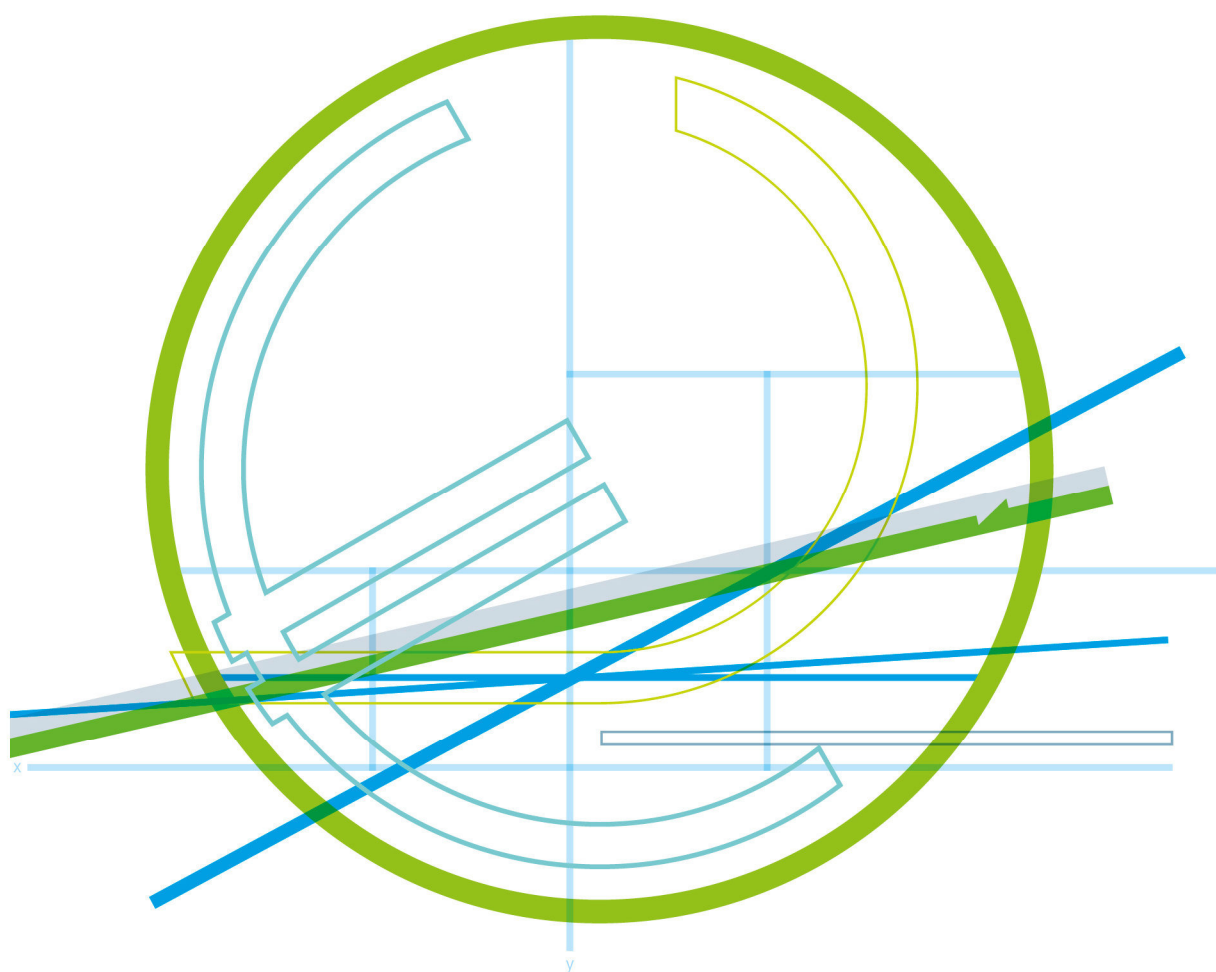


Roadmap SK

Entwicklung einer Technologie- Roadmap für solarthermische Kühlung in Österreich



VORWORT

Die Publikationsreihe **BLUE GLOBE REPORT** macht die Kompetenz und Vielfalt, mit der die österreichische Industrie und Forschung für die Lösung der zentralen Zukunftsaufgaben arbeiten, sichtbar. Strategie des Klima- und Energiefonds ist, mit langfristig ausgerichteten Förderprogrammen gezielt Impulse zu setzen. Impulse, die heimischen Unternehmen und Institutionen im internationalen Wettbewerb eine ausgezeichnete Ausgangsposition verschaffen.

Jährlich stehen dem Klima- und Energiefonds bis zu 150 Mio. Euro für die Förderung von nachhaltigen Energie- und Verkehrsprojekten im Sinne des Klimaschutzes zur Verfügung. Mit diesem Geld unterstützt der Klima- und Energiefonds Ideen, Konzepte und Projekte in den Bereichen Forschung, Mobilität und Marktdurchdringung.

Mit dem **BLUE GLOBE REPORT** informiert der Klima- und Energiefonds über Projektergebnisse und unterstützt so die Anwendungen von Innovation in der Praxis. Neben technologischen Innovationen im Energie- und Verkehrsbereich werden gesellschaftliche Fragestellung und wissenschaftliche Grundlagen für politische Planungsprozesse präsentiert. Der **BLUE GLOBE REPORT** wird der interessierten Öffentlichkeit über die Homepage www.klimafonds.gv.at zugänglich gemacht und lädt zur kritischen Diskussion ein.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm „Neue Energien 2020“. Mit diesem Programm verfolgt der Klima- und Energiefonds das Ziel, durch Innovationen und technischen Fortschritt den Übergang zu einem nachhaltigen Energiesystem voranzutreiben.

Wer die nachhaltige Zukunft mitgestalten will, ist bei uns richtig: Der Klima- und Energiefonds fördert innovative Lösungen für die Zukunft!

A handwritten signature in black ink, reading 'Theresia Vogel'.

Theresia Vogel
Geschäftsführerin, Klima- und Energiefonds

A handwritten signature in black ink, reading 'Ingmar Höbarth'.

Ingmar Höbarth
Geschäftsführer, Klima- und Energiefonds

VORWORT



International gesehen ist aufgrund steigenden gewünschten Wohnkomforts mit einer Steigerung des Kühlbedarfs in Gebäuden zu rechnen. Diese Entwicklung kann nur teilweise über bauliche Maßnahme der Gestaltung mit sinnvollen Fensterflächen, ausreichender Speichermasse, Nachtauskühlung etc. eingeschränkt werden. In Österreich wird versucht über die Bauordnungen durch die Nachweispflicht des sommerlichen Überwärmeschutzes sowohl im Wohnbau als auch Nichtwohnbau diesem Trend entgegenzuwirken. Jedenfalls sind bauliche Maßnahmen zur Reduktion des Kühlbedarfs aufgrund der begrenzten zur Verfügung stehenden Fläche für Solarenergienutzung an Gebäuden prioritär zu behandeln.

Derzeit wird der verbleibende Kühlbedarf praktisch ausschließlich mit elektrisch betriebenen und zumeist wenig effizienten Kühlgeräten gedeckt. Dies führt zu einer Erhöhung des Strombedarfs und fallweise zu Überlastungen der Strominfrastruktur vor allen in heißen Ländern mit hohem Kühlbedarf und schlechter Strominfrastruktur.

Aufgrund der annähernden Gleichzeitigkeit von Sonneneinstrahlung und Kühlbedarf erscheint es sehr interessant die Solarenergie als Antrieb der Kühlaggregate einzusetzen. Dies kann zum einen mit der in dieser Roadmap behandelten solarthermischen Kühlung über Absorptionswärmepumpen oder Desiccant Evaporative Cooling (DEC) Anlagen erfolgen oder über den Weg der Photovoltaik und herkömmlichen Kompressionskältemaschinen. Beide Technologien können sowohl zum Kühlen als auch Heizen eingesetzt werden.

Die vorliegende Studie gibt einen guten Überblick über die eingesetzten Technologien, die Wirtschaftlichkeit und den möglichen Markt für solarthermische Klimatisierung. Daraus werden Entwicklungsszenarien und Maßnahmenempfehlungen abgeleitet.

In Österreich hat sich in den letzten Jahren sowohl seitens Anbieter von Absorptionskältemaschinen und Systemlieferanten, als auch auf wissenschaftlicher Ebene großes Know-how auf dem Gebiet der solarthermischen Kühlung entwickelt. Damit ergeben sich gute Chancen für österreichische Produkte am internationalen Markt.

Wolfgang Streicher

Universität Innsbruck

Arbeitsbereich Energieeffizientes Bauen

Inhaltsverzeichnis

KURZFASSUNG.....	1
ABSTRACT.....	3
1. ZUSAMMENFASSUNG	5
2. EINLEITUNG	7
2.1 AUFGABENSTELLUNG	7
2.2 SCHWERPUNKTE DES PROJEKTES	7
2.3 EINORDNUNG IN DIE PROGRAMMLINIE „NEUE ENERGIEEN 2020“	7
2.4 AUFBAU DER ARBEIT UND VERWENDETE METHODEN	8
3. WARUM SOLARE KÜHLUNG?	10
3.1 SAISONALE GLEICHZEITIGKEIT VON KÜHLLAST UND SOLARER EINSTRAHLUNG	10
3.2 BEITRAG ZUR ERREICHUNG DER KYOTO-ZIELE	10
3.3 BEITRAG ZUR VERRINGERUNG DES SOMMER-PEAKS.....	11
3.4 KOMPONENTEN SIND AM MARKT VERFÜGBAR	11
4. TECHNOLOGIEÜBERBLICK	12
4.1 DERZEIT VERWENDETE TECHNOLOGIEN	14
4.2 GEEIGNETE KOLLEKTORTECHNOLOGIEN	18
4.3 NEUE TECHNOLOGISCHE TRENDS.....	19
5. WIRTSCHAFT	22
5.1 INTERNATIONAL.....	22
5.2 NATIONAL	26
6. MARKT	33
6.1 KUNDENSTRUKTUR.....	33
6.2 KOSTENENTWICKLUNG	39
6.3 MARKTPOTENZIAL.....	46
7. ENTWICKLUNGS-SZENARIEN	54
7.1 ZIELE FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG	54
7.2 ZIELE MARKTVERBREITUNG.....	57
7.3 ZIELE INNOVATIONSFÖRDERUNG	58
8. MAßNAHMEN-EMPFEHLUNGEN	59
8.1 MAßNAHMEN IM BEREICH FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG.....	59

8.2	MAßNAHMEN IM BEREICH MARKTVERBREITUNG	67
8.3	MAßNAHMEN IM BEREICH INNOVATIONSFÖRDERUNG.....	71
9.	ANHANG – ÜBERBLICK RELEVANTER, AKTUELLER STUDIEN UND VISIONEN	75
10.	VERZEICHNISSE	76
10.1	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	76
10.2	TABELLENVERZEICHNIS	77
10.3	LITERATURQUELLEN.....	78
10.4	ABKÜRZUNGEN.....	78

Kurzfassung

Ausgangssituation/Motivation

Die Raumkühlung und Klimatisierung nimmt in der Energieversorgung von Gebäuden weltweit eine immer größere Bedeutung ein. Auch für Österreich prognostiziert eine aktuelle Studie einen dramatischen Anstieg des Energiebedarfs zur Gebäudekühlung. Diese Szenarien berücksichtigen noch nicht die Auswirkungen des Klimawandels, welcher ebenfalls einen starken Anstieg an Kühlbedarf mit sich ziehen wird. Weiters verursacht dieser erhöhte Strombedarf zur Gebäudekühlung Sommerspitzen, die zu hohen Strompreisen und zu netzbedingten Problemen bis hin zu so genannten Black-Outs führen können. Um dieser Entwicklung entgegen zu wirken, gilt es nun, einerseits den Kühlbedarf für Gebäude so niedrig wie möglich zu halten und andererseits einen möglichst hohen Anteil des verbleibenden Kühlbedarfs durch alternative, umweltfreundliche Kühltechnologien abzudecken.

Solarthermische Kühlung ist eine Möglichkeit, um den Energiebedarf zur Gebäudekühlung abzudecken, wobei vor allem die saisonale Gleichzeitigkeit von solarer Einstrahlung und anfallender Kühllast den Einsatz dieser Technologie nahe legt. Weiters können solarthermische Anlagen in unserem Klima nicht nur zur Kühlung, sondern auch zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung ganzjährig genutzt werden.

Inhalte und Zielsetzungen

Ziel dieses Projektes war die Entwicklung einer Technologie-Roadmap für solarthermische Kühlung in Österreich unter Einbindung der relevanten Marktakteure. Wesentlicher Inhalt der Technologie-Roadmap sind die Erfassung der Ausgangslage, die Erhebung der Marktpotenziale für relevante Technologien, die Darstellung der technologischen Entwicklung und die dafür notwendigen Maßnahmen. Auch Szenarien für ein sinnvolles Zusammenspiel mit anderen nachhaltigen, thermischen Kühltechnologien wie Kühlen mit Fernwärme wurden erarbeitet, um damit die Position der solarthermischen Kühlung in der zukünftigen österreichischen Energieversorgung zu klären. Die relevanten Marktakteure reichen von Komponentenherstellern, Gewerbebetrieben, Immobilienentwickler und Planungsbüros bis zu Forschungseinrichtungen, Energieagenturen und politischen Entscheidungsträgern. Diese wurden in die Entwicklung der Roadmap durch Expertenworkshops und Befragungen eingebunden.

Methodische Vorgehensweise und Ergebnisse

Die Vorgehensweise bei der Erstellung der Technologie-Roadmap zur solarthermischen Kühlung in Österreich war in vier Arbeitsschritte gegliedert:

1. Erhebung der Ausgangslage

Die Ergebnisse im Rahmen der Erhebung der Ausgangslage zeigen ein aktuelles Bild der derzeit vorhandenen Technologien zur solarthermischen Kühlung mit den verwendeten Komponenten. Dazu wurden die technischen Daten und Kostendaten der gebauten Anlagen in Österreich erhoben, sowie die Ergebnisse von Forschungsprojekten in diesem Bereich herangezogen. Die derzeitigen Schwachpunkte der solarthermischen Kühlung wurden anhand von Ergebnissen aus Forschungsprojekten und den gebauten Anlagen erhoben und geben somit wichtige Hinweise für den derzeitigen F&E-Status.

2. Expertenworkshops

Im Rahmen dieser Workshops wurde eine gemeinsame Vorgehensweise für die Technologie der solarthermischen Kühlung bis ins Jahr 2030 mit kurz-, mittel- und langfristigen Zielen für die unterschiedlichen Bereiche entwickelt.

Die Workshops wurden auf zwei Hauptinhalte unterteilt:

- Szenarien für Markt- und technologische Entwicklung
- Szenarien für österreichische Marktrelevanz und Kostenentwicklung

Das Ergebnis dieser Expertenworkshops war ein erster Entwurf einer Technologie-Roadmap für solarthermische Kühlung in Österreich.

3. Evaluierung durch Marktakteure

Dieser in den Expertenworkshops entwickelte erste Entwurf der Technologie-Roadmap für solarthermische Kühlung in Österreich wurde anschließend anhand von Interviews und Befragungen mit einer breiteren Masse an Marktakteuren evaluiert. Die Zielgruppen waren dabei Komponentenhersteller (solarthermische Kollektoren, Ab-/Adsorptionskältemaschinen, Lüftungskomponenten, Speicher, Regelungstechnik), Gewerbebetriebe (Hotels, Brauereien, Wäschereien, Lebensmittelmärkte, usw.), Immobilienentwickler, Planungsbüros, Forschungseinrichtungen, und Energieagenturen. Für die Evaluierung wurden für jede Zielgruppe angepasste Interviewleitfäden und Fragebögen erstellt und Auswertungskriterien festgelegt.

4. Maßnahmenkatalog

Auf Basis der Ergebnisse aus den Expertenworkshops und den Interviews und Fragebögen wurde ein Maßnahmenkatalog für folgende Bereiche entwickelt:

- Aufgaben im Bereich Forschung und Entwicklung: zu behandelnde Forschungsfragen;
- Aufgaben im Bereich Rahmenbedingungen: Förderungsarten, gesetzliche Rahmenbedingungen;
- Aufgaben im Bereich Marktverbreitung: Instrumente zur Verbreitung der solaren Kühlung;

Abstract

Motivation

Worldwide the cooling and air-conditioning demand of buildings becomes more and more important. Also for Austria a dramatic increase in energy demand for cooling and air-conditioning of buildings is predicted. These scenarios do not take the effects of climate change into account, which will also lead to an increasing cooling demand. Furthermore, the higher electricity demand for cooling of buildings causes summer peaks, which may lead to high electricity prices and grid connected problems as black-outs. To work against this development on the one hand the cooling demand of buildings must be kept as low as possible; on the other hand the remaining cooling demand must be covered with alternative, environmentally friendly cooling technologies.

Solar thermal cooling is one possibility to cover the cooling demand of buildings, which has the advantage of seasonal simultaneity of solar irradiation and cooling demand. Furthermore, in our climate solar thermal systems can be used not only for cooling, but also for domestic hot water preparation and heating support all over the year.

Content and Goals

Aim of the project was the development of a technology roadmap for solar thermal cooling in Austria involving the relevant market players. The main content of the technology roadmap is the compilation of the actual position, identification of market potentials, technology development and the necessary measures for it. The technology developments are described in short term, medium term, and long term goals as well as the connected market relevance for Austria and the economic development of this technology. Scenarios for a useful interaction with other sustainable thermal cooling technologies like cooling with district heating are analysed to clarify the future position of solar thermal cooling in the Austrian energy supply. The market players of this technology reach from component manufactures, business enterprises, building developers and consultancy engineers to research institutions, energy agencies and political decision maker. All of these groups were involved in the development of the technology roadmap by expert workshops and interviews.

Methodology and Results

The following approach was accomplished to develop a technology roadmap for solar thermal cooling in Austria:

1. Investigation of initial position

Within the investigation of the initial position a picture of the present existing technologies for solar thermal cooling and the used components was prepared. Therefore, technical data and available cost data of the existing plants in Austria were compiled, as well as current research results in this field.

Furthermore, present weak points of the solar cooling technology could be assembled by using these sources.

2. Expert workshops

The aim of these expert workshops was to set up a common approach to promote solar thermal cooling technology until the year 2030 with short, middle and long-term goals.

The workshops were divided in two main contents:

- Scenarios for market and technological development
- Scenarios for Austrian market relevance and cost trends

The result of these expert workshops was a first draft of a technology roadmap for solar thermal cooling in Austria.

3. Evaluation by market players

This first draft of a technology roadmap was then evaluated by relevant market players on the basis of interviews. The target groups were thereby component manufacturers (solar thermal collectors, ab-/adsorption chillers, ventilation systems, storages, control etc.), real estate developers, planners and research institutions. For the evaluation of each target group adapted interview manuals and questionnaires were provided.

4. Packages of measures

On basis of the results from the expert workshops and the interviews, packages of measures for following fields were developed:

- Packages of measures for technology development
- Packages of measures for market penetration
- Packages of measures to promote innovation

1. Zusammenfassung

In den nächsten Jahrzehnten wird mit einem großen Anstieg an Energiebedarf zur Gebäudekühlung sowohl in Österreich, als auch international gerechnet. Solarthermische Kühlung stellt eine energiesparende und ökologische Alternative zur jetzt üblichen Kompressionskältetechnologie dar. Die Vorteile solarthermischer Kühlung liegen in der saisonalen Gleichzeitigkeit von solarer Einstrahlung und Kühlbedarf und der Reduktion der CO₂-Emissionen für Gebäudekühlung. Auch die Kombination von Photovoltaik mit Kompressionskälte bietet diese Vorteile. Wenn man nur die Kühlseite betrachtet, so kann Photovoltaik in Verbindung mit Kompressionskälte zu solarthermischer Kühlung in Zukunft in Konkurrenz stehen. Jedoch liegt der große ökologische Vorteil von solarthermischen Kühlanlagen nicht in der Kühlseite, sondern in der Mehrfachnutzung der Solaranlage für Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung, wodurch, gerechnet für solarthermische Kühlanlagen in Österreich, der Großteil der CO₂-Einsparungen erzielt werden kann. Das größte Marktpotenzial für solarthermische Kühlung liegt im internationalen Markt, in den Ländern mit hohem Solarstrahlungsangebot und damit verbunden auch einem höheren Bedarf zur Gebäude- und Gewerbekühlung. Große Absatzmärkte befinden sich dabei in China, USA, Japan und Südost-Asien. Es besteht jetzt die Chance ein Produktportfolio „solarthermische Kühlung aus Österreich“ zu entwickeln, welches durch seine hohe Qualität bekannt wird.

Derzeit sind bereits für den Leistungsbereich zwischen 5 kW Kälte bis in den Megawatt Bereich thermisch betriebene Kältemaschinen am Markt verfügbar, sowie Anbieter für DEC-Anlagen (Desiccant Evaporative Cooling) ab 4.000 m³/h Luftvolumenstrom. Jedoch sind weltweit lediglich ca. 1000 solarthermische Kühlanlagen installiert und in Österreich davon 21 dokumentierte Anlagen. Die derzeit installierten solarthermischen Kühlanlagen in Österreich wurden entweder von Unternehmen, die auf solarthermische Kühlung spezialisiert sind geplant, gebaut und überwacht, oder wurden von einer Forschungseinrichtung bzw. Universität wissenschaftlich begleitet und werden nun über ein Monitoring ausgewertet. Das Know-how zur Planung und zum Betrieb derartiger Anlagen konzentriert sich daher in Österreich auf wenige Unternehmen und Forschungseinrichtungen bzw. Universitäten.

Die derzeit installierten solarthermischen Kühlanlagen stellen aus heutiger Sicht nicht das technologisch mögliche Optimum dar. Es gibt bedeutendes Potenzial zur Senkung von Kosten und/oder Erhöhung der Leistungen durch technologische Verbesserungen bzw. Neuentwicklungen in den Grundmaterialien (Wärme-Stoffübertragung, Arbeitsstoffpaare), auf Komponentenebene (Wärmetauscher, Rückkühlung) und auf Systemebene (Gesamtanlagenoptimierung).

Insbesondere DEC-Anlagen zeigen in der ganzjährigen Nutzung ein großes Potenzial im mitteleuropäischen Klima, da nicht nur die solarthermische Kühlung im Sommer genutzt werden kann, sondern durch die Feuchterückgewinnung über den Sorptionsrotor im Winter eine sehr gute Energieperformance erreicht werden kann.

Die hier durchgeführten Recherchen, Analysen und Befragungen mit den relevanten Marktakteuren in Österreich im Bereich solarthermische Kühlung haben gezeigt, dass in vielen Bereichen hochqualitative Produkte (Solarkollektoren, Absorptionskältemaschinen) und international anerkanntes Know-how (Forschungsergebnisse, Anlagenplanung und Anlagenbau) vorhanden sind. Diese in den letzten 5 bis 10 Jahren aufgebaute technologische Stärke gilt es nun mit gezielten F&E-Tätigkeiten auf Komponenten- und Systemebene zu fördern, um von den derzeit vorhandenen vereinzelt Demonstrationsanlagen in eine breitere Markteinführung und Konkurrenzfähigkeit zu konventionellen Kühltechnologien zu kommen. Die hier empfohlenen Maßnahmen zur Innovationsförderung reichen daher von Komponentenentwicklung, Investitionsförderung von Demonstrationsanlagen mit hohem Multiplikationsfaktor, bis zur Qualitätssicherung. Weiters gilt es, das bereits erlangte Know-how von einigen wenigen Unternehmen und Forschungseinrichtungen durch gezielte Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen auf eine breitere Masse von Marktakteuren zu verbreiten.

2. Einleitung

2.1 Aufgabenstellung

Ziel dieses Projektes war die Entwicklung einer Technologie-Roadmap für solarthermische Kühlung in Österreich unter Einbindung der relevanten Marktakteure. Derzeit gibt es noch kaum vergleichbare Strategien zur Markteinführung dieser neuen Technologie von anderen Ländern, jedoch steigen immer mehr Hersteller aus unterschiedlichsten Branchen auf die Produktion von Komponenten im Bereich erneuerbare Energien um. Die Technologie-Roadmap soll die mögliche kurz-, mittel- und langfristige Entwicklung des österreichischen Marktes und die damit verbundenen notwendigen Maßnahmen im Bereich solarthermischer Kühlung aufzeigen.

2.2 Schwerpunkte des Projektes

Wesentlicher Inhalt der Technologie-Roadmap sind die Erfassung der Ausgangslage, die Erhebung der Marktpotenziale für relevante Technologien, die Darstellung der technologischen Entwicklung und die dafür notwendigen Maßnahmen. Auch Szenarien für ein sinnvolles Zusammenspiel mit anderen nachhaltigen, thermischen Kühltechnologien wie Kühlen mit Fernwärme wurden erarbeitet, um damit die Position der solarthermischen Kühlung in der zukünftigen österreichischen Energieversorgung zu klären. Die relevanten Marktakteure reichen von Komponentenherstellern (solarthermische Kollektoren, Ab-/Adsorptionskältemaschinen, Lüftungskomponenten, Speicher, Regelungstechnik), Gewerbebetrieben (Hotels, Brauereien, Wäschereien, Lebensmittelmärkte, usw.), Immobilienentwickler und Planungsbüros bis zu Forschungseinrichtungen, Energieagenturen und politischen Entscheidungsträgern. Diese wurden in die Entwicklung der Technologie-Roadmap durch Expertenworkshops und Befragungen eingebunden.

2.3 Einordnung in die Programmlinie „Neue Energien 2020“

Energiestrategische Ziele

Das Projektergebnis soll durch die erstmals ganzheitliche Betrachtung der solarthermischen Kühlung ein Umdenken in Richtung nachhaltiges, thermisches Kühlen erzielen - eine neue Denkweise die den bisher Strom dominierten Kühlbereich auf die im Sommer am meisten vorhandene Ressource Solarenergie umpolt. Ein Beitrag zur Erhöhung der Ressourceneffizienz ist durch Nutzung von solarthermischer Energie zur Kühlung, Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung anstelle von rein stromgeführten Kühlsystemen in Österreich auf jeden Fall gegeben. Vor allem auf die effiziente Verbindung von verschiedenen thermischen Quellen wie Solarenergie und Fernwärme zur Kühlung wird hierbei eingegangen, um im regionalen Kontext Entscheidungskriterien festlegen zu können. Die Technologie-Roadmap soll vor allem dazu beitragen, dass die relevanten

Entscheidungsträger fundierte, mit Energie- und Kostenberechnungen hinterlegte, Entscheidungsgrundlagen zur Forcierung von solarthermischer Kühlung in Österreich erhalten.

Systembezogene Ziele

Die Ressource solarthermische Energie spielt in Österreich bisher für Heizzwecke bereits eine wesentliche Rolle in der energiepolitischen Diskussion. Nun galt es im Rahmen dieses Projektes den nächsten Schritt in der Ressource solarthermische Energie zu gehen, indem die Gebäudekühlung unter Nutzung dieses erneuerbaren Energieträgers als Antrieb ganzheitlich betrachtet wird. Das Projekt zeigt demnach im Bereich solarthermische Kühlung die kurz-, mittel- und langfristigen technologischen Entwicklungen auf und die damit verbundenen organisatorischen und strukturellen Maßnahmen.

Technologiestrategische Ziele

Der Umstieg von rein strombetriebenen Kühlanlagen zu thermisch und solarthermisch betriebener Kühlung verlangt andere Rahmenbedingungen. Neue Dienstleistungen und Produkte sind gefordert, welche von planerischen Dienstleistungen (Haustechnik, Architektur, Städteplanung) über neue Produktspezifikationen im Bereich solarthermischer Kollektoren, Speicher, Lüftungskomponenten, bis zu neuen Entwicklungen im Bereich F&E reichen. Mittels dieses Projektes wurden mit den relevanten Marktakteuren Strategien zur Markteinführung für jeden dieser Einzelbereiche entwickelt.

2.4 Aufbau der Arbeit und verwendete Methoden

Die Vorgehensweise bei der Erstellung der Technologie-Roadmap zur solarthermischen Kühlung in Österreich ist in vier Arbeitsschritte gegliedert:

1. Erhebung der Ausgangslage

Die Ergebnisse im Rahmen der Erhebung der Ausgangslage zeigen ein aktuelles Bild der derzeit vorhandenen Technologien zur solarthermischen Kühlung mit den verwendeten Komponenten. Dazu wurden die technischen Daten und Kostendaten der gebauten Anlagen in Österreich erhoben, sowie die Ergebnisse von Forschungsprojekten in diesem Bereich herangezogen. Die derzeitigen Schwachpunkte der solarthermischen Kühlung wurden anhand von Ergebnissen aus Forschungsprojekten und den gebauten Anlagen erhoben und geben somit wichtige Hinweise für den derzeitigen F&E-Status.

Derzeit relevante Strategien zur Markteinführung von solarthermischer Kühlung aus nationalen und internationalen Studien und Positionspapieren (ASTTP, ESTTP, IEA) wurden in diesem ersten Schritt ebenfalls zusammengefasst und dienen als Ausgangslage für die Entwicklung der Technologie-Roadmap.

2. Expertenworkshops

Im Rahmen dieser Workshops wurde eine gemeinsame Vorgehensweise für die Technologie der solarthermischen Kühlung bis ins Jahr 2030 mit kurz-, mittel- und langfristigen Zielen für die unterschiedlichen Bereiche entwickelt.

Die Workshops wurden in zwei Hauptinhalte unterteilt:

- Szenarien für Markt und technologische Entwicklung
- Szenarien für österreichische Marktrelevanz und Kostenentwicklung

3. Evaluierung durch Marktakteure

Dieser in den Expertenworkshops entwickelte erste Entwurf der Technologie-Roadmap für solarthermische Kühlung in Österreich wurde anschließend anhand von Interviews und Befragungen mit einer breiteren Masse an Marktakteuren evaluiert. Die Zielgruppen waren dabei Komponentenhersteller (solarthermische Kollektoren, Ab-/Adsorptionskältemaschinen, Lüftungskomponenten, Speicher, Regelungstechnik), Gewerbebetriebe (Hotels, Brauereien, Wäschereien, Lebensmittelmärkte, usw.), Immobilienentwickler, Planungsbüros, Forschungseinrichtungen und Energieagenturen. Für die Evaluierung wurden für jede Zielgruppe angepasste Interviewleitfäden und Fragebögen erstellt und Auswertungskriterien festgelegt.

4. Maßnahmenkatalog

Auf Basis der Ergebnisse aus den Expertenworkshops und den Interviews und Fragebögen wurden anhand von energie- und klimapolitischen, volkswirtschaftlichen und technischen Kriterien Maßnahmen für folgende Bereiche festgelegt:

- Aufgaben im Bereich Forschung und Entwicklung: zu behandelnde Forschungsfragen;
- Aufgaben im Bereich Rahmenbedingungen: Förderungsarten, gesetzliche Rahmenbedingungen;
- Aufgaben im Bereich Marktverbreitung: Instrumente zur Verbreitung der solarthermischen Kühlung;

3. Warum solare Kühlung?

3.1 Saisonale Gleichzeitigkeit von Kühllast und solarer Einstrahlung

Die weitgehende Zeitgleichheit (saisonal und über den Tag) zwischen solarem Angebot und auftretender Kühllast in Gebäuden legt den Einsatz von Solarenergie zur Bereitstellung der geforderten Antriebswärme nahe. Entweder treten bedingt durch das Nutzerprofil die höchsten Kühllasten an jenen Stunden auf an denen eine hohe Einstrahlleistung verfügbar ist (z. B.: Bürogebäude), oder die Kühllasten sind stark an die Einstrahlung auf die Gebäudehülle gekoppelt. Unter Mitteleuropäischen Klimabedingungen kann ein vollsolarer Kühlbetrieb typischerweise in der Zeit von etwa 10 Uhr vormittags bis 17 Uhr nachmittags aufrecht erhalten werden. Eine 100-prozentige Deckung der Gebäudekühllast wird über systemtechnische Adaptierungen erreicht. Hier werden entsprechende Wärme- und Kältespeicher sowie thermische Backup-Lösungen, möglichst auf Basis erneuerbarer Energieträger, in das solarthermische Kühlsystem integriert.

3.2 Beitrag zur Erreichung der Kyoto-Ziele

Die thermischen Kälte- bzw. Klimatisierungsverfahren verzichten auf umweltbelastende Kältemittel. In traditionellen Kälte- bzw. Klimatisierungsanlagen werden überwiegend Kältemittel eingesetzt, die ein hohes Potenzial zur globalen Erwärmung aufweisen. Entwicklungen in Richtung natürlicher Kältemittel (Propan, CO₂) bieten hier Alternativen, die jedoch in den derzeitigen Kälte- bzw. Klimatisierungsanlagen noch nicht sehr weit verbreitet sind. Daher werden durch eine Umstellung auf thermische Kälteverfahren klimaschädliche Arbeitsstoffe reduziert. Die Systeme der »solarthermischen Kühlung« verwenden vor allem Sonnenenergie als thermische Antriebsquelle zur Kälteerzeugung. In gut ausgelegten und arbeitenden Anlagen zur »solarthermischen Kühlung« lassen sich gegenüber konventionellen Systemen Primärenergieeinsparungen erzielen. Dies korrespondiert mit einer Reduktion des CO₂-Ausstoßes im Bereich der Klimatisierung und industriellen Kältebereitstellung. In diesem Zusammenhang ist es wichtig, bei der Planung und im Betrieb von solarthermischen Kühlanlagen auf den energieeffizienten Einsatz elektrischer Hilfsenergie zu achten. Das Verhältnis von erzeugter Kühlleistung zu aufgewendeter elektrischer Leistung wird über den elektrischen *Coefficient of Performance* (COP) ausgedrückt. Die elektrische Energie wird im Wesentlichen durch den Antrieb von Pumpen und Ventilatoren des solarthermischen Kühlsystems konsumiert. Durch wissenschaftliches Monitoring des Anlagenbetriebs in nationalen und internationalen solarthermischen Kühlprojekten werden derzeit maximal *Seasonal Performance Factors* (SPF) von 5 bis 6 erreicht, daher in einem Jahr werden mit einer Kilowattstunde Strom 5 bis 6 Kilowattstunden Kälte generiert. Für zukünftige Anwendungen ist der Wert 8 bis 10 anzustreben.

3.3 Beitrag zur Verringerung des Sommer-Peaks

In Ländern mit generell hohem Klimatisierungsbedarf treten insbesondere an heißen Sommertagen erhebliche Lastspitzen (Sommer-Peak) im öffentlichen Stromnetz auf. Komplette Blackouts der Netzversorgung haben sich in den vergangenen Jahren bereits in einigen Industrieländern ereignet. Die Energieversorgungsunternehmen müssen auf den wachsenden Klimatisierungs- und Kühlbedarf durch Ausbau von investitionsintensiven Spitzenlast-Kraftwerken reagieren. Eine Entlastungsstrategie der Stromnetze wird in der Substitution der konventionellen elektrisch angetriebenen Kompressionskälteanlage durch thermisch angetriebene Verfahren gesehen. Im Speziellen ist die solare Antriebswärme aufgrund der Koinzidenz zwischen Kühlbedarf und solarem Strahlungsangebot eine attraktive Technologielösung.

3.4 Komponenten sind am Markt verfügbar

Alle Anlagen-Komponenten der »solarthermischen Kühlung« (thermische Kältemaschine, Solarkollektoren, Kühlturm etc.) sind am Markt verfügbar, jedoch besteht in allen Bereichen Verbesserungs- und Weiterentwicklungspotenzial. Insbesondere sehen Hersteller von Sonnenkollektoren einen Zukunftsmarkt für ihre Produkte im Bereich der »solaren Kühlung«. Der Sonnenkollektor generiert ganzjährig Wärme zur Warmwasserbereitstellung, zur Heizungsunterstützung im Winter und zum thermischen Antrieb der Kühlanlage im Sommer. Durch diese mehrfache Nutzung lässt sich die Investition wirtschaftlich darstellen. Thermische Kältemaschinen äquivalenter Kälteleistung sind derzeit in der Anschaffung um ein Mehrfaches teurer als die konventionelle Kältetechnik. In den vergangenen Jahren wurden insbesondere thermische Kälteanlagen im kleinen Leistungsbereich – daher unter $20 \text{ kW}_{\text{Kälte}}$ – auf den Markt gebracht. Im Bereich der Sonnenkollektoren wurden neue Produkte im Mitteltemperaturbereich 120 bis 180°C entwickelt und diese werden in einzelnen Projekten zum Antrieb von Kältemaschinen im Leistungsbereich bis etwa $1 \text{ MW}_{\text{Kälte}}$ (und vereinzelt bereits darüber) eingesetzt.

4. Technologieüberblick

Verfahren zur solarthermischen Kühlung können generell in elektrische und thermische Systeme unterschieden werden. Elektrische Systeme nutzen photovoltaisch erzeugten Strom zum Antrieb der Kältemaschine und thermische Systeme nutzen die durch Solarkollektoren erzeugte Wärme zum Antrieb der Kältemaschine (benötigen elektrische Energie für Hilfsantriebe). Die vorliegende Roadmap betrachtet allein die Technologieentwicklung der solarthermischen Kühlung bzw. Klimatisierung.

Thermisch angetriebene Kühlprozesse nutzen den Vorgang der physikalischen Sorption, d.h. ein gasförmiger Stoff (Kältemittel) wird entweder an einer festen, porösen Substanz angelagert (Adsorption), oder in einer Flüssigkeit aufgenommen (Absorption) und dabei kondensiert. Eine Wärmezufuhr bewirkt ein „Trocknen“ des Sorptionsmittels (Desorption) und der eingelagerte gebundene Stoff wird verdampft und damit wieder freigesetzt. Durch serielle oder zeitgleiche Nutzung von Sorption und Desorption wird eine kontinuierlich arbeitende Kälteerzeugung bewirkt. Nach der Art der Prozessführung werden Verfahren mit offenem und geschlossenem Kältemittelumlauf unterschieden.

Im Kälteprozess geschlossener Verfahren (Ab- und Adsorptionskältemaschine) wird in erster Linie Kaltwasser erzeugt. Das Kaltwasser nimmt auf niedrigem Temperaturniveau die Wärme des zu kühlenden oder zu klimatisierenden Gebäudebereiches auf und führt diese dem thermischen Kälteprozess zu. Die thermische Kältemaschine erwirkt einen Temperaturhub vom Niveau der Nutzkälte auf das Niveau der Umgebung unter Verwendung von hohen Antriebstemperaturen. Der klassische Kompressionskälteprozess verwendet einen mechanisch angetriebenen Kompressor zur Kaltwassererzeugung während die Ab- und Adsorptionskältemaschinen Antriebswärme für einen „thermischen Kompressor“ benötigen. Sowohl die Antriebswärme als auch die Nutzkälte wird typischerweise an die Umgebung bzw. Umgebungsluft abgeführt.

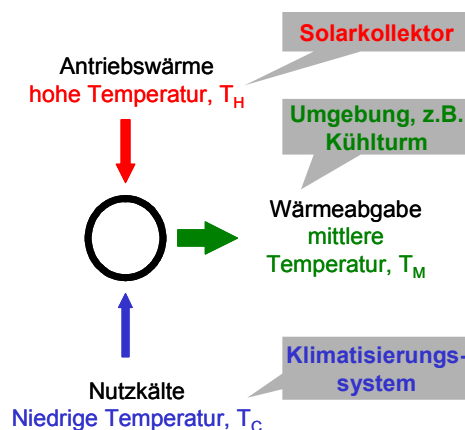


Abbildung 1: Energiebilanz eines thermischen Kälteprozesses (Ersteller: Fraunhofer ISE, 2007)

Dem ersten Hauptsatz der Thermodynamik folgend, setzt sich die Summe der Wärmeströme, die an die Umgebung abgegeben wird, aus der auf hohem Temperaturniveau aufgenommenen Antriebswärme und der auf tiefem Temperaturniveau in den Kälteprozess aufgenommenen Wärme (Nutzkälte) zusammen. Abbildung 1 verdeutlicht die Wärmebilanz einer thermischen Kältemaschine inklusive der drei unterschiedlichen Temperaturniveaus. Als charakteristische Kennzahl zur Beschreibung des energetischen Verhaltens einer thermisch angetriebenen Kältemaschine wird der so genannte thermische Wirkungsgrad COP - *Coefficient of Performance* - (oder auch $EER_{thermal}$: thermal Energy Efficiency Ratio) definiert (siehe Gleichung 1). Der $COP_{thermisch}$ entspricht dem Verhältnis aus nutzbarer Kälte zu eingesetzter Antriebswärme.

$$COP = \frac{Nutzen}{Aufwand} = \frac{\dot{Q}_{Niedrig}}{\dot{Q}_{Hoch}} = \frac{\dot{Q}_{Kälte}}{\dot{Q}_{Antrieb}} \quad \text{Gleichung 1}$$

Tabelle 1: Antriebstemperaturen – Kälteleistung – erforderliche Kollektortypen (Quelle: IEA SHC TASK38 Solar Cooling Position Paper, 2011)

Type of system	Water chillers (closed thermodynamic cycles)						Direct air treatment (open thermodynamic cycles)	
Physical phase of sorption material	Liquid			Solid			Liquid	Solid
Sorption material	Water	Lithium-bromide		Zeolite	Silica gel	Lithium-chloride	Lithium-chloride	Silica gel (or zeolite), cellulose matrix with lithium-chloride
Refrigerant	Ammonia	Water		Water	Water	Water	Water	Water
Type of cycle ⁽¹⁾	1-effect	1-effect	2-effect	1-effect	1-effect	1-effect	Cooled sorption process	Desiccant rotor
$EER_{thermal}$ range	0.5-0.75	0.65-0.8	1.1-1.4	0.5-0.75	0.5-0.75	0.5-0.75	0.7-1.1	0.6-0.8
Driving temperature range, °C	70 ... 100 120 ... 180 ⁽²⁾	70 ... 100	140 ... 180	65 ... 90	65 ... 90	65 ... 90	60 ... 85	60 ... 80
Solar collector technology ⁽³⁾	FPC, ETC SAT ⁽²⁾	FPC, ETC	SAT	FPC, ETC	FPC, ETC	FPC, ETC	FPC, ETC, SAHC	FPC, ETC, SAHC

Legende:

- ¹⁾ *1-effect*: 1-stufiger thermodynamischer Kreislauf; *2-effect*: 2-stufiger thermodynamischer Kreislauf mit interner Kaskade
- ²⁾ Gültig für Kaltwassertemperaturen deutlich unter Gefrierpunkt, d.h. < 0°C
- ³⁾ Abkürzungen für die thermischen Solarkollektortechnologien: FPC = Flat Plate Collector (Flachkollektor); ETC = Evacuated Tube Collector (Vakuum-Röhrenkollektor); SAT = Single

Axis Tracking (Einachsig nachgeführte Solarkollektoren, d.h. Parabolrinnenkollektor oder Fresnel-Kollektor); SAHC = Solar Air Heating Collector (Solarluftkollektor)

Im Gegensatz zu den geschlossenen Systemen, hat das Kältemittel (Wasser) bei offenen Systemen Kontakt mit der Atmosphäre. Während geschlossene Systeme neben der Klimatisierung auch zur Kälteerzeugung verwendet werden können, beschränkt sich die Anwendung offener Systeme auf die Gebäudeklimatisierung. Eine Übersicht zu solarthermisch angetriebenen Kühl- bzw. Klimatisierungsverfahren und ausgewählte spezifische Systemkennzahlen zeigt Tabelle 1, Quelle: [1].

4.1 Derzeit verwendete Technologien

4.1.1 Absorptionskältemaschine - Funktionsprinzip

Die Absorptionskältemaschine arbeitet nach dem Funktionsprinzip des geschlossenen Kreisprozesses gleich der klassischen Kompressionskältetechnologie und erzeugt Kaltwasser, kalte Sole oder Kaltluft auf unterschiedlichen Temperaturniveaus – je nach Anforderung an die Kühlaufgabe. Die Kälteerzeugung wird durch Verdampfung eines Kältemittels auf niedrigem Druck- und Temperaturniveau erreicht. Dabei wird der Umgebung Wärme entzogen und dem Verdampfungsprozess zugeführt, die so genannte Nutzkälte entsteht und geeignete Kaltwassertemperaturen werden zur Verfügung gestellt. Weiters wird der Kältemitteldampf bei Verdampfungsdruck von einer geeigneten Flüssigkeit absorbiert. Bei diesem Einlagerungsvorgang wird Absorptionswärme (im wesentlichen Kondensationswärme) frei, die dem Kälteprozess an dieser Stelle über eine Rückkühleinheit entzogen wird (siehe Abbildung 2), Quelle: [2].

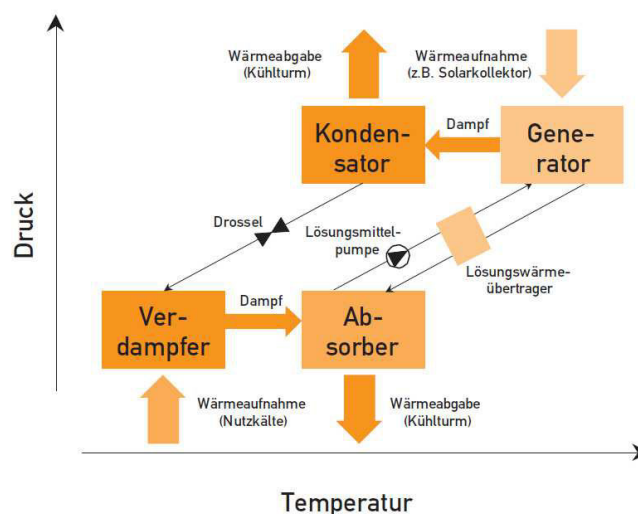


Abbildung 2: Funktionsprinzip Absorptionskältemaschine
(Quelle: Broschüre MA27, 2007)

Um einen kontinuierlichen Kreisprozess technisch zu realisieren, wird das gelöste Kältemittel durch Wärmezufuhr auf hohem Temperaturniveau und hohem Kondensatordruck ausgetrieben. Die mechanische Verdichtungsarbeit zwecks Systemdruckerhöhung ist bei der Absorptionskältemaschine im Vergleich zur konventionellen Kompressionskälte weniger energieintensiv, da hier eine Flüssigkeit auf Kondensatordruck gebracht wird. Nachfolgend wird bei Umgebungs- bzw. Kühlturmtemperatur der Kältemitteldampf durch Wärmeabfuhr wieder kondensiert. Das flüssige Kältemittel wird über eine Drossel vom Kondensator- auf Verdampferdruck gesenkt (siehe auch Abbildung 2).

Am Markt verfügbare Absorptionskältemaschinen arbeiten mit unterschiedlichen Arbeitspaaren. Je nach Wahl des Arbeitspaares lässt sich sowohl Plus- ($>0^{\circ}\text{C}$) als auch Minuskälte ($<0^{\circ}\text{C}$) generieren. D.h. mit Absorptionskältemaschinen, die Ammoniak/Wasser als Stoffpaar verwenden, kann auch Eis erzeugt werden. Absorptionskältemaschinen werden auch mehrstufig gebaut und arbeiten dann mit höheren Antriebstemperaturen. Im Vergleich zur 1-stufigen Bauausführung arbeiten sie im Nennbetriebspunkt mit deutlich besseren thermischen Wirkungsgraden COP_{th} (siehe Tabelle 1).

4.1.2 Adsorptionskältemaschine

Adsorptionskältemaschinen verdampfen und adsorbieren ein Kältemittel, wobei überwiegend Wasser als Kältemittel eingesetzt wird. Analog zur Absorptionskälte wird durch Verdampfung des Kältemittels Wärme der Umgebung entzogen, der nutzbare Kälteeffekt entsteht. Das verdampfte Kältemittel wird sodann an porösen Feststoffen angelagert, Adsorptionswärme (im wesentlichen Kondensationswärme) wird frei. Die Regenerierung (Austreiben) des Sorptionsmittels aus dem porösen Festkörper erfolgt anschließend mittels Wärmezufuhr. Die beiden wesentlichen Prozesse der Ad- und Desorption des Kältemittels erfolgen in der realen Adsorptionskältemaschine in zwei getrennten Kammern und finden zur gleichen Zeit statt. D.h. während in der Adsorberkammer Kältemittel am Adsorptionsmaterial angelagert wird bis sich ein festgelegter Sättigungszustand einstellt, bewirkt die gleichzeitige Wärmezufuhr auf hohem Temperaturniveau das Austreiben des Kältemittels aus dem festen Sorptionsmittel in der Desorberkammer. Nach Ablauf dieses Vorganges wird der Prozess umgedreht. Folglich arbeitet die Adsorptionskältemaschine in einer getakteten, quasikontinuierlichen Betriebsweise.

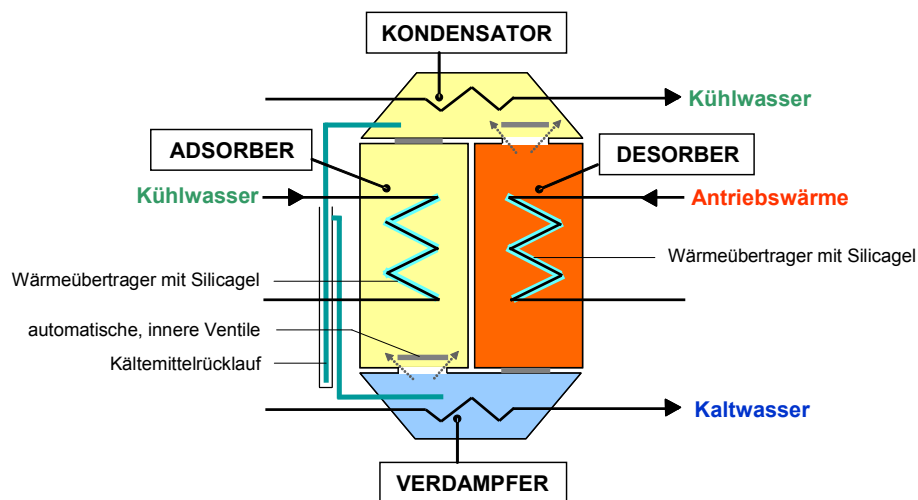


Abbildung 3: Arbeitszyklus einer Adsorptionskältemaschine (Quelle: SOLAIR, 2009)

Der Arbeitszyklus einer Adsorptionskältemaschine ist in Abbildung 3 dargestellt [3] und kann wie folgt strukturiert werden:

Erster Schritt – Das im Sorptionsmaterial gebundene Kältemittel wird durch Wärmezufuhr mittels Heißwasser ausgetrieben und ist dampfförmig.

Zweiter Schritt – Das gasförmige Kältemittel kondensiert und die Kondensationswärme wird über den Kühlwasserkreis an die Umgebung abgeführt.

Dritter Schritt – Das Kondensat wird in den Verdampfer gesprüht und verdampft erneut bei geeignetem Unterdruck in der Verdampferkammer. Die Kälte entsteht durch die starke Adsorption des Wasserdampfes am Adsorptionsmittel, was zu einem Unterdruck im Verdampfer und somit Verdampfung bei geringen Temperaturen führt.

Vierter Schritt – Der erzeugte Kältemitteldampf lagert sich an der porösen Oberfläche des Sorptionsmittels an. Die entstehende Adsorptionswärme wird an die Umgebung abgeführt.

4.1.3 Sorptionsgestützte Klimatisierung

Neben den geschlossenen Kältekreisläufen ist als offenes Verfahren die sorptionsgestützte Klimatisierung (SGK), auch Desiccant Evaporative Cooling (DEC) genannt, verfügbar. Offene Sorptionsanlagen erfüllen die kompletten Anforderungen an die Klimatechnik und behandeln die Zuluft direkt als Kälteträger. D.h. die Raumlufttemperatur und -feuchte wird allein über die aufbereitete Zuluft kontrolliert. Im Wesentlichen verwendet die SGK-Technologie drei Prinzipien der Luftbehandlung: Lufttrocknung durch Ab/Adsorption, direkte Verdunstungskühlung und Wärmerückgewinnung. Die Verdunstungskühlung ermöglicht den Verzicht auf chemische Kältemittel und die sorptive Luftentfeuchtung vermeidet die energieintensive Erzeugung von Kaltwasser unter den Taupunkt benötigt aber im Normalfall eine Wasseraufbereitung. Die Wärmezufuhr auf dem

Temperaturniveau von 55 bis 90 °C ist notwendig, um das Sorptionsmaterial wieder zu regenerieren (trocknen). Abbildung 4 stellt eine Standardkonfiguration der SGK-Technik und seine technischen Komponenten dar.

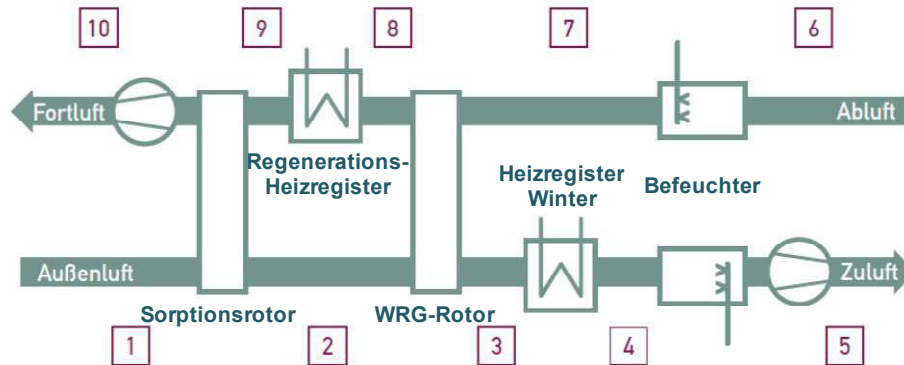


Abbildung 4: Standardkonfiguration einer DEC-Anlage (Quelle: Broschüre MA27, 2007)

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

Mit offener sorptionsgestützter Klimatisierung in der vorgestellten Standardkonfiguration lassen sich prozessbedingt und aufgrund der thermodynamischen Grenzen Zulufttemperaturen unter 16°C nicht erreichen. D.h. ohne technische Adaptionen der Standardkonfiguration, z. B. Kombinationen mit zusätzlicher Kompressionskältetechnik, beschränkt sich der Einsatzbereich dieser Technologie auf Raumklimatisierung mit entsprechend geringen Wärmelasten. Mit üblichen Luftwechselzahlen für Klimaanlage in Gebäuden, z. B. 1 bis 2,5, können spezifische Kühllasten von 15 bis 30 W/m² bewältigt werden. Moderne Gebäude in Mitteleuropa weisen geringe Kühllasten auf, die mit der

solarthermisch angetriebenen SGK-Technologie bewältigbar sind. Es ergibt sich ein ganzjähriger energieeffizienter Anlagenbetrieb insbesondere durch die winterliche Nutzung der Wärme- und ganz besonders der Feuchterückgewinnung mittels der beiden Rotoren. Hier werden Rückwärmezahlen der sensiblen Wärme im Bereich von 80 bis 90% erzielt, plus der Effekt der Feuchterückgewinnung, der je nach Rahmenbedingungen erhebliche Einsparungen an Aufheizenergie von Luftbefeuchtern bringen kann.

4.2 Geeignete Kollektortechnologien

Solarthermische Kühl- und Klimatisierungssysteme werden in Abhängigkeit von der geforderten Antriebstemperatur für thermische Kühl- bzw. Klimatisierungsprozesse mit unterschiedlichen Kollektortechnologien kombiniert. Arbeiten die thermischen Kühl- bzw. Klimatisierungsprozesse mit Antriebstemperaturen im Bereich zwischen etwa 60°C bis 110°C, so sind marktübliche Kollektortechnologien einsetzbar. Abbildung 5 zeigt die Zuordnung der Kollektoren auf Basis ihrer typischen Wirkungsgradkennlinien zu typischen Antriebstemperaturen der verschiedenen thermischen Kühl- bzw. Klimatisierungsverfahren. Generell fällt mit steigenden Betriebstemperaturen der Kollektorstufenwirkungsgrad und bei thermischen Kälte- bzw. Klimatisierungsverfahren mit hohen Antriebstemperaturen wird der Einsatz von Kollektortechnologien mit geringen thermischen Verlusten gegenüber der Umgebung notwendig.

Als erste Orientierung welche Kollektortechnologie sich für welches thermisches Kälte- bzw. Klimatisierungsverfahren aus technischer Sicht eignet, wird folgende Auflistung gegeben [4]:

- Für das offene Verfahren der sorptionsgestützten Klimatisierung DEC liefern stationäre CPC Kollektoren (*compound parabolic concentrator*), Flachkollektoren und Solarluftkollektoren ausreichend hohe Temperaturen, um die Regeneration des Sorptionsmaterials zu bewirken.
- Adsorptionskältemaschinen ADS lassen sich mit der solaren Wärme aus Flachkollektoren, stationären CPC-Kollektoren und Vakuum-Röhrenkollektoren thermisch antreiben.
- Für den thermischen Antrieb von 1-stufigen Absorptionskältemaschinen (1-ABS) werden typischerweise stationäre CPC-Kollektoren, Vakuum-Röhrenkollektoren und effiziente Flachkollektoren eingesetzt.
- Der Betrieb von 2-stufigen Absorptionskältemaschinen (2-ABS) erfordert hohe Antriebstemperaturen und dies erzwingt den Einsatz von effizienten Vakuum-Röhrenkollektoren. Außerdem finden hier konzentrierende Kollektortechnologien, wie zum Beispiel Parabolrinnen-Kollektoren oder Fresnel-Kollektoren, mit einachsiger oder sogar zweiachsiger Nachführung ihr Einsatzgebiet.

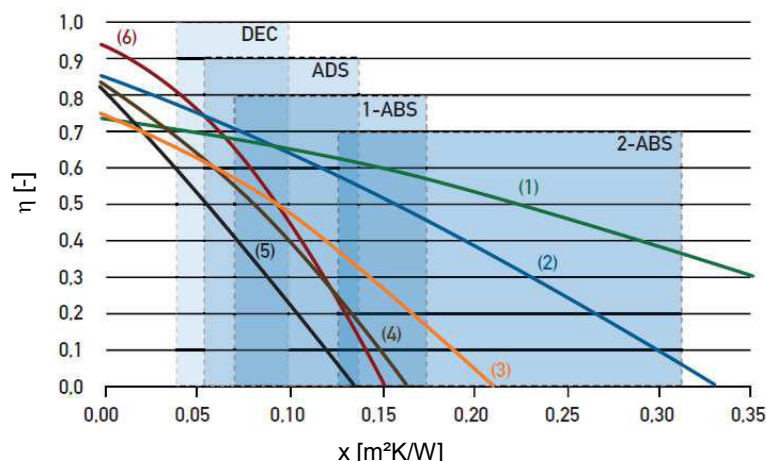


Abbildung 5: Kollektorkennlinien unterschiedlicher solarthermischer Kollektoren und deren Einsatzgebiet als Antrieb für thermische Kühlverfahren (Quelle: Handbook, 2004)

Legende:

DEC	Desiccant Evaporative Cooling – Sorptionsgestützte Klimatisierung
ADS	Adsorptionskältemaschine
1-ABS	1-stufige Absorptionskältemaschine
2-ABS	2-stufige Absorptionskältemaschine mit interner Kaskade
(1)	Stationär konzentrierender Kollektor (Sydney-type)
(2)	Vakuum-Röhrenkollektor direkt durchströmt
(3)	Vakuum-Röhrenkollektor
(4)	Selektiv beschichteter Flachkollektor
(5)	Solarluftkollektor
(6)	Stationärer CPC-Kollektor
η	Kollektorwirkungsgrad [-]
x	$(T_f - T_a)/G$ [m²K/W]
T_f	Mittlere Temperatur Fluid [°C]
T_a	Außentemperatur [°C]
G	Solare Einstrahlung [W/m²]
m^2	abhängig von Kollektortyp: Absorberfläche, Aperturfläche, Bruttofläche

4.3 Neue technologische Trends

Die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten F&E mit dem Ziel die solarthermische Kühl- bzw. Klimatisierungssysteme energieeffizienter und zuverlässiger zu gestalten, erstrecken sich von der Untersuchung und Entwicklung neuer Arbeitsmaterialien über die Verbesserung der einzelnen Komponenten bis hin zum gesamten Systemdesign. Die nachfolgende Liste zu den F&E-Aktivitäten

sind im Wesentlichen dem Solar Cooling Position Paper [11] vom August 2011 der IEA SHC TASK38 ‚Solar Air-Conditioning and Refrigeration‘ des Implementing Agreements on Solar Heating and Cooling entnommen.

Materialien

Schwerpunkt dieser Forschungsarbeiten ist die Verbesserung der Sorptionsmaterialien sowohl für die flüssigen als auch die festen Arbeitsstoffe. Diese Materialien haben das Potenzial eine kompakte Bauweise der Anlage zu ermöglichen und bei gleichzeitiger Verbesserung des Stoff- und Wärmetransports im Kälteprozess wird erwartet, dass sich die Anschaffungs- und Betriebskosten weiterhin senken lassen. Im Bereich der Absorption wird beispielsweise an tailor-made Absorbentien, d.h. ionische Flüssigkeiten, gearbeitet. Im Bereich der festen Sorbentien für Adsorptionskältemaschinen werden ebenso neue Materialien untersucht.

Komponenten

F&E-Aktivitäten auf Komponentenebene konzentrieren sich auf die technische Verbesserung des Kälteprozesses und des Solarkollektors. Vielversprechende Arbeiten auf Komponentenebene sind:

- Die Integration des Generators der thermisch angetriebenen Kältemaschine in den Solarkollektor führt zu einer kompakteren Bauweise und reduziert Wärmetransportverluste. Diese Entwicklungen zielen auf hohe Energieeffizienz und Verminderung der Systemkosten ab.
- 2-stufige Absorptionskältemaschinen werden für den kleineren Leistungsbereich entwickelt und erreichen hohe Effizienz in der Kälteerzeugung bei hohen Antriebstemperaturen. Dies schließt die Lücke der fehlenden effizienteren Kälteerzeugung mit COP größer 1 für Anwendungen im kleinen Leistungsbereich.
- Offenen Verfahren werden hinsichtlich der Verwendung sowohl von flüssigen als auch von festen Sorptionsmaterialien beforscht. Einerseits wird das offene Verfahren für Anwendungen im kleineren Leistungsbereich adaptiert und andererseits wird an der Verbesserung des Wärme- und Stofftransports gearbeitet. Insbesondere die Flüssigsorption ermöglicht eine verlustfreie Energiespeicherung in Salzlösung und bewirkt eine zeitliche Entkopplung der Regenerations- von der Beladungsphase.
- Die einachsige nachgeführte Solarkollektortechnologie, die solare Wärme auf dem Temperaturniveau von 150°C bis 250°C erzeugt, ist eine vergleichsweise neue Entwicklung und Kosteneinsparungen werden in der Verwendung neuer Materialien und dem Einsatz neuester Produktionstechnologien gesehen.

- Für die nicht nachgeführten Kollektortechnologien gibt es im Temperaturbereich etwa von 80°C bis 110°C weiteres Potenzial die Energieeffizienz zu verbessern und auch hier werden neuste Produktionstechnologien die Solarsystemkosten senken können.

Systeme

Pre-engineered System - Einzelne Solarfirmen und Systemanbieter bieten mittlerweile Komplettpakete zur solarthermischen Kühlung an. Dies betrifft überwiegend den kleinen Leistungsbereich unter 20 kW_{Kälte}. Ein hoher Vorfertigungsgrad reduziert den Planungs- und Installationsaufwand und minimiert das Risiko von Fehlern im Zusammenbau und bei der Installation vor Ort. Ein verbessertes Betriebsverhalten der Gesamtanlage wird über die Bereitstellung erprobter Regelungsstrategien gewährleistet.

Custom-made Systems - Kundenspezifische solarthermische Großkühlanlagen entstehen derzeit weltweit im Leistungsbereich einiger 100 kW_{Kälte} mit mehreren 1000 m² Solarkollektorfläche. Insbesondere werden neueste Produkte konzentrierender Kollektortechnologien (z.B. Fresnel-Kollektor mit linienfokussierendem System, einachsig nachgeführte Primärspiegelstreifen) und der Absorptionskältetechnik (2 oder sogar 3-Stufig) kombiniert, um mit hoher primärenergetischer Effizienz Kaltwasser für Gebäudekühlung und Industriekälte bereitzustellen. Die Reduzierung der derzeitigen Anlagenkosten auf der Systemebene ist möglich.

5. Wirtschaft

5.1 International

5.1.1 Gebaute solarthermische Kühlanlagen

Laut aktuell vorhandenen Daten vom April 2010 des IEA SHC Task 38 – „Solar Air Conditioning and Refrigeration“ sind 267 gebaute solarthermische Kühlanlagen weltweit dokumentiert. Schätzungen von Experten gehen von einer tatsächlich gebauten Anzahl solarthermischer Kühlanlagen von ca. 1000 aus. Für die dokumentierten 267 solarthermischen Kühlanlagen wurden vorwiegend die Kältemaschinen folgender Hersteller verwendet: Rotartica, Climatwell, EAW, Sortech, Pink, Sonnenklima und Yazaki.

Abbildung 6 zeigt, dass der Fokus solarthermischer Kühlanlagen derzeit in Europa liegt und hier Spanien mit 47% aller erbauten solarthermischen Kühlanlagen signifikant hervorsteicht.

Österreich gehört mit 8% der erbauten solarthermischen Kühlanlagen weltweit zu den Top 3 Staaten, lediglich Deutschland und Spanien haben noch mehr solarthermische Kühlanlagen.

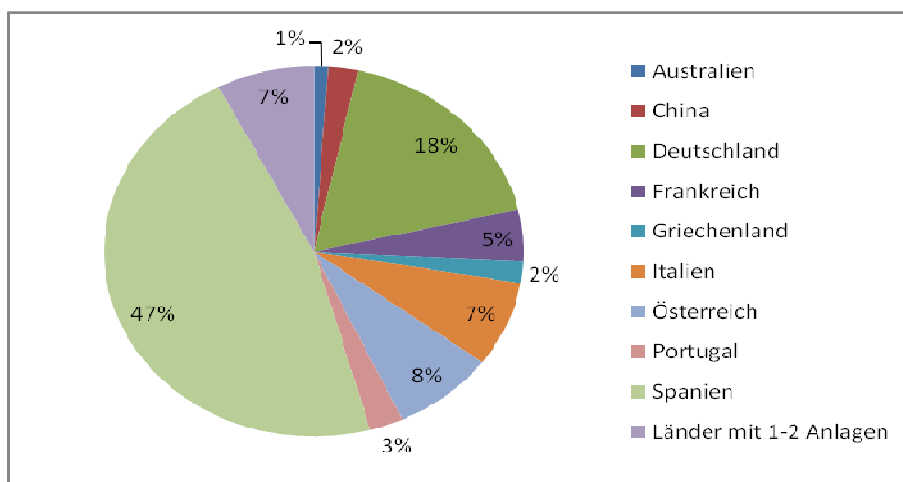


Abbildung 6: Einteilung erbauter solarthermischer Kühlanlagen nach Ländern (Ersteller: AIT, 2011)

International gesehen werden mehr als die Hälfte der solarthermischen Kühlanlagen (54%) zur Bürokühlung eingesetzt. Der zweitstärkste Sektor sind Ein-/ und Mehrfamilienhäuser mit 16% aller gebauten solarthermischen Kühlanlagen (siehe Abbildung 7). Die restlichen 30% sind jedoch sehr stark differenziert in der Anwendung bei Altenheimen, Arztpraxen, Ausstellungsräumen, Bibliotheken, Gewächshäusern, Hotels, Industrie, Kantinen, Krankenhäusern, Kommunikationsflächen, Museen, Schulen, Sportzentren, Veranstaltungssälen und Weinkellern. Immerhin 6% der dokumentierten solarthermischen Kühlanlagen sind reine Laboraufbauten und werden daher vorwiegend für Forschungszwecke verwendet.

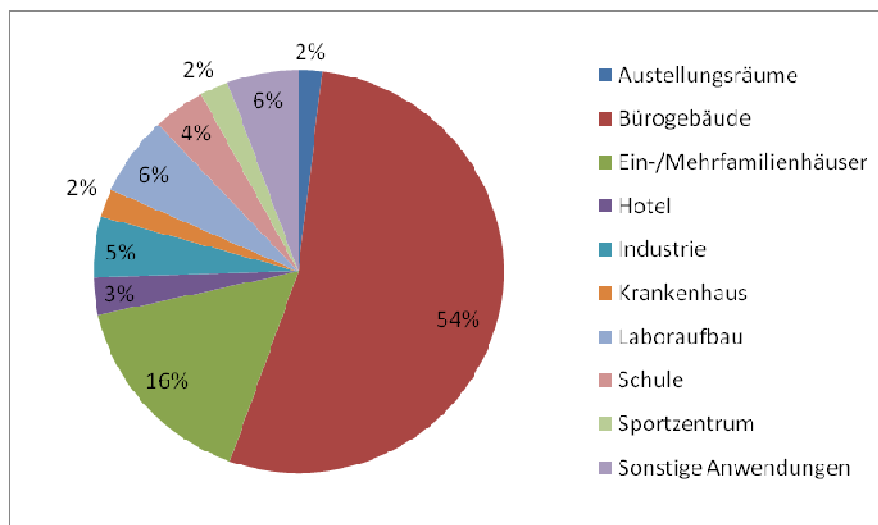


Abbildung 7: Anwendungen für solarthermische Kühlung (Ersteller: AIT, 2011)

5.1.2 Forschungsagenden international

Im folgenden Abschnitt sind die F&E-Tätigkeiten laut einer aktuellen Studie der ESTTP – European Solar Thermal Technology Platform [5] zusammenfassend für die Technologie solarthermische Kühlung dargestellt.

Grundlagenforschung:

Grundlagenforschung mit dem langfristigen Ziel der Optimierung thermisch betriebener Kühlverfahren ist erforderlich. Ziele Grundlagenforschung:

- höhere COP (thermisch und elektrisch)
- kompaktere Kältemaschinen
- Kältemaschinen mit niedrigeren Antriebstemperaturen

Forschung auf dem Gebiet neuer Sorptionsmaterialien, neue Beschichtungen mit Sorptionsmaterialien auf Wärmeaustauschern, neue Stoff-Wärmeübertragungskonzepte und der Entwurf neuer thermodynamischer Zyklen sind erforderlich. Grundlagenforschung ist auch für Wärme- und Kältespeicher erforderlich, welche PCM-Materialien und thermo-chemische Reaktionen nutzen.

Tätigkeiten Grundlagenforschung:

- Entwicklung neuer, in hohem Grade poröser Sorptionsmaterialien, unter Verwendung der Adsorptionschemie; Eigenschaften bei Wärmeübertragung; Ionenflüssigkeiten als Arbeitspaare bei Flüssigsorption;
- Beschichtungen mit Sorptionsmaterialien auf verschiedene Metallsubstrate für optimierte Wärme- und Stoffübertragung
- Mikro-Fluid Systeme für kompakte, hocheffiziente Wärmeaustauscher in Sorptions-/ und Desorptionsprozessen

- Neue Sorptions-Wärmetauschertrizen, wie geschäumtes Metall
- Nano-beschichtete Oberflächen in Wärmeaustauschern zur Verringerung von Reibungsverlusten während des Wasserdurchflusses
- Neue Materialien für Wärme- und Kältespeicher auf unterschiedlichen Temperaturniveaus mit hohen Speicherdichten
- Neue Prozesse (hoher Temperaturhub; 2-stufige, 3-stufige und neue offene Sorptionsverfahren) mit optimierter interner Wärmerückgewinnung für hohe COPs
- Werkzeuge zur Performance-Analyse, wie Exergy Analysen, Lebenszyklusanalysen und Vergleichsmethoden zur Bewertung von neuen Konzepten
- Fortgeschrittene Simulationswerkzeuge zur Modellierung auf unterschiedlichen Ebenen, beginnend auf molekularer Ebene (Sorptionsphänomene) bis zur Anlagenebene

Angewandte Forschung:

Der Hauptfokus der angewandten Forschung liegt in der Entwicklung von Kältemaschinen und Komponenten basierend auf neuen Ansätzen. Angewandte Forschung beinhaltet auch die Entwicklung von Prüfmethoden zur Standardisierung von thermisch betriebenen Kühlverfahren.

Tätigkeiten angewandte Forschung:

- Integration von neuen Wärmetauscherkonzepten, welche in Grundlagenforschung entwickelt wurden, in Kältemaschinenkonzepte
- Fortgeschrittene Kältemaschinen basierend auf neuen thermodynamischen Prozessen, einschließlich hybride Sorptions-Kompressions-Systeme zum alternativen Betrieb mit Wärme und Strom
- Kleinst-Kompaktkältemaschinen im Leistungsbereich zur Kühlung einzelner Räume. Diese Kältemaschinen könnten zum Einsatz in Fahrzeugen adaptiert werden.
- Adaptierung von Kältemaschinen für solarthermischen Betrieb; z.B. unter variablen Temperatur- und Leistungsbedingungen (sehr flexible Prozesse)
- Fortgeschrittene Austreiberprozesse welche unterschiedliche Arbeitsstoffpaare nutzen, angepasst für unterschiedliche Anwendungen
- Fortgeschrittene offene Verfahren mit Flüssigsorptionsmaterialien (hohe Speicherdichten)
- Direkt gekühlte offene Sorptionsverfahren mit festen Sorptionsmaterialien mit hohem Entfeuchtungspotenzial für warme, feuchte Klimaregionen
- Fortgeschrittene Regelungskonzepte für Komponenten und Anlagen, einschließlich selbstlernende Regelung, Fuzzy Logik und adaptive Regelung
- Bewertung von neuen Rückkühloptionen welche Luft oder Erde als Wärmesenke nutzen. Rückkühlwerke müssen für unterschiedliche Größen und Temperaturniveaus von thermisch getriebenen Kühlverfahren adaptiert werden; Reduzierung von Wasserbedarf, Gesundheitsrisiken, Strombedarf, Investitionskosten, Wartungs- und Betriebskosten;

- Fortgeschrittene Modelle und Simulationswerkzeuge für thermodynamische Analysen von Anlagen und um die Planung und Auslegung von Anlagen zu unterstützen
- Integration von solarthermischer Kühlung in Industrieprozesse
- Optimierung von großen solarthermischen Kühlanlagen
- Fortgeschrittene Regelungskonzepte für solarthermische Kühlanlagen (Solaranlage, Kälteerzeugung und Kältespeicherbeladung/-entladung)

Demonstration und Technologietransfer:

- Verfahren und Leitfäden für Abnahme
- Hydraulische Konzepte, Auslegungsleitfäden und bewährte Betriebs- und Wartungskonzepte für Gesamtanlagen
- Identifikation von viel versprechenden Industrieanwendungen für solarthermische Kühlung
- Langzeitmonitoring von unterschiedlichen Systemen mit unterschiedlichen Konfigurationen, Leistungen, klimatischen Bedingungen und Betriebskonditionen
- Set an Standards für Komponenten und Gesamtanlagen
- Dokumentierte Erfahrungen zum praktischen Betrieb von installierten Anlagen
- Entwicklung von entsprechenden Ausbildungsunterlagen für unterschiedliche Zielgruppen und Ausbildungslevels

5.1.3 Förderinitiativen international

Ein beispielhaftes Förderprogramm wurde in Frankreich gestartet. Nach einem Jahr Vorbereitungszeit konnte in Frankreich das Programm „programme de développement de systèmes de climatisation/chauffage solaire“ zur Förderung von Pilotanlagen von solarthermischer Kühlung gestartet werden. Das Förderprogramm startete im Jänner 2010 und endet im Juni 2012. 15 bis 30 gut funktionierende Anlagen zur solarthermischen Heizung und Kühlung sollen durch diese Initiative unterstützt werden. Förderfähig sind Anlagen mit einer nominalen Kühlleistung zwischen 5 und 200 kW. Die priorisierten Zielgruppen sind große Gebäude des Dienstleistungssektors, der Industrie sowie Landwirtschaft und Lebensmittelverarbeitung.

Es gibt drei verschiedene Förderungsbereiche:

Machbarkeitsstudien:

50 – 70 % der Kosten für eine Machbarkeitsstudie werden übernommen – abhängig von der Region. Bei der Einreichung eines Projektes ist eine Checkliste mit 20 Fragen zu beantworten. Um eine Förderung beanspruchen zu können, muss eine Mindestpunktzahl erreicht werden.

Anlagen bzw. Bau der Anlagen:

Die Investitionsförderung wird zu Beginn des Projektes ausbezahlt und ist abhängig von der nutzbaren Energie pro Jahr, wie in der Machbarkeitsstudie geplant. Z. B. 35.000,- Euro pro Tonne

Öl-Äquivalent, entsprechend 11.628 kWh. Die durchschnittliche Förderhöhe über 20 Jahre beträgt damit ca. 0,15 Euro/kWh. Der Gesamtbetrag der Förderung ist durch den europäischen maximalen Förderungslevel für Projekte im Bereich erneuerbarer Energien, abhängig von der Zielgruppe, limitiert:

- Große Unternehmen: 60 %
- Kleine und Mittlere Unternehmen: 70 %
- Öffentliche und sehr kleine Unternehmen: 80 %

Monitoring:

Die Kosten für das Material werden zu 100 % gefördert, höchstens jedoch 10.000 Euro. In den ersten zwei Jahren wird die Arbeitszeit für das Monitoring mit 50 % gefördert, höchstens jedoch 15.000,- Euro.

Folgende Anforderungen müssen erfüllt werden:

- Minimum an nutzbarer Energie (gilt für ganz Frankreich) beträgt 450 kWh/m²a inkl.:
 - Heizung: nutzbare Heizenergie vom Speicher; ohne Backup
 - Kühlung: nutzbare Kühlenergie bereitgestellt vom Verdampfer, geteilt durch ein Verhältnis von 0,6 für Absorptionskältemaschinen und 0,4 für Adsorptionskältemaschinen.
 - Es ist möglich 2-stufige Kältemaschinen mit einem Verhältnis von 1 anzusetzen
- Die minimale elektrische Jahresarbeitszahl muss 5 betragen. Dies ist ein berechneter Effizienzwert während eines Monitorings – das Verhältnis zwischen nutzbarer Heiz- und Kühlenergie und des gesamten elektrischen Verbrauchs der Hilfsgeräte des solarthermischen Systems (außer Verteilpumpen und Backup-System).

Anforderungen an das Installationsunternehmen:

- Mindestens zwei Referenzanlagen mit großen solarthermischen Anlagen mit mehr als 30 m²
- OPQIBI-Zertifikat

Ademe in Kooperation mit den regionalen Ämtern stellt die finanziellen Mittel zur Verfügung. Die Verfügbarkeit ist für 15 bis 30 Installationen gegeben. Drei bis sechs Anlagen sind im Jahr 2010, fünf bis zehn Anlagen in den Jahren 2011 und 2012 vorgesehen.

5.2 National

5.2.1 Gebaute Solarthermische Kühlanlagen in Österreich

Es wurden 21 gebaute solarthermische Kühlanlagen in Österreich erhoben, wobei der überwiegende Teil dieser Anlagen als Demonstrationsanlagen klassifiziert werden kann. Bei diesen 21 Anlagen konnten folgende Anwendungsbereiche, verwendete Kühltechnologien und verwendete solarthermische Kollektoren festgestellt werden:

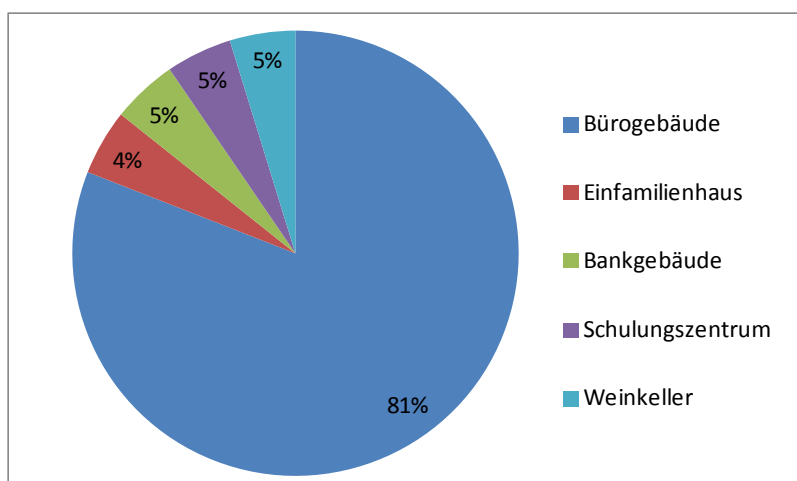


Abbildung 8: Anwendungen für solarthermische Kühlung in Österreich (Ersteller: AIT, 2011)

Die Ergebnisse in Abbildung 8 zeigen, dass derzeit in der Anwendung eine starke Konzentrierung auf Bürogebäude vorherrscht. Die energetischen Vorteile von anderen Anwendungen wie bei Krankenhäusern, Hotels, Altenheimen und dergleichen mit hohem Warmwasserbedarf wären für die Zukunft interessant.

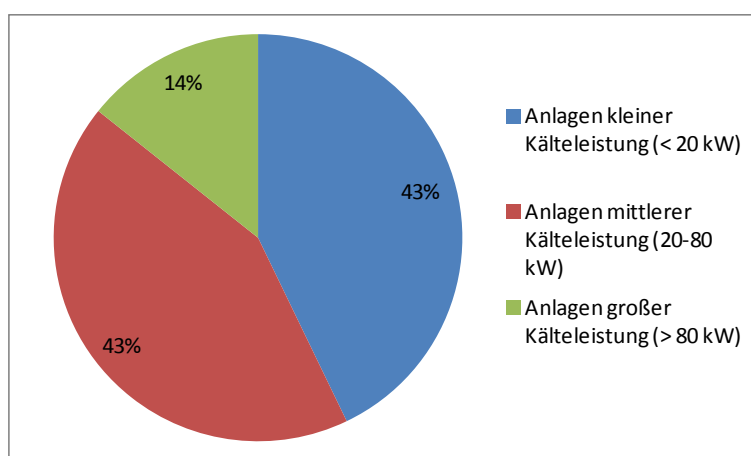


Abbildung 9: Installierte Kälteleistung (Ersteller: AIT, 2011)

Betreffend der installierten Kälteleistung zeigen die derzeit vorhandenen Anlagen keinen signifikanten Trend in Kleinanlagenanwendung bzw. Mittel-/ und Großanlagenanwendung (siehe Abbildung 9).

Abbildung 10 zeigt, dass Absorptionskälteanlagen den größten Anteil an solarthermischen Kühlanlagen ausmachen, was auch den internationalen Trend widerspiegelt. Da auch die beiden anderen derzeitigen Haupttechnologien Adsorptionskälteanlagen und DEC-Anlagen umgesetzt wurden, gibt es nun einen guten Technologiemix, der zur Erfahrungssammlung bereitsteht.

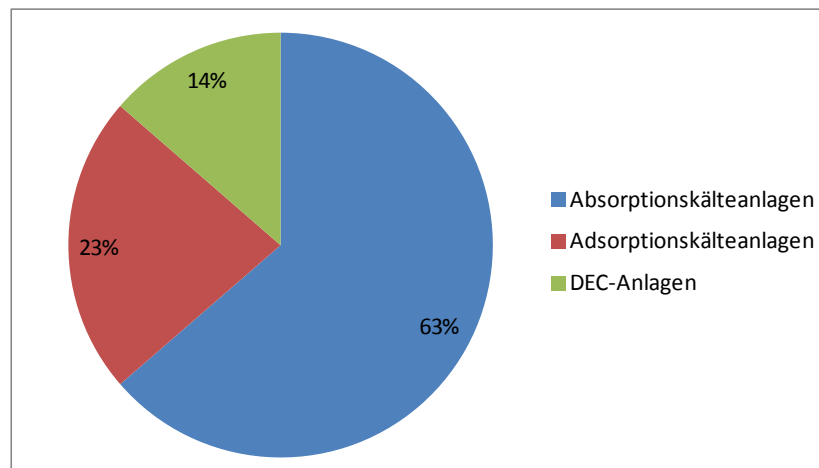


Abbildung 10: Verwendete Kühltechnologien (Ersteller: AIT, 2011)

Abbildung 11 zeigt, dass fast ausschließlich Flachkollektoren in Österreich zur solargestützten Kühlung zum Einsatz kommen. Dies ist im internationalen Vergleich eine Besonderheit von Österreich, die sicher auch auf österreichische Weiterentwicklungen im Bereich Hocheffizienz-Flachkollektoren zurückzuführen ist. Aber auch der traditionell nur sehr schwach ausgeprägte Marktanteil an Vakuum-Röhrenkollektoren in Österreich spiegelt sich darin wieder.

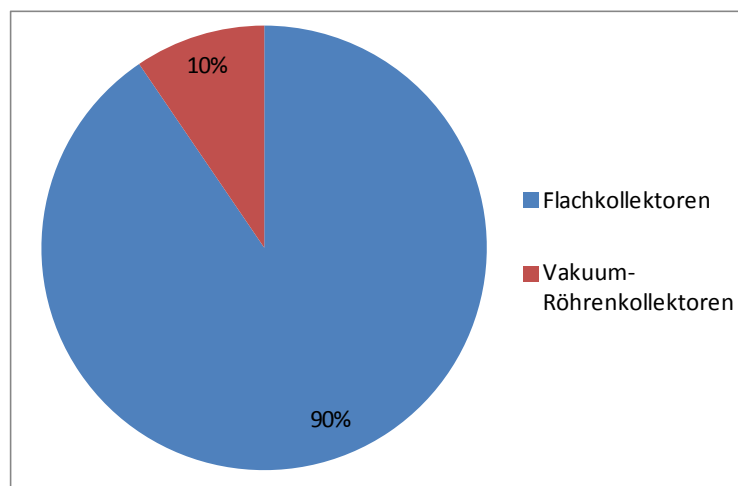


Abbildung 11: Verwendete solarthermische Kollektoren (Ersteller: AIT, 2011)

5.2.2 Nationale Forschungsaktivitäten

Folgende aktuelle Forschungsergebnisse aus Österreich liegen vor bzw. werden derzeit durchgeführt:

- Monitoring von ausgewählten solarthermischen Kühlanlagen durch Forschungseinrichtungen/ Universitäten
- Entwicklung von detaillierten Simulationsmodellen für derzeit verfügbare Absorptionskältemaschinen und DEC-Anlagen

- Entwicklung von optimierten Regelstrategien für Absorptionskälteanlagen und DEC-Anlagen
- Entwicklungen im Bereich Mitteltemperaturkollektoren
- Entwicklungen im Bereich Wärmetauscher für Kleinstabsorptionskältemaschinen
- Entwicklungen im Bereich nasser Rückkühlung (Hygiene, Energieeffizienzsteigerung)

5.2.3 EU-weite Förderprogramme

Programm „Unternehmerische Initiative und Innovation“ (EIP):

Dieses Programm im Rahmen des CIP (Rahmenprogramm für Wettbewerbsfähigkeit und Innovation) bietet Förderung von Innovation für kleine und mittlere Unternehmen.

Das Programm „Öko-Innovation“ bietet Förderung von Pilot- und Technologievermarktungsprojekten zur Erprobung von innovativen Prozessen, Produkten und Dienstleistungen unter realen Bedingungen, die aufgrund von Restrisiken noch nicht vollständig vermarktet werden können und zur Reduzierung von Umweltbelastungen, Vermeidung von Umweltverschmutzung oder effizienten Nutzung natürlicher Ressourcen beitragen.

Programm "Intelligente Energie - Europa" (IEE):

Durch das Programm IEE soll ein Beitrag zur Erreichung der von der EU gesetzten klima- und energiepolitischen Ziele leisten. Im Rahmen dieses Programms werden konkrete Projekte, Initiativen und bewährte Praktiken auf der Grundlage von jährlichen Aufforderungen zur Einreichung von Vorschlägen gefördert.

Europäisches Forschungsrahmenprogramm (2007 – 2013) Das 7. EU-Rahmenprogramm für Forschung, technologische Entwicklung und Demonstration:

Im 7. EU-Rahmenprogramm sind vor allem der Aufbau einer nachhaltigen Energiewirtschaft und die Steigerung der europäischen Wettbewerbsfähigkeit der im Energiesektor tätigen Unternehmen vorrangig. Inhaltliche Schwerpunkte sind die Steigerung der Energieeffizienz und der Ausbau der Technologien für erneuerbare Energien zur Bekämpfung des Klimawandels sowie die Sicherstellung der Energieversorgung durch einen breiten Energieträgermix, wobei die Forschung am Einsatz erneuerbarer Energieträger zum Heizen und Kühlen Teil des Fördergegenstandes ist. Darüber hinaus widmet sich das 7. Rahmenprogramm dem Aufbau von Forschungsinfrastruktur (Einrichtungen und Ressourcen bzw. Dienstleistungen, die von Wissenschaftlern sämtlicher wissenschaftlich-technologischer Gebiete für ihre Forschung benötigt werden).

EU-Förderung EFRE (Europäischer Fonds für regionale Entwicklung, 2007– 2013):

Ziel des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung ist es, Investitionen zu fördern und zum Abbau der regionalen Ungleichgewichte in der Union beizutragen. Schwerpunkt der Finanzierung

sind dabei Forschung, Innovation, Umweltschutz und Risikoprävention, wobei auch den Infrastrukturinvestitionen vor allem in den Regionen mit dem größten Entwicklungsrückstand weiterhin eine wichtige Rolle zukommt. Für im Sinne der Umweltförderung im Inland (UFI) förderungsfähige Projekte ist eine Kofinanzierung aus EFRE-Mitteln möglich. Die Antragstellung erfolgt automatisch mit dem Ansuchen für eine Bundesförderung. Wird ein Projekt aus EFRE kofinanziert, wird ein Teil der gemäß UFI berechneten Fördersumme aus Mitteln des EFRE bestritten. Darüber hinaus wird ein Verwaltungszuschlag von 5 % der umweltrelevanten Investitionskosten, maximal jedoch 10.000,- Euro gewährt. Ausschlaggebend für die Gewährung der EFRE-Förderung stellen neben der inhaltlichen Prüfung der Projektstandort und die Branche des Förderwerbers dar.

Joint Projects:

Unter diesem Programm werden inhaltlich stark integrierte, bilaterale Forschungsprojekte gefördert. Die maximale Projektlaufzeit beträgt drei Jahre.

ERA-Net:

Unter diesem Programm werden thematisch fokussierte, europäische Forschungskooperationen mit PartnerInnen aus mehreren Ländern gefördert. Die Projektlaufzeit beträgt maximal drei Jahre.

5.2.4 Nationale Förderprogramme

Die Basis für nationale Förderprogramme ist die Verordnung Nr. 70/2001 der Kommission vom 12. Jänner 2001 über die Anwendung der Artikel 87 und 88 EG-Vertrag auf staatliche Beihilfen an kleine und mittlere Unternehmen, veröffentlicht im Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften („ABL“) L 10/33 vom 13.1.2001, geändert durch die Verordnung (EG) Nr. 1976/2006 der Kommission vom 20.12.2006, ABL L 368 vom 23.12.2006.

Kleine und mittlere Unternehmen sind Unternehmen, die nicht mehr als 250 Personen beschäftigen, einen Jahresumsatz von höchstens 50.000.000,- Euro erzielen oder eine Jahresbilanzsumme von höchstens 43.000.000,- Euro erreichen und die Bedingung der Unabhängigkeit erfüllen.

Ein Unternehmen gilt als unabhängig, wenn es zu höchstens 25 % im Besitz eines oder mehrerer dieser Definitionen nicht erfüllenden Unternehmen(s) ist.

Eine weitere Verordnung, die die nationalen Förderprogramme beeinflusst, ist die Verordnung Nr. 1998/2006 der Kommission vom 15. Dezember 2006 über die Anwendung der Artikel 87 und 88 EG-Vertrag auf „Deminimis“- Beihilfen, ABL L 379 vom 28.12.2006. Das EU-Wettbewerbsrecht regelt, dass an Unternehmen De-minimis-Förderungen innerhalb von 3 Jahren in Höhe von insgesamt maximal 200.000,- Euro vergeben werden können. Folglich ist bei Förderansuchen die Bekanntgabe aller Förderungen, die innerhalb dieser Rahmenrichtlinie und/oder von anderen öffentlichen Förderstellen innerhalb der letzten drei Jahre ab Antragstellung gewährt wurden, anzugeben.

FWF - Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung – Österreichs zentrale Einrichtung zur Förderung der Grundlagenforschung:

Mit dem Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung sollen Einzelprojekte im Bereich der nicht auf Gewinn ausgerichteten wissenschaftlichen Forschung gefördert werden.

aws austria wirtschaftsservice – Österreichs Förderband für die unternehmensbezogene Wirtschaftsförderung:

Das aws bietet Kreditprogramme für die Industrie, das produzierende Gewerbe und produktionsnahe Dienstleistungsunternehmen mit denen Projekte/Produkte mit hoher Umweltverträglichkeit, öko-, energie- bzw. ressourceneffiziente Verfahren, Produkte und Dienstleistungen gefördert werden (erp-KMU und erp-Regional-Programm). Weiters können durch das erp-Technologieprogramm Forschungs-, Entwicklungs- und Innovationsprojekte gefördert werden, die neue oder wesentlich verbesserte Produkte, Produktionsverfahren oder Dienstleistungen sowie die Erstellung von Prototypen, Pilot- oder Demonstrationsanlagen zum Ziel haben.

Das aws bietet auch eine teilweise Absicherung des Ausfallsrisikos bei Investitionsfinanzierungen an. Dadurch sollen Investitionen in allgemeine Umwelttechnologien, Umweltschutzmaßnahmen sowie Energieeffizienzmaßnahmen erleichtert und ermöglicht werden.

Öko-Innovationen – Sonderinitiative:

Das Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend (BMWFJ) fördert Investitionen mit denen „grüne“ Produkte erzeugt werden und die „green jobs“ schaffen und den Betrieb ausbauen bzw. absichern. Diese Sonderinitiative wird begleitend zu den bestehenden Förderprogrammen (ERP-Kredite, Zuschüsse, Haftungen etc.) angeboten.

Betriebliche Umweltförderung im Inland (UFI):

Die Kommunalkredit Public Consulting (KPC) ist die nationale Förderstelle zur Förderung von Maßnahmen zur Energieeinsparung und Nutzung erneuerbarer Energieträger. Die KPC führt die Abwicklung der UFI sowie von Förderprogrammen des Klima- und Energiefonds durch.

Es werden wiederkehrend Förderungen von solarthermischen Großanlagen angeboten. Darunter werden auch die solarthermisch unterstützte Klimatisierung und deren Kombination mit solarthermischer Warmwasseraufbereitung und Heizung in Zeiten ohne Kühlbedarf abgedeckt.

Es bestehen zwei unterschiedliche Programme zur Förderung der solarthermischen Kühlung:

- Solarthermie – Solarthermische Großanlagen: Förderung von Solaranlagen mit einer Größe zwischen 100 und 2.000 m², solarthermisch unterstützte Klimatisierung und Kombination mit solarthermischer Warmwasseraufbereitung und Heizung in Zeiten ohne Kühlbedarf
- Klimatisierung und Kühlung: Förderung von Adsorptions- und Absorptionskältemaschinen mit Antriebsenergie aus erneuerbaren Energieträgern oder industrieller Abwärme bzw. Fernwärme bis zu einer Kälteleistung von 750 kW, Free cooling-Systeme und Prozesskühlanlagen unter Verwendung alternativer Kältemittel wie z.B. CO₂ oder Ammoniak

Weiters stehen folgende Programme mit der Thematik in Verbindung:

- Forschungsprojekte
- Demonstrationsanlagen
- Mustersanierung

FFG Österreichische Forschungs Förderungs Gesellschaft:

- Basisprogramm

Mit dem Basisprogramm werden wirtschaftlich verwertbare Forschungsprojekte von Unternehmen, Forschungsinstituten sowie EinzelforscherInnen und ErfinderInnen gefördert. Ausschlaggebend für eine Förderung ist dabei der Innovationsgehalt, der technische Schwierigkeitsgrad des Projekts, die wirtschaftlichen Verwertungsaussichten sowie die Perspektive, dass durch das Projekt die Forschungstätigkeit des/der Bewerbers/in intensiviert wird.

- KMU-Paket:

Kleine und mittlere Unternehmen haben mit dem Innovationsscheck oder Innovationsscheck Plus die Möglichkeit, ihre Innovationsleistungen zu definieren bzw. weiter auszubauen. Die Unternehmen können mit dem Zuschuss Forschungsdienstleistungen von Forschungseinrichtungen in Auftrag geben. Die Programmlinie „Feasibility Studies“ ermöglicht die Förderung der Erstellung von Machbarkeitsstudien, die von Forschungsinstituten und anderen qualifizierten Instituten erstellt werden. Mit der Programmlinie „Projektstart“ werden vorbereitende Arbeiten für ein konkretes Forschungsprojekt gefördert.

Die Programmlinie „Forschungsscoach / Managementunterstützung“ fördert auch externe Kosten für Managementunterstützung für kleine Unternehmen, wenn diese im Basisprogramm der FFG einreichen.

Weitere Programme fördern die Grundlagenforschung, Forschungs- und Technologieentwicklungen und Kooperationen von Unternehmen mit universitären und außeruniversitären Forschungseinrichtungen sowie die Anwendung und Umsetzung von Forschungsergebnissen.

5.2.5 Landesförderungen

Die Förderangebote in den einzelnen Bundesländern variieren hinsichtlich Fördergegenstand und Art des Zuschusses, jedoch werden in fast allen Bundesländern innovative Projekte, Verfahren,

Methoden und Produkte zur Steigerung der Energieeffizienz und verstärkter Nutzung von erneuerbaren Energien genutzt. Darüber hinaus können Pilot-, Demonstrations- und Versuchsanlagen gefördert werden. Industrielle Forschung und experimentelle Entwicklung kann zusätzlich zum bestehenden Förderprogramm der FFG beantragt werden.

In einigen Bundesländern wird die Inanspruchnahme eines Innovationsassistenten gefördert. Kleine und mittlere Unternehmen können Förderungen für die Personal-, Ausbildungs- sowie Beratungs und Coachingkosten zum Aufbau eines neuen Technologiefeldes bzw. für die Entwicklung eines neuen Produktes beantragen. Dadurch soll der Know-how-Transfer zwischen Universitäten, Forschungseinrichtungen und Unternehmen forciert, eine nachhaltige Innovationskultur etabliert sowie die Beschäftigtenzahl von AkademikerInnen erhöht werden.

In einigen Bundesländern werden auch Machbarkeitsstudien gefördert. Weiters werden Kooperationen in den Bereichen Innovation und Technologie zwischen öffentlichen oder privaten Forschungs- oder Bildungseinrichtungen und der gewerblichen Wirtschaft gefördert. Manche Bundesländer bieten ergänzend zur Umweltförderung im Inland die Förderung von solarthermischen Anlagen an. Dies ist jedoch nur in wenigen Bundesländern der Fall.

Zusammenfassung:

Österreichweit werden zahlreiche Programme zur finanziellen Unterstützung von Forschungs- und Entwicklungsprojekten für universitäre und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen sowie für Klein- und Mittelbetriebe angeboten. Die Programme sind jedoch auf ein weites Themenfeld ausgedehnt, der Fokus auf solarthermische Kühlung fehlt. Daher wird empfohlen, Förderangebote für die Forschung, Entwicklung und Anwendung speziell für solarthermische Energie zur Kühlung bereitzustellen um die Entwicklung zielgerichtet voranzutreiben.

6. Markt

6.1 Kundenstruktur

Zur Beurteilung des österreichischen Marktes wurde das „Six Forces Model“ [6] angewendet. Bei dieser Methode werden die Einflüsse und Kräfte eines Marktes, die auf die wettbewerbliche Position einer Technologie wirken, zuerst in sechs Bereiche unterteilt (Kunden, Unternehmen, Mitbewerber, Potenzielle Mitbewerber, Ergänzende Industrie, Ersatz). Daraufhin wird für jeden dieser sechs Bereiche eine SWOT-Analyse durchgeführt [7]. Die folgenden Ergebnisse wurden im Rahmen eines Expertenworkshops erarbeitet und stellen somit die Einschätzungen der teilnehmenden Experten dar.

Kunden:

Folgende Kundengruppen wurden vorab festgelegt:

- Hausbesitzer (privat)
- Investor Fremdvermietung

- Investor Eigennutzung (Büro, Gewerbe, Hotel)
- Öffentliche Auftraggeber

Tabelle 2: SWOT-Analyse Kunden (Ersteller: AIT, 2011)

STÄRKEN	SCHWÄCHEN
Hausbesitzer: • Einfacher Entscheidungsfindungs-prozess • Entscheidung emotional	Hausbesitzer: • Markt ist derzeit klein • Entscheidung emotional
Investor Fremdvermietung: • Große Bauvolumen, viele Umsetzungen • Professionalität gut	Investor Fremdvermietung: • Kaum Interesse an Betriebskosten • Nur „Marketinginteresse“ an Betriebskosten
Investor Eigennutzung: • CI-Stärke • Interesse an Lebenszykluskosten • Hohe Professionalität • Bereitschaft in Qualität zu investieren • Interesse an geringen Betriebskosten	Investor Eigennutzung: • Kritische und schwierige Kunden → viel Überzeugungsarbeit notwendig
Öffentliche Auftraggeber: • Vorbildwirkung • Verbreitungswille	Öffentliche Auftraggeber: • Enger Budgetrahmen • Einfluss anderer Lobbys • Komplexere Entscheidungsfindung

CHANCEN	RISIKEN
Hausbesitzer: • Großer Multiplikatoreffekt • Kosten nicht alleiniger Faktor • Bewusstsein schaffen	Hausbesitzer: • Einige erfolglose Projekte → schlechtes Image • Betrieb/ Wartung der Anlagen
Investor Fremdvermietung: • Wiederkäufer • Großer Multiplikator	Investor Fremdvermietung: • Nutzerbandbreite/ geforderte Flexibilität
Investor Eigennutzung: • Vorzeigeprojekte • Überwachung gefordert • Multiplikator für ganze Sektoren (z.B. Lebensmittelmärkte, Hotel)	Investor Eigennutzung: • Unterschätzung dass Zielerfüllung gefordert ist
Öffentliche Auftraggeber: • Technologiepolitischer Auftrag • Etablierungsmöglichkeit	Öffentliche Auftraggeber: • Entscheidungsträger nicht Nutzer

Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse aus der SWOT-Analyse für die unterschiedlichen Kundengruppen. Anhand dieser Analysen wird klar, dass solarthermische Kühlung einer komplexen Kundenstruktur unterliegt, die jeweils unterschiedliche Ansprüche bzw. Umsetzungspotenziale aufweisen. Kurzfristig erscheinen die Kundengruppen „Öffentliche Auftraggeber“ und „Investor Eigennutzung“ das größte Potenzial zur Umsetzung zu haben. Für die Kundengruppen „Hausbesitzer“ und „Investor

Fremdvermietung“ sind noch technologische Weiterentwicklungen notwendig um diese Technologie langfristig kosteneffizient und wartungsarm anbieten zu können.

Unternehmen:

Folgende Unternehmensgruppen wurden vorab festgelegt:

- Systemanbieter (Paketlösungen)
- Ausführende Unternehmen
- Planungsbüros

Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse aus der SWOT-Analyse für die unterschiedlichen Unternehmensgruppen. Alle diese hier angeführten Unternehmensgruppen haben prinzipiell Interesse an der Verbreitung von solarthermischer Kühlung. Das größte Risiko auf solarthermische Kühlung zu setzen liegt bei den Systemanbietern, jedoch ist von jenen auch das größte Know-how und somit die beste Qualität zu erwarten. Für eine mittel- und langfristige Verbreitung von Anlagen zur solarthermischen Kühlung müssen die Unternehmensgruppen „Ausführende Unternehmen“ und „Planungsbüros“ Know-how in dieser Technologie aufbauen.

Tabelle 3: SWOT-Analyse Unternehmen (Ersteller: AIT, 2011)

STÄRKEN	SCHWÄCHEN
Systemanbieter: - Liefern fertige Packages - Reduziert Komplexität - Professionalität in Ausführung	Systemanbieter: - Teurer - Haben großes unternehmerisches Risiko zu tragen
Ausführende Unternehmen: - Gibt viele; hohes Umsatzvolumen - Gutes Image bei Auftraggebern - Glaubwürdigkeit gegeben - Grundwissen Anlagenbau vorhanden	Ausführende Unternehmen: Verständnis Gesamtsystem Solare Kühlung (technisch/ Verkauf)
Planungsbüros: - Individuelle Anforderungen gewohnt - Neutraler Zugang	Planungsbüros: Kaum Erfahrung
CHANCEN	RISIKEN
Systemanbieter: - Mehr funktionierende Anlagen - Qualitätsstandard vorhanden - Initialkraft für Markteinführung	Systemanbieter: Verbreitungshemmnis aufgrund des Preises
Ausführende Unternehmen: - Positionierung am ökologischen Markt - Unterscheidung von anderen Unternehmen - Ökologische Referenzprojekte	Ausführende Unternehmen: - Verlust Glaubwürdigkeit - Gewährleistungsrisiko
Planungsbüros: - Unterscheidung von anderen Unternehmen - Höhere Honorare	Planungsbüros Planungsfehler

Mitbewerber:

Folgende Mitbewerbergruppen wurden vorab festgelegt:

- Kompressionskälte
- Alternative Energiequellen Erneuerbare Energie (Bsp.: Biomasse)
- Alternative Energiequellen nicht Erneuerbare Energie (Bsp.: Fernwärme ohne Erneuerbare Energie)
- Alternative Kühlung Erneuerbare Energie (Bsp.: Wärmepumpen)

Tabelle 4 zeigt die Ergebnisse aus der SWOT Analyse für die vier definierten Mitbewerbergruppen. Anhand dieser Analyse wird deutlich, dass das größte technische Konkurrenzsystem zu solarthermischer Kühlung die klassische elektrisch angetriebene Kompressionskälte ist. Strategisch sollte die solarthermische Kühlung in Zukunft die Kombination mit den anderen angeführten Technologien anstreben, um die ökologischen und technologischen Vorteile zu nutzen.

Tabelle 4: SWOT-Analyse Mitbewerber (Ersteller: AIT, 2011)

STÄRKEN	SCHWÄCHEN
Kompressionskälte: • Preisgünstig • Wenig Risiken im Betrieb • Geringer Platzbedarf • Flexibler • Etabliert • Technologisch ausgereift • Leichtere Umsetzbarkeit im Bestand • Marketingbudget; starke Lobby	Kompressionskälte: • Hohe Betriebskosten • Kältemittel unökologisch • Lebensdauer geringer • Lärm • Schlechtes ökologisches Image • Import von außen, kaum Produktion in Österreich
Alternative Energiequellen EE: • auch ökologisch • bewährte, bekannte Technologien • auch Heizen und Kühlen möglich (+Strom) ohne Back-up • Regionale Wertschöpfung • Leichter Umsetzbar in Bestand • CO₂ Einsparung	Alternative Energiequellen EE: • Langfristige Ressourcenknappheit • Minderwertige Nutzung • Feinstaubproblem • Derzeit Preisinstabilität
Alternative Energiequellen nicht EE: • Preisgünstig • Energieträger derzeit vorhanden • auch Heizen und Kühlen möglich • Leichter Umsetzbar im Bestand	Alternative Energiequellen nicht EE: • Abhängig von fossilen Energieträgern • Hohe Betriebskosten in Kombination mit ABKM/ADKM
Alternative Kühlung EE: • Teilweise auf Preisniveau von Kompressionskälte • Geringe Betriebskosten • Wenig Risiko im Betrieb • auch Heizen und Kühlen möglich • Leichter Umsetzbar im Bestand • CO₂ Einsparung	Alternative Kühlung EE: • Von lokalen Bedingungen abgängig
CHANCEN	RISIKEN
Kompressionskälte: • Umrüstung auf natürliche Kältemittel • Noch effizienter • Kann auf steigenden Bedarf reagieren	Kompressionskälte: • Weiteres steigen der Betriebskosten • Gefährdung Versorgungssicherheit Strom
Alternative Energiequellen EE: • Kann auf steigenden Bedarf reagieren	Alternative Energiequellen EE: • Ressourcenknappheit langfristig • Importabhängigkeit
Alternative Energiequellen nicht EE: • Kann auf steigenden Bedarf reagieren	Alternative Energiequellen nicht EE: • Langfristiges Preisrisiko
Alternative Kühlung EE: • Umrüstung auf natürliche Kältemittel • Noch effizienter • Kann auf steigenden Bedarf reagieren	Alternative Kühlung EE: • Stromabhängigkeit

Potenzielle Mitbewerber:

Als potenzielle Mitbewerber wurden folgende Bereiche festgelegt:

- Photovoltaik
- Geringer bzw. kein Kühlbedarf in Gebäuden (Ö)

Tabelle 5 zeigt die Ergebnisse aus der SWOT-Analyse für die Bereiche potenzielle Mitbewerber. Wenn man nur die Kühlseite betrachtet, so kann Photovoltaik in Verbindung mit Kompressionskälte zu solarthermischer Kühlung in Zukunft im Wettbewerb stehen. Jedoch liegt der große ökologische Vorteil von solarthermischen Kühlanlagen nicht in der Kühlseite, sondern in der ganzjährigen Mehrfachnutzung der solaren Wärme zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung, wodurch der Großteil der CO₂-Einsparungen in Österreich erzielt werden können (siehe Kapitel 6.3).

Tabelle 5: SWOT-Analyse Potenzielle Mitbewerber (Ersteller: AIT, 2011)

STÄRKEN	SCHWÄCHEN
Photovoltaik: • Auch ökologisch • Lange Lebensdauer • Einfaches System und Betrieb/Wartung • Energieabnahme über öffentliches Stromnetz (falls vorhanden) • Kein Backup erforderlich wo öffentliches Stromnetz vorhanden	Photovoltaik: • Preis • Schlechte Effizienz • Hoher Flächenbedarf
Geringer bzw. kein Kühlbedarf in Gebäuden: • Nachhaltiger Ansatz	Geringer bzw. kein Kühlbedarf in Gebäuden: • Hohe Planungskosten • Flexibilität
CHANCEN	RISIKEN
Photovoltaik • Passiert viel F&E	Photovoltaik • Ausbildungsniveau derzeit niedrig • Imageproblem bei großflächigen Einsatz • Akzeptanzproblem
Geringer bzw. kein Kühlbedarf in Gebäuden: • Ökologische Chance • Keine Betriebskosten	Geringer bzw. kein Kühlbedarf in Gebäuden: • Nutzerverhalten

Ergänzende Industrie:

Folgende Bereiche wurden vorab festgelegt:

- Komponentenhersteller (Lüftungsbranche, Kollektorhersteller, Wärmetauscherproduzenten, Speicherhersteller, Ab-/Adsorptionskältemaschinen Hersteller, Regelungstechnik)
- Forschung
- Facility Management (FM) und Contractor

Tabelle 6 zeigt die Ergebnisse aus der SWOT Analyse für die unterschiedlichen Bereiche der ergänzenden Industrie. Die Komponentenhersteller stellen in Österreich jene Marktakteure dar, die das größte Interesse an der Verbreitung von solarthermischer Kühlung haben. Die Auflistung der Schwächen zeigt, dass hier noch Rahmenbedingungen für einen funktionierenden Vertrieb von

solarthermischer Kühlung fehlen. Auch im Bereich Forschung ist ein Schritt von einzelnen Entwicklungen zu einem umfassenden F&E-Programm erforderlich um Know-how zu bündeln und in den Markt einzuführen. Die Branchen „Facility Management“ und „Contractor“ weisen das größte Know-how für Planung und Betrieb auf. Diese gilt es in ihren Aktivitäten zu unterstützen und für Verbreitungsaktivitäten einzubinden.

Tabelle 6: SWOT-Analyse Ergänzende Industrie (Ersteller: AIT, 2011)

STÄRKEN	SCHWÄCHEN
Komponentenhersteller: • Hoher Entwicklungsstand Einzelprodukte • Positive Einstellung zu solarthermischer Kühlung • Pionierphase	Komponentenhersteller: • Unkoordiniertes Vorgehen im Bereich Solare Kühlung • Fehlendes Vertriebsnetz • Keine Lobby/ Interessensvertretung • Ausgeprägtes Konkurrenzdenken
Forschung: • Solarthermie • Generell Solare Kühlung	Forschung: • Fehlende Lobby • Ausgeprägtes Konkurrenzdenken • Kleine Entwicklungsschritte durch KMU Struktur der Komponentenhersteller
FM und Contractor: • Großes Know-how im Betrieb • Alles in einer Hand (Contractor) • Leichter leistbar (Contractor)	FM und Contractor: • Hoher Aufwand • Teuer
CHANCEN	RISIKEN
Komponentenhersteller: • Möglicher Absatzmarkt durch Solare Kühlung • Pionierphase nutzen • Exportchancen	Komponentenhersteller: • „Schubladisierung“ durch Großkonzerne • Geld für Entwicklungsphase aufwenden
Forschung • Neue Innovationen	Forschung • Kein marktgängiges Produkt
FM und Contractor: • Erfahrungen aus Vertrieb verbreiten	FM und Contractor: • Effizienzrisiko (Contractor) • Langfristige Verträge; Änderung Rahmenbedingungen (Contractor) • Imagerisiko bei Einsatz neuer Technologien

Ersatz:

Das Thema Ersatz als Einflussgröße für die wettbewerbliche Position von solarthermischer Kühlung wurde für die in Frage kommenden Bereiche bereits in den Punkten „Mitbewerber“ und „potenzielle Mitbewerber“ behandelt und wurde daher nicht mehr separat angeführt.

6.2 Kostenentwicklung

Die derzeit zu erwartenden Anlagenkosten für solarthermische Kühlanlagen wurden in einer umfassenden Studie 2008 ermittelt [8]. Im folgenden Abschnitt sind Ergebnisse der Studie für

Anlagenbeispiele in Österreich dargestellt. Abbildung 12 zeigt die Zusammensetzung von Investitionskosten für eine solarthermische Absorptionskälteanlage in Österreich unter den Rahmenbedingungen laut

Tabelle 7. In Abbildung 13 ist die Zusammensetzung von Investitionskosten für eine solarthermische DEC-Anlage in Österreich unter den Rahmenbedingungen laut

Tabelle 8 dargestellt. Diese Kosten gelten für die Nutzungen in Hotels, Krankenhäusern, Bürogebäuden und Gewerbegebäuden.

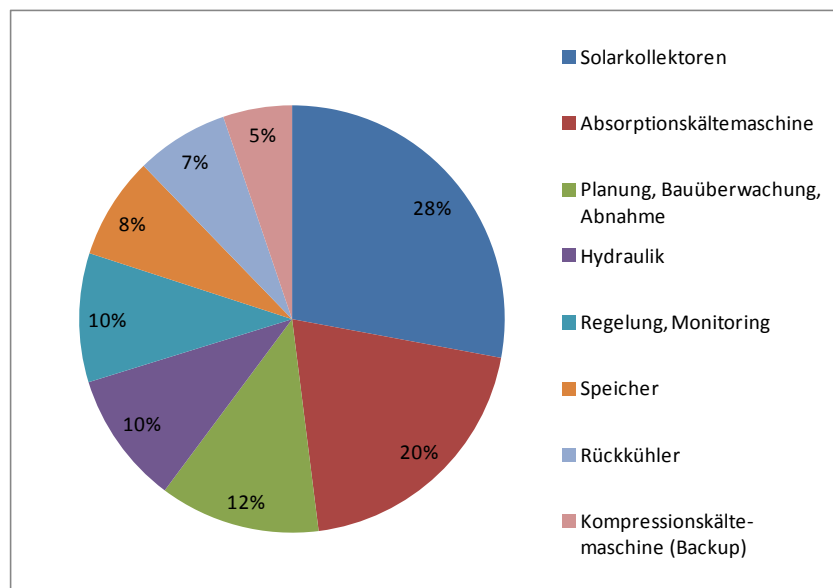


Abbildung 12: Zusammensetzung Investitionskosten solarthermische Absorptionskälteanlage
(Quelle: ROCOCO, 2008)

Tabelle 7: Rahmenbedingungen für Investitionskosten solarthermische Absorptionskälteanlage
(Quelle: ROCOCO, 2008)

Kälteleistung Absorptionskältemaschine	70-180 kW _{Kälte} (60% erforderlichen Kälteleistung)
Kollektorfläche (Flachkollektoren)	3 m ² / kW _{Kälte}
Kollektorfläche (Vakuumkollektoren)	2,6 m ² / kW _{Kälte}
Solarspeicher	0,045 m ³ /m ² Kollektorfläche
Kältespeicher	0,015 m ³ /m ² Kollektorfläche

Für diese solarthermischen Absorptionskälteanlagen wurden folgende spezifischen Kostenkennwerte berechnet:

- 1.724 €/m²_{Kollektorfläche}

- 113 €/m²_{gekühlte Nutzfläche}
- 5.173 €/kW_{Kälteleistung}

Die Mehrinvestitionskosten zu einer konventionellen Kälteanlage nur mit Kompressionskältetechnik liegen hier bei ca. 245% unter Berücksichtigung der derzeitigen Investitionsförderung für solarthermische Anlagen in Österreich. Wenn man jedoch die Energie-/Betriebs- und Instandhaltungskosten für beide Technologien berücksichtigt, so liegen unter günstigen Rahmenbedingungen die jährlichen Kosten der solarthermischen Absorptionskälteanlage auf 20 Jahre gerechnet lediglich um ca. 25% höher als bei konventioneller Kühlung (Annuitätenmethode). Das ist auf die zu erwartende Primärenergieeinsparung der solarthermischen Absorptionskälteanlage von bis zu 40%, bezogen auf eine Betriebszeit von 20 Jahre, zurückzuführen.

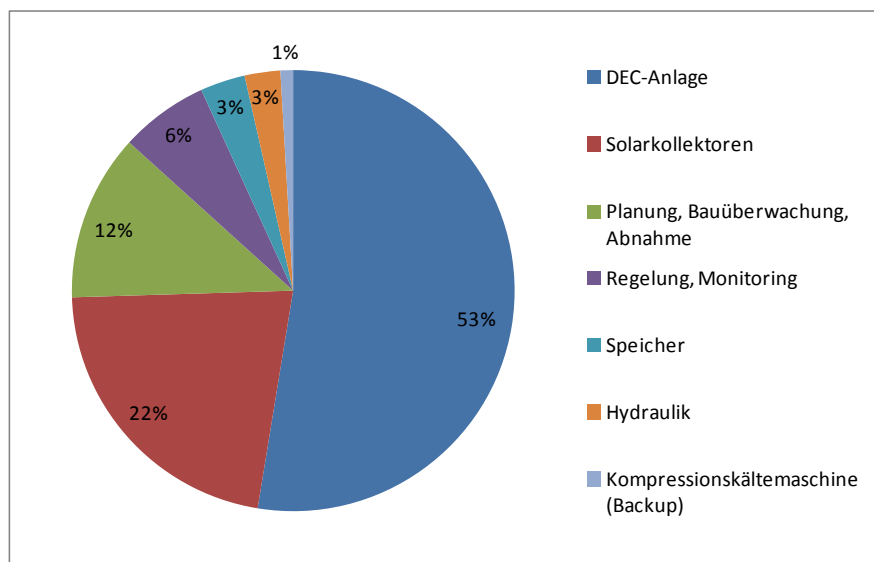


Abbildung 13: Zusammensetzung Investitionskosten solarthermische DEC-Anlage
(Quelle: ROCOCO, 2008)

Die Mehrinvestitionskosten einer DEC-Anlage im Vergleich zu einer Kühlung über eine konventionelle Lüftungsanlage mit Kompressionskältetechnik liegen hier besser bei ca. 85% unter Berücksichtigung der derzeitigen Investitionsförderung für solarthermische Anlagen in Österreich. Wenn man hier die Energie-/Betriebs- und Instandhaltungskosten für beide Technologien berücksichtigt, so machen die jährlichen Kosten der solarthermischen DEC-Anlage auf 20 Jahre gerechnet gleich viel aus wie die konventionelle Variante. Auch hier ist das auf die zu erwartende Primärenergieeinsparung von bis zu 40% zurückzuführen.

Die Mehrinvestitionskosten für die solarthermische DEC-Technologie liegen im Vergleich zu einer konventionellen Klimatisierungsanlage mit Kompressionskältetechnik bei ca. 85% unter Berücksichtigung der derzeitigen Investitionsförderung für solarthermische Anlagen in Österreich. Wenn man hier die Energie-/ Betriebs und Instandhaltungskosten für beide Technologien

berücksichtigt, so liegen unter günstigen Rahmenbedingungen die jährlichen Kosten der solarthermischen DEC-Anlage auf 20 Jahre gerechnet gleich hoch wie die der konventionellen Variante (Annuitätenmethode). Auch hier ist das auf die zu erwartende Primärenergieeinsparung der solarthermischen DEC-Technologie von bis zu 40%, bezogen auf eine Betriebszeit von 20 Jahren, zurückzuführen.

Tabelle 8: Rahmenbedingungen Investitionskosten für solarthermische DEC-Anlagen
(Quelle: ROCOCO, 2008)

Kälteleistung DEC-Anlage	6 kW pro 1000 m ³ /h
Kollektorfläche (Flachkollektoren)	12 m ² /pro 1000 m ³ /h für Büros und Gewerbe 16 m ² /pro 1000 m ³ /h für Hotels und Krankenhäuser
Solarspeicher	0,030 m ³ /m ² Kollektorfläche

Hier variieren die spezifischen Kostenkennwerte abhängig von der Nutzungsart (siehe Tabelle 9).

Tabelle 9: Spezifische Kostenkennwerte für solarthermische DEC-Anlagen (Quelle: ROCOCO, 2008)

	Bürogebäude	Hotel	Krankenhaus	Gewerbe
€/m ² _{Kollektorfläche}	2.202	1.587	1.673	1.782
€/m ² _{gekühlte Nutzfläche}	172	248	261	278
€/kW _{Kälteleistung}	4.404	4.533	3.457	3.839

Im Rahmen der Expertenworkshops wurde die Kostenentwicklung von einzelnen Komponenten solarthermischer Kühlanlagen, sowie im Bereich Anlagentechnik bewertet. Die Ergebnisse der Bewertungen zeigen, dass mit weitgehender Übereinstimmung alle Maßnahmen im Bereich der Anlagentechnik (Gesamtanlagenoptimierung, standardisierte Anlagenauslegung und Regelung, Paketlösungen, usw.) die Kosten von solarthermischen Kühlanlagen senken würden. Der überwiegende Teil der Maßnahmen im Bereich der Technologieentwicklung (solarthermische Kollektoren, Speicher, Ab- und Adsorptionskältemaschinen, Rückkühlung) wurde zumindest kurzfristig als kostenerhöhend für solarthermische Kühlanlagen bewertet.

Folgende Maßnahmen in der Technologieentwicklung bilden dabei die Ausnahme und wurden als kostensenkend beurteilt:

- Entwicklung von Kompaktanlagen
- Konzentrierende solarthermische Kollektoren auf Folienbasis

- Optimierung Stoff-/Wärmeübertragung von Wärmetauschern für Ab-/Adsorptionskältemaschinen
- Direkt gekühlte offene DEC-Systeme

Im Rahmen der Interviews mit weiteren relevanten Marktakteuren aus dem Bereich Komponentenhersteller (Absorptionskältemaschinen, Solarkollektoren), Ingenieurbüros und Forschung (Universitäten, Angewandte Forschung) wurde die Thematik der Einflüsse einzelner Maßnahmen auf die Kostenentwicklung detaillierter behandelt und für unterschiedliche Kostengruppen (Material, Planung, Installation, Energie und Wartung) bewertet.

Tabelle 10 zeigt die Ergebnisse der Bewertung einzelner möglicher Entwicklungen und Maßnahmen hinsichtlich Kostenentwicklung. Alle die hier angeführten Entwicklungen und Maßnahmen haben zum Ziel die Energieperformance einer solarthermischen Kühlanlage zu verbessern und tragen daher auch im Bereich Energiekosten zu hohen Kostensenkungen bei. Es zeigt sich, dass für manche der hier dargestellten Entwicklungen und Maßnahmen jedoch mit einem hohen Anstieg der Kosten im Bereich Material zu rechnen ist (2-stufige Absorptionskältemaschinen, Flüssigsorption, PCM-Speicher, Sorptionsspeicher, Kombination von trockenem Rückkühler mit PCM und Rückkühlung über Erdsreich). Weiters herrschte gerade in der Kostengruppe Material mehrmals Uneinigkeit in der Bewertung ob diese Entwicklung bzw. Maßnahme nun kostensteigernd oder kostensenkend ist (weiße Felder). Gerade in der Rückkühlung, welche jene Komponente in den derzeitigen solarthermischen Kühlanlagen ist, die mit 40% - 75% den Großteil des Strombedarfs ausmacht [9], ist bei all den hier angeführten Entwicklungen bzw. Maßnahmen mit Kostensteigerungen im Bereich Material, Planung und Installation zu rechnen. Dies steht jedoch einem großen Kosteneinsparpotenzial im Bereich Betriebsenergie und Wartung gegenüber. Auch jene Maßnahmen im Bereich Anlagentechnik, welche auf eine Reduktion der elektrischen Hilfsenergie abzielen (Einsatz Hocheffizienzpumpen, Pumpendrehzahlregelung) zeigen ähnliche Tendenzen wie die Maßnahmen im Bereich Rückkühlung. Eindeutig kostensenkend in allen Kategorien werden jene Maßnahmen im Bereich Anlagentechnik bewertet die zu Standardisierung von solarthermischen Kühlanlagen beitragen.

Tabelle 10: Bewertung Kostenentwicklung möglicher Entwicklungen und Maßnahmen über Interviews mit relevanten Marktakteuren (Ersteller: AIT, 2011)

	Kostengruppen					Nennungen
	Material	Planung	Installation	Energie	Wartung	
Ab-/Adsorptionskältemaschinen						
Entwicklung von Absorptionskältemaschinen mit direkter Rückkühlung						11
Senkung der Antriebstemperaturen						16
Verstärkte Materialforschung (Wärmetauscher, Arbeitsstoffpaarungen)						12
Entwicklung/Adaption zweistufiger Absorptionskältemaschinen						12
DEC-Technologie						
Entwicklungen/ Adaption der DEC-Technologie (Regelung, Entfeuchtung, usw.)						10
Flüssigsorption						10
Solarkollektoren						
Weiterentwicklung von Flachkollektoren < 100°C (Gläser, Dämmung, f' Faktor)						12
Weiterentwicklung Vakuum-Röhrenkollektoren (Hagelschlag, Dichtheit, usw.)						14
Weiterentwicklung der Systemtechnik (Pumpen, Armaturen, usw.)						16
Konzentrierende Systeme						5
Integration Kältemaschine in Kollektor						6
Speicher						
Entwicklung neuer Speichertechnologien (PCM, Sorption)						13
Rückkühlung						
Alternative Wärmesenken (Verwendung der Energie, Speicherung)						16
Optimierung Feuchter Rückkühler (Hygiene, Energiebedarf, Wartung, usw.)						16
Optimierung Trockener Rückkühler (Hybridlösungen, Kaskaden, usw.)						14
Trockener Rückkühler in Kombination mit PCM						10
Rückkühlung über Erdkollektoren						16
Anlagentechnik						
Einsatz Hocheffizienzpumpen						19
Einsatz Pumpendrehzahlregelung						20
Anpassung Massenströme der Kältemaschine (Low Flow / High Flow)						13
Optimierung Kältemaschine in Richtung konkreter Anwendung						17
Entwicklung hybrider Systeme (Solarthermie + konventionell)						15
Entwicklung Paketlösungen						18
Entwicklung von Hilfsmitteln für standardisierte Auslegung						17
Entwicklung standardisierter Regelungskonzepte						14
Entwicklung standardisierter Machbarkeitsuntersuchungen						14
Integrierte Planung (Energieversorgung früh in Gebäudeplanung einbeziehen)						20
Sammlung Expertenwissen und Erfahrungen						17
Auswertung bezogen auf insgesamt 23 Nennungen						
geringer Anstieg der Kosten hoher Anstieg der Kosten geringe Kostensenkung hohe Kostensenkung keine Tendenz absehbar bzw. keine Rückmeldungen						

6.3 Marktpotenzial

Das größte Marktpotenzial für solarthermische Kühlung liegt im internationalen Markt, in den Ländern mit höherem Solarstrahlungsangebot und damit verbunden auch einem höheren Bedarf zur Gebäude- und Gewerbekühlung [10]. Große Absatzmärkte befinden sich dabei in China, USA, Japan und Südost-Asien (siehe Abbildung 14).

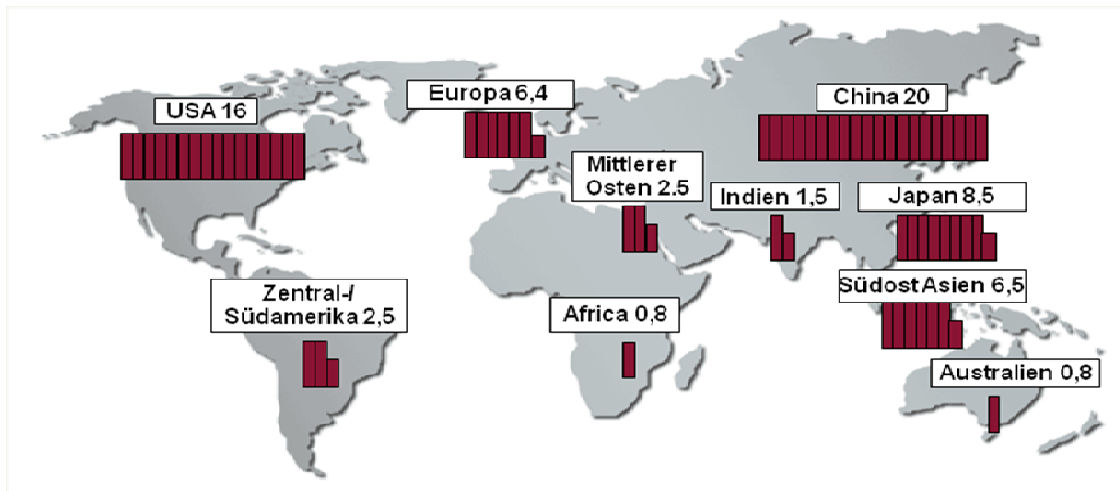


Abbildung 14: Marktsituation konventioneller Kühlung weltweit 2006 in Millionen-Kühleinheiten
(Quelle: JARN, 2006)

Für den professionellen internationalen Vertrieb des Produktes „Solarthermische Kühlung aus Österreich“ wäre der Aufbau eines Vertriebsnetzes bestehend aus interessierten Unternehmen (Anlagenplanung, Anlagenbau, Komponentenhersteller, Forschung usw.) mit Erfahrung im Bereich solarthermische Kühlung erforderlich. Derzeit beschränken sich diese Tätigkeiten auf Einzelinitiativen einiger österreichischer Unternehmen. Neben diesem professionellen Vertriebsnetz ist der Aufbau eines Heimmarktes im Bereich solarthermische Kühlung essentiell. Erst dadurch kann bewiesen werden, dass österreichische Unternehmen und Unternehmensgruppen aktuelles Know-how für die Planung, Bau und Betrieb von solarthermischen Kühlanlagen besitzen.

Im folgenden Abschnitt wird das Marktpotenzial für solarthermische Kühlung in Österreich bis 2030, ausgehend von den Szenarien hinsichtlich Veränderung Gebäudebestand und Kühlbedarf für unterschiedliche Gebäudekategorien in Österreich laut einer Studie von 2007 [11] , dargestellt.

Tabelle 11: Modellwerte für den Gebäudebestand in Österreich (beheizte Gebäude) nach Gebäudekategorien für die Jahre 2005 und 2030 (Quelle: EEG, 2007)

Gebäudekategorie	Anzahl 2005 in Stück	Anzahl 2030 in Stück	Veränderung
Einfamilienhäuser	1.196.770	1.332.543	11,3%
2-Familienhäuser	211.403	215.249	1,8%
Mehrfamilienwohngebäude, klein	120.813	131.825	9,1%
Mehrfamilienwohngebäude, groß	55.039	60.073	9,1%
Schulen, etc	17.771	19.070	7,3%
Krankenhäuser, etc.	427	428	0,2%
Sport u.ä. Freizeitinfrastruktur	2.016	2.348	16,4%
Hotels, groß	2.204	2.379	7,9%
Hotels, klein	34.257	37.096	8,3%
Bürogebäude, groß	8.295	9.826	18,5%
Bürogebäude, klein	26.342	30.704	16,6%
Büros in Wohngebäuden	10.404	12.416	19,3%
Handel, groß	10.140	10.857	7,1%
Handel, klein	23.543	25.346	7,7%
Industriegebäude groß	37.289	37.264	-0,1%
Industriegebäude klein	35.670	35.805	0,4%
Summe der Gebäude	1.792.381	1.963.228	9,5%

Tabelle 12 zeigt die Entwicklung des erwarteten Stromverbrauchs bis 2030 für Klimatisierung in Österreich mit konventioneller Kühltechnologie, ausgehend von der Veränderung des Gebäudebestandes laut Tabelle 11. Es ist demnach mit einem erheblichen Zuwachs an Teilklimaanlagen und Vollklimaanlagen nicht nur im Neubau, sondern zum Großteil in bestehenden Gebäuden bis 2030 zu rechnen. Daraus ergibt sich ein Potenzial an ca. 95.300 erforderlichen Kühlanlagen (ohne Ein- und Zweifamilienhäuser). Wenn diese Kühlanlagen mit konventioneller Kühltechnologie ausgerüstet werden, so wird dafür ein Stromverbrauch von ca. 964 GWh bis 2030 erwartet. Für Ein- und Zweifamilienhäuser ergibt sich ein Potenzial an ca. 386.950 erforderlichen Kühlanlagen. Wenn diese Kühlanlagen mit konventioneller Kühltechnologie ausgerüstet werden, so wird ein Stromverbrauch von ca. 911 GWh dafür bis 2030 erwartet, was somit 48,6% des Stromverbrauchs zur Gebäudekühlung in Österreich ausmachen wird. In Österreich wird versucht über die Bauordnungen durch die Nachweispflicht des sommerlichen Überwärmeschutzes sowohl im Wohnbau als auch Nichtwohnbau diesem Trend entgegenzuwirken.

Tabelle 12: Kalkulation des Strombedarfs für Gebäudekühlung in Österreich mit konventionellen Kühltechnologie (Quelle: EEG, 2007)

Gebäude- kat.				2005			2030			Stromverbrauch	
	Anz. 2005	Anz. 2030	Fläche Schnitt ^a	Nicht- klimat	Teil- klimat	Voll- klimat	Nicht- klimat	Teil- klimat	Voll- klimat	2005	2030
	Stk	Stk	m2	%	%	%	%	%	%	GWh	GWh
EFH	1.196.770	1.332.543	218	97,5	2,0	0,5	75,0	20,0	5,0	68	754
ZFH	211.403	215.249	283	97,5	2,0	0,5	75,0	20,0	5,0	16	158
MFH kl.	120.813	131.825	498	98,0	2,0	0,0	83,0	15,0	2,0	8	97
MFH gr.	55.039	60.073	1042	98,0	2,0	0,0	83,0	15,0	2,0	7	93
Schulen	17.771	19.070	1045	99,0	1,0	0,0	94,0	5,0	1,0	1	12
KH	427	428	3355	70,0	20,0	10,0	30,0	40,0	30,0	6	15
Sport	2.016	2.348	680	98,5	1,0	0,5	85,0	10,0	5,0	0	3
Hotels gr.	2.204	2.379	2413	50,0	30,0	20,0	10,0	60,0	30,0	38	68
Hotels kl.	34.257	37.096	837	80,0	15,0	5,0	40,0	40,0	20,0	65	244
Büro gr.	8.295	9.826	1992	50,0	30,0	20,0	20,0	40,0	40,0	119	258
Büro kl.	26.342	30.704	335	88,0	10,0	2,0	65,0	25,0	10,0	10	44
Büro Whg.	10.404	12.416	1062	96,0	3,0	1,0	80,0	10,0	10,0	5	44
Handel, gr.	10.140	10.857	529	85,0	10,0	5,0	40,0	40,0	20,0	11	45
Handel, kl.	23.543	25.346	378	88,0	10,0	2,0	65,0	25,0	10,0	10	41
Summen										365	1875

Der Anstieg dieses erwarteten Stromverbrauchs zur Gebäudekühlung mit konventioneller Kühltechnologie ist in 5-Jahres-Schritten in Abbildung 15 dargestellt.

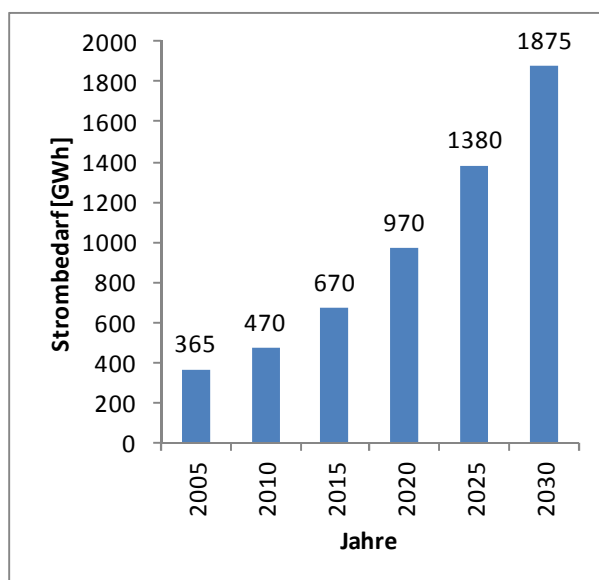


Abbildung 15: Berechnete Werte für den Strombedarf für Gebäudekühlung in Österreich mit herkömmlicher Kühltechnologie bis 2030 (Quelle: EEG, 2007, aufbereitet)

In Tabelle 13 sind Szenarien zur potenziellen Energie- bzw. CO₂-Einsparung durch den Einsatz von solarthermischer Kühlung anstelle von konventioneller Kühltechnologie dargestellt. Ausgangspunkt

zur Berechnung der Energie- bzw. CO₂-Einsparungen sind die berechneten Werte für Strombedarf mit herkömmlicher Kühltechnologie laut Abbildung 15 für 2030 und einem elektrischen Anlagen Coefficient of Performance (COP_{el}) zwischen 2,7 und 3,5. Zur Bewertung der daraus resultierenden Vermeidung von CO₂-Emissionen wurde ein CO₂-Äquivalent-Emissionsfaktor von 0,680 kgCO₂/kWh_{End} verwendet [12]. Szenario 1 beschreibt jene solothermischen Kühlanlagen, welche derzeit am Markt verfügbar sind und mit Standardtechnologien bei den Stromhauptverbrauchern (Pumpen, Rückkühler) ausgestattet werden. Hier ist üblicherweise auch keine Anlagenoptimierung im Betrieb vorgesehen. Die daraus resultierenden mittleren jährlichen Stromeinsparungen im Vergleich zu Kühlanlagen mit konventionellen Kühltechnologien liegen hier lediglich bei ca. 20%. Szenario 2 betrifft jene solarthermischen Kühlanlagen, die ebenfalls derzeit am Markt verfügbare Technologien verwenden, jedoch energieeffiziente Komponenten wählen und eine Anlagenoptimierung im Betrieb vorsehen. Hier ist ausgehend von den Erfahrungen aus aktuellen Monitoringauswertungen von solarthermischen Kühlanlagen in Österreich [9] eine mittlere jährliche Energieeinsparung von ca. 40% zu konventionellen Kühltechnologien zu erwarten. In Szenario 3 wird davon ausgegangen, dass zusätzlich zu den Bedingungen aus Szenario 2, durch technologische Weiterentwicklungen im Bereich Ab-/Adsorptionskältemaschinen, Rückkühlung, DEC-Anlagen, Solarkollektoren und Speichertechnologien die Anlageneffizienz wesentlich gesteigert wird. Dadurch kann eine mittlere jährliche Energieeinsparung von 60% über alle installierten solarthermischen Kühlanlagen im Vergleich zu Kühlanlagen mit konventionellen Kühltechnologien erwartet werden.

Tabelle 13: Szenarien zur potenziellen Vermeidung von CO₂-Emissionen 2030 über solarthermische Kühlung in Österreich (Ersteller: AIT, 2011)

Substituierung Strombedarf verursacht durch konventionelle Kühltechnologie COPel 2,7 - 3,5		Szenario 1: 20 % Einsparung COPel 3,4 - 4,4		Szenario 2: 40 % Einsparung COPel 4,5 - 5,8		Szenario 3: 60 % Einsparung COPel 6,8 - 8,8	
%	GWh/a	GWh/a	t CO ₂ /a	GWh/a	t CO ₂ /a	GWh/a	t CO ₂ /a
5	93,8	18,8	12.750	37,5	25.500	56,25	38.250
10	187,5	37,5	25.500	75,0	51.000	112,5	76.500
20	375,0	75,0	51.000	150,0	102.000	225	153.000

In all diesen Szenarien ist der Mehrnutzen von solarthermischen Kühlanlagen durch Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung noch nicht berücksichtigt. In Abbildung 16 und Abbildung 17 sind dafür zu erwartende Nutzwärmeerträge pro m² Kollektorfläche, sowie die daraus resultierenden solaren Deckungen für solarthermische Kühlanlagen in Österreich dargestellt. Hierbei wird deutlich, daß die Solaranlage vor allem in Krankenhäusern und Hotels einen erheblichen Beitrag zur Warmwasserbereitung bringen kann. Vakuumkollektoren verbessern im Vergleich zu

Flachkollektoren die energetische Ausbeute deutlich für Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung bei den hier gerechneten Varianten für Krankenhäuser und Bürogebäude (Rahmenbedingungen siehe Tabelle 7 und Tabelle 8).

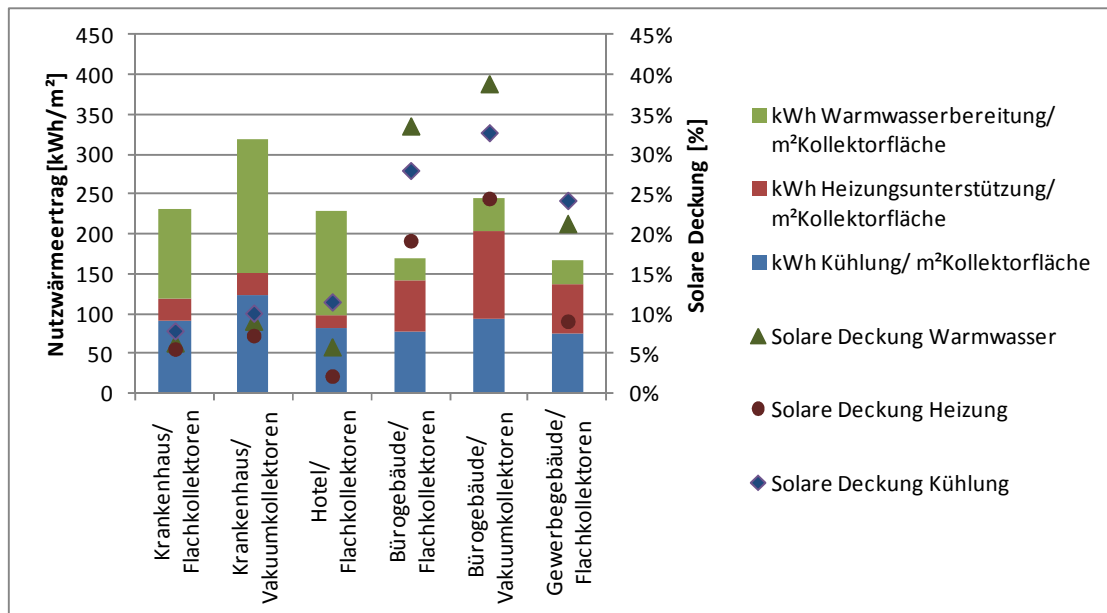


Abbildung 16: Berechnete spezifische Nutzwärmeerträge und solare Deckungen solarthermischer Absorptionskälteanlagen in Österreich (Quelle: ROCOCO, 2008)

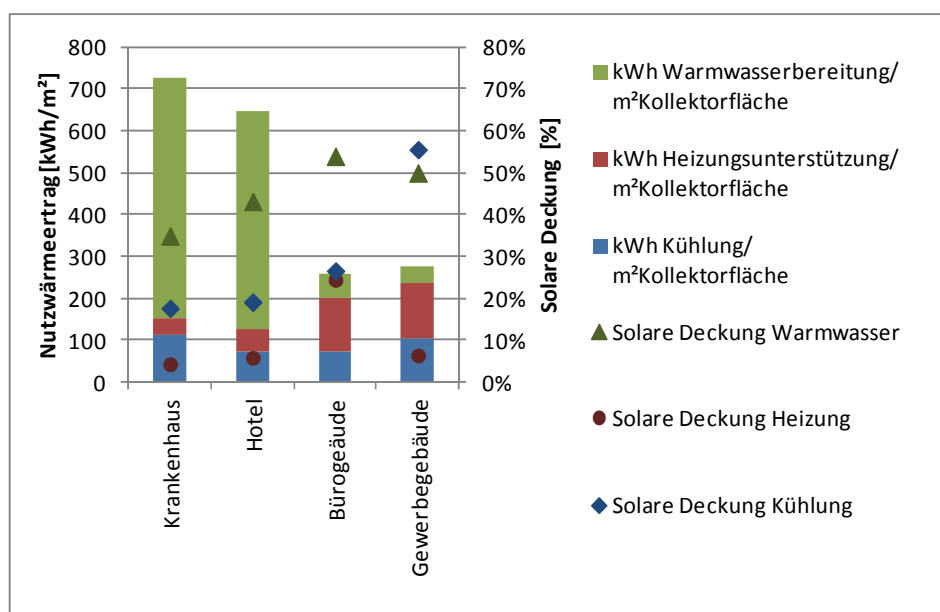


Abbildung 17: Berechnete spezifische Nutzwärmeerträge und solare Deckungen solarthermischer DEC-Anlagen in Österreich (Quelle: ROCOCO, 2008)

Tabelle 14: Variante 1 - Beitrag solarthermischer Kühlanlagen an Vermeidung CO₂-Emissionen durch Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung (Ersteller: AIT, 2011)

	Aufteilung bereitgestellte thermische Kühlenergie über solarthermische Kühlanlagen auf Gebäudekategorien Variante 1: Fokus auf Bürogebäude, Hotels, Krankenhäuser und Handel/Gewerbe			5% Substituierung Strombedarf verursacht durch konventionelle Kühltechnologien		10% Substituierung Strombedarf verursacht durch konventionelle Kühltechnologien*		20% Substituierung Strombedarf verursacht durch konventionelle Kühltechnologien*	
	Ab-/Adsorption Flachkollektoren	Ab-/Adsorption Vakuumkollektoren	DEC-Anlagen Flachkollektoren	Deckung Kühlbedarf je Gebäudeart	Nutzwärmeertrag WW/Heizung	Deckung Kühlbedarf je Gebäudeart	Nutzwärmeertrag WW/Heizung	Deckung Kühlbedarf je Gebäudeart	Nutzwärmeertrag WW/Heizung
	%	%	%	%	GWh/a	%	GWh/a	%	GWh/a
Krankenhäuser		2,0		12,6	8	25,2	16	50,4	33
Hotels, groß	5,0		5,0	13,9	121	27,8	241	55,6	482
Hotels, klein	17,0		17,0	13,2	410	26,3	820	52,6	1.640
Bürogebäude, groß		18,0	18,0	13,2	188	26,4	376	52,7	752
Bürogebäude, klein			6,0	12,9	38	25,8	76	51,5	152
Handel, groß	6,0			12,6	18	25,2	37	50,4	73
Handel, klein			6,0	13,8	26	27,6	52	55,3	104
Nutzwärmeertrag für Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung(GWh/a):					809	1.618		3.236	
Strombedarf für solarthermische Anlage (GWh/a):					81	162		324	
Vermeidung CO₂-Emissionen (t CO₂/a):					147.242	294.484		588.968	

*Verdopplung der Gebäude je Gebäudekategorie, welche mit solarthermischen Kühlanlagen ausgestattet sind; solare Deckungsgrade bleiben gleich

Ausgehend von der Entwicklung des Kühlbedarfs für unterschiedliche Gebäudekategorien laut Tabelle 12 ist in Tabelle 14 der Nutzwärmeertrag für Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung von unterschiedlichen solarthermischen Kühlanlagen in Österreich entsprechend Abbildung 16 und Abbildung 17 in Zahlen dargestellt. Zur Bewertung der daraus resultierenden Vermeidung von CO₂-Emissionen wurde ein CO₂-Äquivalent-Emissionsfaktor von Erdgas mit 0,250 kgCO₂/kWh_{End} verwendet [13]. Die in Tabelle 14 dargestellte Variante 1 zur Aufteilung der bereitgestellten thermischen Kühlenergie über solarthermische Kühlanlagen fokussiert auf Nicht-Wohngebäude (Bürogebäude, Hotels, Krankenhäuser und Handel bzw. Gewerbe). Die Aufteilung der 100% bereitgestellten thermischen Kühlenergie über solarthermische Kühlanlagen wurde so gewählt, dass sich eine möglichst gleichmäßige Deckung des erwarteten Kühlbedarfs 2030 je Gebäudekategorie ergibt. Der Anteil der Nutzwärmeerträge durch Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung an der Vermeidung von CO₂-Emissionen macht bezogen auf die drei Szenarien laut Tabelle 13 in Variante 1 zwischen 80% und 92% aus. Die Kühlseite der hier beschriebenen solarthermischen Kühlanlagen trägt demnach lediglich zwischen 8% und 20% an der Vermeidung von CO₂-Emissionen bei. Hier wird sehr deutlich, dass aus ökologischer Sicht ein Mehrfachnutzen von solarthermischen Kühlanlagen für Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung in jedem Fall angestrebt werden sollte. Das größte Potenzial bieten in Österreich hierbei Hotels und Bürogebäude; Krankenhäuser eignen sich auch sehr gut, machen aber in Österreich nur einen relativ geringen Anteil am Kühlbedarf insgesamt aus. Für das beste Szenario laut Tabelle 13 (Szenario 3 bei 20% Substituierung Strombedarf verursacht durch konventionelle Kühltechnologie) würde das insgesamt ein Potenzial an Vermeidung von CO₂-Emissionen im Jahr 2030 von 741.968 tCO₂/a bedeuten (153.000 tCO₂ durch die Kühlseite; 588.968 tCO₂ durch Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung).

In Variante 2 wurden Wohngebäude in die Betrachtungen mit einbezogen (siehe Tabelle 15). Hier ergeben sich für die gewählte Aufteilung der bereitgestellten thermischen Kühlenergie über solarthermische Kühlanlagen auf die einzelnen Gebäudekategorien ähnliche Ergebnisse zur Vermeidung von CO₂-Emissionen wie in Variante 1. In der Gebäudekategorie Einfamilienhäuser zeigt sich, dass schon eine sehr geringe Deckung des Kühlbedarfs durch solarthermische Kühlanlagen einen wesentlichen Beitrag zur Vermeidung von CO₂-Emissionen beitragen kann. Auch hier machen die Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung zwischen 79% und 92% der Vermeidung von CO₂-Emissionen aus. Für das beste Szenario laut Tabelle 13 (Szenario 3 bei 20% Substituierung Strombedarf verursacht durch konventionelle Kühltechnologie) würde das insgesamt ein Potenzial an Vermeidung von CO₂-Emissionen im Jahr 2030 von 743.720 tCO₂/a bedeuten (153.000 tCO₂ durch die Kühlseite; 590.720 tCO₂ durch Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung).

Tabelle 15: Variante 2 - Beitrag solarthermischer Kühlanlagen an Vermeidung CO₂-Emissionen durch Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung (Ersteller: AIT, 2011)

	Aufteilung bereitgestellte thermische Kühlenergie über solarthermische Kühlanlagen auf Gebäudekategorien Variante 2: Wohngebäude, Bürogebäude, Hotels und Krankenhäuser			5% Substituierung Strombedarf verursacht durch konventionelle Kühltechnologien		10% Substituierung Strombedarf verursacht durch konventionelle Kühltechnologien*		20% Substituierung Strombedarf verursacht durch konventionelle Kühltechnologien*	
	Ab-/Adsorption Flachkollektoren	Ab-/Adsorption Vakuumkollektoren	DEC-Anlagen Flachkollektoren	Deckung Kühlbedarf je Gebäudeart	Nutzwärmeertrag WW/Heizung	Deckung Kühlbedarf je Gebäudeart	Nutzwärmeertrag WW/Heizung	Deckung Kühlbedarf je Gebäudeart	Nutzwärmeertrag WW/Heizung
	%	%	%	%	GWh/a	%	GWh/a	%	GWh/a
Einfamilienhäuser	20,0			2,5	90	5,0	180	10,0	361
2-Familienhäuser	3,0			1,8	14	3,6	27	7,2	54
Mehrfamilienhäuser, klein	2,0		2,0	3,9	22	7,8	43	15,6	87
Mehrfamilienhäuser, groß	2,0		2,0	4,1	22	8,1	43	16,2	87
Krankenhäuser		1,0		6,3	4	12,6	8	25,2	16
Hotels, groß	5,0		5,0	13,9	121	27,8	241	55,6	482
Hotels, klein	17,0		17,0	13,2	410	26,3	820	52,6	1.640
Bürogebäude, groß		10,0	10,0	7,3	104	14,6	209	29,3	418
Bürogebäude, klein			4,0	8,6	25	17,2	51	34,3	101
Nutzwärmeertrag für Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung(GWh/a):					811	1.623		3.246	
Strombedarf für solarthermische Anlage (GWh/a):					81	162		325	
Vermeidung CO ₂ -Emissionen (t CO ₂ /a):					147.680	295.360		590.720	

*Verdopplung der Gebäude je Gebäudekategorie, welche mit solarthermischen Kühlanlagen ausgestattet sind; solare Deckungsgrade bleiben gleich

7. Entwicklungs-Szenarien

7.1 Ziele Forschung und Entwicklung

Aufgrund der Vielzahl an kleineren Zielen, welche in Summe letztthin aber den Weg zur Marktreife beschreiben, wurde jeweils eine Unterteilung in die wesentlichen Teilbereiche vorgenommen. Die Ziele werden anhand einer Zeitachse in kurz- mittel- und langfristig unterteilt.

7.1.1 Grundlegende Ziele

Die grundlegenden Ziele unterscheiden sich bezüglich Anlagengröße und Anlagenzweck. Abbildung 18 zeigt eine Einteilung der Systeme in Nutzerklassen, welche die Formulierung von grundlegenden Teilzielen ermöglicht.

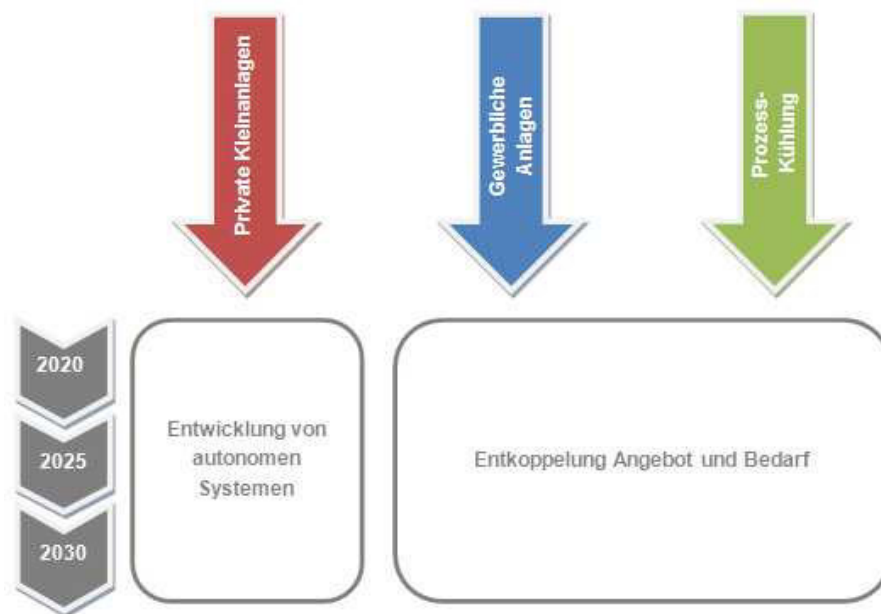


Abbildung 18: Systemeinteilung in Nutzerklassen, Grundlegende Ziele (Ersteller: ASIC, 2011)

7.1.2 Reduktion des Verbrauchs an elektrischer Hilfsenergie

Dieses Ziel hat uneingeschränkt für alle Technologien und Anlagengrößen oberste Priorität.

7.1.3 Optimierung der Rückkühlung

Die Rückkühlung muss als wesentlicher Teilbereich betrachtet werden, und kann in die 2 Technologien offene Rückkühlung und geschlossene bzw. Hybridrückkühlung unterteilt werden. Die vorliegenden Fakten hinsichtlich Energieumsatz, hohen Massenströmen, Bedarf an elektrischer

Hilfsenergie und aktuelle Monitoringergebnisse rechtfertigen die intensive Bearbeitung dieses Teilbereiches. Abbildung 19 zeigt die Teilziele zur Optimierung der Rückkühlung.

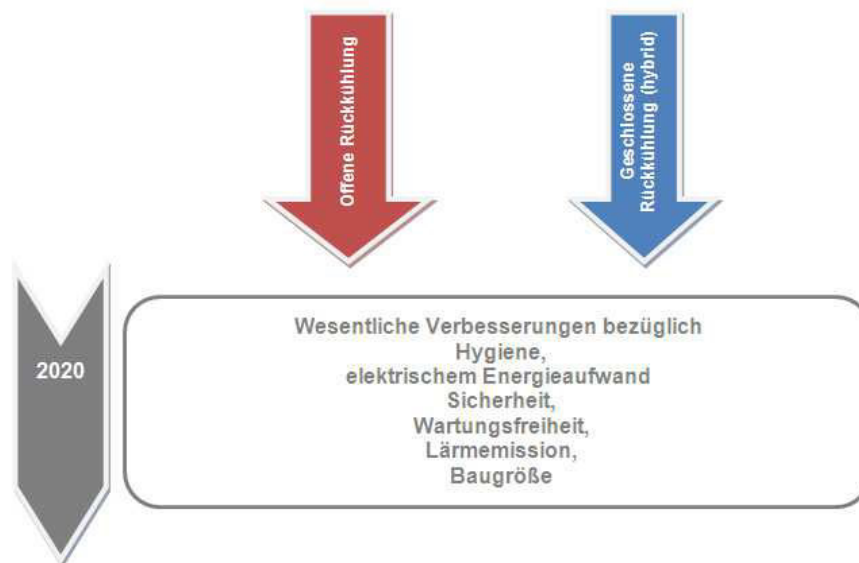


Abbildung 19: Optimierung der Rückkühlung, Teilziele (Ersteller: ASIC, 2011)

7.1.4 Ziele im Bereich der solarthermischen Kollektoren

Hier sollen alle Technologien zur Umwandlung von Solarenergie in thermische Energie betrachtet werden. Die wesentlichen Ziele können mit Effizienzsteigerung und Kostensenkung umrissen werden. In Abbildung 20 sind die Ziele in Abhängigkeit der jeweiligen Technologie dargestellt.

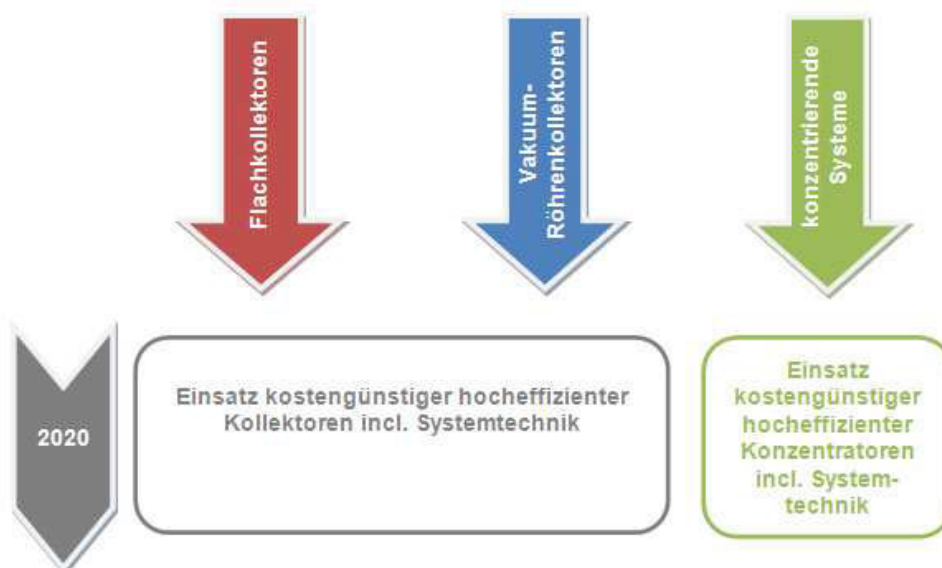


Abbildung 20: Ziele im Bereich der solarthermischen Kollektoren (Ersteller: ASIC, 2011)

7.1.5 Ziele im Bereich der thermischen Kältemaschinen

In diesem Bereich konnten 3 wesentliche Teilziele, die für Ab- und Adsorptionskältemaschinen Gültigkeit haben herausgearbeitet werden. Diese Teilziele sind in Abbildung 21 dargestellt.



Abbildung 21: Ziele im Bereich thermische Kältemaschinen (Ersteller: ASIC, 2011)

7.1.6 Ziele im Bereich Offene Systeme (DEC)

Die Technologie Desiccant and Evaporative Cooling (DEC) kann unter bestimmten Randbedingungen, derzeit bereits, als sehr erfolgversprechend bezeichnet werden. Im Detail betrachtet sind aber, wie aus Abbildung 22 ersichtlich, wesentliche Teilziele noch zu erreichen.

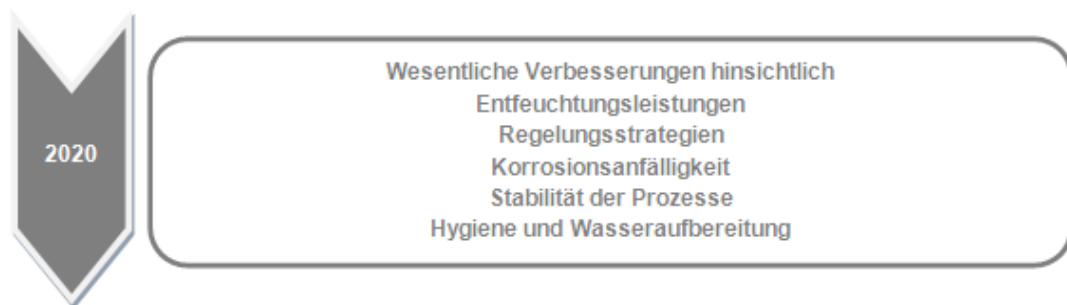


Abbildung 22: Ziele im Bereich offene Systeme (Ersteller: ASIC, 2011)

7.1.7 Speicheroptimierung

In diesem Bereich sollen alle 3 Temperaturniveaus auf denen Energie gespeichert werden kann zwecks umfassender Optimierung betrachtet werden:

- Antriebsseite (hohes Temperaturniveau)
- Rückkühlseite (mittleres Temperaturniveau)
- Kaltwasserseite (niedriges Temperaturniveau)

7.1.8 Optimierung der Anlagentechnik

Die Anlagentechnik vereint alle Teilbereiche zu einem Gesamtsystem und beeinflusst die Bereiche Machbarkeit, Planung und Auslegung wesentlich. Trotz der vielen Abhängigkeiten ergibt sich ein

Gesamtziel, um die solarthermische Kühlung zur Marktreife zu führen, welches in Abbildung 23 dargestellt ist.



Abbildung 23: Gesamtziel, Optimierung der Anlagentechnik (Ersteller: ASIC, 2011)

7.2 Ziele Marktverbreitung

Zentrales Ziel ist die Erhöhung der Nachfrage nach solarthermischer Kühlung.

In einem ersten Schritt ist es Ziel, die bestehenden Anlagen zu überwachen, um aus der Planung und vor allem dem Betrieb Erkenntnisse zu sammeln. Mittelfristig sollen zahlreiche Demoanlagen entstehen, welche ebenfalls überwacht werden um, wichtige Erfahrungswerte und Betriebserkenntnisse zu gewinnen.

In einem weiteren Schritt soll eine Kategorisierung der Anlagen vorgenommen und Planungsstandards und Gütesiegel entwickelt werden, um so einen gewissen Qualitätsstandard zu definieren. Durch die Einhaltung der Kriterien und die damit erhöhte Funktionstüchtigkeit und Effizienz der Anlagen kann die Akzeptanz und Zufriedenheit der Kunden gesteigert werden.

Hierzu trägt natürlich auch das Fachwissen der planenden und ausführenden Fachkräfte bei. Daher ist es ein weiteres Ziel die Aus- und Weiterbildung hoch qualifizierter Fachkräfte fortzuführen und auszubauen, um die notwendigen technischen Weiterentwicklungen ausführen und die Anlagen korrekt einsetzen zu können.

Die gesammelten Ergebnisse, Aktivitäten, Qualitätskriterien etc. müssen der Politik, der Industrie sowie der breiten Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden, wobei auf die zielgruppenspezifische Aufbereitung Wert zu legen ist.

Ein kurzfristiges Ziel ist die Gründung einer Interessensgemeinschaft für solarthermische Kühlung. Langfristig soll diese Interessensgemeinschaft gestärkt und unterstützt werden. Die Mitglieder sollten sich aus Industrie- sowie Forschungsunternehmen in diesem Bereich zusammensetzen. Die Aufgaben der IG Solare Kühlung wären z.B. die Verbreitung der Erfahrungswerte und Betriebserkenntnisse zahlreicher Anlagen, die Forcierung der Planungsstandards und Gütesiegel, die Koordinierung von Aus- und Weiterbildungsangeboten, die Kommunikation weiteren Forschungs- und Förderungsbedarfes.

All diese Aktivitäten können mittelfristig zu einer aktiven Kundennachfrage führen.

Umfragen im Rahmen des Projektes haben ergeben, dass zahlreiche Unternehmen im Bereich Marktverbreitung bereits tätig und weitere Unternehmen interessiert sind. Diese Unternehmen könnten bereits aktiv an der Umsetzung der Ziele beteiligt werden.

7.3 Ziele Innovationsförderung

Um solarthermische Kühlanlagen konkurrenzfähig zu machen sind, wie bei anderen neuen innovativen Technologien auch, Förderkonzepte notwendig.

Zentrales Ziel ist die Entwicklung und das Angebot von Förderungen, passend zum jeweiligen Entwicklungsstand der Technologie.

Wie bereits erwähnt, besteht Bedarf an der Forschung und Entwicklung geeigneter Systemkomponenten. Daher soll kurzfristig ein Programm zur Förderung der System- und Komponentenforschung sowie zur Erforschung der „Verschränkungsmöglichkeiten“ von solarthermischer Kühlung mit Fernwärme eingerichtet werden. Parallel dazu ist eine Investitionsförderung des Baus von 100 Anlagen, des Planungs- und Monitoringprozesses sowie der Fernüberwachung der Energieaufzeichnungen notwendig.

Mittelfristig zielt man darauf ab Potenzialstudien für unterschiedliche Anwendungen und Regionen, basierend auf den bisherigen Erkenntnissen, zu erarbeiten. Begleitend dazu soll eine Investitions- und Leistungsförderung die Entscheidung der Bauherren für den Einsatz solarthermischer Kühlung vorantreiben und den Betreiber zum Monitoring verpflichten. Somit können weitere Erkenntnisse gewonnen und dadurch Effizienzsteigerungen, Systemverbesserungen sowie Kostensenkungen erreicht werden.

Längerfristig soll ein Förderkonzept zur finanziellen Unterstützung experimenteller Forschung entwickelt werden. Investitionsförderungen zur Erreichung der Wirtschaftlichkeit solarthermischer Kühlanlagen steigern die aktive Kundennachfrage und breite Anwendung solarer Kühlanlagen.

Die entwickelten Qualitätskriterien sollen verbindend für die Gewährung einer Förderung sein.

8. Maßnahmen-Empfehlungen

8.1 Maßnahmen im Bereich Forschung und Entwicklung

Auch die Maßnahmen im Bereich Forschung und Entwicklung sind durch eine Vielzahl an kleineren Schritten, deren Umsetzung aber den Weg zur Marktreife beschreibt, charakterisiert. Auch hier wird wie im Kapitel Ziele für Forschung und Entwicklung, eine Unterteilung in die wesentlichen Teilbereiche vorgenommen. Die Maßnahmen werden ebenfalls anhand einer Zeitachse in kurz-, mittel- und langfristig unterteilt.

8.1.1 Grundlegende Maßnahmen

Abbildung 24 zeigt die empfohlenen Maßnahmen, die nach einer Einteilung der Systeme in Leistungsklassen dargestellt werden.

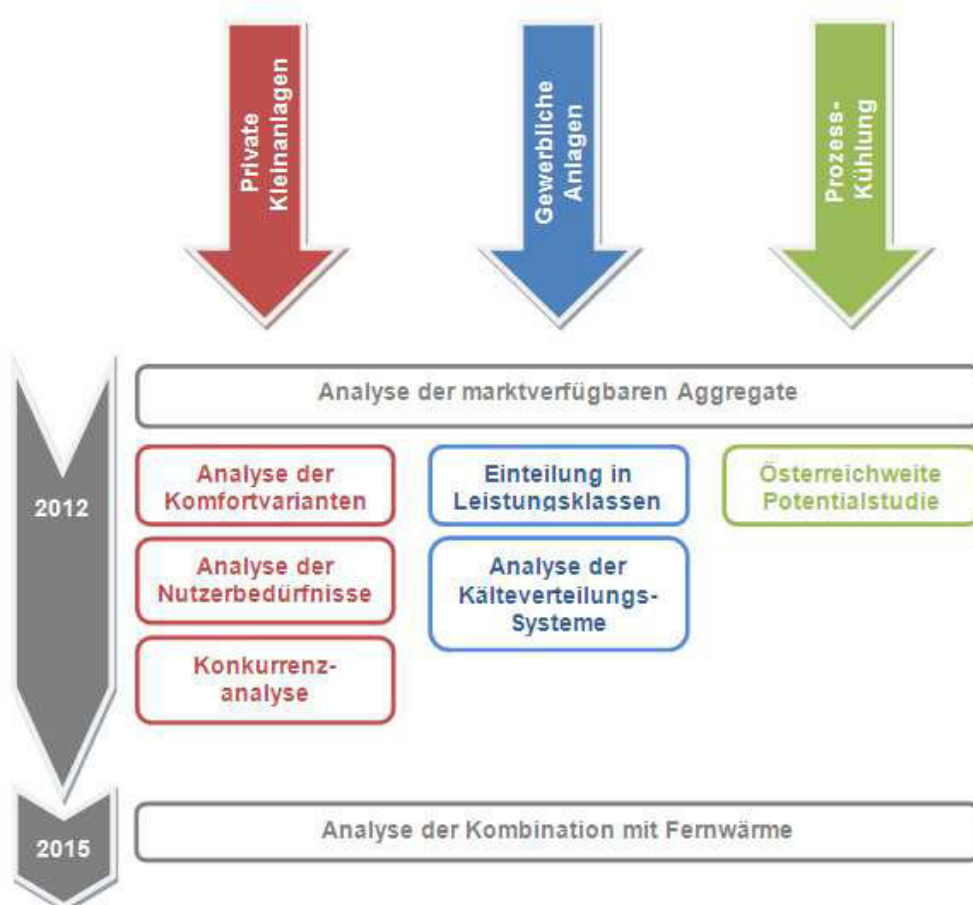


Abbildung 24: Grundlegende Maßnahmen nach Leistungsklassen (Ersteller: ASIC, 2011)

Bei der Analyse der Kombination mit Fernwärme sollten neben den technischen auch volkswirtschaftliche Überlegungen angestellt werden.

8.1.2 Maßnahmen zur Reduktion des Bedarfes an elektrischer Hilfsenergie

Abbildung 25 zeigt die Maßnahmen zur Reduktion des Bedarfes an elektrischer Hilfsenergie, formuliert betreffend Ad- bzw. Absorptionsanlagen und DEC Anlagen.

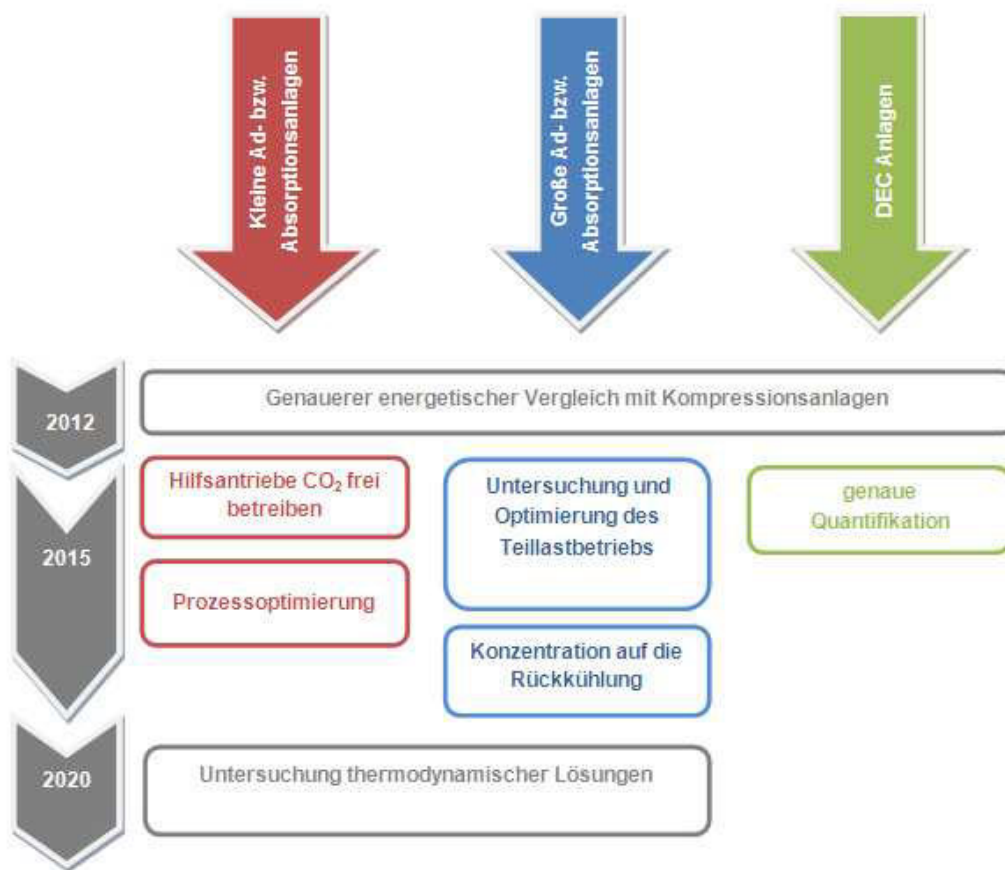


Abbildung 25: Maßnahmen zur Reduktion des Bedarfes an elektrischer Hilfsenergie
(Ersteller: ASIC, 2011)

Die Maßnahmen können bei Ab- und Adsorptionsanlagen klar definiert werden, lediglich im Bereich der DEC Anlagen muss im Vorfeld eine genaue Quantifizierung vorgenommen werden. Als wichtigste Maßnahme kann die Konzentration auf energieeffiziente und hygienisierte Nasskühlsysteme genannt werden. Aus diesem Grund wird unter 8.1.3 genauer darauf eingegangen.

Die CO₂ freie Maschine kann über thermomechanische Energiewandler oder durch den Einsatz von Photovoltaik zur Deckung des gesamten Pumpaufwandes realisiert werden.

8.1.3 Maßnahmen zur Optimierung der Rückkühlung

Die Rückkühlung kann als entscheidender Punkt bezeichnet werden. Die aus Abbildung 26 ersichtlichen Maßnahmen treffen auf die offene und die geschlossene (inkl. der hybriden) Rückkühltechnologie zu. Der Bogen spannt sich von einer stärkeren Einbindung der Komponentenhersteller über Teilkomponentenoptimierung bis zur Suche nach alternativen Wärmesenken.

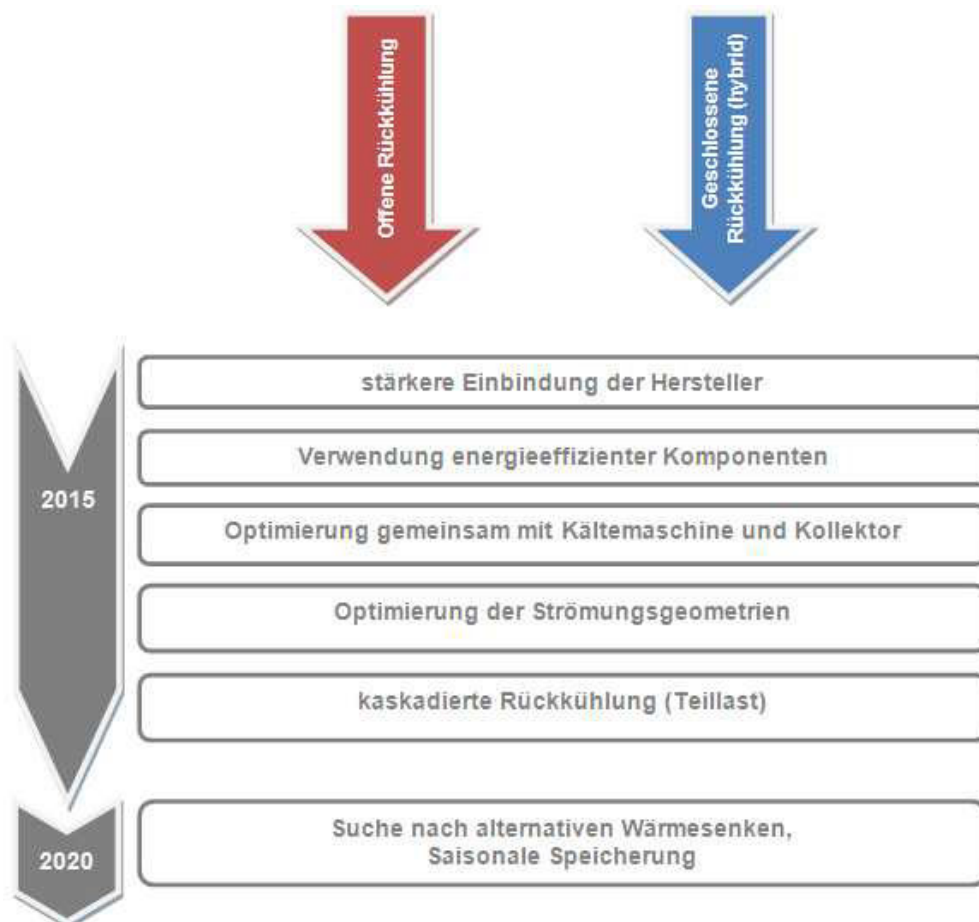


Abbildung 26: Maßnahmen zur Optimierung der Rückkühlung (Ersteller: ASIC, 2011)

8.1.4 Maßnahmen im Bereich solarthermische Kollektoren

Im Bereich solarthermische Kollektoren werden, wie aus Abbildung 27 ersichtlich, eher kurzfristige Optimierungen von einer langfristigen Entwicklung kostengünstiger und hocheffizienter Systeme abgelöst.

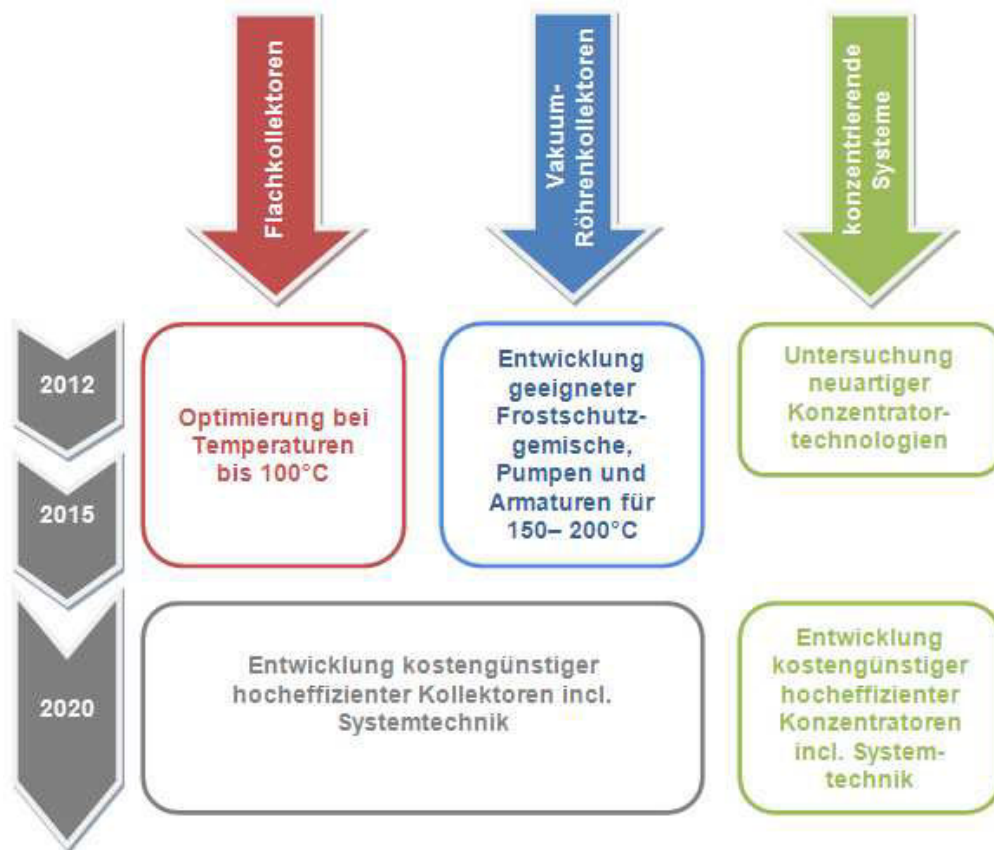


Abbildung 27: Maßnahmen im Bereich solarthermische Kollektoren (Ersteller: ASIC, 2011)

8.1.5 Maßnahmen im Bereich thermische Kältemaschinen

Die aus Abbildung 28 ersichtlichen Maßnahmen zielen darauf ab, kostengünstigere Systeme bezüglich Wärme- und Stoffaustausch zu entwickeln. Als Rahmenbedingung muss immer die Abschätzung der Kostenreduktionspotenziale gegenüber der bekannten und praktizierten Technik im Auge behalten werden.

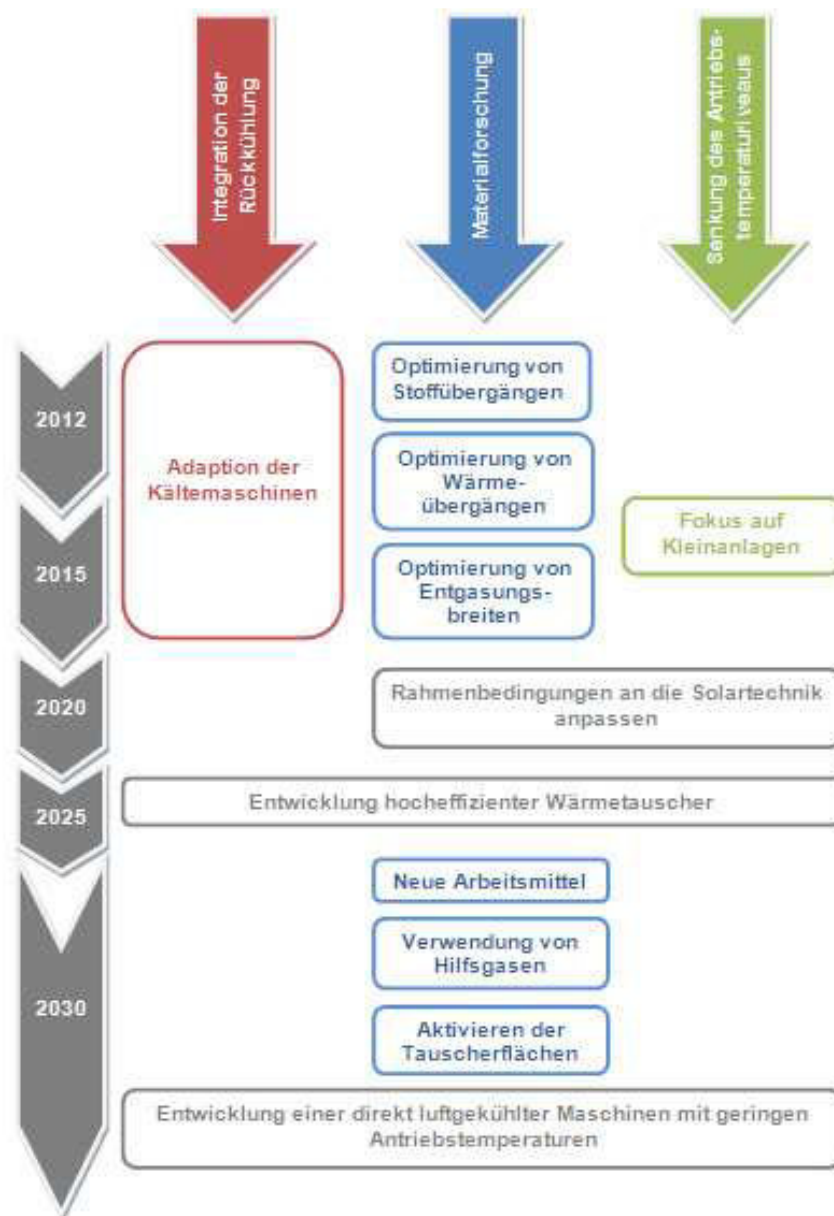


Abbildung 28: Maßnahmen im Bereich thermische Kältemaschinen (Ersteller: ASIC, 2011)

8.1.6 Maßnahmen im Bereich offener Systeme (DEC)

Abbildung 29 zeigt zwei Forschungsfelder im Bereich DEC-Technologie, welche wesentliche Vorteile bezüglich Speicherdichte und Entfeuchtungsleistung zu derzeit eingesetzten Silicagel bzw. Lithium-Chlorid Rotoren in Kombination mit Verdunstungskühlung in Lüftungsanlagen haben. Für Österreich wären dies neue Forschungsfelder, wobei auf aktuelle Forschungstätigkeiten aus Deutschland (Flüssigsorption: Fa. Menerga; Direkt luftgekühlte offene Systeme: ECOS System Fraunhofer ISE) aufgebaut werden könnte.

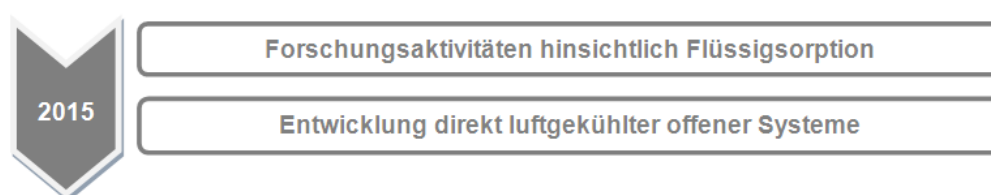


Abbildung 29: Maßnahmen im Bereich offener Systeme (Ersteller: ASIC, 2011)

8.1.7 Maßnahmen im Bereich Speichertechnologien

Die Entwicklung von fortschrittlichen Materialien für kompakte Wärmespeichersysteme bei den Anwendungen Heizen und Kühlen, ist eine wichtige Voraussetzung für den verstärkten Einsatz erneuerbarer Energieträger und zur Energieeinsparung. Speziell für solarthermisch angetriebene Kühlsysteme ist die Speicherung thermischer Energie wesentlich.

Um hohe solare Deckungsanteile zu erreichen muss Wärme oder Kälte effizient und über längere Zeiträume hinweg gespeichert werden. Momentan sind dafür allerdings weder kostengünstige, noch kompakte Systeme vorhanden. Heißwasserspeicher sind teuer und erfordern große Volumina. Alternative Technologien wie Phasenwechselmaterialien (PCMs) und thermochemische Speicher (TCMs) sind nur als Laborentwicklung verfügbar. In Abbildung 30 sind die erforderlichen Maßnahmen im Bereich Speichertechnologien zusammengefasst, um marktreife Produkt zu entwickeln.

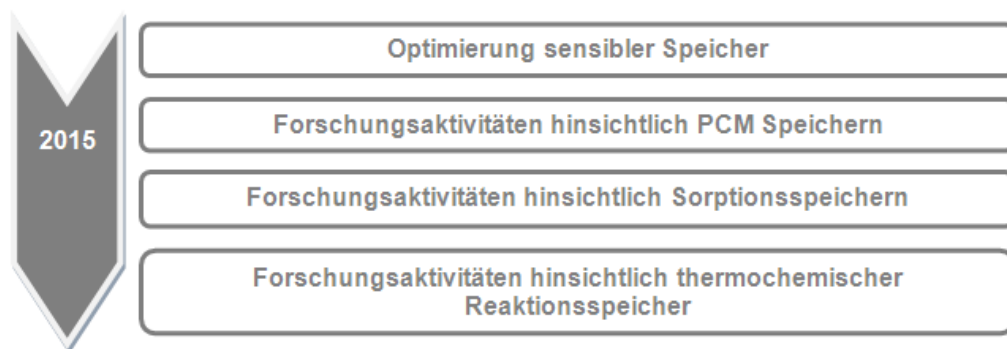


Abbildung 30: Maßnahmen im Bereich Speichertechnologien (Ersteller: ASIC, 2011)

Die Verbesserungen der sensiblen Wärmespeicher (Wasserspeicher) betreffen eine Verlustminimierung, eine Verbesserung des Speichermanagements, eine Verbesserung der Schichtung und die Themen Legionellen- und Verkalkungsschutz.

PCM Speicher bieten die Möglichkeit die Speicherkapazität im Vergleich zu Wasserspeichern um den Faktor 2 zu erhöhen. Die Schwerpunkte müssen in eine Optimierung des Aufbaus und in die Senkung der Materialkosten gelegt werden.

Die Aktivitäten bei den Sorptionsspeichern müssen auf Materialentwicklung abzielen. Die entwickelten Materialien sollten folgende Eigenschaften aufweisen: Hohe Energiedichte, geringe Desorptionstemperatur, konstanter Temperaturhub und geringe Kosten.

Bei den thermochemischen Reaktionsspeichern eröffnen sich Anwendungen hinsichtlich saisonaler Energiespeicherung, Einsatz in der Industrie und neuartiger Systemintegration [14].

8.1.8 Maßnahmen im Bereich Anlagentechnik

Abbildung 31 zeigt die Maßnahmen im Bereich der Anlagentechnik im Überblick.

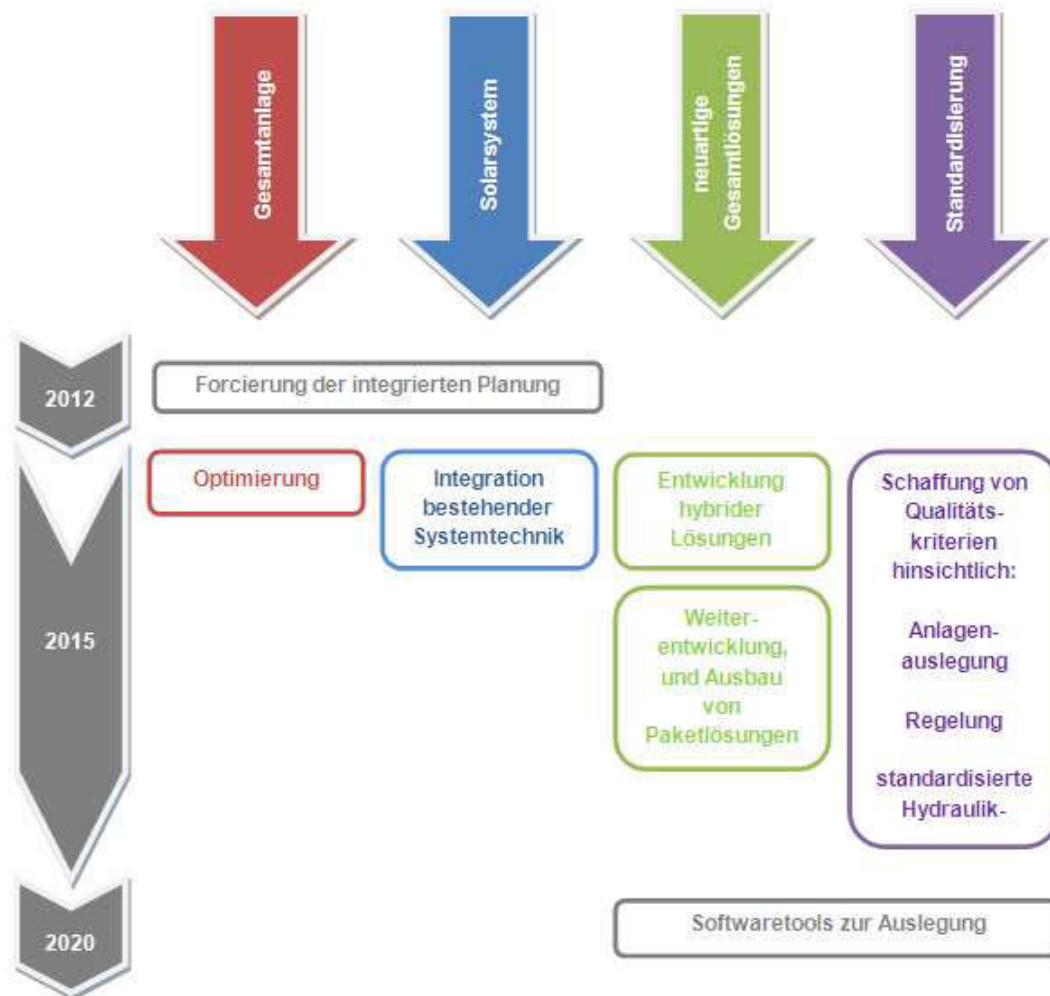


Abbildung 31: Maßnahmen im Bereich Anlagentechnik (Ersteller: ASIC, 2011)

Die Aufgaben im Bereich Anlagentechnik sind von einer Vielzahl von Abhängigkeiten zu den Maßnahmen in allen anderen Teilbereichen gekennzeichnet.

So setzt die Gesamtanlagenoptimierung ein Förderprogramm zur Anlagenerrichtung und zur Planung bzw. Anlagenmonitoring voraus. Bei der Weiterentwicklung von Paketlösungen mit Hilfe von standardisierter Anlagenauslegung muss im Vorfeld die Verschränkungstauglichkeit mit Fernwärme geklärt und ein Werkzeug zur Kategorisierung der Anlagen vorhanden sein.

Generell ist es ein wesentliches Merkmal der Aufgaben im Bereich Standardisierung, dass Budgetmittel zur Anlagenerrichtung und zur weiteren Anlagenbetreuung vorhanden sind, die mittels

integrierter Planung errichtet und in der Betriebsphase dann optimiert werden. So kann über jede realisierte Anlage ein Schritt in Richtung neuartiger standardisierter Gesamtlösungen gemacht werden.

Der Weg führt über eine integrierte Planung (zeitgerechte Berücksichtigung der Energieversorgung eines Gebäudes) zu neuartigen Gesamtlösungen, welche als standardisierte Paketlösung mittels Softwaretools dimensioniert und ausgelegt werden können.

8.2 Maßnahmen im Bereich Marktverbreitung

Die Maßnahmen im Bereich Marktverbreitung können in 2 Kategorien unterteilt werden:

- Realisierung weiterer Demonstrationsanlagen
- Anstoß von unterschiedlichen Verbreitungsmaßnahmen

Abbildung 32 zeigt diese Aufgaben unterteilt in kurz- mittel- und langfristige Maßnahmen.

Demonstrationsanlagen: Maßnahmen bis 2012

- IG Solare Kühlung:

Zur Definierung und Vertretung der Unternehmen im Bereich solare Kühlung (solarthermische Kühlung und Kombination von Photovoltaik mit Kompressionskältetechnik) soll eine Interessensvertretung gegründet werden. Die Mitglieder sollten sich aus Industrie und Forschung zusammensetzen. Das Ziel der IG Solare Kühlung ist die Marktentwicklung und -förderung für solare Kühlung österreichweit und international. Die Aufgaben der IG Solare Kühlung wären z.B. die Verbreitung der Erfahrungswerte und Betriebserkenntnisse zahlreicher Anlagen, die Forcierung der Planungsstandards und Gütesiegel, die Koordinierung von Aus- und Weiterbildungsangeboten, die Kommunikation weiteren Forschungs- und Förderungsbedarfes etc.

- Betrieb/Fernüberwachung:

Betreffend den Betrieb der Anlagen ist zur Analyse die Erstellung eines Konzeptes zur Fernüberwachung der Anlagen notwendig. Weiters sollen die Betreiber zum optimalen Betrieb der Anlagen verpflichtet werden (z.B. durch die Adaptierung von Facility Management-Verträgen).

Verbreitungsmaßnahmen bis 2012:

- Aus- und Weiterbildungsangebot fortführen und erweitern:

Die fundierte Aus- und Weiterbildung von Spezialisten ist zur Erforschung, Installation und für den Betrieb von Anlagen essenziell. Daher ist es notwendig, das bestehende Angebot (FHs, Herstellerschulungen etc.) fortzuführen und auszuweiten.

- Bewusstseinsbildung

Parallel zur Aus- und Weiterbildung von Experten soll die Grundinformation über solarthermische Kühlung verankert sowie das positive Image erhalten werden. Hierzu sollen Medien, Hotlines, Exkursionen etc. genutzt werden. Die IG Solare Kühlung könnte als zentrale Anlaufstelle fungieren.



Abbildung 32: Aufgaben im Bereich Marktverbreitung (Ersteller: AEA, 2011)

Demonstrationsanlagen: Maßnahmen bis 2015

- Datenzugang ermöglichen

Die durch das Monitoring der Anlagen erhaltenen Daten sollen durch die Veröffentlichung über die IG Solare Kühlung zugänglich gemacht werden.

- Kategorisierung der Anlagen

Durch die Erfahrung mit den bis dahin bestehenden Anlagen kann eine Kategorisierung erfolgen, welche eine Vergleichbarkeit der Anlagen sowie Orientierungsmöglichkeiten bietet.

- Stärkung der Interessensvertretung

Laufend soll die Interessensvertretung „IG Solare Kühlung“ gestärkt werden – durch Berichterstattung in diversen Medien, Präsenz auf einschlägigen Messen, aktive Einbindung in die Entwicklung von Aus- und Weiterbildungskonzepten, Förderkonzepten sowie Forschungsschwerpunkten etc.

Verbreitungsmaßnahmen bis 2015

- Aufbereitung von Erfahrungswerten, Betriebserkenntnissen

Um die Erkenntnisse zu verbreiten sollen Informationsmaterialien über die Erfahrungswerte und Betriebserkenntnisse, vor allem vom Bau und Betrieb der Anlagen zusammengestellt und zielgruppenspezifisch aufbereitet werden, welche hauptsächlich von Planern verwendet werden. Die Ergebnisse sollen auch in die Inhalte der Aus- und Weiterbildungsangebote einfließen.

- Hervorheben des politischen Willens

Die Wichtigkeit der Weiterentwicklung und des Einsatzes solarthermischer Kühlung kann durch den politischen Willen hervorgehoben werden, z.B. durch den Einsatz in öffentlichen Gebäuden und der intensiveren Förderung der Technologie.

- Bewusstseinsbildung

Die kontinuierliche Information an die Nutzer und Professionisten erhöht die Einsatzhäufigkeit und die Qualität der Anlagen.

Demonstrationsanlagen: Maßnahmen bis 2020

- Entwicklung von Planungsstandards, Gütesiegel

Mit Hilfe der erfassten Daten und der Erkenntnisse aus den Monitorings können Planungsstandards entwickelt und gefestigt werden, welche in einem weiteren Schritt zu einem Gütesiegel führen. Diese Qualitätsvorgaben führen automatisch zu einer Weiterentwicklung der Komponenten eines solarthermischen Kühlsystems.

- Entwicklung von Kennzahlen

Als weiteren Schritt zu einer besseren Vergleichbarkeit und Anwendbarkeit der Anlagen wird empfohlen, Kennzahlen und Entscheidungshilfen zur Energiekonzepterstellung sowie Anlagenentscheidung zu entwickeln.

- Stärkung der Interessensvertretung

Die Interessensvertretung ist weiterhin zu stärken.

Verbreitungsmaßnahmen bis 2020

- Weiterentwicklung der Aus- und Weiterbildung

Die bisherigen Erkenntnisse ermöglichen die Weiterentwicklung der Ausbildung auf Universitäten, Fachhochschulen etc. Darüber hinaus ist eine zertifizierte Ausbildung für Handwerker und Planer notwendig.

- Erstellung von zielgruppenspezifischem Informationsmaterial

Zur Erzeugung höherer Nachfrage sollen leicht verständliche Informationen für unterschiedliche Zielgruppen erstellt und verteilt werden.

- Erzeugung aktiver Kundennachfrage

Zur weiteren, aktiven Erzeugung der Kundennachfrage sollen Angebote für verschiedene Anwendungsmöglichkeiten geschnürt werden. Komplettpakete und Systemlösungen tragen zu einer Akzeptanz der Technologie bei.

- Bewusstseinsbildung

Die kontinuierliche Information über die Erkenntnisse und Angebote an Nutzer und Professionisten soll weitergeführt werden.

Demonstrationsanlagen: Maßnahmen bis 2025

- Forcierung einer standardisierten Optimierungsphase

Zu diesem Zeitpunkt kann bereits die Forcierung einer standardisierten Optimierungsphase und laufender Wartung erfolgen.

- Stärkung der Interessensvertretung

Die Interessensvertretung ist weiterhin zu stärken.

Verbreitungsmaßnahmen bis 2025

- Bewusstseinsbildung

Die kontinuierliche Information über die Erkenntnisse sowie Angebote an Nutzer und Professionisten soll weitergeführt werden.

Demonstrationsanlagen: Maßnahmen bis 2030

- Stärkung der Interessensvertretung

Die Interessensvertretung ist weiterhin zu stärken.

Verbreitungsmaßnahmen bis 2030

- Bewusstseinsbildung

Die kontinuierliche Information über die Erkenntnisse sowie Angebote an Nutzer und Professionisten soll weitergeführt werden.

8.3 Maßnahmen im Bereich Innovationsförderung

Ziel der unterschiedlichen Förderungen ist es, Forschungsergebnisse für eine größere Anzahl von gebauten Anlagen zu erhalten. Durch die weitere Entwicklung soll eine Qualitätsverbesserung sowie Wettbewerbsfähigkeit gegenüber herkömmlichen Kälteanlagen erreicht werden. Abbildung 33 zeigt diese Aufgaben unterteilt in die Bereiche F&E-Förderung, Investitionsförderung und Schaffung von Qualitätskriterien, wiederum unterteilt in kurz- mittel- und langfristige Maßnahmen.

F&E-Förderung bis 2012

- Schwerpunktprogramm „Solarthermische Kühlung“

Als Basis für die weiteren Aktivitäten und Kampagnen sollte eine Schwerpunktprogramm „Solarthermische Kühlung“ gestartet werden, um die Förderaktivitäten in diesem Bereich optimal zu entwickeln und zu koordinieren. Unter diesem Programm sollten dann alle weiteren Förderstrategien laufen.

Folgender Förderbedarf wurde eruiert:

- Förderung von System- und Komponentenforschung

Die Ergebnisse der bisherigen Forschungsaktivitäten haben den Bedarf an weiterer Komponentenforschung gezeigt. Im Bereich der Stoffpaare, Speichersysteme, Rückkühler etc. steckt Potenzial, um den Einsatz und die Effizienz sowie Wirtschaftlichkeit der Anlage zu erweitern bzw. zu optimieren.

- Förderung von Studien zur Verschränkungstauglichkeit solarthermischer Kühlung mit Fernwärme

Der gleichzeitige Einsatz von Solarthermieranlagen und Fernwärme wurde bis jetzt noch unzureichend erforscht. In diesem Bereich besteht zum Beispiel die Problematik der hydraulischen Koppelung beider Systeme. Um die Verschränkungstauglichkeit und Kombinationsmöglichkeiten zu untersuchen sind weitere Studien erforderlich.

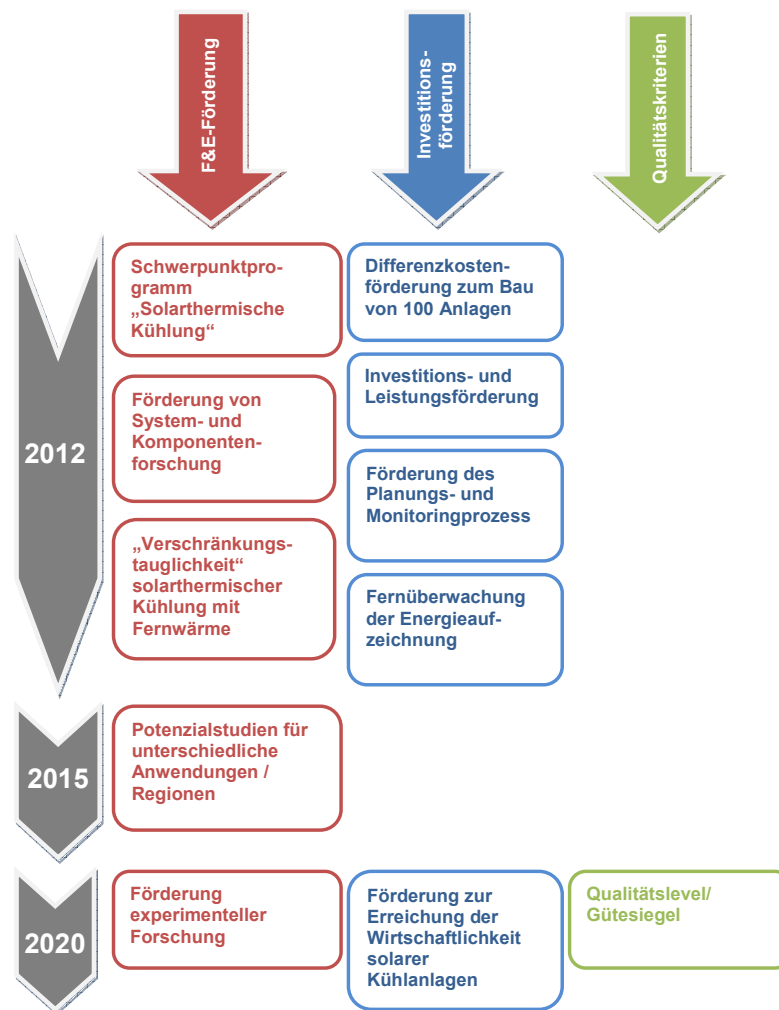


Abbildung 33: Aufgaben im Bereich Innovationsförderung (Ersteller: AEA, 2011)

Investitionsförderung bis 2012

Parallel zu der F&E-Förderung ist die Investitionsförderung notwendig, um Anlagen zu errichten, die wiederum vermessen werden, um Erkenntnisse aus dem Betrieb zu gewinnen und die Anlagen weiterzuentwickeln.

- Förderung zum Bau von 100 Anlagen

Ziel ist es, mit Hilfe der Förderung 100 Anlagen zur solarthermischen Kühlung zu errichten. Diese 100 Anlagen sollen überwacht und analysiert werden um Effizienzpotenziale zu erforschen und zu realisieren.

- Förderung des Planungs- und Monitoringprozesses

Die korrekte Planung sowie die Überwachung solarthermischer Kühlanlagen sind für die Funktion und den energieeffizienten Betrieb von größter Bedeutung. Um dies sicherzustellen ist eine finanzielle Unterstützung für diese umfangreichen Vorhaben notwendig.

- Fernüberwachung der Energieaufzeichnung

Für eine Evaluierung der Anlage bzw. für die Analyse der Daten aus dem Monitoringprozess wird eine Fernüberwachung der Energieaufzeichnung benötigt. Die Erkenntnisse aus der Fernüberwachung dienen in Folge der Definition von Qualitätsstandards.

F&E-Förderung bis 2015

- Potenzialstudien für unterschiedliche Anwendungen, Regionen

Die Potenzialstudien ermöglichen die wirtschaftliche Ausrichtung aller Unternehmen, die im Bereich der solarthermischen Kühlung tätig sind. Zentrale Fragestellungen für Potenzialstudien sind zum Beispiel: „Stromverbrauchsszenarien gekoppelt an den Kühlbedarf für Einfamilienhäuser“, „regionale und globale Absatzmärkte“, „mögliche Wirtschaftsbeziehungen im Kontext zum Weltmarkt“ etc.

Investitionsförderung bis 2015

- Investitions- und Leistungsförderung

Als Anreiz zum möglichst energieeffizienten Betrieb einer solarthermischen Kühlanlage sollte die Förderung in $\frac{3}{4}$ Investitionsförderung und $\frac{1}{4}$ Leistungsförderung, gekoppelt an eine Effizienzanalyse der Anlage in fünf Jahren, angepasst werden.

F&E-Förderung bis 2020

- Förderung experimenteller Forschung

Ein Teil der Entwicklungsarbeit kann und soll durch Unternehmen erfolgen. Die Tätigkeiten sind durch geeignete Förderungen zu unterstützen.

Investitionsförderung bis 2020

- Förderung zur Erreichung der Wirtschaftlichkeit solarthermischer Kühlanlagen

Eine relativ rasche Marktdurchdringung von solarthermischer Kühlung bzw. die Entwicklung in Richtung „eigenständige“ Konkurrenzfähigkeit kann nur durch die wirtschaftliche Gleichstellung mit herkömmlichen Klimaanlage erreicht werden. Daher ist es notwendig eine Differenzförderung einzurichten, wodurch die Mehrinvestition im Vergleich zu einer herkömmlichen Klimaanlage gefördert wird.

Qualitätslevel bis 2020

- Qualitätslevel, Gütesiegel

Die Erkenntnisse aus dem Monitoring der gebauten Anlagen ermöglichen die Entwicklung von Qualitätslevels welche sich langfristig zu einem Gütesiegel entwickeln. Die Förderung soll an diese Qualitätslevels bzw. Gütesiegel gekoppelt werden.

9. Anhang – Überblick relevanter, aktueller Studien und Visionen

Biermayr P., et al., Innovative Energietechnologien in Österreich, Marktentwicklung 2009, Programmlinie Nachhaltig Wirtschaften, Bericht aus Energie- und Umweltforschung, Technische Universität Wien, Energy Economics Group, Wien, 2010

Töglhofer Ch., et al., Heat.AT, Die Auswirkungen des Klimawandels auf Heiz- und Kühlenergiebedarf in Österreich II, Österreichische Akademie der Wissenschaften, Global Change Programme, Wien, 2009

Weiss W., Biermayr P., Potential of Solar Thermal in Europe, ESTIF, Brussels, 2008

Fink Ch., Müller Th., Weiss W., Solarwärme 2020, Eine Technologie- und Umsetzungsroadmap für Österreich, klima:aktiv Programm Solarwärme, Gleisdorf, 2008

ESTTP – European Solar Thermal Technology Platform, Solar Heating and Cooling for a Sustainable Energy Future in Europe, Vision, Potential, Deployment Roadmap, Strategic Research Agenda, Brussels, 2008

Biermayr P., Erneuerbare Energie in Zahlen, Die Entwicklung erneuerbarer Energie in Österreich im Jahr 2008, Im Auftrag des Lebensministeriums, Technische Universität Wien, Energy Economics Group, Wien, 2008

Weiss W., Bergmann I., Fanning G., Solar Heat Worldwide, Markets and Contributions to the Energy Supply 2006, Edition 2008, International Energy Agency, Solar Heating & Cooling Programme, Gleisdorf, 2008

Haas R., et al., Wärme und Kälte aus Erneuerbaren 2030, Dachverband Energie Klima, Energy Economics Group, Wien, 2007

Renewables for Heating and Cooling, International Energy Agency, Head of Communication and Information Office, Paris, 2007

Simader G., Rakos Ch., Klimatisierung, Kühlung und Klimaschutz: Technologien, Wirtschaftlichkeit und CO₂-Reduktionspotenziale, Austrian Energy Agency, Wien, 2005

10. Verzeichnisse

10.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Energiebilanz eines thermischen Kälteprozesses (Ersteller: Fraunhofer ISE, 2007)....	12
Abbildung 2: Funktionsprinzip Absorptionskältemaschine (Quelle: Broschüre MA27, 2007)	14
Abbildung 3: Arbeitszyklus einer Adsorptionskältemaschine (Quelle: SOLAIR, 2009).....	16
Abbildung 4: Standardkonfiguration einer DEC-Anlage (Quelle: Broschüre MA27, 2007).....	17
Abbildung 5: Kollektorkennlinien unterschiedlicher solarthermischer Kollektoren und deren Einsatzgebiet als Antrieb für thermische Kühlverfahren (Quelle: Handbook, 2004).....	19
Abbildung 6: Einteilung erbauter solarthermischer Kühlanlagen nach Ländern (Ersteller: AIT, 2011)	22
Abbildung 7: Anwendungen für solarthermische Kühlung (Ersteller: AIT, 2011).....	23
Abbildung 8: Anwendungen für solarthermische Kühlung in Österreich (Ersteller: AIT, 2011).....	27
Abbildung 9: Installierte Kälteleistung (Ersteller: AIT, 2011).....	27
Abbildung 10: Verwendete Kühltechnologien (Ersteller: AIT, 2011).....	28
Abbildung 11: Verwendete solarthermische Kollektoren (Ersteller: AIT, 2011)	28
Abbildung 12: Zusammensetzung Investitionskosten solarthermische Absorptionskälteanlage (Quelle: ROCOCO, 2008).....	40
Abbildung 13: Zusammensetzung Investitionskosten solarthermische DEC-Anlage (Quelle: ROCOCO, 2008).....	41
Abbildung 14: Marktsituation konventioneller Kühlung weltweit 2006 in Millionen-Kühleinheiten (Quelle: JARN, 2006)	46
Abbildung 15: Berechnete Werte für den Strombedarf für Gebäudekühlung in Österreich mit herkömmlicher Kühltechnologie bis 2030 (Quelle: EEG, 2007, aufbereitet)	48
Abbildung 16: Berechnete spezifische Nutzwärmeerträge und solare Deckungen solarthermischer Absorptionskälteanlagen in Österreich (Quelle: ROCOCO, 2008).....	50
Abbildung 17: Berechnete spezifische Nutzwärmeerträge und solare Deckungen solarthermischer DEC-Anlagen in Österreich (Quelle: ROCOCO, 2008).....	50
Abbildung 18: Systemeinteilung in Nutzerklassen, Grundlegende Ziele (Ersteller: ASIC, 2011)	54
Abbildung 19: Optimierung der Rückkühlung, Teilziele (Ersteller: ASIC, 2011).....	55
Abbildung 20: Ziele im Bereich der solarthermischen Kollektoren (Ersteller: ASIC, 2011)	55
Abbildung 21: Ziele im Bereich thermische Kältemaschinen (Ersteller: ASIC, 2011).....	56
Abbildung 22: Ziele im Bereich offene Systeme (Ersteller: ASIC, 2011).....	56
Abbildung 23: Gesamtziel, Optimierung der Anlagentechnik (Ersteller: ASIC, 2011)	57
Abbildung 24: Grundlegende Maßnahmen nach Leistungsklassen (Ersteller: ASIC, 2011)	59
Abbildung 25: Maßnahmen zur Reduktion des Bedarfes an elektrischer Hilfsenergie (Ersteller: ASIC, 2011)	60

Abbildung 26: Maßnahmen zur Optimierung der Rückkühlung (Ersteller: ASIC, 2011).....	61
Abbildung 27: Maßnahmen im Bereich solarthermische Kollektoren (Ersteller: ASIC, 2011)	62
Abbildung 28: Maßnahmen im Bereich thermische Kältemaschinen (Ersteller: ASIC, 2011).....	63
Abbildung 29: Maßnahmen im Bereich offener Systeme (Ersteller: ASIC, 2011)	64
Abbildung 30: Maßnahmen im Bereich Speichertechnologien (Ersteller: ASIC, 2011)	65
Abbildung 31: Maßnahmen im Bereich Anlagentechnik (Ersteller: ASIC, 2011).....	66
Abbildung 32: Aufgaben im Bereich Marktverbreitung (Ersteller: AEA, 2011)	68
Abbildung 33: Aufgaben im Bereich Innovationsförderung (Ersteller: AEA, 2011)	72

10.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Antriebstemperaturen – Kälteleistung – erforderliche Kollektortypen (Quelle: IEA SHC TASK38 Solar Cooling Position Paper, 2011)	13
Tabelle 2: SWOT-Analyse Kunden (Ersteller: AIT, 2011).....	34
Tabelle 3: SWOT-Analyse Unternehmen (Ersteller: AIT, 2011)	35
Tabelle 4: SWOT-Analyse Mitbewerber (Ersteller: AIT, 2011).....	36
Tabelle 5: SWOT-Analyse Potenzielle Mitbewerber (Ersteller: AIT, 2011).....	38
Tabelle 6: SWOT-Analyse Ergänzende Industrie (Ersteller: AIT, 2011)	39
Tabelle 7: Rahmenbedingungen für Investitionskosten solarthermische Absorptionskälteanlage (Quelle: ROCOCO, 2008).....	40
Tabelle 8: Rahmenbedingungen Investitionskosten für solarthermische DEC-Anlagen (Quelle: ROCOCO, 2008).....	42
Tabelle 9: Spezifische Kostenkennwerte für solarthermische DEC-Anlagen (Quelle: ROCOCO, 2008)	42
Tabelle 10: Bewertung Kostenentwicklung möglicher Entwicklungen und Maßnahmen über Interviews mit relevanten Marktakteuren (Ersteller: AIT, 2011)	45
Tabelle 11: Modellwerte für den Gebäudebestand in Österreich (beheizte Gebäude) nach Gebäudekategorien für die Jahre 2005 und 2030 (Quelle: EEG, 2007)	47
Tabelle 12: Kalkulation des Strombedarfs für Gebäudekühlung in Österreich mit konventionellen Kühltechnologie (Quelle: EEG, 2007)	48
Tabelle 13: Szenarien zur potenziellen Vermeidung von CO ₂ -Emissionen 2030 über solarthermische Kühlung in Österreich (Ersteller: AIT, 2011)	49
Tabelle 14: Variante 1 - Beitrag solarthermischer Kühlanlagen an Vermeidung CO ₂ -Emissionen durch Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung (Ersteller: AIT, 2011).....	51
Tabelle 15: Variante 2 - Beitrag solarthermischer Kühlanlagen an Vermeidung CO ₂ -Emissionen durch Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung (Ersteller: AIT, 2011).....	53

10.3 Literaturquellen

- [1] Henning H.-M., et al., 'Solar Cooling Position Paper' IEA SHC TASK38, August 2011
- [2] Preisler A., Broschüre. Solares Kühlen für Büro- und Dienstleistungsgebäude, MA27, EU-Strategien und Wirtschaftsentwicklung, Wien, 2007
- [3] EU-Projekt SOLAIR, Training material, www.solair-project.eu, 2009
- [4] Henning H.-M., et al., Solar-Assisted Air-Conditioning in Buildings, Handbook for Planners, Springer Verlag, Wien, New York, ISBN 3-211-00647-8, Page 49, 2004
- [5] ESTTP – European Solar Thermal Technology Platform, Solar Heating and Cooling for a Sustainable Energy Future in Europe, Vision, Potential, Deployment Roadmap, Strategic Research Agenda, Brussels, Page 88-90, 2008
- [6] McAfee, R. Preston, Competitive Solutions, Princeton University Press, 2002
- [7] Meffert H., Burmann Ch., Kirchgeorg M., Marketing. 10. Auflage. Gabler, Wiesbaden 2008, S. 236
- [8] Preisler A., Selke T., Sisó L., LeDenn A., Ungerböck R., ROCOCO – Reduction of Costs of Solar Cooling Systems, European Project in 6th Framework Program, Specific Support Action, Wien, 2008
- [9] Forschungsprojekt: Solar Cooling Monitor - Evaluierung Energieeffizienz und Betriebsverhalten von solarthermischen Kühlanlagen zur Gebäudekühlung in Österreich, Programmlinie Haus der Zukunft Plus, laufend
- [10] JARN, Japan Air Conditioning Heating & Refrigeration News, 8/2006
- [11] Haas R., et al., Wärme und Kälte aus Erneuerbaren 2030, Dachverband Energie Klima, Energy Economics Group, Wien, 2007
- [12] CO₂-Äquivalent-Emissinsfaktor für Strom-Mix GEMIS 3.0, PHPP Version 1.5, 2009
- [13] CO₂-Äquivalent-Emissinsfaktor für Erdgas GEMIS 3.0, PHPP Version 1.5, 2009
- [14] B. Zettl, W. v. Helden, D. Jähnig, A. Heinz, M. Monsberger, G. Steinmaurer, Austrian Masterplan Thermal Energy Storage, Proceedings of the International Conference on Solar Heating, Cooling and Buildings, 28. Sep.-1. Oct. 2010, Graz, 2010

10.4 Abkürzungen

ABKM	Absorptionskältemaschine
ADKM	Adsorptionskältemaschine
AEA	Austrian Energy Agency
AIT	Austrian Institute of Technology
ASIC	Austria Solar Innovation Center
CO ₂	Kohlendioxid
COP	Coefficient of Performance

CPC	Compound Parabolic Concentrator
DEC	Desiccant Evaporative Cooling
EE	Erneuerbare Energien
EER	Energy Efficiency Ratio
ETC	Evacuated Tube Collector (Vakuum-Röhrenkollektor)
FPC	Flat Plate Collector (Flachkollektor)
PCM	Phase Change Material
SAHC	Solar Air Heating Collector (Solarluftkollektor)
SAT	Single Axis Tracking (Einachsig nachgeführte Solarkollektoren, d.h. Parabolrinnenkollektor oder Fresnel-Kollektor)
SGK	Sorptionsgestützte Klimatisierung
SPF	Seasonal Performance Factor
SWOT	Strength, Weaknesses, Opportunities and Threats
WRG	Wärmerückgewinnung

IMPRESSUM

Verfasser

Austrian Institute of Technology
Energy Department

Anita Preisler
Giefinggasse 2, 1210 Wien
T: +43 (0) 50 550-6634
E-Mail: anita.preisler@ait.ac.at

Autoren

- AIT, Energy Department
Anita Preisler, Tim Selke
- Austria Solar Innovation Center
Hilbert Focke
- Austrian Energy Agency
Nicole Hartl, Georg Geissegger
- Podesser Consulting
Erich Podesser
- AEE INTEC
Alexander Thür

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber

Klima- und Energiefonds
Gumpendorfer Straße 5/22
1060 Wien
office@klimafonds.gv.at
www.klimafonds.gv.at

Disclaimer

Die Autoren tragen die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieses Berichts. Er spiegelt nicht notwendigerweise die Meinung des Klima- und Energiefonds wider.

Der Klima- und Energiefonds ist nicht für die Weiternutzung der hier enthaltenen Informationen verantwortlich.

Gestaltung des Deckblattes

ZS communication + art GmbH

Diese Roadmap wurde in einem gemeinschaftlichen Diskussionsprozess mit den wesentlichen Marktplayern und Forschungseinrichtungen der österreichischen Solarthermie-, Kältetechnik- bzw. Energietechnik Branche erarbeitet.