six additional Austrian companies and universities participated in the task.

Future topics include new applications (e.g., agri-food, tourism), technical and socio-economic research questions, market needs, and knowledge transfer to the Global South.

A four-year follow-up task on "Solar Cooling for the Global South" has been proposed, focusing on sustainable heating and cooling solutions, thermal energy storage, and the use of industrial waste heat.

3 Ausgangslage

Solares Kühlen war bereits Gegenstand von vier IEA SHC Tasks. Die bisherigen Tasks haben bei den Solaren Kühlsystemen wesentliche Fortschritte erzielt, dennoch liegt das Marktvolumen weit unter den Erwartungen, da die Anzahl der weltweiten Installationen Ende 2015 auf etwa 1.350 Systeme geschätzt wurden (Mugnier und Jakob 2015). Im Jahr 2020 ist die solarthermische Kühlung immer noch ein Nischenmarkt mit weniger als 2.000 Systemen, die ab 2019 weltweit eingesetzt werden (Weiss und Spoerk-Duer 2020 in press). Aufgrund der veränderten Vertriebskanäle und vor allem des B2B-Verkaufs der Sorptionskältemaschinen ist die Nachführung neu installierter solarbetriebener Systeme jedoch schwierig und kann nur geschätzt werden.

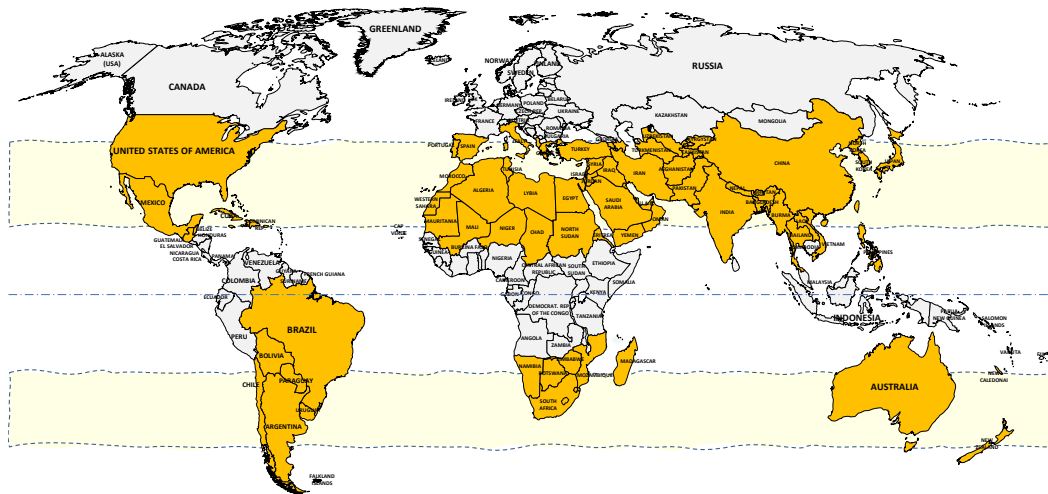
Kleine Anlagen, mit einer Leistung von weniger als 20 kW, werden immer kompakter bzw. zu einem höheren Grad vorgefertigt (dadurch kostengünstiger) und konzentrieren sich auf die Massenmärkte. Der Sektor der mittelgroßen bis großen Projekte, von 350–2.000 kW, wird weltweit von individuell geplanten Systemen dominiert. Das Bewusstsein für kleine bis mittelgroße solarthermisch betriebene Systeme nimmt jedoch wieder zu; verschiedene internationale Initiativen (MI IC7, K-CEP, IEA SHC-Programm, etc.), Forschung (z.B. HyCool (Jakob und Kiedaisch 2019), sol.e.h.² (Neyer et al. 2019), Zeosol (Roumpedakis und et al. 2019), etc.), sowie kommerzielle solarthermische Kühlprojekte laufen weltweit (z.B. China, Spanien, USA, Ägypten, Griechenland, Österreich, Afrika, Thailand, ...).

Die Länder im Sonnengürtel können in sonnigen, heiß-trocken oder heiß-feuchten Klimazonen zwischen dem 20. und 40. Breitengrad auf der Nord- und Südhalbkugel eingeteilt werden. Eine Weltkarte, die die Länder innerhalb des Sonnengürtels bzw. die den Sonnengürtel berührenden Länder auf der Nord- und Südhalbkugel zeigt, ist in Abbildung 1 dargestellt. Insgesamt können 84 Länder dem Sonnengürtel zugeordnet werden.

Kühlbedarf weltweit

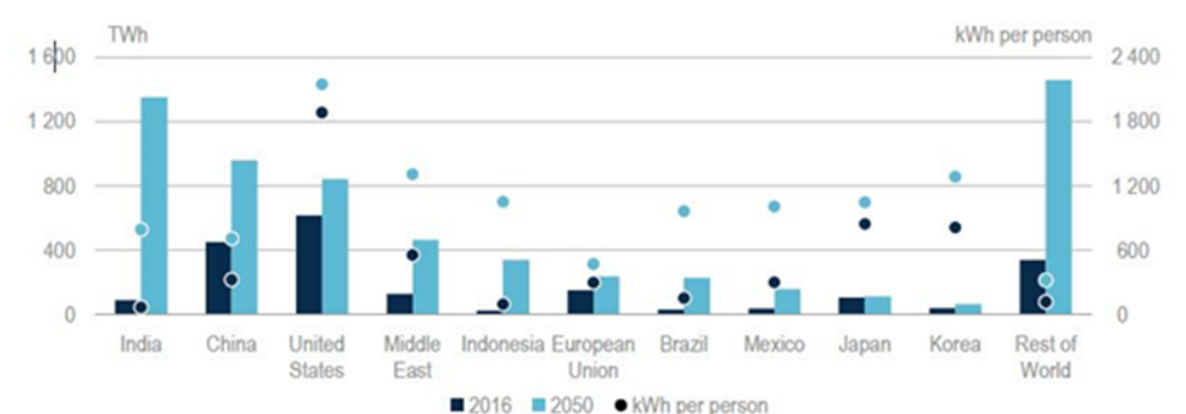
Die weltweite Energienachfrage wächst, auch wenn die Wachstumsrate geringer ist als in der Vergangenheit. Dennoch prognostiziert die OECD bis 2040 einen Anstieg um 30% (OECD 2017). Heutzutage machen Klimaanlage weltweit fast 20% des gesamten Strombedarfs in Gebäuden aus und wachsen schneller als jeder andere Verbrauch in Gebäuden (OECD/IEA 2018). Zwischen 1990 und 2016 verdreifachte sich der Energiebedarf für Raumkühlung und macht derzeit jährlich über 2.000 TWh Strom aus. Der weltweite Verkauf von Raumklimageräten bestätigt diesen Trend – im Jahr 2019 wurden 111 Millionen Einheiten verkauft.

Abbildung 1: Länder, die sich ganz oder teilweise innerhalb des Sonnengürtels auf der Süd- und Nord-Halbkugel befinden. (Jakob et al. 2020)



Die Gründe für den Anstieg sind das globale Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum und damit der steigende Lebensstandard. Das Wachstum des Kühlbedarfs wird vor allem von Ländern mit hohen Temperaturen angetrieben. Drei Schwellenländer (Indien, China, Indonesien) tragen zu mehr als der Hälfte der jährlichen Wachstumsraten bei. Zudem variiert die Effizienz der markterhältlichen Klimaanlage erheblich. Die gängigsten Systeme laufen lediglich mit der Hälfte der verfügbaren Effizienz (OECD/IEA 2018). Wenn keine Maßnahmen ergriffen werden, um diesem Anstieg entgegenzuwirken, wird sich der Raumkühlungsbedarf bis 2050 fast verdreifachen.

Abbildung 2: Energieverbrauch für Gebäudekühlung nach Regionen in dem Baseline Szenario aus (OECD/IEA 2018)

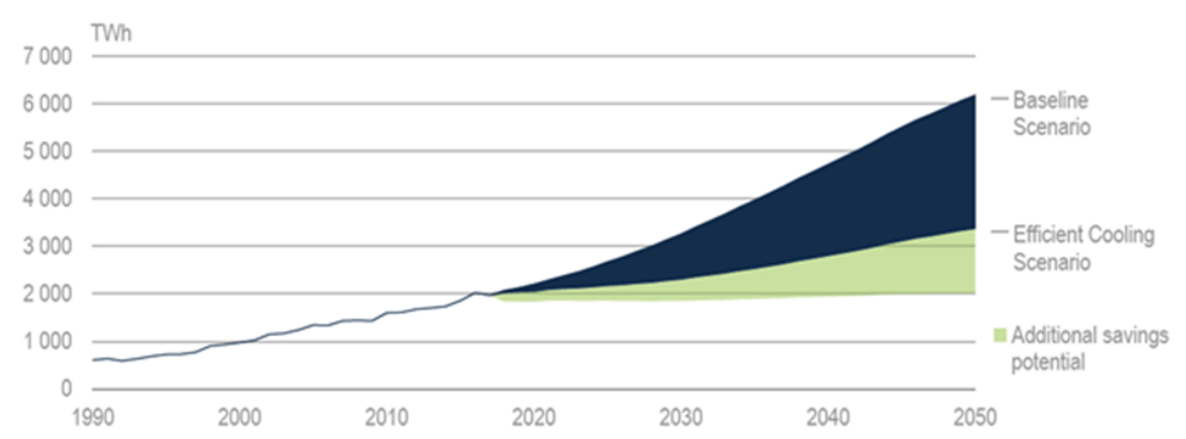


Heutzutage werden z.B. in Indien 30% des Gesamtenergieverbrauchs in Gebäuden für die Raumkühlung verwendet. Diese erreicht bereits 60% der sommerlichen Spitzenlast, die bereits die Kapazität der nationalen indischen Stromversorgung auslastet (Cook und Rawal 2018; GEA 2012). In anderen Ländern, wie den USA, erreicht die Spitzenlast durch Klimaanlage an heißen Tagen >70% (OECD/IEA 2018).

Wenn das Effizienzscenario der IEA (eine annähernde Verdoppelung der Effizienz gegenüber den heute) umgesetzt werden kann, könnte das Wachstum bei ca. 3.400 TWh gestoppt werden. Zusätzliche Einsparungen können durch Maßnahmen auf Gebäudeebene erzielt werden. Die Entwicklung der Stromnachfrage und die verschiedenen Szenarien sind in Abbildung 3 dargestellt.

Obwohl das Szenario "Effiziente Kühlung" unter Verwendung der neuesten verfügbaren Technologie berechnet wird, sollte der Weiterentwicklung von Komponenten und Systemen weitere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Solare Kühlung, entweder thermisch oder elektrisch betriebene Systeme, zielt hauptsächlich auf Nischenmärkte ab. In den letzten Jahren wurden mehrere nationale und internationale Roadmaps zum Thema solares Heizen und Kühlen erstellt (z.B. Frankl et al. 2012; usw.). Sie enthalten Empfehlungen, wie die Umsetzung der Solartechnologie beschleunigt werden kann, damit sie zu marktfähigen Lösungen wird. Gemäß der Technologie-Roadmap der IEA ist die Solarthermie eine von drei Haupttechnologien (Wärmepumpen, Kraft-Wärme-Kopplung) zur Entwicklung fortschrittlicher Heiz- und Kühlsysteme.

Abbildung 3: Szenarien zukünftiger Entwicklung der Stromverbrauchs für Gebäudekühlung (OECD/IEA 2018)



Im Rahmen der Mission Innovation (MI) (<http://mission-innovation.net/>) bemühen sich 23 Länder und die Europäische Union um eine Verdoppelung der öffentlichen Investitionen in Forschung und Entwicklung im Bereich erneuerbarer Energien in den fünf Jahren bis 2021. Eine der derzeit acht

Innovations-Herausforderungen Nr. 7 (IC7) ist "Erschwingliche Heizung und Kühlung von Gebäuden". IC7 hat eine Reihe von Aktionsbereichen identifiziert, darunter: Wärmepumpen/Kältemaschinen und Wärmeabgabe, Speicherung sowie Betrieb und Wartung (MI 2017).

Die solaren Kühltechnologien können durch solare Wärmequellen oder andere erneuerbare Quellen wie Abwärme oder Fernwärme oder durch eine solare Stromquelle, z.B. Photovoltaik (PV), angetrieben werden. Die wärmebetriebenen Kälteanlagen verwenden Sorptionstechnologie mit natürlichen Kältemitteln (typischerweise Wasser oder Ammoniak), das in ein festes oder flüssiges Sorbent bei niedrigem Druck entweder ab- oder adsorbiert wird. Durch Wärmezufuhr wird das Kältemittel auf hohem Druck desorbiert.

Die elektrisch betriebenen Kältemaschinen verwendet PV-Module, um die systembedingten CO₂-Emissionen im Vergleich zu netzgekoppelten Kompressionskältemaschinen zu reduzieren. Stark beeinflusst durch die europäische F-Gas-Verordnung (EU & EC 2014) werden diese Kältemaschinen bereits heute oder bis 2030 auch natürliche Kältemittel wie Wasser, Ammoniak, Propan, Butan oder Kohlendioxid verwenden.

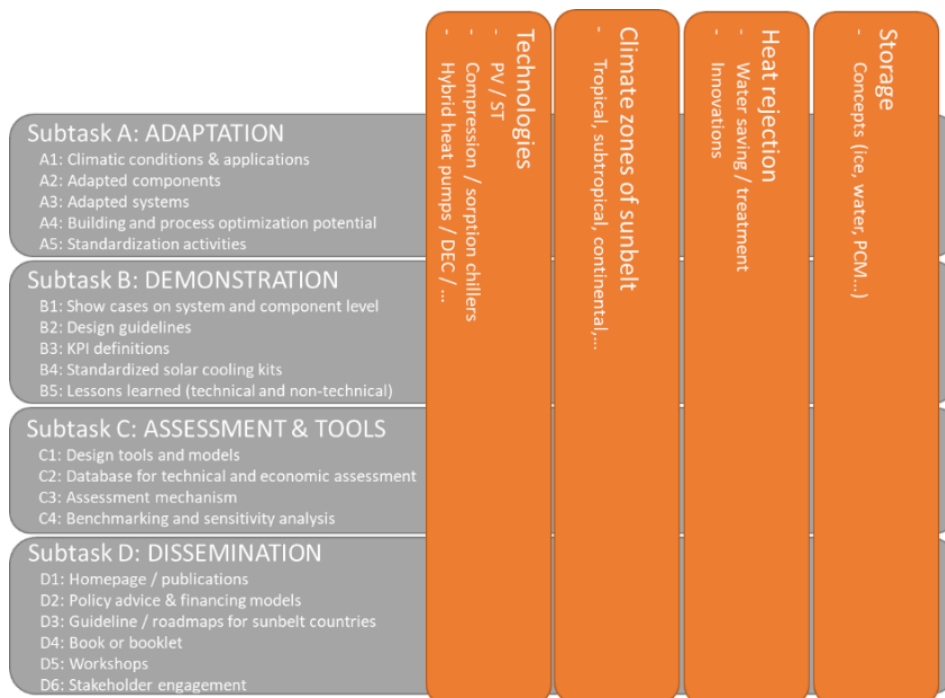
Ein Erfolgsfaktor für niedrige Lebenszykluskosten, CO₂-Reduktionen und hohe erneuerbare (solare) Anteile in zukünftigen Energiesystemen ist die vorherige Reduzierung der jeweiligen (Kälte-) Lasten und des Energiebedarfs (Feist 2017). Daher steht auch die Gebäudeenergieeffizienz und -optimierung im Fokus dieses neuen Tasks. Darüber hinaus wird die verbesserte Gebäudeperformance zu einem erhöhten thermischen Komfort und einer verbesserten Innenluftqualität des Gebäudes führen, was einen wichtigen Zusatznutzen für die Gebäudenutzer darstellt.

4 Projektinhalt

Das in den OECD-Ländern (Europa, USA, Australien, usw.) vorhandene Know-how im Bereich der solaren Kühlung, sowohl thermisch als auch elektrisch/photovoltaisch, ist bereits sehr weitreichend, aber es wurden nur sehr wenige Anstrengungen unternommen, um dieses Know-how anzupassen und auf die Sonnengürtelregionen wie Afrika, MENA, asiatische Länder, Lateinamerika (sonniges und heißes Klima) zu übertragen. Sie sind auch Teil des weltweiten Anstiegs der Nachfrage nach Klimaanlage (AC), bei denen die solare Kühlung eine wichtige Rolle spielen könnte.

Das Ziel dieses Task ist es, sich auf Innovationen für leistbare, sichere und zuverlässige Solare Kühlsysteme für die Sonnengürtelregionen weltweit zu konzentrieren. Im Allgemeinen erfordert dies eine Kombination aus Kostensenkung, Vereinfachung der Systeme und Stimulierung der Marktbedingungen durch politische Maßnahmen. Die Implementierung/Anpassung von Komponenten und Systemen für die verschiedenen Randbedingungen wird durch Zusammenarbeit mit der Industrie und mit Unterstützung von Zielländern wie den VAE durch Mission Innovation (MI) Innovation Challenge "Affordable Heating and Cooling of Buildings" (IC7) forciert.

Abbildung 4: Darstellung der Querschnittstechnologien und deren Verschränkung in den einzelnen Subtasks bzw. Activities (Jakob et al. 2020)



Es wird erwartet, dass dieser neue Ansatz der Verknüpfung von SHC Task-Arbeit mit MI IC7-Aktivitäten sowie der detaillierten Ausarbeitung der Wirtschaftlichkeit und Finanzierungsmöglichkeiten für Solare Kühlung dazu beiträgt, eine Marktakzeptanz der Solaren Kühlung in den Zielregionen zu entwickeln. Der Innovationstreiber und das Schlüsselwort ist die Anpassung bestehender Konzepte/Technologien an die spezifischen Randbedingungen.

Im Task werden kleine bis große Leistungsgrößen der Kühlung und Klimatisierung (zwischen 2 kW und 5.000 kW) abgedeckt. Fokus des Tasks ist die Anpassung, Überprüfung und Förderung der solaren Kühlung als erschwingliche und zuverlässige Lösung für den steigenden Kühlungsbedarf in den Ländern des Sonnengürtels. Die (bestehenden) Technologien müssen an die spezifischen Grenzen angepasst und im Hinblick auf die Investitions- und Betriebskosten und ihre Umweltauswirkungen (z.B. Solaranteil) analysiert und optimiert sowie auf einheitlicher Ebene mit Referenztechnologien auf der Grundlage der Lebenszykluskosten verglichen werden.

Der IEA SHC Task 65 ist in die vier Subtasks A bis D (Abbildung 4) gegliedert.

4.1 IEA SHC Task 65 und Subtask A, B, C, D Ziele

Subtask A: Anpassung

Federführendes Land: Italien

Subtask-Leiter: Dr. Salvatore Vasta, CNR-ITAE

- Bereitstellung einer Grundlage für Marktstudien für bestimmte Komponenten und solare Kühlsysteme
- Dokumentation der kommerziell erhältlichen Geräte, die mit der PV-Stromversorgung kompatibel sind, sowie der solarthermischen Kühlgeräte
- Kennenlernen von F&E-Einrichtungen/Herstellern, die an Komponenten und Systemen zur solaren Kühlung arbeiten, und deren voraussichtliche technologische Entwicklung, insbesondere im Hinblick auf den Schwerpunkt der Klimaanpassungsbemühungen
- Dokumentieren und Aufzeigen verschiedener Speichermöglichkeiten auf der warmen/kalten Seite oder in einem anderen Zustand
- Bewertung des wirtschaftlichen Potenzials der Anpassung an bestimmte Klimazonen und Anwendungen, insbesondere wenn diese auf Komponenten- und Systemebene vereinfacht werden können
- Darstellung des technischen und wirtschaftlichen Potenzials für die solare Kühlung von Gebäuden / Prozessoptimierung unter verschiedenen Klimabedingungen und nationalen Standards

Subtask B: Demonstration

Führendes Land: USA

Subtask-Leiter: Wolfgang Weiss, ergSol Inc

- Aktualisierung und Übertragung von Verfahren zur Messung der Leistung von solaren Kühlsystemen und Kommunikation bestehender Überwachungsverfahren für Feldtests oder Demoprojekte
- Definition und Auswahl von technischen und wirtschaftlichen Leistungsfaktoren für die verschiedenen Interessengruppen in allen Projektphasen.
- Dokumentation der Demonstrationsanlagen und der erreichten technischen und wirtschaftlichen Leistungskennzahlen
- Analyse potenzieller technischer Probleme der überwachten Anlagen und Erarbeitung von Lehren für die spezifischen klimatischen Bedingungen.
- Bericht ausgewählter Praxisbeispiele für solare Kühlung in Ländern des Sonnengürtels

Subtask C: Bewertung und Instrumente

Federführendes Land: Österreich

Subtask-Leiter: Dr. Daniel Neyer, Neyer Brainworks GmbH

- Sammlung von unterstützenden Entscheidungshilfen für technische, wirtschaftliche und finanzielle Analysen mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad, von einfachen Vorstudienwerkzeugen bis hin zu hochentwickelten dynamischen Simulationsmodellen.
- Anpassung bestehender technischer, wirtschaftlicher und finanzieller Analysewerkzeuge zur Bewertung und zum Vergleich der wirtschaftlichen und finanziellen Tragfähigkeit verschiedener Kühloptionen mit einem Lebenszyklus-Kosten-Nutzen-Modell (LCCBA).
- Anwendung des LCCBA-Rahmens zur Bewertung von Fallstudien und Anwendungsfällen aus den Subtask A und B, um Schlussfolgerungen und Empfehlungen für die solare Kühltechnologie, die Marktentwicklung und die Politikgestaltung abzuleiten.
- Entscheidungsunterstützung in verschiedenen Phasen eines Projektzyklus von der ersten Projektidee, dem Vergleich von Technologieoptionen über die detaillierte Investitionsrechnung bis hin zur Optimierung der Betriebsphase auf der Grundlage von Fallstudien und Anwendungsfällen aus den Subtask A und B.
- Analyse der wirtschaftlichen und ökologischen Potenziale innovativer technischer Konzepte über die Randbedingungen des Sonnengürtels hinweg
- Vorabbewertung der „Bankability“ von Investitionen in solare Kühlung anhand finanzieller KPIs.
- Analyse und Bericht der technischen und wirtschaftlichen Leistung von Demonstrationsanlagen und ausgewählten Best-Practice-Beispielen aus Subtask B.

Subtask D: Verbreitung

Federführendes Land: Deutschland

Subtask-Leiter: Prof. Dr. Paul Kohlenbach, Berliner Hochschule für Technik

- Aufbau einer Kommunikationsstruktur mit den Beteiligten
- Verbreitung der Ergebnisse der Aufgabe auf nationaler und internationaler Ebene
- Bereitstellung von effizienten Kommunikationsinstrumenten wie Broschüren/Leitfäden/Roadmaps
- Sammlung und Strukturierung von Fakten für politische Entscheidungsträger in den Ländern des Sonnengürtels
- Stimulierung von Innovationen durch die Kommunikation von Defiziten

4.2 Österreichischer Beitrag

Die österreichischen Beiträge erfolgen durch die drei antragstellenden Partner, wie auch durch weitere österreichische Industrie- und Forschungseinrichtungen. Der gesamte Beitrag ist auf alle vier Subtasks des Task 65 verteilt, wobei der Schwerpunkt auf Subtask C liegt. Die Inhalte bzw. Aktivitäten Übersicht des Task 65 sind in Abbildung 4 dargestellt, die konkreten österreichischen Beiträge sind die Folgenden:

- Adaptierung (Subtask A):

Hier werden Erkenntnisse aus den laufenden Projekten mit passenden Randbedingungen (sol.e.h.², China (Neyer et al. 2019); Asia-cool-ING, etc.) aufbereitet und präsentiert. Das Feedback von den Expert:innen fließt wiederum in die Projekte zurück. Das Hardware-in-the-Loop (HiL) fähige Labor der UIBK und die vorhandene Kältemaschine werden genutzt, um die Anpassbarkeit der solar hybriden Konfiguration zu evaluieren.

Weiters wird eine systematische Literaturanalyse durchgeführt. Diese zielt darauf ab, qualitative Daten aus verschiedenen Quellen hinsichtlich der Adaptierung solarer Kühlsysteme für die Sonnengürtel-Regionen zu analysieren.

- Demoanlagen (Subtask B):

Aus den laufenden Projekten werden Monitoring-Daten, Erfahrungen und Erkenntnisse speziell aus den Ländern des Sonnengürtels in den Task eingebracht. Aus den gesammelten Erkenntnissen zu Adaption und Demoanlagen werden neueste und für die Sonnengürtelregionen passende Dos and Don'ts formuliert.

- Technische, ökonomische, ökologische Lebenszyklus-Bewertung (Subtask C):

Dieser Beitrag wird eine technische, ökologische und wirtschaftliche Bewertung & Benchmarking mit einer Sammlung von Datenbanken für verschiedene Standorte des Sonnengürtels umfassen. Die kombinierten Methoden für die technische/umweltpolitische und wirtschaftliche Lebenszyklusanalyse müssen ausgearbeitet, in ein LCCBA Tool übergeführt und Sensitivitätsanalysen für die Entwicklung zukünftiger Energiesysteme / Energiepreise / Investitionskosten / konventionelle Technologie einbezogen werden.

- Verbreitung (Subtask D)

Der Fokus liegt in der vereinfachten Darstellung des Wissens und der wissenschaftlichen Publikationen der Methoden und Erkenntnisse. Es werden alle internationalen Workshops mit einem österreichischen Beitrag bereichert. Ein wichtiger Bestandteil der nationalen Verbreitungsstrategie sind drei nationale Workshops, in welchen die österreichischen Stakeholder eingeladen und aktiv eingebunden werden.

4.3 Methoden und wissenschaftlicher Lösungsansatz

Die vorgeschlagene Subtask-Struktur ist darauf ausgerichtet, MI IC7-Projekte zu integrieren und die Schaffung von Märkten in den Regionen des Sonnengürtels zu unterstützen. Die Struktur ist offen für alle Technologien/ Komponenten der Solaren Kühlung, wodurch ein Weg von der Idee zum Handeln im vielversprechenden Markt geschaffen wird.

Bestehende/ neue Technologien müssen an die Randbedingungen der Sonnengürtel-Regionen angepasst werden. Innovationen auf Systemebene und Demonstrationsfälle schaffen Best-Practice-Beispiele, die mit einer einheitlichen Methode und Datenbank analysiert werden und so den notwendigen Wissenspool bilden, um weitreichende Verbreitungsaktivitäten voranzutreiben.

- Adaptierung (Subtask A):
 - Es wird vornehmlich mit numerischen Anlagensimulationen und Hardware-in-the-Loop Messungen gearbeitet.
 - Beide Ansätze können kostengünstig umgesetzt werden und führen speziell in Kombination zu schnellen wie auch genauen Erkenntnissen unter dem spezifischen Randbedingungen des Sonnengürtels.
 - Die Ergebnisse fließen in den Vergleich von gemessenen Demoanlagen ein und ermöglichen somit die kontinuierliche Verbesserung der Methoden.
- Demoanlagen (Subtask B):
 - Die errichteten Demoanlagen werden mit entsprechendem Monitoring-Equipment ausgestattet, um deren Effizienz und Leistungsfähigkeit zu bestimmen.
 - Aus der Umsetzung mit unterschiedlichen Stakeholdern und Firmen werden zusätzliche Erkenntnisse aus den nicht technischen, aber durchaus kritischen, Bereichen gewonnen und zusammengefasst.
- Technische, ökonomische, ökologische Lebenszyklus-Bewertung (Subtask C):
 - Es erfolgt die Ausarbeitung der erforderlichen Datenbasis für technische und wirtschaftliche Analysen unter den Klimabedingungen und an ausgewählten Standorten.
 - Weiters wird es zu einer Anpassung der Instrumente/Methoden an die kombinierte Energieeffizienz (EE)/ erneuerbaren Energie (RE)-Bewertung und Ausarbeitung der gesamten Benchmark-Systeme kommen.
 - Die technische, ökologische und wirtschaftliche Bewertung jeder einzelnen Anlage und der Gesamtvergleich auf Taskebene wird zu wichtigen Erkenntnissen führen.
 - Die Erstellung einer umfassenden Sensitivitätsanalyse zu den wichtigsten Einflussparametern und damit zu möglichen zukünftigen Entwicklungen im Hinblick auf technische und wirtschaftliche Szenarien runden das Thema ab.
- Verbreitung (Subtask D):
 - Die offene Diskussion mit österreichischen Stakeholdern und Experten in den drei nationalen Workshops bringt entsprechende Reviews des Ansatzes und damit die Weiterentwicklung der Methoden mit sich.

- Der dritte nationale Workshop bringt die interaktive Anwendung des Tools und somit weitere Erkenntnisse, die das Thema der solaren Kühlung positiv unterstützen.

Die angewandten technisch/wissenschaftlichen Ansätze sind in vielen Bereichen der Erneuerbaren Energien und Energieeffizienz etabliert und verbreitet. Die Grundlage zu den technisch/wirtschaftlichen Analysen sind aufbereitete Simulations- und Messdaten, welche oft nicht öffentlich gemacht werden wollen und schwer zugänglich sind. Die publizierten Inhalte und Ergebnisse beschränken sich daher auf jene Anlagen und Daten, die bereitgestellt wurden und publiziert werden dürfen.

5 Ergebnisse

Die Ergebnisse des IEA SHC Task 65 sind für Österreich in mehrfacher Hinsicht relevant, dies betrifft wissenschaftliche Erkenntnisse, Präsentation und Erweiterung der Kompetenzen der Mitarbeitenden sowie Lehren für die Privatwirtschaft und Finanzierung von solaren Kühltssystemen. Ein wichtiger Aspekt ist die Förderung solarthermischer Kühltssysteme, die mit bereits existierenden Technologien in Österreich kompatibel sind. Die Erkenntnisse aus Task 65 könnten dabei helfen, den Einsatz von Solarthermie in der Gebäudekühlung auszuweiten und den nicht erneuerbaren Energieverbrauch in Wohn- und Gewerbegebäuden zu reduzieren, was den Übergang zu nachhaltigen Kühltösungen unterstützt.

Darüber hinaus bietet die Forschung zur Anpassung von Technologien an unterschiedliche Klimazonen wertvolle Erkenntnisse für Österreich. Obwohl der Fokus auf Regionen mit intensiver Sonneneinstrahlung liegt, lassen sich viele Designprinzipien und Systemkomponenten auch in gemäßigten Klimazonen anwenden. Besonders die Nutzung von Absorptions- und Adsorptionskältemaschinen bietet Potenzial für den industriellen Einsatz in Österreich, insbesondere in der Lebensmittelverarbeitung und anderen energieintensiven Branchen.

Wichtig sind auch die im Rahmen von Task 65 entwickelten Software-Tools, die eine präzise Simulation und Optimierung solarer Kühltssysteme ermöglichen. Österreichische Ingenieur:innen und Forscher:innen können diese Werkzeuge nutzen, um maßgeschneiderte Lösungen zu entwickeln, die sowohl technische als auch wirtschaftliche Effizienzsteigerungen versprechen.

Ein weiterer Vorteil für Österreich ergibt sich aus der internationalen Zusammenarbeit und dem Wissensaustausch innerhalb des Task 65. Die Beteiligung an diesem globalen Netzwerk kann den Technologietransfer fördern und österreichische Unternehmen bei der Weiterentwicklung und Vermarktung innovativer Kühltösungen unterstützen. Dies könnte die Wettbewerbsfähigkeit des Landes im Bereich erneuerbare Energien und nachhaltige Gebäudetechnologie weiter stärken.

Die Integration solarer Wärme in bestehende Energiestrukturen bietet zudem erhebliches Potenzial für industrielle Prozesse. Durch die Nutzung solarer Kühlung können Energiekosten gesenkt und der CO₂-Ausstoß reduziert werden, was zur Erreichung der nationalen und europäischen Klimaziele beiträgt.

5.1 Ergebnisse der Subtasks und Activities

Es folgt eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse der einzelnen Arbeitsaktivitäten innerhalb der Subtask. Details sind in den veröffentlichten Ergebnisberichten auf <https://task65.iea-shc.org/publications> zu finden.

5.1.1 Subtask A: Anpassung

- A1: Climatic Conditions & Applications (Gurtner et al. 2023b)

Die Eignung und Anwendbarkeit solarer Kühlsysteme hängt stark von der geographischen Lage ab. Daher wurden in der Aktivität A1 GIS-Software und geographische Daten genutzt, um lokale Rahmenbedingungen für solche Systeme in Sunbelt-Regionen zu analysieren und zu bewerten. Die Methode ermöglicht zudem die Identifikation potenzieller Standorte und die Einschätzung des Potenzials spezifischer solarer Kühlsysteme. Durch die Einbeziehung von Faktoren wie Bevölkerungsdichte und Kaufkraft entstehen Grundlagen für Marktpotenzialstudien, die sowohl Standorte als auch wirtschaftliche Faktoren für zukünftige Märkte berücksichtigen.

- A2: Adapted Components

Die Aktivität A2 wurde mit der Aktivität B1 in einem Bericht zusammengefasst.

- A3: Adapted Systems (Ostheimer 2024)

In der Aktivität A3 wurden bestehende solare Kühlsysteme, insbesondere thermische Systeme, PV-basierte Kühlung, DEC und freie Kühlung, überprüft und notwendige Anpassungen hinsichtlich der Sonnengürtel-Regionen analysiert. Der Prozess umfasste eine systematische Literaturanalyse in vier Phasen: Analyse, Auswahl, Bewertung und Synthese. Mithilfe von CAQDAS-Software wie MAXQDA wurden qualitative Daten aus 187 Quellen ausgewertet. Dabei kamen Methoden wie Wortwolken, Volltextuntersuchungen und Textauszüge zum Einsatz. Die Ergebnisse zeigten Trends in Publikationsjahren (2012, 2014, 2020), Referenztypen, Schlüsselwörtern und Zusammenfassungen. Wortwolken visualisierten häufige Begriffe. Abschließend wurden drei Projekte zur Systemanpassung in Sonnengürtelregionen analysiert.

- A4: Building and Process Optimization Potential (Bonomolo und Strobel 2023)

Der Bericht zu Aktivität A4 beleuchtet die Optimierung von Gebäuden und Prozessen sowie deren Einfluss auf den Energiebedarf von Kühlsystemen. Es werden laufende und abgeschlossene Forschungsprojekte vorgestellt, insbesondere im Rahmen des IEA Buildings and Communities Programms. In einer Literaturübersicht werden passive und aktive Low-Tech-Lösungen zur Optimierung der Energieeffizienz gezeigt. Themen wie der urbane Wärmeinseleffekt und Gegenmaßnahmen werden behandelt. Der Cooling Demand Market Index (CDMI) analysiert wirtschaftlich sinnvolle Maßnahmen zur Deckung des Kühlbedarfs. Ein Überblick zeigt technische und bauliche Lö-

sungen zur Raumklimatisierung, während eine Literaturübersicht Einsparpotenziale und die Integration solarer Kühlsysteme in Gebäuden hinsichtlich energetischer und wirtschaftlicher Aspekte untersucht.

- A5: Standardization Activities (Vasta und Sapienza 2024)

Die Aktivität A5 analysierte die Bedeutung standardisierter Maßnahmen und KPIs für die Weiterentwicklung solarer Heiz- und Kühlsysteme. Sie betonte die Rolle der Normung zur Förderung von Interoperabilität, Qualität und Vertrauen sowie die Bedeutung von KPIs zur Bewertung von Leistung, Wirtschaftlichkeit und Umweltauswirkungen. Der Abschlussbericht liefert einen Fahrplan mit Strategien und Initiativen zur Förderung der breiten Einführung dieser Technologien. Die australische Norm AS 5389 dient dabei als Grundlage, um spezifische Herausforderungen in Sonnengürtel-Klimazonen anzugehen. Maßnahmen, wie die Vereinfachung der Integration solarthermischer Systeme, die Förderung von Fachwissen und die Entwicklung finanzieller Unterstützungsmechanismen wurden vorgeschlagen, um nachhaltige Energielösungen voranzutreiben.

5.1.2 Subtask B: Demonstration

- B1-A2: Show Cases on System and Component Level & Adapted Components (Beccali et al. 2024)

Der B1-A2-Bericht präsentiert die Ergebnisse von 32 Projekten aus 18 Ländern, die verschiedene Klimazonen abdecken und 17 MW thermische Kühlkapazität umfassen.

Die Analyse zeigt, dass solarthermische (ST) Kühlung die am häufigsten eingesetzte Technologie ist, wobei 71% auf solare Absorptions- und 19 % auf Adsorptionskühlung entfallen. Häufig genutzte Komponenten sind Vakuumröhren-Kollektoren (30 %), Flachkollektoren (17 %), Fresnel-Kollektoren (17 %), Parabolrinnen (10 %) und PV-Paneele (10 %).

Öffentliche Gebäude (34%) dominieren als Anwendungsbereich, gefolgt von Wohngebäuden (25%) und Industrie (9%).

Die Ergebnisse verdeutlichen die Vielseitigkeit und Effektivität solarthermischer Kühltechnologien unter verschiedenen klimatischen Bedingungen und fördern ihre breitere Anwendung in Sonnengürtelregionen für nachhaltige Energielösungen.

- B2: Design Guidelines (Saini und Weiss 2023)

Aktivität B2 konzentriert sich auf Konstruktionsrichtlinien für solare Kühlsysteme und umfasst eine Sammlung von Auslegungs- und Integrationsleitlinien, gestützt durch Daten aus 10 Fallstudien. Die Analyse hebt folgende Erkenntnisse hervor:

- Industrielle Kühlung bietet großes Potenzial für solarthermische Anwendungen, da hohe solare Anteile die CO₂-Emissionen deutlich senken.
- Die Integration von PV-Anlagen mit Kompressionskältemaschinen ermöglicht eine kostengünstige und de-karbonisierte Kühlung und kann je nach Anwendungsfall im Vergleich zu solarthermischen Systemen von Vorteil sein.

- Hybride Kältemaschinen kombinieren elektrische und thermische Ansätze und reduzieren den Stromverbrauch signifikant, insbesondere durch Adsorptionskältemaschinen.

Diese Fallstudien zeigen das transformative Potenzial solarer Kühlung und betonen deren Bedeutung für eine energieeffiziente, umweltfreundliche Zukunft.

- B3: Collection of Technical and Economic KPIs

Die Aktivität B3 wurde mit der Aktivität C3 in einem Bericht zusammengeführt.

- B4: Standardized Solar Cooling Kits (Weiss et al. 2024)

Der Bericht zur Standardisierung von solaren Kühlsystemen analysiert die Erfahrungen von 11 Anbietern, die ihre Produkte für Sunbelt-Regionen angepasst haben. Wichtige Erkenntnisse sind:

- Acht spezifische Produkte oder Konzepte wurden für Sunbelt-Bedingungen optimiert.
- Mitteltemperatur-Solarsysteme, die zweistufige Absorptionskältemaschinen antreiben, erhöhen die Wettbewerbsfähigkeit.
- Staubverschmutzung kann die Kollektorleistung um bis zu 20 % pro Monat reduzieren; regelmäßige Reinigung alle 14 Tage senkt diesen Verlust auf 5 %.
- Es besteht ein Mangel an Wissen über Auslegungsrichtlinien, insbesondere bei Teillastbedingungen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen.
- Rückkühler sind in trockenen Klimazonen eine besondere Herausforderung.

Diese Erkenntnisse fördern die Weiterentwicklung solarer Kühlsysteme in klimatisch anspruchsvollen Regionen.

- B5: Lessons Learned (Technical and non-technical) (Weiss 2023)

Aktivität B5 fokussierte auf die Sammlung technischer und nicht-technischer Erfahrungen zur Förderung solarer Kühltechnologien. Eine Umfrage ermittelte entscheidende Faktoren für deren Einführung in verschiedenen Anwendungen und Regionen. Die Ergebnisse zeigen, dass solare Kühltechnologien als wichtig erachtet werden, ihre Marktumsetzung jedoch Zusammenarbeit zwischen Regierung, Industrie, Forschung und Verbrauchern erfordert.

Wichtige Erkenntnisse:

- GIS-Software unterstützt die Planung und Umsetzung.
- Technische Schulungen fördern Fachwissen und Kapazitäten.
- Demonstrationen der technischen und wirtschaftlichen Tragfähigkeit sowie die Verringerung der Stromnetzabhängigkeit stärken die Akzeptanz.
- Eine umfassende Strategie aus Bewusstseinsbildung, Marktakzeptanz und beschleunigter Marktdurchdringung ist notwendig.

Dieser Ansatz unterstützt Klimaschutz, Wirtschaftswachstum und Energiesicherheit.

5.1.3 Subtask C: Bewertung und Werkzeuge

- C1: Design Tools and Models (Daborer-Prado et al. 2023)

In dieser Aktivität wurden Tools und Modelle zur technischen und finanziellen Bewertung solarer Kühlsysteme überprüft und angepasst, welche in den unterschiedlichen Projektphasen von der Vormachbarkeit bis zur Überwachung Anwendung finden können. Hauptaugenmerk lag auf der Dokumentation, der Bereitstellung von Validierungsdaten und der Anpassung an Bedingungen in Sonnengürtel-Ländern.

Drei Ansätze wurden zur Bewertung der Werkzeuge genutzt: Literaturrecherche, Interviews mit Expert:innen der IEA SHC Task 65 und interaktive Fragebögen während Expert:innentreffen.

Die wesentlichen Erkenntnisse daraus sind:

- 1.216 Dokumente wurden im Web of Science identifiziert, darunter Artikel, Konferenzberichte und Buchkapitel.
- Verwendete Software umfasst MATLAB, Meteonorm + Excel, TRNSYS, EES und Python.
- Werkzeuge reichen von dynamischen Simulationsmodellen bis zu einfachen Tabellenkalkulationen; Unternehmen entwickeln oft eigene Modelle.
- Öffentliche Modelle existieren für viele Anwendungen, aber spezifische Daten und Konfigurationen sind oft schwer zugänglich.

Die Modellierung und Bewertung von solaren Kühlsystemen ist in allen Planungsphasen essenziell, wobei die Wahl der Werkzeuge vom jeweiligen Ansatz abhängt.

- C2: Technical and Economic Database for Assessment of Solar Cooling (Neyer et al. 2024a)

Aktivität C2 zielte auf die Erstellung einer umfassenden Datenbank für technische und wirtschaftliche Daten solarer Kühlsysteme in Sunbelt-Ländern, um umfassende Bewertungen und Szenario-planungen zu ermöglichen.

Hauptpunkte:

- Datenbank: Basierend auf der IEA SHC Task 53 umfasst sie technische und wirtschaftliche Daten für ST- und PV-basierte Systeme sowie Hauptkomponenten.
- Investitionskosten: Variieren je nach Systemgröße, z. B. 2.100 €/kW für kleine ST-basierte Systeme (<10 kW) bis 1.000 €/kW für große ST-Systeme (>500 kW).
- Wirtschaftliche Parameter: KPIs wie IRR, NPV und LCoE berücksichtigen Kapitalkosten, Betriebskosten und dynamische Cashflow-Modelle.
- Bewertungsmethoden:
- Climate Profiling Tool zur Analyse lokaler Wetterbedingungen.
- Lebenszyklus-Kosten-Nutzen-Analyse (LCCBA) für Geschäftsmodelle und Finanzierungsstrategien.
- Lernkurvenmodelle zeigten Kostensenkungen durch Erfahrung.
- Sensitivitäts- und Risikoanalysen optimierten Projektergebnisse.

- Zusätzliche Vorteile: Das Konzept der „Multiple Benefits of Energy Efficiency“ wurde auf solare Kühlprojekte angewendet, um über finanzielle Aspekte hinausgehende Vorteile zu erfassen.

Diese Ansätze liefern fundierte Grundlagen für die technische und wirtschaftliche Optimierung solarer Kühlsysteme.

- C3-B3: Adapted Assessment Tool & Collection of Technical and Economic KPIs (Neyer et al. 2024b)

Die gemeinsame Aktivität C3/B3 hat gezeigt, dass es trotz vieler Bemühungen noch keinen einheitlichen Standard für Leistungsindikatoren (KPIs) in der solaren Kühlung gibt. Stattdessen wird ein Mix nicht vergleichbarer KPIs verwendet, was zu Verwirrung und Missverständnissen führt.

Im Rahmen der IEA SHC Tasks wurde das T53E4-Tool entwickelt, um reale und simulierte Heiz- und Kühlsysteme standardisiert zu bewerten. Es bietet eine monatliche Analyse technischer und wirtschaftlicher Kennzahlen sowie Benchmarking im Vergleich zu definierten Referenzen. Einschränkungen bestehen jedoch in der vereinfachten Darstellung von Energiebilanzen und der Vernachlässigung thermodynamischer Einflüsse und Primärenergie. Auch wirtschaftliche Projektionen sind aufgrund der Datenpflege herausfordernd.

Das Tool wurde für die IEA SHC Task 65 weiterentwickelt, um Heiz- und Kühlsysteme effizient zu analysieren. Zudem wurde ein angepasstes Lebenszykluskosten-Nutzen-Analyse-Tool (LCCBA) erstellt, um einfache, zuverlässige Bewertungen und Vergleiche nachhaltiger Kühlsysteme zu ermöglichen. Es wurde deutlich, dass zusätzliche, aber verständliche KPIs erforderlich sind. Ein einheitliches Benchmarking wäre wünschenswert, wird jedoch aufgrund der Systemkomplexität und unterschiedlichen Prioritäten der Experten kaum umgesetzt.

- C4: Technical and economic benchmarking for solar cooling plants (Neyer et al. 2024c)

Aktivität C4 zielte darauf ab, das Know-how zur solaren Kühlung von OECD-Ländern auf Sonnen-gürtelregionen wie Afrika, MENA und Asien zu übertragen. Dabei standen innovative Anpassungen an lokale Bedingungen im Fokus, einschließlich strenger Bewertungen der technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Leistung mittels Benchmarking und Lebenszyklus-Kosten-Nutzen-Analysen (LCCBA). Sensitivitätsanalysen lieferten wichtige Erkenntnisse zu Zukunftsperspektiven und Entwicklungszielen für solare Kühltechnologien.

Besonderes Augenmerk lag auf hybriden Systemlösungen, die hohe CO₂-Einsparungen und Wirtschaftlichkeit für kleine bis mittlere Anwendungen bieten. Mitteltemperatursysteme und zweistufige Absorptionskältemaschinen zeigten ebenfalls vielversprechende Ansätze. Während kompakte Systeme (<20 kW) für den Massenmarkt zunehmend relevant werden, liegt das größte Wachstumspotenzial im globalen Süden. Europa bleibt führend bei kleinen und mittleren Systemen (<350 kW), aber die Übertragung von Fachwissen auf Märkte in Afrika, MENA und Asien bleibt entscheidend für die Verbreitung und den Erfolg der Technologie.

Subtask D: Verbreitung

- D1: Homepage & Publications

Eine Webseite im IEA SHC-Portal (<https://task65.iea-shc.org/>) wurde eingerichtet, um die Ziele, Aktivitäten und Ergebnisse von Task 65 zu präsentieren. Sie bietet Informationen zu Teilnehmern, Beobachtern sowie eine Sammlung von Best Practices mit Systemkonzepten, Marktübersichten und technischen sowie wirtschaftlichen KPIs. Nach Abschluss der Task dient die Seite als Archiv der Arbeitsergebnisse.

Die Webseite profitiert von der Vernetzung der Task-Teilnehmer und steigender Popularität, was die Reichweite erhöht. Veröffentlichungen zu Task 65 und den Expert:innenaktivitäten wurden in führenden Konferenzen und Medien wie EuroSun, SWC, APSRC und ISEC von 2020 bis 2024 veröffentlicht.

- D2: Business Models and Financing Options for Solar Cooling (Bleyl 2024)

Der Bericht zu Aktivität D2 untersucht Finanzierungsmodelle für Solar-Kühlösungen, die aufgrund hoher Anfangsinvestitionen und wahrgenommener Komplexität oft als riskant gelten. Er betont die Notwendigkeit kunden- und serviceorientierter Ansätze zur Überwindung nicht-technischer Barrieren und zur Förderung der Marktakzeptanz, insbesondere in den Sunbelt-Regionen. Ein zentrales Ziel ist die Schaffung eines gemeinsamen Verständnisses zwischen technischen und wirtschaftlichen Stakeholdern, um die Entwicklung erfolgreicher Geschäfts- und Finanzierungsmodelle zu erleichtern.

Behandelte Themen umfassen:

- Unterschiede zwischen Geschäftsmodellen und Drittpartei-Finanzierung,
- Grundlegende Finanzierungsoptionen für Solar-Kühltechnologien,
- Integrierte Geschäftsmodelle mit Drittpartei-Finanzierung,
- Lebenszyklus-Kosten-Nutzen-Analysen (LCCBA) zur Unterstützung von Finanzierungsstrategien.

Der Bericht dient als Basis für interdisziplinäre Diskussionen, um marktfähige Solar-Kühlösungen zu entwickeln und deren Verbreitung zu fördern.

- D3: Roadmaps for Solar Cooling in Sunbelt Countries (Strobel 2024)

Aktivität D3 erarbeitete Leitlinien und Empfehlungen zur Erstellung von Roadmaps und politischen Maßnahmen zur Förderung von Solar-Kühltechnologien. Eine Literaturübersicht analysierte exemplarische Roadmaps sowie Kühlbedarf und Solartechnologien und identifizierte vielversprechende Strategien für ihre Entwicklung und Umsetzung. Dabei wurde betont, dass die frühzeitige Verknüpfung von Solar-Kühltechnologien mit nationalen Anwendungsbereichen Synergien fördert und erfolgversprechend ist.

Hauptresultate:

- Aktualisierte, schrittweise Prozessempfehlung zur Roadmap-Entwicklung.
- Politische Handlungsempfehlungen zur nationalen Förderung von Solar-Kühltechnologien.

Die Erkenntnisse sind auch auf Länder wie Österreich übertragbar, indem Kühlbedarf und Solartechnologien gemeinsam betrachtet werden.

- D4: Affordable and green cooling for Sunbelt regions – Results of IEA-SHC Task 65 (Booklet geplant März 2025)

Im Rahmen der Aktivität D4 wird ein Task 65 Booklet vorbereitet. Es fanden Verhandlungen mit einem potenziellen Verlag über einen möglichen Vertrag statt. Trotz einer guten Vereinbarung über die Lizenzstruktur des möglichen Buches konnte keine Einigung über die Finanzierung dieser Arbeit erzielt werden. Potenzielle Förderstellen, wie z.B. die Weltbank, wurden identifiziert und zwischen Anfang 2023 und Anfang 2024 kontaktiert. Eine Finanzierungsentscheidung konnte jedoch nicht getroffen werden. Nun werden die wesentlichen Erkenntnisse aus Task 65 in einem Booklet zusammengefasst. Es wäre möglich, eine ISBN-Nummer über das IIR in Paris zu erhalten (geplante Veröffentlichung März 2025).

- D5: Summary Report of Task Workshops and Trainings (Kohlenbach und Jakob 2024a)

Ziel der Aktivität D5 war es, vier halbtägige Workshops für die Industrieakteure (Hersteller, Installateure, Berater, politische Entscheidungsträger) in den Sunbelt-Ländern zu organisieren. Dieses Ziel wurde mit insgesamt elf Workshops und Schulungen übertroffen, die für 567 Teilnehmer während der vier Jahre des Task 65 organisiert und durchgeführt wurden. Der Abschlussbericht listet die einzelnen Workshops und Schulungen auf und gibt allgemeine Informationen zu jedem einzelnen. Detaillierte Agenden der Workshops und Schulungen sind im Bericht zu finden.

- D6: Summary Report on List of Stakeholders and Activities (Kohlenbach und Jakob 2024b)

Aktivität D6 identifizierte die wichtigsten Stakeholder in den Sunbelt-Ländern, um sie zur Teilnahme an Demonstrationsprojekten für Solar-Kühltechnologien einzuladen. Der Prozess umfasste:

1. Sammlung potenzieller Stakeholder: 90 Einzelpersonen und Organisationen aus der Task 65-Beobachterliste wurden erfasst.
2. Erstkontakt: Eine E-Mail wurde an 44 ausgewählte Stakeholder gesendet.
3. Weiterführende Befragung: 19 Stakeholder, die Interesse zeigten, erhielten eine zweite E-Mail mit einem Fragebogen.
4. Ergebnisse: 5 Stakeholder signalisierten Interesse an einer stärkeren Beteiligung an Task 65.

Der Abschlussbericht enthält die Identifikationsstrategie und eine Analyse des Feedbacks, die relevante Themen für Stakeholder in den Sunbelt-Ländern hervorhebt.

5.2 Schlussfolgerungen

Für österreichische Projektentwickler:innen, Planer:innen und Hersteller von solaren Kühlungsanlagen lassen sich aus den oben genannten Lessons learned folgende Schlussfolgerungen ableiten:

1. Technologische Weiterentwicklung und Planung:

- Der Einsatz von **GIS-Software** sollte stärker in die Planung integriert werden, um Standorte mit optimalen Bedingungen für solare Kühlung zu identifizieren.
- **Forschung und Entwicklung** sollten sich auf Effizienzsteigerung, Kostenreduktion und Systemintegration konzentrieren, um wirtschaftlich wettbewerbsfähige Lösungen anzubieten.

2. Qualifizierung und Fachkräfteentwicklung

- Die Durchführung **technischer Schulungen** für Installateur:innen, Planer:innen und Entscheidungsträger:innen kann das Know-how in der Branche erweitern.
- Partnerschaften mit Universitäten und Forschungseinrichtungen können dazu beitragen, neue Standards zu setzen und Innovationen voranzutreiben.

3. Markteinführung und Akzeptanzförderung

- **Pilotprojekte und Demonstrationsanlagen** sollten genutzt werden, um die technische und wirtschaftliche Machbarkeit unter realen Bedingungen zu zeigen.
- Die **Kommunikation der Vorteile** (z. B. Unabhängigkeit vom Stromnetz, Klimaschutz, langfristige Kosteneinsparungen) ist entscheidend, um Endkund:innen und Investor:innen zu überzeugen.

4. Politische und wirtschaftliche Rahmenbedingungen

- Eine **enge Zusammenarbeit mit politischen Entscheidungsträger:innen** kann helfen, Förderungen, Anreize und regulatorische Anpassungen für solare Kühltechnologien zu erreichen.
- Strategien zur **Marktdurchdringung** sollten mit gezielten Maßnahmen zur Bewusstseinsbildung kombiniert werden, um die Nachfrage zu steigern.

5. Beitrag zu Klimaschutz und Energiesicherheit

- Solare Kühltechnologien können einen wesentlichen Beitrag zur **Dekarbonisierung des Energiesektors** leisten. Österreichische Hersteller sollten ihre Technologien als Teil der nationalen und europäischen Klimaschutzstrategien positionieren.
- Durch eine stärkere Marktdurchdringung kann die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern reduziert und die **Energiesicherheit** erhöht werden.

Österreichische Planer:innen und Hersteller sollten neben der technologischen Innovation auch gezielt in Schulung, Marktförderung und politische Vernetzung investieren. Nur durch ein ganzheitliches Vorgehen kann eine breite Akzeptanz und nachhaltige Implementierung solarer Kühltechnologien erreicht werden.

5.3 Liste der Veröffentlichungen

Im Rahmen von Task 65 sind insgesamt 16 Berichte mit Ergebnissen aus den 4 Subtasks veröffentlicht worden. Österreichische Expert:innen haben hierbei sechs Berichte erarbeitet, bzw. daran mitgewirkt. Die Publikationen greifen technische und wirtschaftliche Themen auf, sowie wissenschaftliche Erkenntnisse und politische Handlungsempfehlungen. Die folgende Tabelle zeigt eine Aufstellung aller bislang veröffentlichter Berichte aus Task 65.

Tabelle 1: Übersicht der Publikationen von Task 65

Aktivität	Titel	Datum
A1	Climatic Conditions & Applications (Gurtner et al. 2023b) https://10.18777/ieashc-task65-2023-0002	23. Juni 2023
A2-B1	Show Cases on System and Component Level & Adapted Components (Beccali et al. 2024) https://10.18777/ieashc-task65-2024-0001	26. März 2024
A3	Adapted Systems (Ostheimer 2024) https://10.18777/ieashc-task65-2024-0002	17. Mai 2024
A4	Building and Process Optimization Potential (Bonomolo und Strobel 2023) https://10.18777/ieashc-task65-2023-0003	6. Juli 2023
A5	Standardization Activities (Vasta und Sapienza 2024) https://10.18777/ieashc-task65-2024-0003	15. Mai 2024
B2	Design Guidelines (Saini und Weiss 2023) https://10.18777/ieashc-task65-2023-0006	13. September 2023
B4	Standardized Solar Cooling Kits (Weiss et al. 2024) https://10.18777/ieashc-task65-2024-0006	22. April 2024
B5	Lessons Learned (Technical and Non-technical) (Weiss 2023) https://10.18777/ieashc-task65-2023-0005	20. August 2023
C1	Design Tools and Models (Daborer-Prado et al. 2023) https://10.18777/ieashc-task65-2023-0004	22. August 2023
C2	Technical and Economic Database for Assessment of Solar Cooling (Neyer et al. 2024a) https://10.18777/ieashc-task65-2024-0009	4. Juli 2024
C3-B3	Adapted Assessment Tool & Collection of Technical and Economic KPIs (Neyer et al. 2024b) https://10.18777/ieashc-task65-2024-0011	09. September 2024
C4	Technical and economic benchmarking for solar cooling plants (Neyer et al. 2024c) https://10.18777/ieashc-task65-2024-0010	09. September 2024
D2	Business Models and Financing Options for Solar Cooling (Bleyl 2024) https://10.18777/ieashc-task65-2024-0004	7. Mai 2024

D3	Roadmaps for Solar Cooling in Sunbelt Countries (Strobel 2024) https://10.18777/ieashc-task65-2024-0005	11. Mai 2024
D4	Affordable and green cooling for Sunbelt regions – Results of IEA-SHC Task 65	Geplant März 2025
D5	Summary Report of Task Workshops and Trainings (Kohlenbach und Jakob 2024a) https://10.18777/ieashc-task65-2024-0007	17. Juni 2024
D6	Summary Report on List of Stakeholders and Activities (Kohlenbach und Jakob 2024b) https://10.18777/ieashc-task65-2024-0008	30. Juni 2024

Des Weiteren wurden außerhalb dieser IEA SHC Berichte weitere wissenschaftliche Arbeiten veröffentlicht, welche in direktem und indirektem Zusammenhang mit dem Task 65 stehen. Dazu zählen folgende:

Michael Strobel, Uli Jakob, Wolfgang Streicher, Daniel Neyer (2024) Spatial Distribution of Future Demand for Space Cooling Applications and Potential of Solar Thermal Cooling Systems, Sustainability, 15 (12), p. 9486. DOI: 10.3390/su15129486 (Strobel et al. 2023)

Uli Jakob, Daniel Neyer, Salvatore Vasta, Wolfgang Weiss, Paul Kohlenbach (2023) Solar Cooling for the Sunbelt regions – Results from task 65 activities, ISES SWC 2023 conference, New Delhi / India, Oct.-Nov. 2023, DOI: 10.18086/swc.2023.04.09 (Jakob et al. 2024)

Michael Strobel, Uli Jakob, Manuel Ostheimer, Daniel Neyer (2023) Solar Heating and cooling solutions in energy efficient buildings in Nepal, ISES SWC 2023 conference, New Delhi, India, Oct.-Nov. 2023, DOI: 10.18086/swc.2023.04.13 (Strobel et al. 2024)

Uli Jakob, Michael Strobel (2023) Investigation of a solar cooling and process heat system in hot climates for steam, heat and cold supply in industry, ISES SWC 2023 conference, New Delhi, India, Oct.-Nov. 2023, DOI: 10.18086/swc.2023.04.08 (Jakob und Strobel 2024)

Bärbel Epp (2023) IEA SHC Solar Academy training in Cape Verde with high visibility, solarthermal-world.org, November 2023 (Epp 2023b)

Bärbel Epp (2024) Overview of design tools and models for solar cooling systems, solarthermal-world.org, January 2024 (Epp 2024)

Paul Kohlenbach, Uli Jakob, Salvatore Vasta, Wolfgang Weiss, Daniel Neyer (2024). Solar Cooling for the Sunbelt regions – Final results from IEA-SHC Task 65, EUROSUN 2024 conference, Limassol, Cyprus, August 2024 (Kohlenbach et al. 2024b)

Paul Kohlenbach, Uli Jakob, P. Munzinger, A. Werntges (2024). How to cool a warming world? – The potential of photovoltaic green cooling with natural refrigerants in sunbelt countries, Solar Energy Advances, 2024, 4 (4). DOI: 10.1016/j.seja.2024.100070 (Kohlenbach et al. 2024a)

Gurtner, Richard; Bleyl, Jan W.; Jakob, Uli: Sunbelt Chiller – An Innovative Solar Cooling Adaption SHC Solar Update, December 2023. <http://www.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/2023-12-Task65-Sunbelt-Chiller.pdf> (Gurtner et al. 2023a)

Jakob, Uli; Neyer, Daniel; Vasta, Salvatore; Gurtner, Richard (2023): Solar Cooling for the Sunbelt regions - first results of Task 65 Activitiy A1 Climatic conditions and applications. In: 4th International Conference on Solar Technologies & Hybrid Mini Grids. Palma de Mallorca, Spain, on 26-28 April 2023. Palma de Mallorca: Universitat de les Illes Balears, University of Balearic Islands (Jakob et al. 2023)

Aye, Lu; Daborer-Prado, Nayrana; Neyer, Daniel; Jakob, Uli (2023): Third Update on Activity C1 Design Tools and Models, Task 65 Solar Cooling Sunbelt Regions. In: Proceedings of the Asia Pacific Solar Research Conference 2023. Australian PV Institute, ISBN 978-0-6480414-7-4.
<https://apvi.org.au/solar-research-conference/wp-content/uploads/2023/12/Aye-L-Third-Update-on-Activity-C-1-Design-Tools-and-Models-Task-65-Solar-Cooling-Sunbelt-Regions.pdf> (Aye et al. 2023)

Solar Cooling Training: Internationaler Online-Workshop zur Präsentation von Task 65 am 13/14. Dezember 2023 mit Fokus auf türkische Ingenieure <https://www.iea-shc.org/solar-academy/webinar/solar-cooling-and-air-conditioning-online-training>

Manuel Ostheimer, Daniel Neyer, Uli Jakob (2024) SOLAR COOLING FOR THE SUNBELT REGIONS – HIGHLIGHTS FROM TASK 65 ACTIVITES, 3rd International Sustainable Energy Conference 2024, 10-11. April 2023, Graz, submitted and accepted

Marina Bonomolo, Uli Jakob, Daniel Neyer, Michael Strobel, and Salvatore Vasta (2023) Integration of Solar Cooling Systems in Buildings in Sunbelt Region: An Overview. *Buildings*. 13(9):2169.
<https://doi.org/10.3390/buildings13092169>. <https://www.mdpi.com/2075-5309/13/9/2169>
(Bonomolo et al. 2023)

Bärbel Epp, Solarthermalworld.org: Business and financing models – a clear distinction, <https://solarthermalworld.org/news/business-and-financing-models-a-clear-distinction/> , accessed 01.03.2023 (Epp 2023a)

Daniel Neyer, Uli Jakob (2022) SOLAR COOLING FOR THE SUNBELT REGIONS – IEA SHC TASK 65, 2nd International Sustainable Energy Conference 2022, 05-07. April 2022, Graz, https://www.researchgate.net/publication/372280375_New_IEA_SHC_Task_65_-_Solar_cooling_for_the_Sunbelt_regions (Neyer und Jakob 2022)

Lu Aye, Nayrana Daborer-Prado, Daniel Neyer, and Uli Jakob (2022) Second Update on Activity C1 Design Tools and Models, Task 65 Solar Cooling Sunbelt Regions, Asia-Pacific Solar Research Conference, 29 Nov.-01 Dec. 2022, Sydney, https://www.researchgate.net/publication/372251524_Second_Update_on_Activity_C1_Design_Tools_and_Models_Task_65_Solar_Cooling_Sunbelt_Regions (Aye et al. 2022)

sol.e.h.2 & IEA SHC Task 65 Internationaler Online-Workshop zur Präsentation von Task 65 am 2. Dezember 2021 mit Fokus auf chinesische Stakeholder

Daniel Neyer, Uli Jakob (2020) Solar cooling for the Sunbelt Regions – a new IEA SHC task, EU-ROSUN 2020, [https://task65.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/eurosun 2020-0022-Neyer-Jakob.pdf](https://task65.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/eurosun%2020-0022-Neyer-Jakob.pdf) doi:10.18086/eurosun.2020.02.08, September 2020 (Neyer 2020)

Daniel Neyer, Uli Jakob (2020), Solar Cooling for the Sunbelt Regions – IEA SHC Task 65: Introduction and cooperation possibilities, The 6th yangzi river delta international conference on new energy, Proceedings, 2020 (Neyer und Jakob 2020)

Daniel Neyer, Uli Jakob (2021) Task 65 Highlights 2020, IEA Solar Heating and Cooling Programme (SHC), <https://task65.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/IEA-SHC-Task65-Highlights-2020.pdf>, 2021 (Neyer und Jakob 2021)

Uli Jakob, Daniel Neyer (2021) Refrigeração solar para as regiões do Sunbelt, incluindo Brasil, Foto-Volt, Ano 7, No 42, October 2021, pp. 30-41, https://issuu.com/aranda_editora/docs/v/30?fr=sMmUwODQzMjYzODk (Jakob und Neyer 2021)

Uli Jakob, Daniel Neyer, Salvatore Vasta, Wolfgang Weiss, Paul Kohlenbach (2021) Solar Cooling for the Sunbelt regions, ISES SWC 2021 conference, October 2021 (Jakob et al. 2021)

Lu Aye, Nayrana Daborer-Prado, Daniel Neyer, and Uli Jakob (2021) An Update on Activity C1 Design Tools and Models, Task 65 Solar Cooling Sunbelt Regions, Asia-Pacific Solar Research Conference, 16-17 Dec. 2021, Sydney <https://apvi.org.au/solar-research-conference/proceedings-from-past-conferences/> (Aye et al. 2021)

6 Vernetzung und Ergebnistransfer

Auf nationaler Ebene fanden drei Workshops statt, um einerseits gesammeltes österreichisches Know-How in den Task einzubringen und andererseits Erkenntnisse der internationalen Expert:innen rückzuführen und die entwickelten Tools und Methoden zu testen. Es werden neben den Anlagen des Konsortiums weitere drei österreichische solare Kühlanlagen integriert.

- In den nationalen Workshops werden der kombinierten technischen, ökologischen, ökonomischen Lebenszyklus-Bewertung präsentiert und diskutiert.
- Das interaktive Training beinhaltet die Anwendung des LCCBA-Tools. Sowohl die verwendete Methode wie auch die entsprechenden Analysen und Bewertungen sind in dieser Form weit über dem Stand der Technik.
- Die offene Diskussion mit österreichischen Stakeholdern und Expert:innen in den drei nationalen Workshops bringt entsprechende Reviews des Ansatzes und damit die Weiterentwicklung der Methoden mit sich.
- Der dritte nationale Workshop bringt die interaktive Anwendung des Tools und somit weitere Erkenntnisse, die das Thema der solaren Kühlung positiv unterstützen.

Neben den drei Konsortialpartnern (Neyer Brainworks, Energetic Solutions, Universität Innsbruck) sind folgende österreichische Unternehmen/Universitäten aktiv in den Task eingebunden.

- 3FSolar Technologies GmbH
- Ecotherm Austria GmbH
- Engie Kältetechnik GmbH
- FH OÖ F&E GmbH, Forschungsgruppe ASIC
- Gasokohl GmbH
- SOLID, Solar Energy System GmbH

Die Expert:innen des Tasks haben verschiedene Themen für zukünftige Arbeiten diskutiert, die bereits im November 2022 begannen. Folgende Themen wurden bis Juni 2023 gesammelt:

- Neue Schwerpunkte (z. B. Agri-Food, Gewerbe, Tourismus, Industrie)
- Technische Forschungsbereiche (z. B. Speicher, hybride Kühlsysteme usw.)
- Sozio-ökonomische Forschungsbereiche (z. B. Anpassung an den Klimawandel usw.)
- Marktbedürfnisse (z. B. erweitertes QGIS-Tool zur Identifizierung von Märkten/geografischen Gebieten, Entwicklung von Business Cases usw.)
- Starke Einbindung von Verbänden im Zusammenhang mit Business Cases
- Verbreitung von offenem Wissen an Schwellen- und Entwicklungsländer/Globaler Süden

Abschließend beschrieben die Task 65 Expert:innen das Ziel der zukünftigen Arbeit und schlugen in dem Task-Konzeptpapier vom Mai 2023 einen vierjährigen Task zu „Solar Cooling für den Globalen Süden“ vor, wie folgt:

- Demonstration des Potenzials für nachhaltige und effiziente Heiz- und Kühllösungen als Systemansatz für industrielle und kommerzielle Anwendungen und deren Verbreitung mit dem Fokus auf den Globalen Süden (Afrika, Südamerika, Südostasien und den Pazifikraum).
- Neben Solarenergie sollte der vorgeschlagene Task auch auf thermische Energiespeicherung und die Nutzung industrieller Abwärme fokussiert sein.
- Der Umfang des vorgeschlagenen Tasks umfasst den Zielgrößenbereich von Kühl- und Klimaanlage zwischen 2 kW und 5.000 kW Kälte (PV- und ST-Kühlung). Der Unterschied zwischen solarthermischen und photovoltaikgesteuerten Systemen hängt hauptsächlich von der Wirtschaftlichkeit im großen Maßstab und den lokalen Randbedingungen ab. Beide Technologien, Solarthermie und PV, können effiziente Wärme- und Kälte-Kombinationen für industrielle Anwendungen, einschließlich Agri-Food, Fertigungsindustrie und Tourismus, liefern.

Basierend auf diesem Konzept wurde die einjährige Task-Definitionsphase (TDP) von den ExCo-Mitgliedern während des 93. SHC Executive Committee Meetings in Sophia Antipolis genehmigt. Das erste TDP-Online-Meeting fand im Rahmen des 7. Expert:innentreffens am 24. Oktober 2023 statt, um den aktuellen Stand der Vorbereitung des Arbeitsplans, der Anhänge und des Task-Informationsplans mit den Expert:innen zu diskutieren. 22 Teilnehmer aus 7 Ländern nahmen teil und diskutierten ergebnisreich über die vorgeschlagene Subtask-Struktur und den ersten Entwurf des Arbeitsplans. Das zweite TDP-Meeting wurde online am 21. Dezember 2023 abgehalten, um zusammen mit den Expert:innen die Vorbereitung des Entwurfs des Arbeitsplans zu organisieren, der bis Februar 2024 vorgelegt werden soll. Das dritte TDP-Meeting fand im Rahmen des 8. Expert:innentreffens am 7. März 2024 in Messina (Hybrid-Meeting) statt, um den Entwurf des Arbeitsplans mit den Expert:innen zu präsentieren und zu diskutieren. Das vierte TDP-Meeting fand erfolgreich am 8. April 2024 vor der ISEC 2024 Konferenz in Graz, Österreich, statt, um Expert:innen der UNIDO und GN-SEC-Mitglieder zu ermöglichen, daran teilzunehmen und ihr Feedback/ihre Vorschläge zum Entwurf des Arbeitsplans, der Anhänge und des Task-Informationsplans zu sammeln.

7 Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen

Der Task 65 konzentrierte sich auf Innovationen für leistbare, sichere und zuverlässige Solar-Kühlungssysteme für die Sunbelt-Regionen. Der innovative Ansatz bestand in der Anpassung bestehender Konzepte/Technologien an die Bedingungen der Sunbelt-Regionen unter Nutzung von Solarenergie (thermisch oder elektrisch). Einige Schlüsselergebnisse und Erkenntnisse sind nachfolgend aufgeführt:

Subtask A (Anpassung): Klimatische Bedingungen, Anwendungen, Komponenten und Systeme wurden untersucht, und Tools sowie Systeme für die Sunbelt-Länder wurden angepasst. Ein GIS-basiertes Tool zur globalen Identifizierung potenzieller Solar-Kühlstandorte unter Berücksichtigung technischer sowie sozioökonomischer Faktoren ist jetzt verfügbar. Die Entwicklung effektiver Solar-Kühlungssysteme in den Sunbelt-Regionen erfordert ein umfassendes Verständnis der vorherrschenden klimatischen Bedingungen sowie einen ganzheitlichen Ansatz, der eine Vielzahl klimatischer Faktoren berücksichtigt. Durch die Anpassung der Systeme an diese Bedingungen und die Förderung nachhaltiger Praktiken kann eine Region ihre reichhaltigen Solarressourcen für effiziente und umweltfreundliche Kühlungslösungen besser einschätzen und nutzen.

Subtask B (Demonstration): Der Fokus lag auf Designrichtlinien, Leistungsindikatoren und Standardisierung. Es wurde eine Analyse mehrerer Fallstudien durchgeführt und die gewonnenen Erkenntnisse wurden zusammengefasst. Solarthermische Kühlung hat eine lange Geschichte (erste kommerzielle Beispiele wurden in den 1990er Jahren gebaut), jedoch konnte sich weltweit kein echter kommerzieller Markt etablieren. Weltweit existieren schätzungsweise 2.000 solarthermische Kühlungssysteme, die meisten davon sind maßgeschneiderte, frühe Systeme. Die PV-unterstützte Kühlung hat sich in den letzten Jahren entwickelt, hauptsächlich aufgrund des Preiserückgangs für PV-Module im vergangenen Jahrzehnt. PV-Kühlung ist aufgrund ihrer einfachen Installation und geringen Kosten weltweit zur dominierenden Form von Solar-Kühlungssystemen geworden. Robuste Zahlen zu installierten PV-Kühlssystemen weltweit existieren nicht, aber zum Beispiel sind mehrere Millionen dieser Systeme allein in Australien in Betrieb. Die Technologie sowohl für solarthermische als auch für PV-basierte Kühlung ist weltweit kommerziell verfügbar. Wirtschaftliche Gründe verhindern jedoch nach wie vor, dass Solar-Kühltechnologien eine breitere globale Marktdurchdringung erfahren, insbesondere in den Sunbelt-Regionen mit geringerem Kaufkraftniveau. Ein wichtiger Ansatz zur Einführung dieser Technologien in den Sunbelt-Ländern ist eine breite Anzahl lokaler Demonstrationen. Es muss sichergestellt werden, dass Solar-Kühlung als technisch zuverlässig, wirtschaftlich rentabel und klug wahrgenommen wird.

Subtask C (Bewertung & Tools): Planungs- und Auslegungs-Tools wurden analysiert und Bewertungsmechanismen entwickelt. Eine Vielzahl von Tools für das technische Design von Solar-Kühlungssystemen ist verfügbar. Die gleichzeitige technische, wirtschaftliche und finanzielle Bewertung von Solar-Kühlungsoptionen auf Basis von Lebenszyklus-Kosten-Nutzen Analysen (LCCBA) ist noch zu wenig verbreitet, aber für jede Phase des Lebenszyklus eines Projekts von hoher Bedeutung. Sie beginnt mit dem Vergleich verschiedener Technologieoptionen und der Vorplanung, geht über die detaillierte Planung und Optimierung des Betriebs bis hin zur politischen Gestaltung mit erprobten Konzepten. In allen Lebenszyklusphasen ist es entscheidend, entsprechende Tools zur Verfügung zu haben, die die notwendigen Informationen und Leistungskennzahlen für die verschiedenen Stakeholder liefern. Die KPIs müssen wirtschaftliche, finanzielle, soziale und ökologische Aspekte sowie andere „Mehrfachnutzen“ berücksichtigen. Tools und deren spezifische Outputs bieten Orientierung für ein optimiertes Systemdesign und die Implementierung und zeigen die Qualität sowohl der wichtigsten Komponenten als auch der gesamten Systeme.

Subtask D (Verbreitung): Der Fokus von Aktivität D war hauptsächlich auf der Verbreitung der Ergebnisse von Task 65 gerichtet, aber auch auf der Entwicklung neuer Roadmaps für die Sunbelt-Länder im Hinblick auf die Implementierung von Solar-Kühlungssystemen. Finanzierungsmodelle wurden analysiert und Empfehlungen für politische Entscheidungsträger abgegeben. Eine breite Verbreitung von Solar-Kühlung in den Sunbelt-Ländern hängt nicht nur von der Überwindung technischer Barrieren ab. Nicht-technische Barrieren spielen oft eine entscheidende Rolle. Verfügbarkeit von Finanzierung, politische Beratung und die Verbreitung von Erfolgsgeschichten gehören zu den wichtigen Aktivitäten, um auch nicht-technische Barrieren zu überwinden. Der Fokus liegt auf der Umsetzung zielgerichteter Förderaktivitäten basierend auf den gesammelten Ergebnissen, der Aktualisierung von Material für die externe Kommunikation, der Implementierung von Wissensübertragungsmaßnahmen an technische Stakeholder sowie der Entwicklung und Bereitstellung von Instrumenten für politische Entscheidungsträger.

Ein entscheidender Treiber, ob solare Kühlung weltweit durchstarten wird, könnte die „Global Cooling Pledge“ der UNEP (United Nations Environment Programme) sein (<https://coolcoalition.org/global-cooling-pledge/>), die die Möglichkeit bietet, konkrete Maßnahmen zu ergreifen, um „nachhaltige Kühlung“ zu fördern. Die Initiative der Vereinigten Arabischen Emirate als Gastgeber der UN-Klimakonferenz (COP28) 2023, ist eine von neun Erklärungen, Verpflichtungen und Charta-Dokumenten, die zentrale Ergebnisse der COP28-Aktionsagenda darstellen. Bislang haben 71 Länder die Pledge unterzeichnet. Das Ziel ist es, die kühlungsbedingten Emissionen bis 2050 im Vergleich zu heute um 68 % zu reduzieren, den Zugang zu nachhaltiger Kühlung bis 2030 signifikant zu verbessern und die globale Effizienz von neuen Klimaanlage um 50 % zu steigern. Die Emissionsziele basieren auf den Modellen des UNEP Cool Coalition-Berichts 2023 (Keeping Cool in an Increasingly Hotter World: UNEP Spotlight 2023). Da nachhaltige Kühlung bereits eine zentrale Rolle auf internationaler Ebene spielt, könnte Solar-Kühlung auch ihren Teil dazu beitragen.

Globale Akteure wie die IFC (Weltbank) und die UNEP Cool Coalition drängen auf nachhaltige Kühlungstechnologien für die bevorstehende COP29. Das Team von Task 65 steht in engem Kontakt mit Kollegen in Washington (Rusmir Musić, IFC) und London (Prof. Graeme Maidment, Vorsitzender des Cool Coalition Executive Committee), um Solar-Kühlung als eine der zentralen Lösungen zu positionieren. Laut der IFC und der UNEP-geführten Cool Coalition wird erwartet, dass der Kühlungsmarkt in Entwicklungsländern von etwa 300 Milliarden USD auf 600 Milliarden USD oder mehr bis 2050 wächst. Da Milliarden von Menschen weltweit von extremen Hitzewellen betroffen sind, die durch die Klimakrise noch verstärkt werden, ist die Verbesserung des Zugangs zu nachhaltiger Kühlung daher unabdingbar.

Ein wichtiger Treiber für die Technologie der Solar-Kühlung ist ihr Potenzial, Treibhausgasemissionen (THG) und die Spitzenlast des Stromverbrauchs zu senken, insbesondere in Ländern mit erheblichem Kühlungsbedarf und Netzengpässen. Heute zum Beispiel wird in Indien etwa 30 % des gesamten Energieverbrauchs in Gebäuden für die Raumkühlung verwendet, was bis zu 60 % der Sommer-Spitzenlast ausmacht. Dies belastet die Kapazität der indischen Stromversorgung bereits erheblich. In anderen Ländern, wie den USA, erreicht die Spitzenlast durch konventionelle Klimaanlage an heißen Tagen über 70 %.

Empfehlungen für die österreichische FTI-Politik:

1. Forschungsförderung:

Gezielte Forschungsprogramme: Unterstützung von Projekten, die die Effizienz und Kostensenkung von solaren Kühlsystemen vorantreiben.

Interdisziplinäre Zusammenarbeit: Förderung von Kooperationen zwischen Wissenschaft, Industrie und Energieversorgern.

Technologie-Demonstrationen: Finanzierung von Pilotprojekten und Testanlagen zur Erprobung neuer Technologien.

2. Marktentwicklung und Skalierung:

Subventionen und Anreize: Bereitstellung von Fördermitteln oder Steuervergünstigungen für die Installation von solaren Kühlsystemen.

Standards und Zertifizierungen: Einführung von Qualitätsstandards und Gütesiegeln, die Vertrauen schaffen und die Marktdurchdringung erleichtern.

Clusterbildung: Unterstützung von Clustern, die Unternehmen und Forschungseinrichtungen im Bereich solare Kühlung vernetzen.

3. Bildung und Bewusstseinsbildung:

Aus- und Weiterbildung: Entwicklung von Lehrplänen für Fachkräfte, um die Installation und Wartung der Systeme zu erleichtern.

Öffentlichkeitskampagnen: Sensibilisierung der Bevölkerung und Unternehmen über die Vorteile solarer Kühlung, insbesondere in Kombination mit erneuerbaren Energien.

4. Politische Rahmenbedingungen:

Integration in Klimaschutzpläne: Verankerung solarer Kühlsysteme als Schlüsseltechnologie in nationalen Strategien und Aktionsplänen zur CO₂-Reduktion.

Förderung von Public-Private-Partnerships: Zusammenarbeit zwischen öffentlichen Institutionen und der Privatwirtschaft zur gemeinsamen Umsetzung.

5. Innovative Geschäftsmodelle

Förderung von Energiegemeinschaften: Ermöglichung gemeinsamer Investitionen in solare Kühlsysteme durch Bürger:innen und Unternehmen.

Energie-as-a-Service: Unterstützung von Modellen, bei denen solare Kühlsysteme als Dienstleistung angeboten werden.

6. Beispielprojekte:

Integration in Wohnbauprojekte: Solare Kühlung in energieeffizienten Gebäuden fördern.

Industrielle Anwendungen: Unterstützung von solarer Kühlung für die Lagerung von Lebensmitteln oder Medikamenten.

Die Kombination dieser Maßnahmen kann nicht nur zur Dekarbonisierung des Energiesektors beitragen, sondern auch neue Marktchancen und Arbeitsplätze in Österreich schaffen.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Länder, die sich ganz oder teilweise innerhalb des Sonnengürtels auf der Süd- und Nord-Halbkugel befinden. (Jakob et al. 2020)	13
Abbildung 2: Energieverbrauch für Gebäudekühlung nach Regionen in dem Baseline Scenario aus (OECD/IEA 2018)	13
Abbildung 3: Szenarien zukünftiger Entwicklung der Stromverbrauchs für Gebäudekühlung (OECD/IEA 2018)	14
Abbildung 4: Darstellung der Querschnittstechnologien und deren Verschränkung in den einzelnen Subtasks bzw. Activities (Jakob et al. 2020)	16

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der Publikationen von Task 65	31
--	----

Literaturverzeichnis

Aye, Lu; Daborer-Prado, Nayrana; Neyer, Daniel; Jakob, Uli (2021): An update on Activity C1 Design Tools and Models, Task 65 Solar Cooling Sunbelt Regions. Hg. v. Asia-Pacific Solar Research Conference. Melbourne. Online verfügbar unter <https://minerva-access.unimelb.edu.au/rest/bitstreams/b29ae803-8a04-4113-bcc9-f6662f1139ef/retrieve>, zuletzt geprüft am 28.01.2025.

Aye, Lu; Daborer-Prado, Nayrana; Neyer, Daniel; Jakob, Uli (2022): Second Update on Activity C1 Design Tools and Models, Task 65 Solar Cooling for Sunbelt Regions. Hg. v. Asia-Pacific Solar Research Conference. Newcastle, Australia. Online verfügbar unter https://www.researchgate.net/publication/372251524_Second_Update_on_Activity_C1_Design_Tools_and_Models_Task_65_Solar_Cooling_Sunbelt_Regions, zuletzt geprüft am 28.01.2025.

Aye, Lu; Daborer-Prado, Nayrana; Neyer, Daniel; Jakob, Uli (2023): Third Update on Activity C1 Design Tools and Models, Task 65 Solar Cooling Sunbelt Regions. Hg. v. Asia-Pacific Solar Research Conference. Melbourne. Online verfügbar unter <https://apvi.org.au/solar-research-conference/wp-content/uploads/2023/12/Aye-L-Third-Update-on-Activity-C-1-Design-Tools-and-Models-Task-65-Solar-Cooling-Sunbelt-Regions.pdf>, zuletzt geprüft am 28.01.2025.

Beccali, Marco; Bonomolo, Marina; Martorana, Francesca; Baby, Ben Alex; Pellegrini, Marco; Vasta, Salvatore (2024): Show Cases on System and Component Level & Adapted Components.

Bleyl, Jan (2024): Business Models and Financing Options for Solar Cooling.

Bonomolo, Marina; Jakob, Uli; Neyer, Daniel; Strobel, Michael; Vasta, Salvatore (2023): Integration of Solar Cooling Systems in Buildings in Sunbelt Region: An Overview. In: *Buildings* 13 (9), S. 2169. DOI: 10.3390/buildings13092169.

Bonomolo, Marina; Strobel, Michael (2023): Building and process optimization potential.

Cook, Malcolm; Rawal, Rajan (2018): Low energy cooling and ventilation in indian residences. In: *Science and Technology for the Built Environment* 24 (8), S. 819. DOI: 10.1080/23744731.2018.1522144.

Daborer-Prado, Nayrana; Neyer, Daniel; Aye, Lu; Jakob, Uli (2023): Design tools and models.

Epp, Baerbel (2023a): Business and financing models – a clear distinction. IEA SHC Task 65. Hg. v. Solrico. Online verfügbar unter <https://task65.iea-shc.org/article?NewsID=448>, zuletzt geprüft am 28.01.2025.

Epp, Baerbel (2023b): IEA SHC Solar Academy training in Cape Verde with high visibility. Hg. v. Solrico. Online verfügbar unter <https://solarthermalworld.org/news/iea-shc-solar-academy-training-in-cape-verde-with-high-visibility/>, zuletzt geprüft am 28.01.2025.

Epp, Baerbel (2024): Overview of design tools and models for solar cooling systems. Hg. v. Solrico. Online verfügbar unter <https://solarthermalworld.org/news/overview-of-design-tools-and-models-for-solar-cooling-systems/>, zuletzt geprüft am 28.01.2025.

- EU & EC (2014): fluorinated greenhouse gases regulation; 517/2014/EU; 842/2006/EC. F-Gas regulation. Online verfügbar unter <http://data.europa.eu/eli/reg/2014/517/oj>, zuletzt geprüft am 16.06.2018.
- Feist, W. (Hg.) (2017): Conference proceedings: 21th International Passiv House Conference 2017. Passiv Haus Institut.
- Frankl, Paolo; Beerepoot, Milou; Tam, Cecilia; Philibert, Cedric (2012): Technology Roadmap. Solar Heating and Cooling. Hg. v. IEA Publications, International Energy Agency.
- GEA (2012): Global Energy Assessment - Toward a Sustainable Future. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA and the International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria. Online verfügbar unter www.globalenergyassessment.org.
- Gurtner, Richard; Bleyl, Jan W.; Jakob, Uli (2023a): Sunbelt Chiller – An Innovative Solar Cooling Adaption. Technical Features and Life-Cycle Cost-Benefit-Analyses in Comparison to Double Effect Absorption Chiller. Hg. v. IEA SHC. SHC Solar Update, zuletzt geprüft am 28.01.2025.
- Gurtner, Richard; Schmetzer, Tobias; Riepl, Manuel (2023b): Solar Cooling for the Sunbelt Regions: Climatic Conditions & Applications.
- Jakob, U.; Kiedaisch, F. (2019): Analysis of a solar hybrid cooling system for industrial applications. Hg. v. SWC 2019.
- Jakob, U.; Neyer, D.; Vasta, S.; Weiss, W.; Kohlenbach, P. (2020): IEA SHC Task 65. Solar Cooling for the sunbelt regions. Hg. v. IEA SHC. Online verfügbar unter <https://task65.iea-shc.org/>, zuletzt geprüft am 22.09.2021.
- Jakob, Uli; Neyer, Daniel (2021): Refrigeração solar para as regiões do Sunbelt, incluindo Brasil. Hg. v. FotoVOLT aranda. Brasil. Online verfügbar unter https://issuu.com/aranda_editora/docs/v/30?fr=sMmUwODQzMjYzODk, zuletzt geprüft am 28.01.2025.
- Jakob, Uli; Neyer, Daniel; Vasta, Salvatore; Gurtner, Richard (2023): Solar Cooling for the Sunbelt Regions - First results of Task 65 Activity A1. Climatic conditions and applications. Hg. v. 4th International Conference on Solar Technologies & Hybrid Mini Grids to improve energy access (s@ccess 2023). Palma de Mallorca, Spain. Online verfügbar unter https://www.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/Task%2065-s@ccess%202023_poster_Presentation.pdf, zuletzt geprüft am 28.01.2025.
- Jakob, Uli; Strobel, Michael (2024): Investigation of a Solar Cooling and Process Heat System in Hot Climates for Steam, Heat and Cold Supply in Industry. In: Dave Renne (Hg.): Proceedings of Solar World Congress 2023. SWC 2023 - ISES Solar World Congress 2023. New Delhi, India, 30.10.2023 - 04.11.2023. Freiburg, Germany: International Solar Energy Society, S. 1–10.
- Jakob, Uli; Vasta, Salvatore; Weiss, Wolfgang; Neyer, Daniel; Kohlenbach, Paul (2021): Solar Cooling for the Sunbelt Regions. In: International Solar Energy Society (Hg.): SWC2021 Proceedings. Online verfügbar unter <https://new.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/swc2021-0077-Jakob.pdf>, zuletzt geprüft am 28.01.2025.

- Jakob, Uli; Vasta, Salvatore; Weiss, Wolfgang; Neyer, Daniel; Kohlenbach, Paul (2024): Solar Cooling for the Sunbelt Regions – Results From Task 65 Activities. In: Dave Renne (Hg.): Proceedings of Solar World Congress 2023. SWC 2023 - ISES Solar World Congress 2023. New Delhi, India, 30.10.2023 - 04.11.2023. Freiburg, Germany: International Solar Energy Society, S. 1–12.
- Keeping Cool in an Increasingly Hotter World: UNEP Spotlight (2023): United Nations Environment Programme.
- Kohlenbach, Paul; Jakob, Uli (2024a): Summary Report of Task Workshops & Trainings.
- Kohlenbach, Paul; Jakob, Uli (2024b): Summary Report on List of Stakeholders and Activities.
- Kohlenbach, Paul; Jakob, Uli; Munzinger, Philipp; Werntges, Anja (2024a): How to cool a warming world? – The potential of photovoltaic green cooling with natural refrigerants in sunbelt countries. In: *Solar Energy Advances* 4, S. 100070. DOI: 10.1016/j.seja.2024.100070.
- Kohlenbach, Paul; Jakob, Uli; Vasta, Salvatore; Weiss, Wolfgang; Neyer, Daniel (2024b): Solar Cooling for the Sunbelt regions – Final results from IEA-SHC Task 65. Hg. v. EUROSUN 2024 conference. Limassol, Cyprus.
- MI, IC#7 (2017): Innovation Challenge #7: Affordable Heating & Cooling for Buildings. Workshop, 1-2 November 2017, Abu Dhabi, UAE. Online verfügbar unter http://mission-innovation.net/wp-content/uploads/2017/12/Mission-Innovation-IC7-Workshop-Summary_Final.pdf, zuletzt geprüft am 09.10.2019.
- Mugnier, Daniel; Jakob, Uli (2015): Status of solar cooling in the World. Markets and available products. In: *WIREs Energy Environ* 4 (3), S. 229–234. DOI: 10.1002/wene.132.
- Neyer, D.; Ostheimer, M.; Wang, J.; Qi, H. (2019): Solar Heating and Cooling in hot and humid climates – sol.e.h.² Project Introduction. Hg. v. SWC 2019.
- Neyer, Daniel (2020): Solar Cooling for the Sunbelt Regions – a new IEA SHC Task. In: Alexandros Charalambides, Wolfgang Streicher und Daniel Mugnier (Hg.): Proceedings of the ISES EuroSun 2020 Conference – 13th International Conference on Solar Energy for Buildings and Industry. EuroSun 2020. Online, 01.09.2020 - 03.09.2020. Freiburg, Germany: International Solar Energy Society, S. 1–8.
- Neyer, Daniel; Bleyl, Jan; Munkoe, Lars (2024a): Technical and Economic Database for Assessment of Solar Cooling.
- Neyer, Daniel; Jakob, Uli (2020): Solar Cooling for the Sunbelt Regions - IEA SHC Task 65. Introduction and cooperation possibilities. Hg. v. 6th Yangzi River Delta International Conference on New Energy. Online. Online verfügbar unter https://www.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/6th%20Yangzi_2020_Task-65_Neyer-Jakob.pdf, zuletzt geprüft am 28.01.2025.
- Neyer, Daniel; Jakob, Uli (2021): Task 65 - Solar Cooling for the Sunbelt Regions. Highlights 2020. Hg. v. IEA SHC. Online verfügbar unter <https://task65.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/IEA-SHC-Task65-Highlights-2020.pdf>, zuletzt geprüft am 28.01.2025.

- Neyer, Daniel; Jakob, Uli (2022): New IEA SHC Task 65 - Solar cooling for the Sunbelt regions. In: ISEC 2022 - 2nd International Sustainable Energy Conference. Online verfügbar unter https://www.researchgate.net/publication/372280375_New_IEA_SHC_Task_65_-_Solar_cooling_for_the_Sunbelt_regions, zuletzt geprüft am 28.01.2025.
- Neyer, Daniel; Ostheimer, Manuel; Bleyl, Jan; Weiss, Wolfgang; Jakob, Uli; Munkoe, Lars (2024b): Adapted Assessment Tool & Collection of Technical and Economic KPIs.
- Neyer, Daniel; Ostheimer, Manuel; Bleyl, Jan W.; Gurtner, Richard; Schmetzer, Tobias; Munkoe, Lars; Jakob, Uli (2024c): Technical and Economic Benchmarking for Solar Cooling Plants.
- OECD (2017): World Energy Outlook 2017. Paris: OECD Publishing. Online verfügbar unter <https://ebookcentral.proquest.com/lib/gbv/detail.action?docID=5160837>.
- OECD/IEA (2018): The Future of Cooling. Opportunities for energy efficient air conditioning. Hg. v. IEA Publications, International Energy Agency.
- Ostheimer, Manuel (2024): Adapted Systems.
- Roumpedakis, T.; et al. (2019): Performance results of a solar adsorption cooling and heating unit. Hg. v. SWC 2019.
- Saini, Puneet; Weiss, Wolfgang (2023): Design Guidelines.
- Strobel, Michael (2024): Roadmaps for Solar Cooling in Sunbelt Countries.
- Strobel, Michael; Jakob, Uli; Ostheimer, Manuel; Neyer, Daniel (2024): Building optimization combined with solar heating and cooling in Nepal. In: Dave Renne (Hg.): Proceedings of Solar World Congress 2023. SWC 2023 - ISES Solar World Congress 2023. New Delhi, India, 30.10.2023 - 04.11.2023. Freiburg, Germany: International Solar Energy Society, S. 1–9.
- Strobel, Michael; Jakob, Uli; Streicher, Wolfgang; Neyer, Daniel (2023): Spatial Distribution of Future Demand for Space Cooling Applications and Potential of Solar Thermal Cooling Systems. In: *Sustainability* 15 (12), S. 9486. DOI: 10.3390/su15129486.
- Vasta, Salvatore; Sapienza, Alessio (2024): Standardization Activities.
- Weiss, Monika (2023): Lessons learned (technical and non-technical).
- Weiss, W.; Spoerk-Duer, Monika (2020 in press): Solar Heat Worldwide 2019.
- Weiss, Wolfgang; Jakob, Uli; Weiss, Monika; Cuamba, Boaventura (2024): Standardized Solar Cooling Kits.

Abkürzungen

AC	Klimaanlagen
B2B	Business to Business
BMK	Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie
CAQDAS	Computer-Assisted/Aided Qualitative Data Analysis Software
CDMI	Cooling Demand Market Index
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
EE	Energieeffizienz
ExCo	Executive Committee
GIS	Geographic Information System
GN-SEC	Global Network of Regional Sustainable Energy Centers
HiL	Hardware-in-the-Loop
IC	Innovation Challenge
IC7	Innovation Challenge #7 "Affordable Heating and Cooling of Buildings"
IEA	Internationalen Energieagentur
IFC	Weltbank
IRR	Internal Rate of Return
K-CEP	Kigali Cooling Efficiency Program
KPI	Key Performance Indicator
LCCBA	Lebenszyklus-Kosten-Nutzen-Modell
LCoE	Levelized Cost of Energy
MI	Mission Innovation
NPV	Net Present Value
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PV	Photovoltaik
RE	Erneuerbaren Energie
SHC	Solar Heating and Cooling
ST	solarthermisch
TDP	Task-Definitionsphase
THG	Treibhausgasemissionen

UIBK	Universität Innsbruck
UNEP	United Nations Environment Programme
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization

