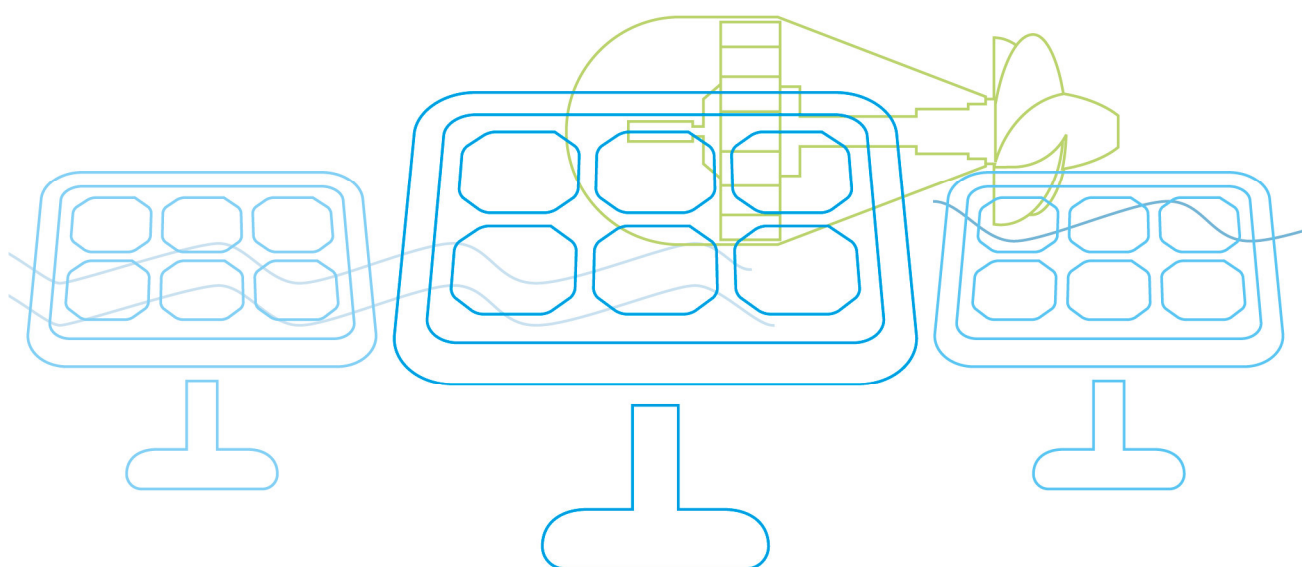




Forschungsagenda Solarthermie



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 „Energie der Zukunft“. 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

NACHHALTIGwirtschaften



Forschungsagenda Solarthermie

W. Weiss et al.

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

14/2010

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: Dipl.-Ing. Michael Paula

Weitere Informationen zu den Berichten aus dieser Reihe unter www.NachhaltigWirtschaften.at

Forschungsagenda Solarthermie

Die vorliegende „Forschungsagenda Solarthermie“ wurde im Rahmen des Projekts „Solarthermie Technologie Plattform“ erstellt. Sie basiert auch auf den Arbeiten der Europäischen Solarthermie Technologieplattform, an der einige Autoren dieses Berichts federführend mitgearbeitet haben.



Projektleitung:

Werner Weiss, AEE - Institut für Nachhaltige Technologien

Autoren:

DI Christoph Brunner, Joanneum Research

Ing. Rober Buchinger, Sunlumo

Ing. Christian Fink, AEE – Institut für Nachhaltige Technologien

Univ.-Prof. Dr. Reinhold. W. Lang, Polymer Competence Centre Leoben

DI Dr. Michael Monsberger, AIT

Dr. Erich Podesser, Podesser Consulting

Dr. Gerald Steinmaurer, Austria Solar Innovation Center

Univ.-Prof. Dr. Wolfgang Streicher, TU Graz

DI Dr. Alexander Thür, AEE – Institut für Nachhaltige Technologien

a.o. Univ.-Prof. Dr. Gernot Wallner, Polymer Competence Centre Leoben

Ing. Werner Weiss, AEE – Institut für Nachhaltige Technologien

Gleisdorf, Mai 2010

Das Projekt wurde aus Mitteln des Klima- und energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms „ENERGIE DER ZUKUNFT“ durchgeführt.



Solarthermie spielt - nicht nur - in Österreich eine zunehmend bedeutendere Rolle. Gemessen an der installierten Leistung pro Einwohner zählen wir weltweit zu den Top 3. Und auch was den Wirtschaftsfaktor Solarthermie angeht, können wir auf das Erreichte durchaus stolz sein: bereits heute sichert die Solare Wärme in Österreich 7.400 Arbeitsplätze und leistet mit einem Exportanteil von 80 % und einem Umsatzvolumen von über 590 Millionen Euro einen wichtigen Beitrag für den Wirtschaftsstandort Österreich.

Doch trotz dieser beeindruckenden Zahlen gibt es noch ein großes, unausgeschöpftes Potential für den weiteren Ausbau der Solarthermie und damit zu einer intensiveren wie auch effektiveren Verwendung dieser klimafreundlichen Technologie. Das ehrgeizige Ziel lautet: innerhalb von nur 10 Jahren soll der Beitrag der Solarthermie zum Wärmebedarf von derzeit rund 1 % verzehnfacht, auf 10 % erhöht werden!

Um dies zu erreichen sind eine Reihe von Maßnahmen und eine gebündelte Kraftanstrengung erforderlich. Forschung wird dabei die zentrale Rolle spielen, denn Österreich will sich mit neuesten Technologieentwicklungen weiterhin im kompetitiven Spitzenfeld behaupten. Die nun vorliegende Forschungsagenda Solarthermie, die im Rahmen eines Projektes des Klima- und Energiefonds mit dem Technologieministerium entwickelt wurde, leistet hierzu einen unverzichtbaren Beitrag. Sie baut auf vorliegenden Erkenntnissen auf und zeigt klar, wo noch offene Fragen zu beantworten sind und in welchen Bereichen die Forschungsanstrengungen noch stärker intensiviert werden müssen.

Damit wird der Grundstein für eine gezielte Weiterentwicklung gelegt und einen noch stärkeren Einsatz dieser Zukunftstechnologie. Dieser Ausbau bringt Österreich klaren Mehrwert: neben der Reduktion der Abhängigkeit von fossilen Energieträgern und einem wichtigen Beitrag zur Erreichung der nationalen Klimaziele werden hochqualifizierte Green Jobs geschaffen und die Wirtschaft angekurbelt.

DI Theresia Vogel
Geschäftsführerin des Klima und Energiefonds

Inhalt

1	Kurzfassung	6
2	Rahmenbedingungen	8
2.1	Solarthermie weltweit	8
2.2	Solarthermie - Österreich im internationalen Spitzenfeld	13
3	Das Potenzial der Solarthermie	16
3.1	Das Potenzial in Österreich	16
4	Forschungsagenda	21
4.1	Das Aktiv Solare Gebäude	23
4.1.1	Stand der Technik	23
4.1.2	Kernbereiche für technologische Entwicklung	27
4.1.3	Forschungsschwerpunkte	28
4.2	Solarthermisch angetriebene Kühlung	31
4.2.1	Stand der Technik	31
4.2.2	Potenzial für technologische Entwicklung	36
4.2.3	Forschungsschwerpunkte	37
4.3	Industrielle Prozesswärme	42
4.3.1	Stand der Technik	42
4.3.2	Kernbereiche für technologische Entwicklung	43
4.3.3	Forschungsschwerpunkte	44
4.4	Hybridsysteme - Solarthermie und Wärmepumpe	48
4.4.1	Stand der Technik	48
4.4.2	Kernbereiche für technologische Entwicklung	49
4.4.3	Forschungsschwerpunkte	49
4.5	Einbindung von Solarwärme in Nah- und Fernwärmenetze	51
4.5.1	Stand der Technik	51
4.5.2	Kernbereiche für technologische Entwicklung	51
4.5.3	Forschungsschwerpunkte	52
4.6	Niedertemperaturkollektoren	54
4.6.1	Stand der Technik	54
4.6.2	Kernbereiche für technologische Entwicklung	55
4.6.3	Forschungsschwerpunkte	57
4.7	Prozesswärmekollektoren	63
4.7.1	Stand der Technik	63
4.7.2	Kernbereiche für technologische Entwicklung	63
4.7.3	Forschungsschwerpunkte	65
4.8	Thermische Speicher	67
4.8.1	Stand der Technik	67
4.8.2	Kernbereiche für technologische Entwicklung	71
4.8.3	Forschungsschwerpunkte	74
4.9	Regelungssysteme	79
4.9.1	Stand der Technik	79

4.9.2	Kernbereiche für technologische Entwicklung	80
4.9.3	Forschungsschwerpunkte	80
4.10	Neue Charakterisierungsmethoden, Standardisierung und Normung	83
4.10.1	Stand der Technik	84
4.10.2	Kernbereiche Technologischer Entwicklung	84
4.10.3	Forschungsschwerpunkte	86
5	Quellen.....	88

1 Kurzfassung

Thermische Energie macht einen wesentlichen Anteil des gesamten weltweiten Energiebedarfs aus. Allein der Gebäudesektor verbraucht 35%, von denen 75% auf die Bereiche Raumheizung und Brauchwassererwärmung entfallen. Neben dem Gebäudebereich besteht ein beträchtlicher Bedarf thermischer Energie auch bei industriellen Prozessen und wärmeintensiven Dienstleistungen.

In Europa ist der Endenergiebedarf für Heizen und Kühlen (49%) höher als für Elektrizität (20%) oder Transport (31%)(EREC, 2006).

Der überwiegende Teil der benötigten Energie für Heizen und Kühlen basiert auf fossilen Energieträgern. Um die internationalen Klimaschutzziele zu erreichen und um die Außenabhängigkeit der Europäischen Union von Öl, Gas und Kohle zu reduzieren, haben sich die Mitgliedsstaaten dazu verpflichtet, den **Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch in Europa bis 2020 auf 20 % zu erhöhen**. Um dieses Ziel erreichen zu können, müssen Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien rasch weiterentwickelt und im Markt eingeführt werden.

Da es nur drei erneuerbare Energiequellen gibt, die direkt zur Wärmeerzeugung eingesetzt werden (Biomasse, Geothermie und Solarthermie), werden solarthermische Systeme einen wesentlichen Beitrag zum o.g. Ziel leisten müssen. Entsprechend einer Studie, die im Auftrag der European Solar Thermal Industry Federation (ESTIF) erstellt wurde, hat die **Solarthermie langfristig das Potenzial, in Österreich 40% des Niedertemperaturwärmebedarfs zu decken** (Weiss und Biermayr, 2009).

Bis zum Ende des Jahres 2009 waren weltweit thermische Sonnenkollektoren mit einer Leistung von 189 GW_{th}, entsprechend einer Kollektorfläche von 270 Millionen Quadratmetern installiert. In Europa weist Deutschland – in absoluten Zahlen betrachtet - den weitaus größten Solarthermiemarkt auf, gefolgt von Österreich, Griechenland, Frankreich, Italien und Spanien. Diese Reihenfolge ändert sich jedoch, wenn das Marktvolumen auf die Einwohnerzahl bezogen wird. Bei dieser Betrachtungsweise ist Zypern mit einer installierten solarthermischen Leistung von 527 kW_{th} pro 1000 Einwohner (Basis 2009) an erster Stelle vor Österreich. Österreich liegt jedoch mit über 285 kW_{th} pro 1000 Einwohner um mehr als sechsfach über dem europäischen Durchschnitt; und 10 bis 40-fach vor den meisten anderen Ländern, einschließlich denen mit hohem Potenzial wie Italien, Spanien und Frankreich.

Durch diesen sehr guten Heimmarkt ist es in den vergangenen 10 Jahren auch gelungen, eine starke exportorientierte Solarindustrie aufzubauen. So wurden beispielsweise im Jahr 2008 rund 80 % der in Österreich gefertigten Sonnenkollektoren exportiert.

Durch kontinuierliche Forschung und Entwicklung konnten auch die Anwendungen von solarthermischen Anlagen von den Bereichen Schwimmbäder sowie Warmwasserbereitung und Raumheizungsunterstützung für Einfamilienhäuser auf große Anlagen in Mehrfamilienhäusern, Einbindung in Nah-

und Fernwärmenetze bzw. Wärmebereitstellung für Gewerbebetriebe deutlich erweitert werden.

Wenn **Österreich seine Technologieführerschaft**, die es gemeinsam mit Deutschland auf europäischer Ebene hat, halten bzw. weiter ausbauen möchte, dann müssen existierende Komponenten und Systeme sukzessive weiterentwickelt werden und die Chancen für grundlegend neue Entwicklungen bei der Umwandlung der Solarstrahlung in Wärme sowie bei der Speicherung genutzt werden. Neben der material- und Komponentenentwicklung kommt auch der Systemtechnik eine zentrale Bedeutung zu.

Der Ausbau der Technologieführerschaft im Umwelt und Energiebereich entspricht auch der für Österreich empfohlenen Schwerpunktsetzung in der **Strategie 2020 des Rats für Forschung und Technologieentwicklung** (Austrian Council, 2009). Dort werden die Themen „Nachhaltigkeit, Umwelt und Energie als österreichische Schwerpunktthemen und Zukunftsfelder in der Forschung und Entwicklung gesehen. Im Kapitel „Schwerpunkte“ der Strategie 2020 wird empfohlen, ...“bei der Etablierung thematischer Schwerpunkte eine Nischenstrategie zu verfolgen. Eine Orientierung auf ausschließlich an internationalen Massenmärkten erscheint für Österreich wenig zielführend. Vielmehr ist eine Fokussierung auf Spezialmärkte und –wissensgebiete anzustreben, in denen unter Ausnutzung der österreichischen Stärken eine internationale Spitzenstellung erreichbar ist“.

In die Erarbeitung der vorliegenden **Forschungsagenda** wurden alle relevanten Forschungseinrichtungen und Industriebetriebe einbezogen, die im Bereich der Solarthermie tätig sind. Sie wurde in einem zweijährigen Prozess entwickelt und berücksichtigt auch Entwicklungen und Kooperationschancen auf europäischer Ebene.

Die Forschungsagenda baut auf einem industriellen und technologischen Ansatz auf und konzentriert sich einerseits auf einzelne Komponenten wie Kollektoren, thermische Speicher mit hohen Energiedichten, Kühlgeräte, multifunktionale Komponenten und Regelungssysteme. Ein ganzheitlicher systemtechnischer Ansatz wird andererseits im Fall von Solaranlagen für Raumheizung (Kombianlagen mit hohen Deckungsgraden), der solaren Kühlung und Klimatisierung sowie bei der industriellen Prozesswärme verfolgt, da diese Anwendungen Fragen aufwerfen, die in einer stimmigen Weise systemtechnisch beantwortet werden müssen.

Dazu notwendig ist das gesamte Spektrum von Grundlagenforschung bis zur Demonstration begleitet durch die Entwicklung neuer Charakterisierungsmethoden sowie Standardisierung und Normung.

Durch die Umsetzung der Forschungsagenda können eine Reihe derzeit bestehender technologischer Barrieren überwunden werden und es wird möglich sein, zu wettbewerbsfähigen Preisen eine breite Markteinführung fortgeschrittener Solarthermieranwendungen zu erreichen.

2 Rahmenbedingungen

2.1 Solarthermie weltweit

Thermische Energie macht einen wesentlichen Anteil des gesamten weltweiten Energiebedarfs aus. Allein der Gebäudesektor verbraucht 35,3%, von denen 75% auf die Bereiche Raumheizung und Brauchwassererwärmung entfallen (IEA, 2006). Neben dem Gebäudebereich besteht ein beträchtlicher Verbrauch thermischer Energie auch bei industriellen Prozessen und wärmeintensiven Dienstleistungen.

In Europa ist der Endenergiebedarf für Heizen und Kühlen (49%) höher als für Elektrizität (20%) oder Transport (31%)(EREC, 2006).

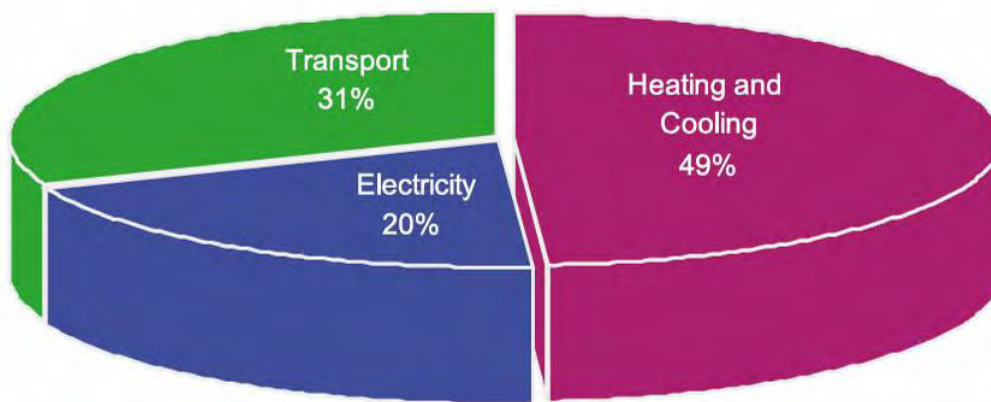


Abbildung 1: Endenergiebedarf in der Europäischen Union (Quelle: EREC, 2006)

In der Vergangenheit wurde der Wärmesektor in der energiepolitischen Debatte traditionell vernachlässigt. Gegenwärtig wird zunehmend offensichtlich, dass das erneuerbare Heizen und Kühlen (RES-H/C) eine bedeutende Rolle bei der Erreichung der energiepolitischen Ziele Europas hinsichtlich der Reduktion des Ausstoßes von Treibhausgasen, einer Zunahme des Anteils erneuerbarer Energien am Energiemix und der Verringerung der Abhängigkeit von importierten fossilen Brennstoffen spielen muss.

Natürlich muss die Entwicklung des RES-H/C Hand in Hand mit nachhaltigen Verbesserungen der Energieeffizienz von Gebäuden und von Wärme verbrauchenden Prozessen gehen. Es ist zwingend erforderlich, dass diese beiden Zielrichtungen so schnell wie möglich weiterentwickelt werden, damit der verbleibende Wärmebedarf durch erneuerbare Heiz- und Kühltechnologien gedeckt werden kann. Effizienzsteigerungen schaffen die notwendigen Voraussetzungen für eine rein regenerative Deckung des thermischen Energiebedarfs. So werden die knappen fossilen Ressourcen frei, um sie in Bereichen einzusetzen, in denen sie weniger leicht zu substituieren sind.

Sicherlich wird der Einsatz von Biomasse und Wärmepumpen bedeutend zunehmen. Jedoch werden die knappen Biomasse-Ressourcen dafür benötigt werden, den Bedarf anderer energetischer und nicht energetischer Anwendungsfelder abdecken zu können. Eine weitreichende Verbreitung von Wärmepumpen als Hauptwärmequelle würde eine massive Steigerung des Verbrauchs an elektrischer Energie nach sich ziehen. Deshalb wird die Solarthermie ein entscheidender und unabdingbarer Baustein des zukünftigen Energiemixes für Heizen und Kühlen sein.

Bis zum Ende des Jahres 2009 waren weltweit thermische Sonnenkollektoren mit einer Leistung von 189 GW_{th}, entsprechend einer Kollektorfläche von 270 Millionen Quadratmetern installiert¹.

Damit liegt die thermische Solarenergie verglichen mit anderen neuen erneuerbaren Energietechnologien (ohne Biomasse und Wasserkraft) an zweiter Stelle hinter Windenergie und um mehr als eine Größenordnung vor der Photovoltaik. Dieser Umstand wurde lange Zeit ignoriert.

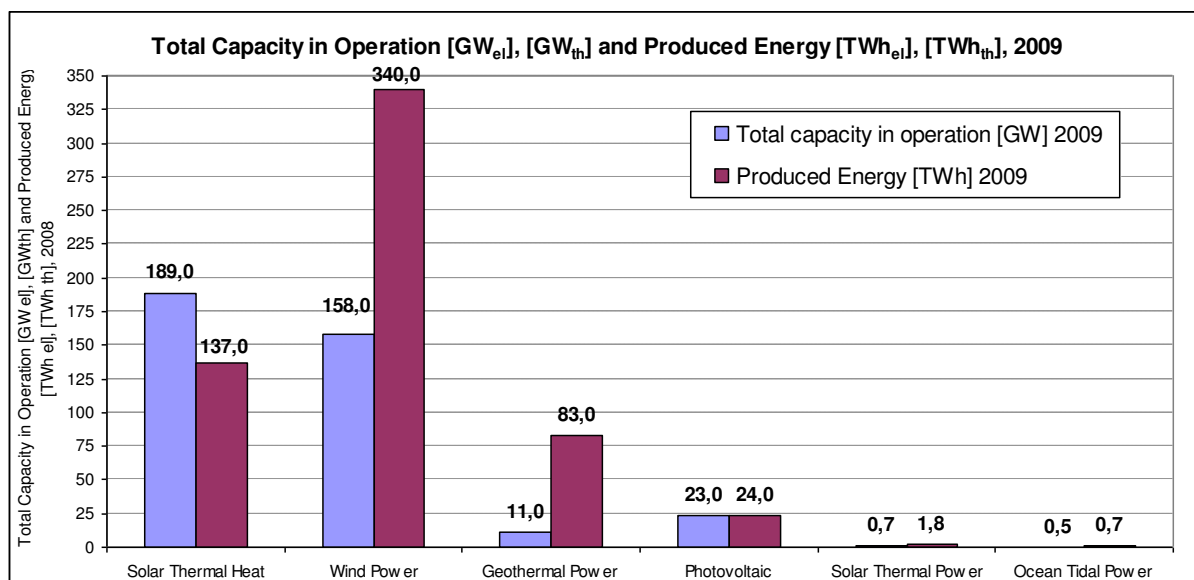


Abbildung 2: Weltweit installierte Leistung und Erträge erneuerbarer Energietechnologien (Weiss, W. et.al.2010)

Die am dynamischsten wachsenden Märkte weltweit sind in China, Australien und Neuseeland sowie in Europa. Die durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten lagen zwischen 2000 und 2007 bei 20% in China und Taiwan, sowie in Australien und Neuseeland und bei 13% in Europa. Damit wächst die Solarthermie seit Jahren zwischen fünf und zehnmal so schnell wie die Gesamtwirtschaft. Nur wenige andere Technologien weisen derartige Wachstumsraten auf.

¹ Weiss, W., Bergmann, I., Stelzer, R.: Solar Heat Worldwide, Markets and Contribution to the Energy Supply 2007, IEA Solar Heating and Cooling Programme, April 2009

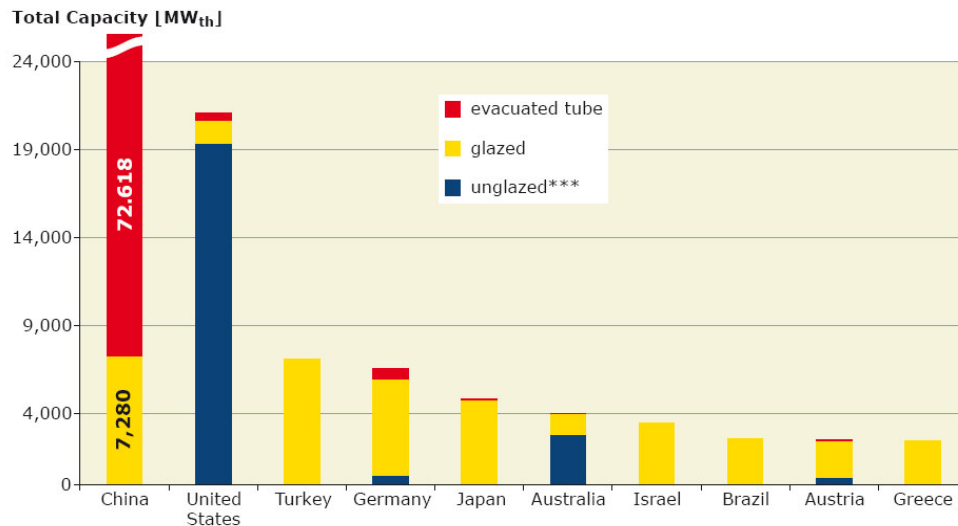


Abbildung 3: Gesamt installierte Leistung thermischer Solaranlagen weltweit 2007 (Weiss, W. et.al.2009)

In Europa hat sich das Marktvolumen zwischen 2002 und 2008 mehr als vervierfacht. Die führenden Märkte der Solarthermie in Europa sind Österreich, Griechenland und Deutschland.

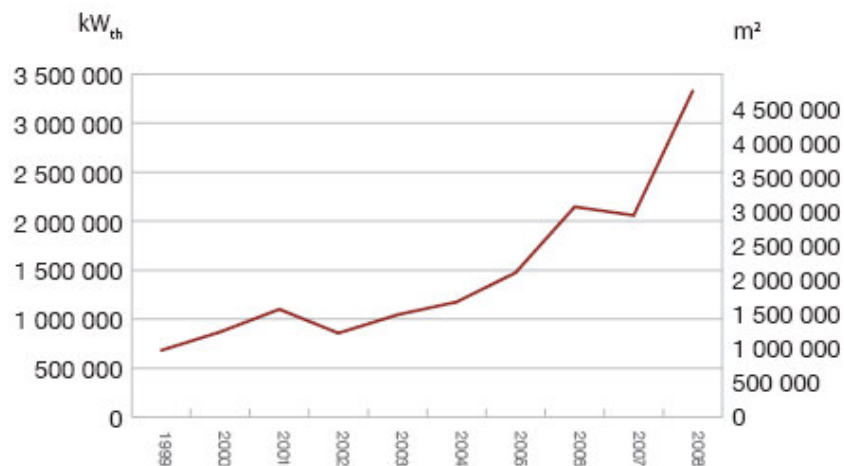


Abbildung 4: Marktentwicklung der Solarthermie in der Europäischen Union (ESTIF, 2009)

Andere europäische Länder wie Spanien, Frankreich, Italien und Großbritannien entwickeln gegenwärtig ihre Solarthermiemärkte ebenso auf systematische Art und Weise. Innerhalb Europas und auf globaler Ebene war die Entwicklung des Solarthermiemarktes jedoch in der Vergangenheit durch enorme Unterschiede zwischen einer kleinen Anzahl von Ländern mit Vorreiterrolle und einer großen Zahl an Ländern, die sich noch immer in den Startblöcken befinden, charakterisiert.

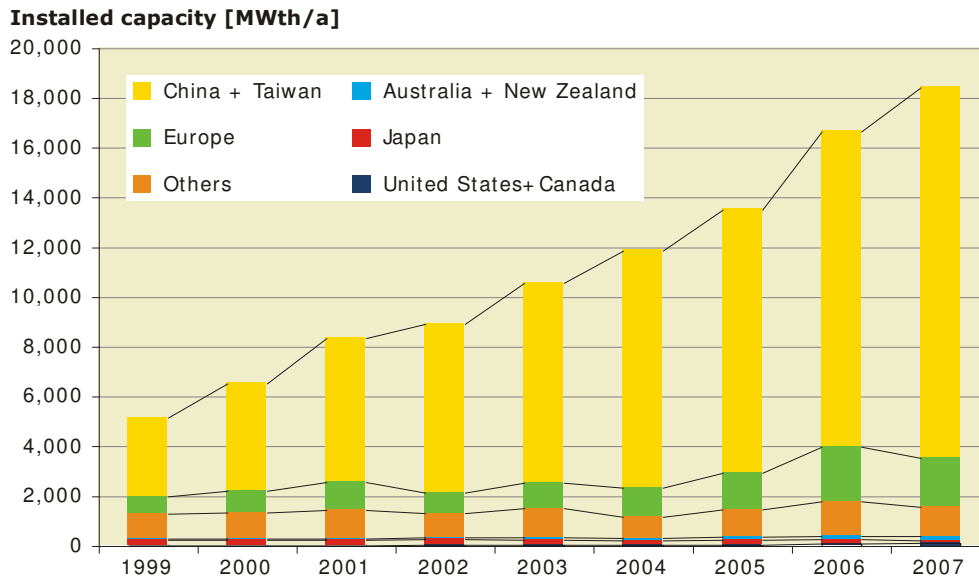


Abbildung 5: Jährlich neu installierte Kapazität von Flach- und Vakuumröhrenkollektoren in kW_{th}, unterteilt nach Wirtschaftsregionen (Weiss, W. et.al.2009)

Obenstehendes Diagramm zeigt, dass bei Betrachtung der Absolutwerte China das Gros des weltweiten Solarthermiemarktes stellt. Trotz der deutlichen technologischen Führung der europäischen Solarthermie-Industrie und der Vielzahl verfügbarer Technologien ist der europäische Anteil am Weltmarkt nur gering. Nordamerika und Ozeanien (Australien und Neu Seeland) spielen noch immer eine unbedeutende Rolle. Innerhalb der "others" wird Solarthermie hauptsächlich in der Türkei, Israel und in Brasilien angewandt.

Das untenstehende Diagramm zeigt die installierte Leistung pro Einwohner.

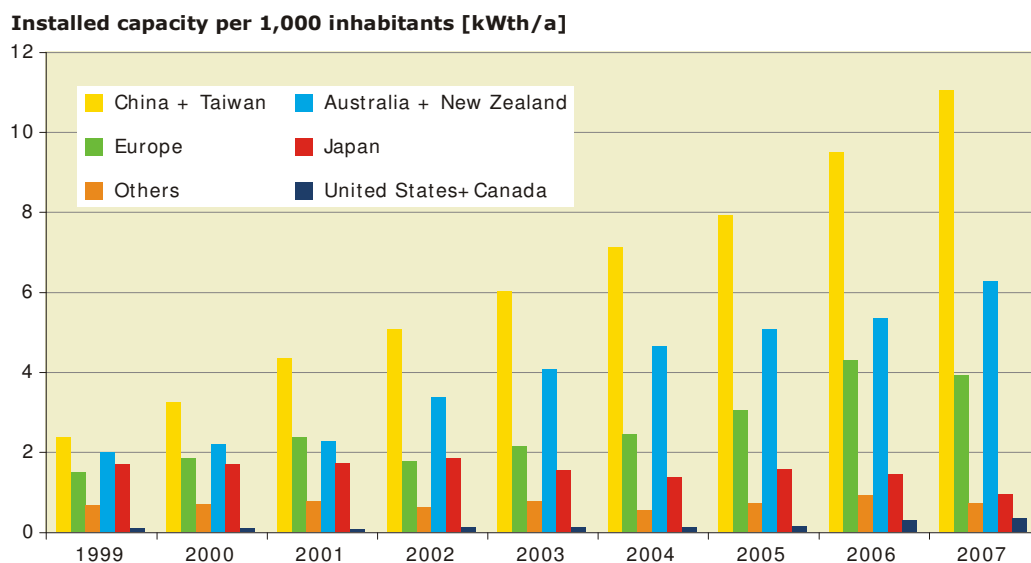


Abbildung 6: Jährlich neu installierte Leistung von Flach- und Vakuumröhrenkollektoren in kW_{th} je Einwohner (Weiss, W. et.al.2009)

Wird die Bevölkerungszahl mit betrachtet, dann verliert China ihre Führerschaft und liegt im internationalen Vergleich nur noch an neunte Stelle.

Das eindrucksvoll große Ungleichgewicht zwischen verschiedenen Regionen bleibt jedoch bestehen.

Innerhalb Europas werden sogar noch stärkere Unterschiede verzeichnet.

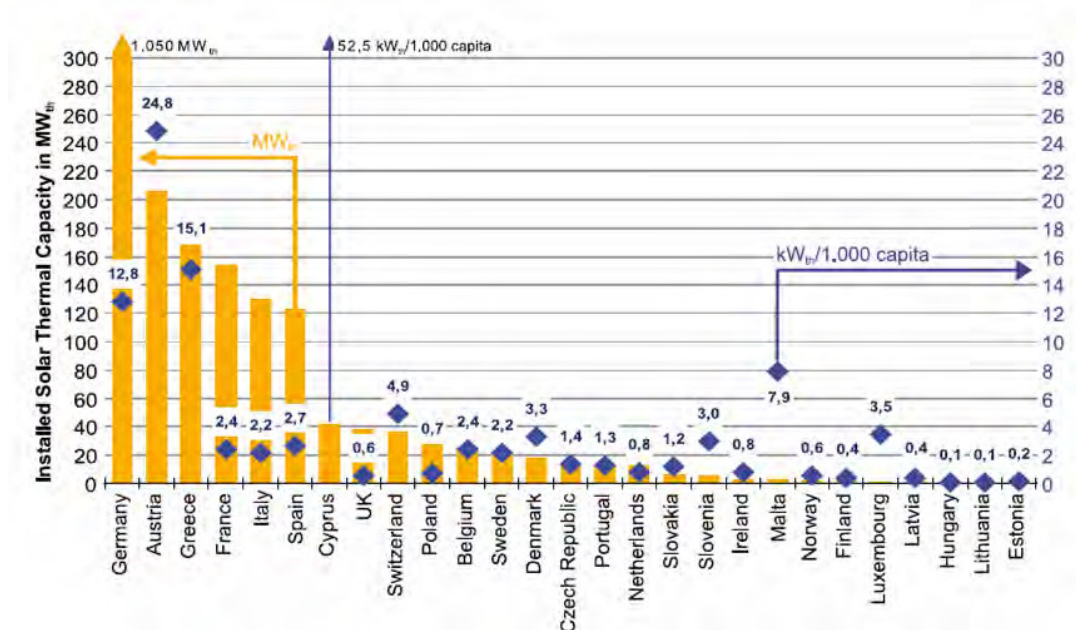


Abbildung 7: Gesamte im Jahr 2006 installierte solarthermische Leistung in verschiedenen europäischen Ländern als Summe (orange Balken) und pro Einwohner (blaue Rauten) (ESTIF, 2007)

Abbildung 7 zeigt, dass Deutschland – in absoluten Zahlen betrachtet – den weitaus größten Solarthermiemarkt aufweist, gefolgt von Österreich, Griechenland, Frankreich, Italien und Spanien. Alle anderen europäischen Länder haben gegenwärtig einen relativ kleinen Markt. Diese Reihenfolge ändert sich jedoch, wenn das Marktvolumen auf die Einwohnerzahl bezogen wird. Während in Zypern bzgl. Solarstrahlung besonders günstige Bedingungen herrschen, ist Österreich diesbezüglich in Europa ein eher durchschnittliches Land. Österreich liegt jedoch mit über 250 kW_{th} (Basis 2008) pro 1000 Einwohner um mehr als sechsfach über dem europäischen Durchschnitt; und 10 bis 40-fach vor den meisten anderen Ländern, einschließlich denen mit hohem Potenzial wie Italien, Spanien und Frankreich.

Es ist erwiesen, dass diese großen Unterschiede zwischen benachbarten Ländern nicht durch solch dramatische technologische Barrieren oder objektive Gegebenheiten, sondern hauptsächlich durch die Dynamik der Märkte und durch die politischen Rahmenbedingungen verursacht werden.

2.2 Solarthermie - Österreich im internationalen Spitzenfeld

Im Jahr 2009 wurden in Österreich 364.887 m² thermische Sonnenkollektoren installiert, das entspricht einer installierten Leistung von 255,4 MW_{th}. Davon waren 348.408 m² (244 MW_{th}) verglaste Flachkollektoren, 7.759 m² (5,4 MW_{th}) Vakuumrohr-Kollektoren, 8.342 m² (5,8 MW_{th}) unverglaste Flachkollektoren (in erster Linie Kunststoffkollektoren für die Schwimmbaderwärmung) sowie erstmalig erhobene Luftkollektoren mit 378 m² (0,2 MW_{th}).

Der Inlandsmarkt verzeichnete im Vergleich zum Jahr 2008 einen leichten Anstieg von 0,5%. Hingegen gab es bei der Gesamtproduktion von 1.401.852 m² (981,3 MW_{th}) einen Rückgang von ca. 14%. Dies ist auf mehrere Faktoren zurückzuführen, wie beispielsweise dem Markteinbruch in Deutschland im Jahr 2009.

Das durchschnittliche jährliche Marktwachstum zwischen dem Jahr 2000 und 2009 lag in Österreich bei 9%. In diesem Zeitraum hat sich die jährlich installierte Leistung von 117 MW_{th} auf 255 MW_{th} mehr als verdoppelt.

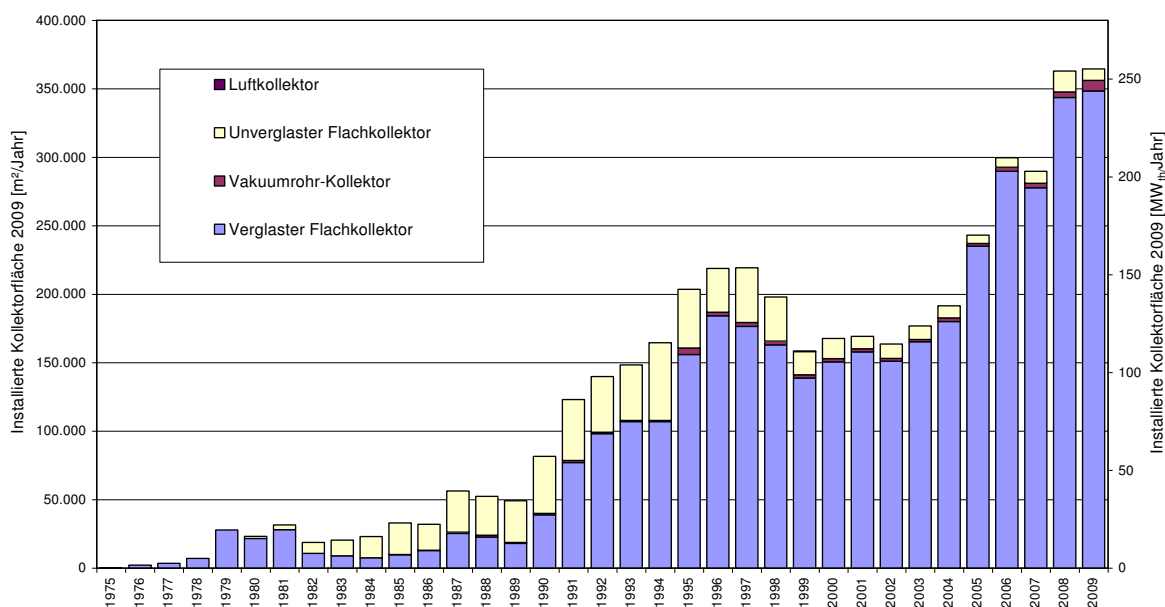


Abbildung 8: Installierte thermische Kollektorfläche in Österreich in den Jahren 1975 bis 2009 nach Kollektortyp; Datenquelle: bis 2006: Faninger (2007); Werte ab 2007 und Grafik: AEE INTEC.

Insgesamt waren in Österreich bis zum Ende des Jahres 2009 rund 4,3 Millionen Quadratmeter thermische Sonnenkollektoren mit einer Leistung von rund 3 GW_{th} installiert². Die Anwendung von solarthermischen Anlagen konnte in den vergangenen Jahren von den Bereichen Schwimmbäder sowie Warmwasserbereitung und Raumheizungsunterstützung für Einfamilienhäuser auf große Anlagen in Mehrfamilienhäusern, Einbindung in Nah- und Fernwärmenetze bzw. Wärmebereitstellung für Gewerbebetriebe deutlich erweitert werden.

²Biermayr et al.: Erneuerbare Energie in Österreich - Marktentwicklung 2009, BMVIT, 2010

Auf Basis des sehr guten Inlandsmarktes gelang es den österreichischen Firmen auch, sich auf internationalen Märkten zu etablieren und Anlagenteile oder Gesamtsysteme zu exportieren. Im Jahr 1996 konnte erstmals ein Außenhandelsüberschuss am Kollektormarkt erreicht werden und im Jahr 2008 wurden 80 %, im Jahr 2009 76% der in Österreich gefertigten Kollektoren exportiert. (s. Abbildung 9).

Beim Export von innovativen Großanlagen spielte vor allem die Firma S.O.L.I.D. GmbH. eine Vorreiterrolle. Exportländer dieses Unternehmens waren neben Ländern der EU, die USA, China oder auch Karibikstaaten.

Neben der SOLID GmbH konnte sich aber auch die Firma PINK GmbH mit den von ihr entwickelten Kühlmaschinen (solare Kühlung und Klimatisierung) am europäischen Markt etablieren.

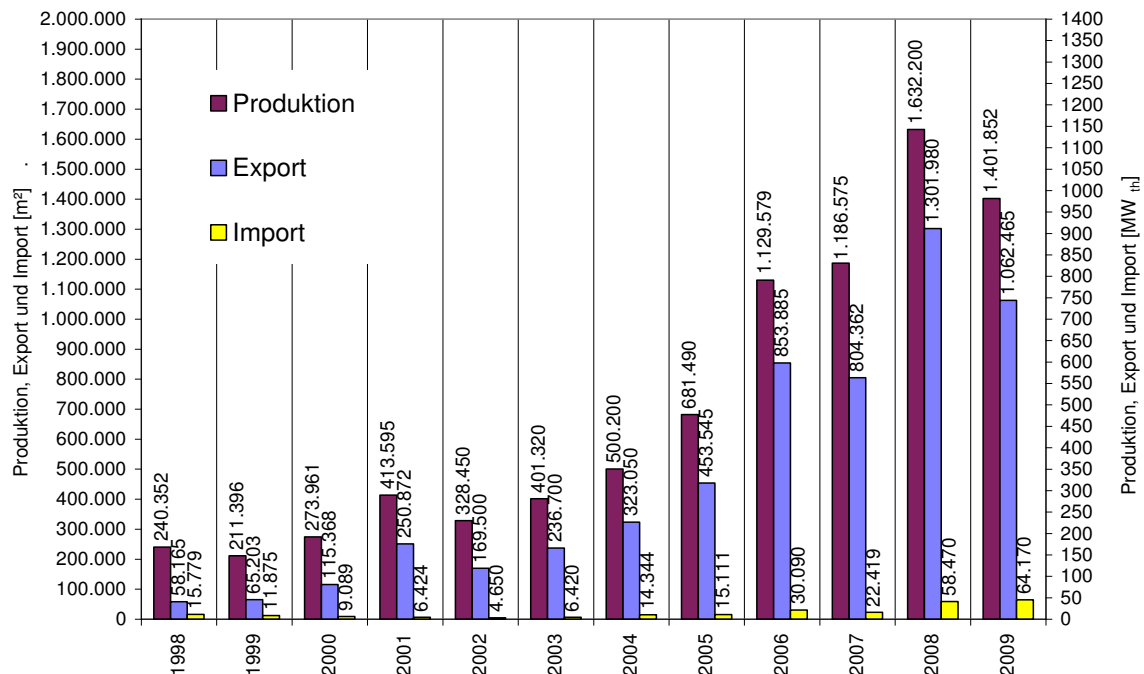


Abbildung 9: Export und Import von Kollektoren (Biermayr et.al.: BMVIT 2010)



Abbildung 10:
Absorptionskühlmaschine der
Firma PINK GmbH



Abbildung 11: Die S.O.L.I.D. GmbH errichtete 2008
eine 893 m² Solaranlage für den Getränkehersteller
Pepsi Cola in Arizona, USA

Mit einem kontinuierlich wachsenden Inlandsmarkt, der hohen Exportquote, 7400 Arbeitsplätzen österreichweit und einem Umsatzvolumen von über 590 Millionen Euro im Jahr 2008 kann die Solarthermiebranche beachtenswerte Erfolgszahlen vorweisen.

Zur Absicherung der guten Marktposition österreichischer Unternehmen bedarf es allerdings permanenter technischer Innovationen, der Erschließung neuer Anwendungsbereiche sowie begleitender Maßnahmen zur Sicherung der systemtechnischen Qualität.

Bei Forschung und Entwicklung im Bereich der thermischen Solarenergie spielen insbesondere österreichische universitäre- und außeruniversitäre Institutionen eine führende Rolle in Europa. Seit dem Beitritt Österreichs zur Europäischen Union haben F&E-Einrichtungen im Rahmen von Ausschreibungen rund 55 EU-Forschungsprojekte und 10 IEA Projekte zu diesem Themenfeld akquiriert und mit Erfolg abgewickelt.

Um die Technologieführerschaft, die Österreich zusammen mit Deutschland in Europa innehat, zu halten oder auszubauen, ist es erforderlich, sich den neuen Herausforderungen zu stellen und Technologieentwicklungen möglichst rasch voranzutreiben und auf den Markt zu bringen.

Wenn die thermische Solarenergie über den Warmwasserbereich und die Raumheizung hinaus signifikante Beiträge zum Gesamtenergiebedarf beitragen soll, dann sind zur Erschließung neuer Märkte und Anwendungsbereiche umfangreiche Forschungs- und Technologieentwicklungsaktivitäten erforderlich.

3 Das Potenzial der Solarthermie

Die im Dezember 2007 auf der Klimawandel-Konferenz der Vereinten Nationen in Bali präsentierte unabhängige Umfrage zum globalen Klimawandel unter Entscheidungsträgern (GCDMS, 2007) zeigte, dass die Solarthermie und die passive Nutzung der Solarenergie unter 20 technischen Optionen als diejenigen mit dem innerhalb der nächsten 25 Jahre höchsten Potenzial betrachtet werden, den CO₂-Ausstoß zu reduzieren, wenn keine inakzeptablen Randeffekte auftreten sollen. Dies zeigt, dass Politikern und Experten in zunehmendem Maße die Wichtigkeit der Nutzbarmachung des Potenzials der Solarthermie bewusst wird.

3.1 Das Potenzial in Österreich

Solarthermie ist eine Technologie, die nicht auf knappe, endliche Energieressourcen angewiesen ist. Entsprechend einer Studie³, die im Auftrag der European Solar Thermal Industry Federation (ESTIF) erstellt wurde, hat die Solarthermie das Potenzial, in Österreich 40% des Niedertemperaturwärmebedarfs (>250°C) zu decken. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen existierende Technologien ausgebaut und neue Technologien für neue Anwendungsbereiche entwickelt werden.

Der Endenergiebedarf des Jahres 2006 betrug in Österreich 311 TWh. Davon entfielen 32% auf die Industrie, 29% auf den Verkehr, 25% auf Haushalte und rund 14% auf den Sektorservice.

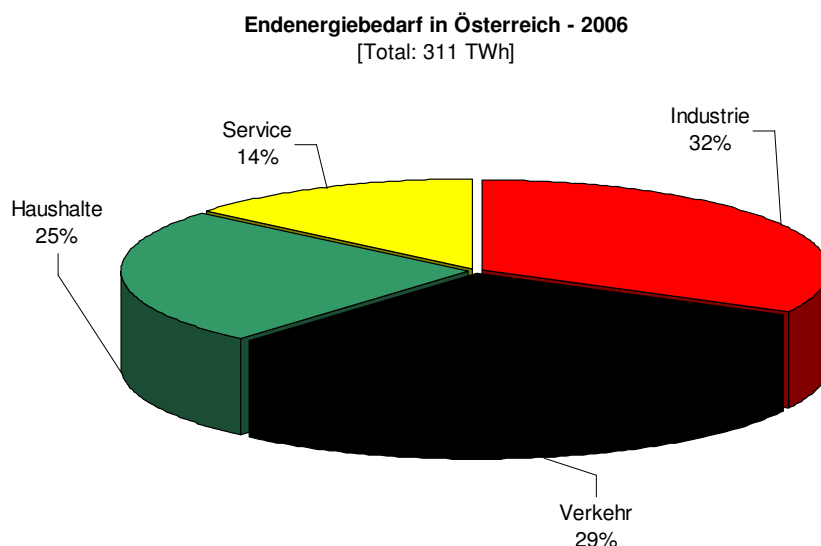


Abbildung 12: Endenergiebedarf des Jahres 2006 in Österreich
(Weiss, W., Biermayr, P., 2009)

³ Weiss, W., Biermayr, P.: Potential of Solar Thermal in Europe, ESTIF, 2009

Der Endenergieverbrauch für Heizen, Kühlen, Klimatisieren sowie industrielle Prozesswärme bis 250°C betrug 108 TWh oder 34,7% des gesamten Endenergieverbrauchs. Dies stellt das Potenzial dar, das grundsätzlich mittels solarthermischer Anlagen gedeckt werden könnte. In Abbildung 13 ist der Niedertemperaturwärmeverbrauch des Jahres 2006 nach Sektoren dargestellt.

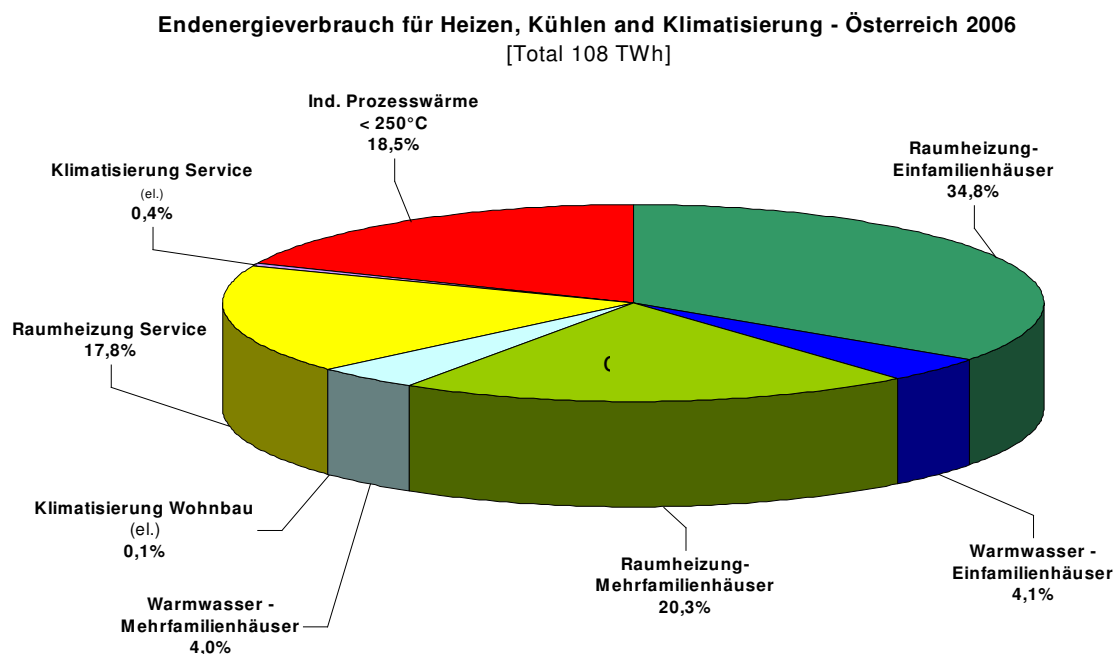


Abbildung 13: Aufteilung des Endenergieverbrauchs für Heizen, Kühlen, Klimatisieren sowie industrielle Prozesswärme nach Sektoren, Österreich 2006 (Weiss, W., Biermayr, P., 2009)

Abbildung 14 stellt das langfristige Potenzial der Solarthermie in Österreich dar. Im ersten Schritt muss der Energiebedarf durch Sanierungsmaßnahmen im Gebäudebereich und Effizienzmaßnahmen bis 2020 um 7,5% reduziert werden. Zu diesem reduzierten Bedarf kann die Solarthermie bis zu diesem Zeitpunkt rund 10% am Niedertemperaturbedarf beitragen. Bei einer Reduktion des Wärmebedarfs um 20% bis 2030 könnte der Beitrag der Solarthermie 19% betragen. Das langfristig zu erschließende Potenzial (2050) liegt bei rund 40% bei einer gleichzeitigen Reduktion des Wärmebedarfs von 38% im Vergleich zum Basisjahr 2006.

Um dieses Ziel zu erreichen, wäre eine installierte Leistung von 46 GW_{th} bzw. 8 m² Kollektorfläche pro Einwohner notwendig.

Beitrag der Solarwärme zum österreichischen Wärme- und Kühlbedarf nach Sektoren

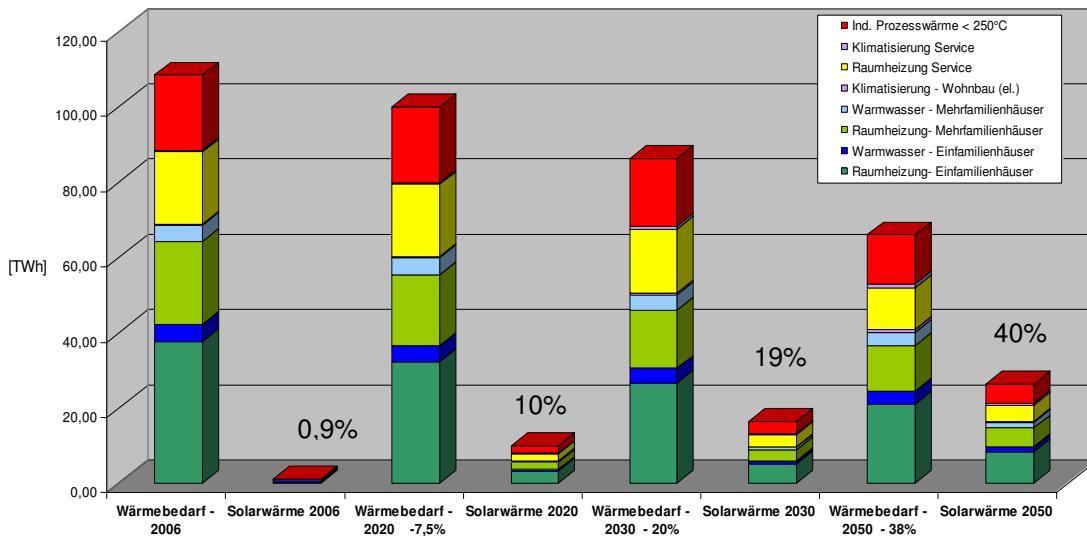


Abbildung 14: Kurz- und langfristiges Potenzial der Solarthermie in Österreich unter Berücksichtigung von Effizienzeffekten im Gebäude- und Industriebereich. (Weiss, W., Biermayr, P., 2009)

Abbildung 15 zeigt, wie dieses Langzeitziel erreicht werden kann und wie die Entwicklung für verschiedene Szenarien prognostiziert wird.

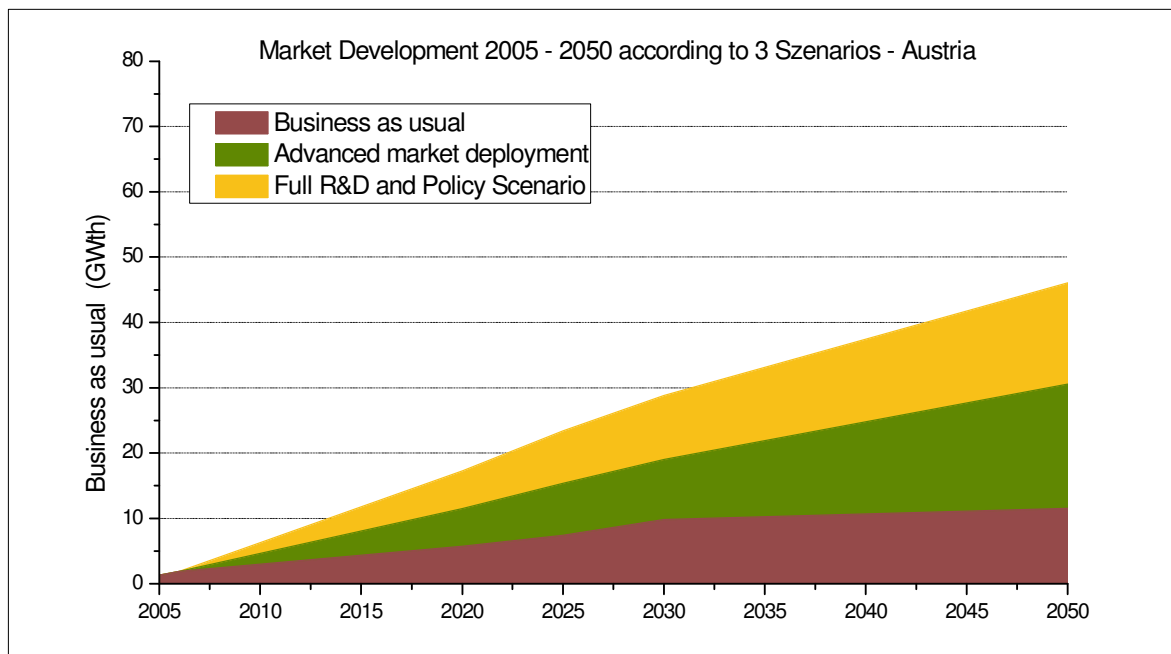


Abbildung 15: Zunahme der Nutzung solarthermischer Energie bei verschiedenen Szenarien (Weiss, W., Biermayr, P., 2009)

Die untere Kurve (okafarbige Fläche) stellt ein "Business as usual" -Szenario dar, das auf folgenden Annahmen beruht:

- Keine Reduktion des Wärme- und Kühlbedarfs im Vergleich zum Jahr 2006
- Moderate politische Unterstützungsmaßnahmen: D.h. Förderquoten zwischen 10 und 30% der Anlagenkosten und geringfügig steigende Preise von fossilen Energieträgern.
- Geringe Forschungsquote und daher keine kommerziell verfügbaren Speicher mit hohen Energiedichten; weiters keine neuen Materialien (z.B. Polymermaterialien) für Kollektoren und keine kosteneffizienten Lösungen für solare Klimatisierung.
- Hauptanwendung bleiben die solare Warmwasserbereitung und Kombianlagen mit geringen Deckungsgraden (10-20%) sowie marginale Marktdurchdringung bei der industriellen Prozesswärme und anderen neuen Anwendungen.
- Geringe durchschnittliche Wachstumsraten von 7% pro Jahr (Zum Vergleich: das durchschnittliche Wachstum in Europa betrug in den letzten 10 Jahren 13%).

Die mittlere Kurve (grüne Fläche) ist ein Szenario basierend auf fortgeschrittener Marktentwicklung. Es basiert auf folgenden Annahmen:

- Moderate Reduktion des Wärme- und Kühlbedarfs im Vergleich zum Jahr 2006 (-3,9% bis 2020, -10% bis 2030 und -20% bis 2050)
- Politische Maßnahmen: Verpflichtung für die Errichtung von thermischen Solaranlagen für Neubauten (Wohnbau); Direktförderungen für bestehende Wohnbauten, Büros und industrielle Anwendungen zwischen 10 und 30% der Anlagenkosten **oder** konstant moderat steigende Preise von fossilen Energieträgern.
- Mittlere Forschungsquote und daher Lösungen für Speicher mit hohen Energiedichten, neue Materialien (z.B. Polymermaterialien) für Kollektoren und kosteneffiziente solare Klimatisierung ab dem Jahr 2020.
- Hauptanwendung liegt bei Kombianlagen für Warmwasser und Raumheizung mit geringen Deckungsgraden (10-20%) bis 2020 und mittleren solaren Deckungsgraden (20-50%) ab 2020. Moderate Marktdurchdringung bei der industriellen Prozesswärme und anderen neuen Anwendungen.
- Mittlere durchschnittliche Wachstumsraten von 12% pro Jahr.

Die höhere Kurve (gelbe Fläche) entspricht dem „Vollen F&E und Politik - Szenario; ihm unterliegen folgende Annahmen:

- Signifikante Reduktion des Wärme- und Kühlbedarfs im Vergleich zum Jahr 2006 (-8% bis 2020, -20% bis 2030 und -39% bis 2050)
- Politische Maßnahmen: Verpflichtung zur Errichtung von thermischen Solaranlagen für alle neuen und bestehenden Wohn- und Bürobauten sowie industrielle Anwendungen **oder** hohe Preise von fossilen Energieträgern.
- Hohe Forschungsquote und daher Lösungen für Speicher mit hohen Energiedichten, neue Materialien (z.B. Polymermaterialien oder Nanomaterialien) für Kollektoren und kosteneffiziente solare Klimatisierung vor dem Jahr 2020.
- Hauptanwendung liegt bei Kombianlagen für Warmwasser und Raumheizung mit geringen Deckungsgraden (10-20%) bis 2020 und hohen solaren Deckungsgraden (50-100%) ab 2020. Substantielle Marktdurchdringung bei der industriellen Prozesswärme und andere neue Anwendungen.
- Hohe durchschnittliche Wachstumsraten von 20% pro Jahr.

4 Forschungsagenda

Um das Ziel der solarthermischen Bereitstellung von 40% des Niedertemperaturwärmebedarfs zu erreichen, muss eine neue Generation von solarthermischen Technologien für neue Anwendungsfelder entwickelt werden. Die wichtigsten Anwendungen sind solare Kombisysteme mit hohen Deckungsgraden, die kompakte saisonale Speicherung nutzen und Kollektoren für höhere Betriebstemperaturen für industrielle Anwendungen und für solare Kühlung. Die wesentlichen Herausforderungen für die Forschung sind:

- Die Entwicklung von kompakten Wärmespeichern mit hohen Energiedichten.
- Die Entwicklung neuer Materialien (zB: Polymer- oder Nanowerkstoffe) für Kollektoren und andere Komponenten.
- Grundlagenforschung für Verbesserungen bei solarer Kühlung
- Prozesswärmekollektoren
- Verbesserte Systemtechnik
- Hybridsysteme in Kombination mit Wärmepumpen und Biomasse
- Die multifunktionelle Gebäudehülle mit integrierten Kollektoren
- Innovative Lösungen für die Einbindung von Solarwärme in Mikro-, Nah- und Fernwärmenetze

Dazu notwendig ist das gesamte Spektrum von Grundlagenforschung bis zur Demonstration sowie verstärkte Öffentlichkeitsarbeit und Ausbildung von Fachkräften. Weiters sind neue Charakterisierungsmethoden sowie Standardisierung und begleitende Normung unabdingbar.

Durch das Überwinden einer Reihe technologischer Barrieren, die im Folgenden detailliert dargestellt werden, wird es möglich sein, zu wettbewerbsfähigen Preisen eine breite Markteinführung fortgeschrittener Solarthermieranwendungen zu erreichen. Hauptfelder sind hier:

- das „Aktiv Solare Gebäude“, das 100% seines Wärmebedarfs solar deckt,
- Raumheizung mit hohem solaren Deckungsanteil bei sanierten Gebäuden,
- eine breite Nutzung der Solarthermie für wärmeintensive Dienstleistungen und industrielle Prozesswärme
- Nutzung der Solarthermie für Raumkühlung,

Die **Forschungsagenda** baut auf einem industriellen und technologischen Ansatz auf und konzentriert sich hauptsächlich auf einzelne Komponenten wie Kollektoren, thermische Speicher, thermisch angetriebene Kühlgeräte, multifunktionale Komponenten und Regelungssysteme aber auch auf Komponenten für Hybridsysteme mit Wärmepumpen oder Biomasse.

Ein ganzheitlicher Ansatz wird im Fall von Kombianlagen mit hohen Deckungsgraden (Das Aktiv Solare Haus), bei der industriellen Prozesswärme, der solaren Kühlung und bei der Einbindung von Solarenergie in Wärmenetzen verfolgt, da diese Anwendungen einige Fragen aufwerfen, die in einer stimmigen Weise systemtechnisch beantwortet werden müssen.

4.1 Das Aktiv Solare Gebäude

Wie oben dargestellt, wird ein erheblicher Anteil der derzeit installierten thermischen Solaranlagen nur zur Warmwasserbereitung genutzt. Im Laufe des letzten Jahrzehnts sind „Kombisysteme“ die sowohl Warmwasser als auch Raumbeheizung zur Verfügung stellen zum Standardprodukt geworden und haben in Österreich einen beträchtlichen Anteil am gesamten Solarthermiemarkt gewonnen. Gewöhnlich deckt das durchschnittliche Kombisystem, abhängig von verschiedenen externen Faktoren, 70-90% des Warmwasserbedarfs und 10-30% des jährlichen Raumheizungsbedarfs.

Der nächste Schritt ist es, das **„Aktiv Solare Gebäude“ zu einem Standard in Neubauten** weiterzuentwickeln. Aktiv Solare Gebäude (Neubau) decken 50 - 100% ihres Bedarfs an Wärme (und ihres Kühlungsbedarfs, wenn vorhanden) mit Solarenergie.

Für bestehende Gebäude müssen Systeme zur aktiv-solaren Sanierung entwickelt werden, die eine massive Verminderung des Energieverbrauchs durch Effizienzmaßnahmen erreichen, und zumindest 50% des verbleibenden Heiz- und/oder Kühlbedarfs durch aktive Solarenergienutzung decken.

4.1.1 Stand der Technik

Es gibt bereits zahlreiche Aktiv Solare Gebäude mit erwiesener Erfolgsgeschichte in Mitteleuropa. 1989 wurde in der Schweiz das erste Einfamilienhaus, welches 100% seines Wärmebedarfs mit Solarenergie deckt, errichtet. Das erste österreichische Haus, das zu 100% solar wärmeversorgt wird, wurde im Jahr 1997 in der Nähe von Graz errichtet.



Abbildung 16: 100% solar beheiztes Einfamilienhaus Nader in der Nähe von Graz. Installierte Leistung $60 \text{ kW}_{\text{th}}$ (85 m^2 Kollektorfläche) und ein 75 m^3 Wärmespeicher.

In jüngster Zeit wurde in der Schweiz das erste Mehrfamilienhaus mit einer solarthermischen Deckung von 100% errichtet.

Voraussetzungen für die vollsolare Wärmeversorgung sind ein sehr guter Wärmedämmstandard des Gebäudes, eine ausreichend große Solarkollektorfläche sowie ein saisonales Wärmespeicherungssystem, um die in den Sommermonaten gewonnene Solarenergie im Winter nutzen zu können.

Die Wärmespeicherung stellt hierbei eine entscheidende technologische Herausforderung dar, da die weite Verbreitung von Aktiv Solaren Gebäuden weitgehend von der Entwicklung rentabler und praktikabler Lösungen für eine Wärmespeicherung abhängt.

Die Europäische Solarthermie Technologie Plattform (ESTTP) geht davon aus, dass zwischen 2020 und 2030 Wärmespeicherungssysteme verfügbar sein werden, die eine saisonale Wärmespeicherung mit einer achtfach höheren Energiedichte als Wasser ermöglichen (s. auch weiter unten).

Kernbereiche für technologische Entwicklung

Während eine sehr kleine Zahl Solar Aktiver Gebäude bereits vorgestellt worden ist, wird es bis 2030 nur möglich sein, diese zu einem weit verbreiteten Gebäudestandard zu machen, wenn wesentliche technische Fortschritte auf folgenden Gebieten erreicht werden:

- **Hocheffiziente Solarkollektoren** werden die unter winterlichen Bedingungen gewonnene Energie steigern und gleichzeitig ein hohes Niveau der Lebensdauer aufrechterhalten sowie die Kosteneffizienz des Produktions- und Installationsprozesses vergrößern.
- Neue **kompakte, zeitunabhängige thermische Speichertechnologien** werden den erforderlichen Raum für Wärmespeichereinrichtungen bedeutend reduzieren. Dies wird zu einer preiswerteren und praktischeren saisonalen Wärmespeicherung führen, die es erlaubt, eine große Menge der über den Sommer gespeicherter Wärme im Winter zur Raumheizung zu verwenden. Aber auch **Speicher, welche die thermische Masse der Gebäude nutzen** (zB. in Kombination mit Phasenwechselmaterialien) stehen im Fokus neuer Entwicklungen
- Verbesserte **solarthermisch angetriebene Kühlsysteme** werden es ermöglichen, einen großen Teil der steigenden Nachfrage nach Klimatisierung durch Solarenergie zu decken.
- **Intelligente Regelungssysteme** für die gesamten Energieflüsse in Gebäuden werden zur Verminderung des Energieverbrauchs und zur Optimierung des Solarenergieeinsatzes beitragen.

Im **Gebäudebestand** muss die Entwicklung von vorgefertigten, multifunktionalen Fassaden, welche höchste Dämmstandards erfüllen und zugleich die gesamte Haustechnik (Heizung, Lüftung) sowie thermische

Kollektoren als Energiewandler in die Fassade integriert haben, zentrale Priorität sein.

Ziel dieses Sanierungskonzeptes mittels vorgefertigter Fassaden- und auch Dachsysteme ist die signifikante Reduktion des Heizwärmebedarfs der Gebäude und eine zumindest 50% Deckung des Restwärmebedarfs mittels thermischer Solaranlagen.

Eine erste hochwertige Sanierung nach diesem Konzept wurde im Jahr 2009 in Graz an mehreren Mehrfamilienhäusern im Projekt „Dieselweg“ umgesetzt.



Abbildung 17: Hochwertige Sanierung mit vorgefertigten Fassadenelementen, welche die thermischen Kollektoren integriert haben. Graz, Dieselweg. Bauherr: GIWOG

Multifunktionale Fassadensysteme und Dächer kombinieren die Funktionalität heutiger Standardkomponenten (Statik, Witterungsschutz und Brandschutz) mit der Fähigkeit, die energetischen Anforderungen des Gebäudes zu erfüllen, indem sie Wärme produzieren, speichern, verteilen oder an die Umgebung abführen.

Beispiele weiterer multifunktionaler Gebäudeelemente sind:

- Fassadenkollektoren, die den Wärmeverlust des Gebäudes reduzieren, wobei sie als Energiequellen, Wärmesenken und/oder Speicher und als Verschattungseinrichtung dienen können
- Dachelemente, die Schutz vor Witterung bieten, die Wärmedämmfunktion erfüllen, als Fenster oder solarthermische bzw. PV-Kollektoren funktionieren und die mit einem Energiespeichermodule versehen werden könnten

- Wände, die eine strukturelle Funktion erfüllen oder als Raumteiler dienen, während sie auch Wärmespeicher sind und die thermische Isolation übernehmen
- Verkleidete Kollektoren: Eine besondere Art von fassaden- oder dachintegriertem Kollektor, der Baumaterialien imitiert und der ästhetisch zu historischen Gebäuden passt.
- Intelligente Gebäudekomponenten wie zum Beispiel Fenster, die ihre Transmission auf Grundlage der Stärke der Sonneneinstrahlung anpassen
- Kollektoren, die als Balkonboden, Terrasse, Verschattungseinrichtung oder halbtransparente Fassadenelemente verwendet werden.



Abbildung 18: Ästhetisch ansprechende Integration von Sonnenkollektoren in ein Gründerzeithaus (Designstudie; Quelle: Tobias Weiss)

Einige Beispiele multifunktionaler Komponenten, die Solarthermie oder PV einbinden und die auf dem Bausektor schon eingeführt wurden, sind:

- Verschattungssysteme aus PV und/oder thermischen Kollektoren,
- Fassadenkollektoren,
- thermische Energiedach-Systeme und
- solarthermische Dachfirstkollektoren.

Die derzeitigen F&E Aktivitäten von Grundlagen- und angewandter Forschung beziehen sich auf die Entwicklung von:

- transparenten solarthermischen (Fenster-) Kollektoren,
- Fassadenelementen, die aus Vakuumdämmpanelen bestehen, Wärmepumpen und Wärmerückgewinnungssysteme, die mit dem lokalen Lüftungssystem verbunden sind.
- Kopplung der Fassadenkollektoren an Speicher, welche in das Wandelement integriert sind.

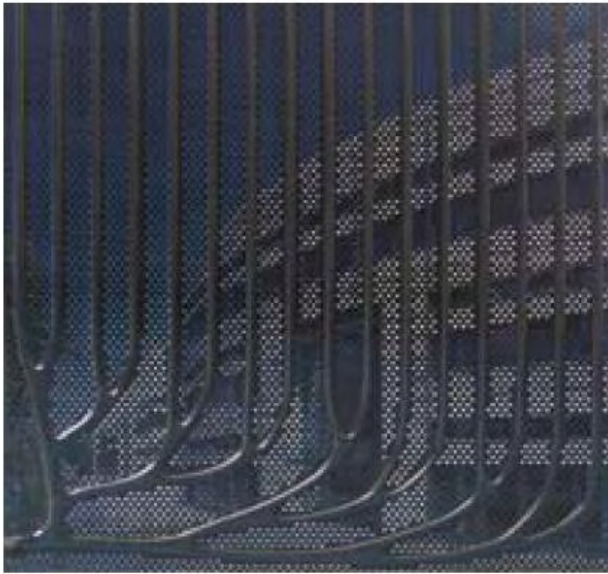


Abbildung 19: Transparenter solarthermischer Kollektor (links), (Quelle: ISE, Deutschland)



Abbildung 20: Fest eingebaute solar aktive Fassade (rechts), (Quelle: www.smartfacade.nl)

4.1.2 Kernbereiche für technologische Entwicklung

Die Herstellung und Installation multifunktionaler Gebäudeelemente setzt Fachwissen voraus, das selten nur von einer einzigen Person oder einem Installationsunternehmen bereitgestellt werden kann. Es ist unwahrscheinlich, dass die eingesetzten Komponenten alle Vorteile der Elemente, die sie ersetzen aufweisen, ohne auch Nachteile zu haben.

Weil so wenige Beispiele der Verbreitung dieser Komponenten existieren, sind Planer oft zurückhaltend darin, multifunktionale Elemente mit einzubinden. Sie fürchten, dass diese Elemente kaputt gehen oder schlechter Witterung nicht widerstehen könnten.

Es besteht ein Mangel an fortgeschrittenen Simulationswerkzeugen, die die Exergie-Energie-Leistung, die Raumtemperatur sowie die Luftwechselrate eines Gebäudekonzepts dynamisch beschreiben.

Um bestehende Marktbarrieren zu überwinden, ist eine systemtechnische Herangehensweise erforderlich. Weiters wird es notwendig sein, standardisierte Verfahren und Regelwerke zur Beurteilung multifunktionaler Gebäudeelemente im Kontext des Gesamtsystems „Gebäude“ zu entwickeln. Diese Verfahren sollten standardisierte Methoden zur Charakterisierung und Prüfung von multifunktionalen Gebäudeelementen beinhalten, die in Kombination mit

standardisierten Simulationswerkzeugen zur Beurteilung des Gesamtsystems angewendet werden. Auf diese Weise wird sowohl eine Basis für die Planung dieser innovativen Gebäude geschaffen als auch die Voraussetzung für die Sicherstellung hoher Qualitätsstandards für multifunktionale Gebäudeelemente. Vor allem die Entwicklung neuer Simulationswerkzeuge mit validierten Modellen für multifunktionale Komponenten stellt eine große Herausforderung dar.

4.1.3 Forschungsschwerpunkte

Grundlagenforschung

Um die begrenzte Fläche der Gebäudehülle optimal nutzen zu können, müssen strukturelle Anforderungen an Gebäudekomponenten mit solaren Funktionen oder Wärmespeicherung sowie dünnen, hocheffizienten Lagen aus Dämmstoff kombiniert werden.

Phasenwechsel-Materialien sind eine vielversprechende Variante der kurz- und mittelfristigen Speicherung. Fachwissen wird benötigt, wie dieser Typ Speicher schon während der Gebäudekonstruktion integriert werden kann, beispielsweise in Wänden.

Entwicklungsbereiche

Solarkollektoren, die Teil der Gebäudehülle sind, müssen entwickelt werden, da sie verschiedene Funktionen vereinen. Sie können Teil der transparenten Fassade sein und Funktionen der Tageslichtlenkung und der Verschattung übernehmen, müssen aber auch ihre Funktion der Energiegewinnung erfüllen. Kollektoren, die in die lichtundurchlässige Fassade integriert sind, können auch Wärmedämmfunktionen erfüllen. Darüber hinaus können sie als Speicher- und/oder Wärmebereitstellungssysteme auf der Innenwand fungieren.

Da Fassadenkollektoren oder Kollektordächer ein integraler Bestandteil der Gebäudehülle sind, müssen diese auch bezüglich ihrer Lebensdauer (20 – 50 Jahre) auf diesen Umstand angepasst werden. Beschleunigte Alterungstests stellen daher eine wesentliche F&E Aktivität dar.

Zusätzlich werden Maßnahmen benötigt, um die Energiegewinnung fassadenintegrierter Kollektoren zu optimieren, wie beispielsweise teilweise geneigte Absorberkomponenten. Die Grundlagenforschung in diesem Bereich muss auf Materialfragen fokussiert sein und eng mit der angewandten Forschung auf der Ebene der Komponentenentwicklung verbunden sein.

Verbesserte Beschichtungen müssen für Fenster mit umschaltbarer, variabler Transmission oder für Kollektoren mit regelbarer Transmission der Verglasung sowie der Absorption entwickelt werden. Dies ist besonders wichtig bei polymerbasierten Kollektoren, um Stagnationsprobleme vermeiden zu können.

Fortschritte werden bei Werkzeugen für die Abnahme von Gebäuden als Ganzes benötigt. Dies gilt auch für Methoden, die sicherstellen, dass vorhergesagte Ergebnisse auch effektiv vom Gebäude erreicht werden. Standards für

hydraulische und elektrische Schnittstellen zur Verbindung unterschiedlicher Gebäudekomponenten sind ebenfalls nötig.

Angewandte Forschung

Aufgrund der begrenzt zur Verfügung stehenden Dachfläche für Solarsysteme werden Entwicklungen bei Fassadenkollektoren und dachübergreifenden Systemen benötigt, um die nutzbare Oberfläche zur Sammlung erneuerbarer (thermischer) Energie zu erhöhen.



Abbildung 21: Modulare Dachelemente für solarthermische Paneele mit oder ohne Dachfenster

Die Entwicklung von HUB-Verbindungen (Punkt zu Punkt Verbindungen), wie beispielsweise Systeme der Fassadenintegration solarthermischer Kollektoren, würde zu einer weitergehenden Standardisierung führen und einen modularen Aufbau ermöglichen. In der Folge könnte das zu einer Weiterentwicklung der modularen (Ersatz-) Elemente führen, die ein komplementäres Set modularer, multifunktionaler Komponenten und Schnittstellen ergeben kann.

Schwerpunkte der angewandten Forschung sind daher:

- Integrale Speicher, Wärmeverteils- und Wärmeabgabesysteme, welche in die Konstruktion integriert sind.
- Fassadenkollektoren, die sowohl als (solare) Wärmequellen und Wärmesenken, als auch zur Reduzierung der Wärmeverluste genutzt werden.
- Dachelemente, die identisch aussehen aber unterschiedliche Funktionen haben wie zum Beispiel den Schutz vor Witterung oder die Funktion als Fenster, solare Wasser- oder Luftkollektoren, PV-Module oder Energiespeicher.
- „Unsichtbare Kollektoren“, wie spezielle Typen von Fassadenkollektoren oder dachintegrierten Kollektoren, welche die Materialien nachahmen, die in alten Gebäuden genutzt werden und
- Fenster mit sich selbst an die Intensität der solaren Bestrahlungsstärke anpassender Transmission

- Farbige Absorber oder farbige Kollektorabdeckungen, welche eine größere architektonische Freiheit ermöglichen und eine optisch angepasste Integration in die Gebäudehülle erlauben.

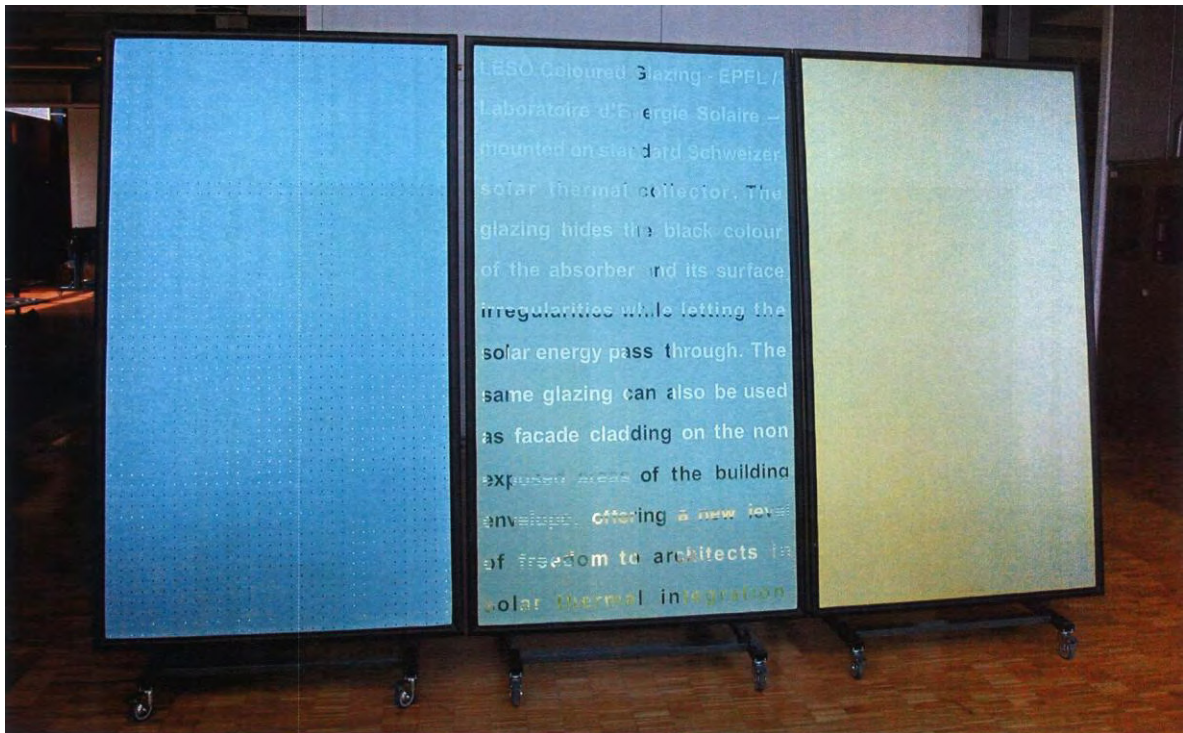


Abbildung 22: Prototypen färbiger Gläser für die Nutzung in thermischen Kollektoren. Quelle: EPFL, Lausanne, Schweiz

Demonstration

Neue Komponenten und Versorgungssysteme müssen in Neu- und Bestandsbauten getestet werden. Beim Neubau geht es insbesondere darum diese Komponenten in „Solar 50+ Gebäuden“⁴ breit zu demonstrieren.

Prototypen der HUB-Verbindungen und modulare Elemente müssen aufgebaut werden, während ihre Erforschung weitergeht. Diese Tests können in Forschungslabors und in Versuchswohnungen der F&E-Institute durchgeführt werden.

⁴ „Solar 50+ Gebäude“ sind Gebäude, welche mehr als 50% ihres Wärmebedarfs solarthermisch decken.

4.2 Solarthermisch angetriebene Kühlung

Das Thema „Solare Kühlung“ muss derzeit bei näherer Betrachtung der technischen Möglichkeiten im Vergleich zu den Anforderungen durch die Kühlanwendungen als „Solar unterstützte Kühlung“ bezeichnet werden. In den meisten Fällen der Anwendungen reicht die Solarstrahlung über den ganzen Zeitraum des Kühlbedarfes nicht aus, um die gewünschte Kühlung bereitzustellen. Solare Kühlsysteme müssen daher mit einer ständig verfügbaren Wärmequelle oder durch ein konventionelles, elektrisch betriebenes Kühlsystem ergänzt werden.

Die Einsatzgebiete der solar unterstützten Kühlung sind wie folgt:

- Klimatisierung (Raumkühlung und Luftentfeuchtung)
- Lebensmittelfrischhaltung
- Gefrierlagerung
- Prozesskühlung (gewerbliche und industrielle Kühlung für unterschiedliche Anwendungen)

4.2.1 Stand der Technik

Klimatisierung von Gebäuden

Der Bedarf an Kühlung und Entfeuchtung in Gebäuden steigt auf globaler Ebene, aber auch in Südeuropa, sowohl im Wohnungssektor als auch bei Drittsektoren. Dies hat bereits während der heißen Jahreszeit zu einem massiven Anstieg des Spitzenwertes des Elektrizitätsbedarfs geführt, was hohe Anforderungen an Energieversorgungsstruktur und Erzeugungskapazitäten stellt, sowie das Risiko von Stromausfällen und Umweltschäden erhöht. Alternativen zur elektrischen betriebenen Kühlung müssen daher entwickelt werden. Die Solarthermie bietet hierzu eine mittelfristige Lösung an.

Etwa 250 solare Klimatisierungssysteme wurden in Europa bis 2007 installiert, mit einem exponentiellen Zuwachs in den letzten beiden Jahren. Solarkollektoren zur Gebäudeklimatisierung können auch für andere Anwendungen genutzt werden, wie zum Beispiel für Raumheizung und Brauchwasserproduktion. Dies erhöht die Energieeinsparung und folglich die Rentabilität der Investition. Die Systeme, die derzeit in Betrieb sind, reichen von kleinen Einheiten für Einfamilienhäuser bis zu großen Einheiten für die Klimatisierung von Firmengebäuden.

Herkömmliche Klimatisierung basiert auf Dampfkomppressions-Kreisläufen, die entsprechende Mengen an Elektrizität benötigen, um den Kompressor anzutreiben. In Gebäuden werden vor allem kleine Single-Split-Systeme (für ein Einzelzimmer) oder Multi-Split-Systeme für eine Wohnung oder eine Stockwerksebene eingebaut. Typische COP's (Coefficient of Performance) für kleine Split-Systeme sind etwa 2,5 bis 3. In größeren kommerziell genutzten Gebäuden gibt es oft Kältenetze, die von großen, zentralisierten Kühlanlagen mit

Wasser betrieben werden. Solche Systeme können höhere COP-Werte von 5 bis 6 erreichen, besonders wenn sie einen Kühlturm zur nassen Rückkühlung nutzen, um die Abwärme abzuführen.

Auch wenn die grundlegenden Prinzipien die gleichen bleiben, gibt es drei Hauptunterschiede zwischen den Technologien, die für Gebäudeklimatisierung und für industrielle Kältetechnik verwendet werden:

- Klimatisierung von Gebäuden im Sommer kann sowohl Kühlung, als auch – abhängig von der Feuchtigkeit der Außenluft und den internen latenten Lasten – Entfeuchtung beinhalten. Folglich können sowohl geschlossene Kühlkreisläufe, als auch so genannte offene Kreisläufe (auch Desiccant Cooling Systems, also Trockenmittel-Kühlsysteme genannt) angewandt werden. In offenen Kreisläufen wird Luft, die eine thermisch angetriebene Klimatisierungseinheit durchströmt, in den gewünschten Bereich der Temperatur und Luftfeuchte gebracht. Die Wärme hierfür kann auch von Solarkollektoren kommen.
- Je nach Innenraumsystem befindet sich die erforderliche Temperaturstufe auf der Output-Seite im Bereich von ungefähr 6 bis zu 16 °C. Temperaturen unter 6 °C sind nicht notwendig, es sei denn, es wird gezielte Luftentfeuchtung gefordert oder Kälte durch Eisspeicherung benötigt. Output-Temperaturen in diesem Bereich können mit solarthermischen Systemen grundsätzlich produziert werden.
- Systeme zur Klimatisierung gibt es im großen Leistungsbereich, angefangen bei kleinen Kältemaschinen mit z.B. Wasser als Kältemittel und Lithiumbromid als Absorber, mit einer Kapazität von wenigen kW für Einfamilienhäuser, bis zu zentralisierten Systemen zur Klimatisierung großer Gebäude, z. B. Flughäfen, die sich im Kälteleistungsbereich von mehreren MW bewegen können.

Solargestützte Gebäudeklimatisierung benötigt derzeit Nieder- und Mitteltemperaturkollektoren, die für gewöhnlich auf dem Dach montiert sind. Für große Gebäude werden auch am Boden aufgeständerte Kollektorsysteme verwendet.

Komfortklimaanlagen regeln neben der Raumtemperatur auch die Luftfeuchte. Der energetische Aufwand zur Luftentfeuchtung ist klimazonenabhängig und erreicht in mitteleuropäischen Bürogebäuden ca. 60% des notwendigen Kühlbedarfes bei üblichen internen Kühllasten. Statistische Untersuchungen zeigen, dass in Mitteleuropa die spezifischen Kühllasten bei gewerblich genutzten Bürohäusern im Bereich von 45 bis 65 W/m² Bodennutzfläche – mit dem Maximum bei ca. 55 W/m² – liegen. Die Luftkühlung kann dabei durch Fancoils, die mit Kaltwasser (Vorlauf/Rücklauf 6/12 °C), oder durch Decken- oder Wandkühlregister (Vorlauf/Rücklauf 16/19 °C) bewerkstelligt werden.

Die Luftentfeuchtung geschieht konventionell durch Kondensation der Luftfeuchte an kalten Flächen oder durch Adsorption vor allem an Silikagelschichten bei der Desiccant-Klimatechnik. Die Desiccant-Klimatechnik (DEC-Anlagentechnik, Desiccant Evacuative Cooling) ermöglicht bei entsprechender Auslegung ganzjährige Klimatisierung (Regelung der Raumtemperatur und Raumluftfeuchte). Im Sommerbetrieb kann bei geringen Luftfeuchten der

Außenluft im adiabatischen Kühlmodus ohne Zufuhr von Wärme behagliches Raumklima erreicht werden. Bei höheren Außenluftfeuchten ist jedoch Wärme zur Trocknung des Sorptionsrades erforderlich. Diese Wärme kann nun zumindest teilweise an sonnigen Tagen zwischen 10 bis 16 Uhr und darüber hinaus durch entsprechende Speicher aus Solarenergie bereitgestellt werden.

Lebensmittelfrischhaltung

Die solar unterstützte Lebensmittelfrischhaltung erfordert meist Lagertemperaturen zwischen 4 und 10 °C. Die Lebensmittel kommen dabei direkt aus der Produktion und werden aus dem Produktionsprozess mit Temperaturen zwischen 30 bis 60 °C ausgekoppelt und in das Kühlhaus eingebracht. Die Kühllast besteht somit aus der zeitlich begrenzten Abkühlung auf die Lagertemperatur und aus der Abdeckung der Kühlhausverluste zur Umgebung. Will man für diese Anwendung solarthermische Sorptionskälteverfahren einsetzen, so kommen vor allem Ammoniak/Wasser Absorptionskälteanlagen mit Verdampfungstemperaturen unter Null Grad Celsius zur Anwendung. Abhängig von der verfügbaren Rückkühltemperatur sind die erforderlichen Austreibertemperaturen im Bereich von 90 bis 100 °C vorzusehen. Zweischeibensolarkollektoren oder Vakuumsolarkollektoren sind für diesen Einsatz vorteilhaft.

Gefrierlagerung

Die Gefrierlagerung von Produkten, vor allem von Lebensmitteln und Genussmitteln, benötigt meist Lagertemperaturen von – 10 bis – 40 °C. Dafür werden zur Vorkühlung der Lagerware meist Schockgefriertunnel oder ähnliche Einrichtungen genutzt. Die Ware kommt dann schon mit Lagertemperatur in das Kühlhaus und muss mit Hilfe der künstlichen Kühlung auf der niedrigen Lagertemperatur gehalten werden. Bei solar unterstützter Kühlung wird in diesem Bereich ebenfalls vor allem das Kältemittel Ammoniak genutzt. Die Heiztemperaturen liegen für diese Absorptionskälteanlagen bei 110 bis 140 °C. Der einstufige Betrieb von Ammoniak-Absorptionskälteanlagen kann Verdampfungstemperaturen von – 25 °C mit Austreibertemperaturen von ca. 135 °C erreichen, wobei die Rückkühltemperatur im Bereich von 23 bis 25 °C liegen soll. Tiefere Temperaturen bis zu – 40 °C, die für die Lagerung von Gefrierfleisch angewendet werden, erfordern zweistufige Absorptionskältemaschinen oder Sonderschaltungen der Kältekreisläufe. Soll diese Anwendung solar unterstützt werden, so können Vakuum- oder Parabolrinnenkollektoren zur Erzeugung von Prozesswärme eingesetzt werden.

Prozesskühlung

Vielfältige Anwendungen gibt es bei der Prozesskühlung im gewerblichen und industriellen Bereich vor allem bei der Herstellung von Lebensmittel und Genussmittel. Dabei werden die erzeugten Produkte im Herstellungsprozess erwärmt, blanchiert oder gekocht und schließlich gekühlt und gelagert. Auch die Hallen, in denen die Prozesse ablaufen, sind in vielen Fällen im Sommer wegen der hohen Abwärme der Prozesse und der Sonneneinstrahlung auf die Gebäudehülle zu kühlen. Für den Einsatz von Absorptionskühlmaschinen kommt im Rahmen der Prozesskühlung meist nur Ammoniak als Kältemittel mit

Solarkollektoren zur Bereitstellung von Prozesswärme in Frage. Dagegen kann für die Verbesserung des Raumklimas in der Produktionshalle auch jede thermische Kühlmaschine (LiBr/H₂O, Adsorptionsmaschinen, o.ä.) angetrieben durch Wärme aus üblichen Flachkollektoren verwendet werden.

Folgende Typen von Kältekreisläufen sind derzeit am Markt:

Offene Kältekreisläufe (oder DEC-Anlagen) sind wie oben beschrieben hauptsächlich für die Gebäudeklimatisierung von Interesse. Sie können feste oder flüssige Sorptionsstoffe verwenden. Die zentrale Komponente jedes offenen solargestützten Kältesystems ist die Entfeuchtungseinheit. In den meisten Systemen, die feste Sorptionsmittel verwenden, ist diese Entfeuchtungseinheit ein Trocknungsmittel-Sorptionsrotor, welcher von mehreren Anbietern für verschiedene Luft-Volumenströme verfügbar ist. Verschiedene Sorptionsmaterialien können verwendet werden, wie zum Beispiel Silica-Gel oder Lithiumchlorid. Alle anderen Systembestandteile finden sich in handelsüblichen Klimatisierungsanwendungen mit einer Luftbehandlungseinheit. Diese Bestandteile beinhalten die Wärmerückgewinnungseinheiten, Wärmetauscher und Luftbefeuchter.

Die Wärme, die für die Regeneration des Sorptionsrotors benötigt wird, kann bei niedrigen Temperaturniveaus (im Bereich von 45 bis 90°C) bereitgestellt werden, was für viele auf dem Markt erhältliche Solarkollektoren passend ist. Es sind jedoch auch noch andere Arten von Luftentfeuchtern, z. B. Zeolithe, im Entwicklungsstadium, die Luftentfeuchtung durch adsorption an festen Stoffen ermöglichen. Diese haben einige thermodynamische Vorteile und können daher zu höherer Effizienz führen. Sie sind jedoch hinsichtlich Material und Verbindungstechnik anspruchsvoller als die oben genannten Sorptionstoffe. Hier besteht Potential für weitere F&E-Arbeit.

Flüssige Sorptionstechnologien sind erfolgreich demonstriert worden. Die Zuluft wird entfeuchtet, wenn sie mit einer Salzlösung wie zum Beispiel Wasser/Lithiumchlorid in Kontakt kommt. Die verdünnte Lösung wird durch Wärmezufuhr auf niedrigem Temperaturniveau, die durch Solarkollektoren erfolgen kann, wieder aufkonzentriert. Der Vorteil der flüssigen Sorption ist die Eigenschaft der konzentrierten und verdünnten Salzlösung, Energie ohne Wärmeverlust zu speichern. Dies ermöglicht eine Energiespeicherung mit hoher Dichte. Die Temperatur, die für die Regeneration gebraucht wird, befindet sich auf einem ähnlichen Niveau wie die für die feste Sorption, sodass auch dafür Solarkollektoren vorteilhaft eingesetzt werden können.

Geschlossene, wärmebetriebene Kältekreisläufe sind schon seit vielen Jahren bekannt. Sie werden gewöhnlich für große Leistungsklassen ab 100 kW verwendet. Das physikalische Prinzip, das von den meisten Systemen genutzt wird, basiert auf Sorption. Zwei Techniken sind etabliert, um thermisch generierte Kälte niedriger und mittlerer Temperatur zu produzieren: Absorption und Adsorption.

Absorptionstechniken stellen die Mehrheit des weltweiten thermisch betriebenen Kühlungsmarktes. Der wesentlichste Vorteil der Absorptionskreis-

läufe ist ihr höherer COP-Wert. Er bewegt sich für einstufige Maschinen zwischen 0.6 und 0.8, für zweistufige zwischen 0.9 und 1.3. Typische Temperaturniveaus der Wärmezufuhr sind 80 bis 95°C, beziehungsweise 130 bis 160°C. Das Absorptionspaar, das verwendet wird, ist entweder Lithiumbromid und Wasser oder Wasser und Ammoniak. Für Lithiumbromid/Wasser-Kreisläufe ist die Verdampfungstemperatur auf 4 °C begrenzt und die Kondensatortemperatur liegt unter 35 °C. Die geforderte Kondensatortemperatur hat zur Folge, dass meist ein Nass-Kühlturm zur Rückkühlung verwendet wird, der je kWh Kühlarbeit ca. 1,5 kg Wasser verbraucht. Ammoniak/Wasser-Kreisläufe erlauben Auslegungen, die Verdampfungstemperaturen unter 0 °C erreichen können, sowie Rückkühltemperaturen von bis zu 50 °C. Deshalb können sie für Tiefkühlgeräte verwendet werden, indem sie trockene luftgekühlte Rückkühler zur Wärmeabgabe verwenden.

Adsorptionskältekreisläufe, die zum Beispiel Silica-Gel und Wasser als Adsorptionspaar verwenden, können mit Wärmequellen auf niedrigem Temperaturniveau (bis zu 55°C) angetrieben werden und erzeugen dabei Temperaturen bis 5°C. Diese Art von System erreicht COP-Werte von 0.5 bis 0.7. Derzeit ist die Anwendung von Adsorptionssystemen begrenzt, da deren Herstellungskosten die der Absorptionssysteme bei Weitem übersteigen.

Etliche thermisch betriebene Kältesysteme wurden gebaut, bei denen geschlossene thermisch betriebene Kühlkreisläufe zum Einsatz kommen, wobei thermische Energie als Hauptenergiequelle verwendet wird. Diese Systeme stellen oft große Kühlkapazitäten bis zu mehreren hundert kW bereit.

In den letzten 5 bis 8 Jahren wurden auch kleine Adsorptionsmaschinen mit Kühlleistungen von 4,5 bis 20 kW entwickelt. Diese kleinen Systeme sind einstufige Maschinen unterschiedlicher Bauart und werden hauptsächlich für Wohngebäude und kleinere Geschäftshäuser verwendet.

Während offene Kühlkreisläufe üblicherweise für Anwendungen der Gebäudeklimatisierung eingesetzt werden, können geschlossene wärmebetriebene Kühlkreisläufe sowohl für die Gebäudeklimatisierung auch für industrielle Kühlung verwendet werden.

Andere Kreisläufe - Neben sorptionsgestützten Kreisläufen existieren auch andere Möglichkeiten für die Umwandlung von solarer Energie in nutzbare Kälte. Z.B. wird in einem **Ejektorkreislauf** die Wärme durch eine Düse in Bewegungsenergie eines dampfförmigen Mediums umgewandelt, so dass das Kühlmittel verdampfen kann. In einem **solar-mechanischen Kältekreislauf** wird ein herkömmliches Kaltdampf-Kompressionssystem mit mechanischer Energie angetrieben, die von einem solarbetriebenen Wärmekraftprozess erzeugt wird (z. B. Rankineprozess). Nicht zuletzt kann auch Elektrizität, die mit einer **PV-Anlage** erzeugt wird, verwendet werden, um gewöhnliche Kaltdampfkomppressions-Maschinen anzutreiben.

4.2.2 Potenzial für technologische Entwicklung

Eine sehr grobe Einschätzung der Potenziale und der davon abhängigen Entwicklungsmöglichkeiten für die solar unterstützte Kühlung kann auch auf der Basis der EERAC Studie gemacht werden, die für das Jahr 2010 den Stromverbrauch der konventionellen Kühlgeräte und die verkauften Stückzahlen als Steigerung mit Bezug zum Basisjahr 1996 bekannt gibt. (Quelle: EERAC, 1999, Contract DGXVII.4.1031/D/97.026). Eine Zusammenfassung der wichtigsten Aussagen zeigt die folgende Tabelle 2.

Tabelle 1: Stromverbrauch und Verkaufszahlen von Kühlmaschinen ohne Zentralanlagen nach EERAC-Studie.

	Verkauf bis 1996	Verkauf 1996	Stromverbrauch 1996	Stromverbrauch 2010 (Prognose) ¹⁾	Stromverbrauch. 2020 (Prognose) ²⁾
	Stück	Stück	GWh/a	GWh/a	GWh/a
Österreich	79.000	23.800	21	208	464
Frankreich	1,259.100	177.000	1692	5.490	
Deutschland	526.000	194.500	157	856	
Italien	2,111.740	439.490	4.394	5.717	
Spanien	1,396.000	318.000	2.396	9.339	
EU (15)	7,500.000	1,599.970	11.026	28.300	

¹⁾ EERAC, 1999, ²⁾ „Wärme und Kälte 2030“, R. Haas, et al. Seite 24

Versucht man nun das in Tabelle 1 wiedergegebene Datenmaterial für eine vorsichtige Abschätzung der zukünftigen Entwicklung in Österreich zu nutzen, so können die Ergebnisse in Tabelle 2 eingetragen werden.

Bei den Ermittlungen der Zahlen in Tabelle 2 wurden im ersten Schritt aus den Stromverbräuchen für konventionelle Kühlgeräte in den angeführten Ländern für 2010 die am Stromverbrauch beteiligten Kühlgeräte ermittelt. Für eine vorsichtige Annahme wurden die in 2010 in Betrieb befindlichen Kompressionskühlmaschinen (ohne Zentralanlagen) angesetzt und davon 0,8% als Verkaufszahlen von solar unterstützten Kühlanlagen für 2020 angenommen. Damit kann man nun für solarthermische Kühlanlagen mit einer mittleren Größe von 5 kW die dazu erforderlichen Solarkollektorflächen einschätzen, wenn man für gute Solarstrahlung (800 W/m^2) die Anlagen mit Nennleistung betreiben möchte.

Eine wichtige Voraussetzung für die Umsetzbarkeit der ermittelten Stückzahlen und der damit in Zusammenhang stehenden Solarkollektorflächen ist die technische Verlässlichkeit der Anlagen für den Betreiber und die Vergleichbarkeit der Gesamtbetriebskosten mit den konkurrierenden Kühlgeräten.

Tabelle 2: Einschätzung zukünftiger Anteile der solar unterstützten Kühlung im Jahr 2020 und die dazu erforderliche Solarkollektorflächen

	Kühlgeräte 2010 gerechnet aus Stromverbrauch	Anteil solarthermische Kühlung in 2020	Kollektorfläche für solarthermische Kühlung 2020
	Stück	Stück, à $Q_0 = 5 \text{ kW}$	m^2 , $5 \text{ m}^2/\text{kW}$
	Kompression, $\dot{\epsilon} = 3$, $Q_0 = 5 \text{ kW}$, 800 h/a (Vollast)	0,8% von 2010	für 0,8% von 2010
Österreich	156.000	1.248	31.200
Frankreich	4,118.000	32.944	823.600
Deutschland	642.000	5.136	128.400
Italien	4,288.000	34.300	857.500
Spanien	7,000.000	56.000	1,400.000
EU (15)	21.225.000	169.800	4,245.000

4.2.3 Forschungsschwerpunkte

Dieser Abschnitt deckt nur Forschungsaktivitäten ab, die sich speziell auf die thermisch angetriebener Kühlung beziehen. Forschungsaktivitäten, die die Hauptbestandteile von solarthermischen Systemen im Allgemeinen betreffen, wie zum Beispiel, Solarkollektoren und Wärmespeicherung, werden nur erwähnt, wenn sie besonderer Aufmerksamkeit hinsichtlich thermisch angetriebener Kühlung bedürfen.

Hier sei aber darauf hingewiesen, dass parallel zur Entwicklung der o.g. Komponenten **systemtechnische Entwicklungen** erforderlich sind, um das optimale Zusammenspiel von Komponenten, Regelung und Gebäude zu erreichen.

Potenzial- und Grundlagenstudien

Grundsätzlich scheint die Anwendung der solar unterstützten Kühlung in den verschiedenen Bereichen, vor allem in der Klimatechnik besonders sinnvoll zu sein. Eine Reihe von Hindernissen erschweren jedoch bei schon oberflächlicher Analyse den breiten Einsatz dieser Technik. Eine Potentialbewertung mit einer Ermittlung des realen, d.h. umsetzbaren Potenzials wäre für alle an diesem Thema Interessierten eine sehr nützliche Entscheidungsgrundlage.

Die Erhebung der Einsatzmöglichkeiten von Solarenergie in Verbindung mit Wärme aus Biomasse und Abwärme aus Produktionsstätten von Lebensmitteln und Genussmitteln zur Erzeugung von Prozesskälte scheinen ein wichtiges Gebiet für diese Technologie zu öffnen. Eine zumindest auf Österreich beschränkte Untersuchungen solcher Einsatzmöglichkeiten wären wichtige Vorarbeiten für zukünftige Anwendungen. Diese Untersuchungen sollten sich vor allem auf folgende Betriebe beziehen: Molkereien, Trockenmilchwerke, Fruchtsaftproduzenten, Fleischverarbeitungsbetriebe mit Kühllagerhallen,

Schlachthöfe, Tierkörperverwertungen, Großbäckereien und Brotfabriken, Brauereien, Destillieren, Pommes Frites- und Chipserzeuger, etc.

Die solar unterstützte Kühlung kann ihre Bedeutung nur dann demonstrieren, wenn auch die mit dem Kühlprozess frei werdende CO₂-Emission bedeutend niedriger ist als der strombetriebene Kompressionskälteprozess. Dies heißt, dass man neben dem Einsatz von erneuerbarer Wärme zum Antrieb des Prozesses auch die dafür erforderliche Hilfsenergie nicht aus dem Stromnetz sondern durch systemeigene Erzeugung aus erneuerbarer Energie bereitstellt. Im Rahmen einer Grundlagenstudie sollten diese Möglichkeiten konfiguriert und ihre Umsetzbarkeit untersucht werden.

Grundlagenforschung mit dem langfristigen Ziel der Optimierung thermisch betriebener Kühlkreisläufe wird benötigt.

Grundlagenforschung ist notwendig um:

- höhere Effizienzwerte (COP-Werte) zu erreichen,
- die Geräte kompakter zu machen, und um
- Maschinen in die Lage zu versetzen, bei niedrigeren Antriebstemperaturen zu arbeiten.

Forschung zu neuen Sorptionsmaterialien, neuen Beschichtungen von Sorptionsmaterialien auf Wärmetauschoberflächen, neue Wärme- und Stofftransferkonzepte und die Entwicklung neuer thermodynamischer Kreisläufe wird nötig sein. Forschung wird auch notwendig sein für Kältespeicher, die Phasenwechsel-Materialien und thermochemische Reaktionen nutzen könnten.

Die Themenfelder der Grundlagenforschung beinhalten:

- Die Entwicklung neuer, hochporöser Sorptionsmaterialien, besonders solcher, die die Adsorptionschemie nutzen. Viele Materialien wurden noch nicht vollständig auf Anwendungen zur Wärmeumwandlung untersucht. Ionische Flüssigkeiten könnten ebenfalls Kandidaten für Arbeitspaare der flüssigen Sorption sein.
- Sorptive Materialbeschichtungen auf verschiedenen Metallsubstraten für optimierten Wärme- und Stofftransfer,
- Mikro-fluide Systeme für kompakte, hochwirksame Wärmetaucher im Sorptions- und Desorptionsregime,
- Neue Grundgerüste für Sorptions-Wärmetaucher, wie zum Beispiel Metallschäume,
- Nanobeschichtete Oberflächen in Wärmeumwandlern zur Verringerung von Reibungsverlusten während des Flüssigkeitsflusses,
- Neue Materialien für Kältespeicherung bei verschiedenen Temperaturstufen mit hoher Speicherdichte,
- Neue Kreisläufe (hoher Temperaturhub, zwei- dreistufige und neuartige offene Sorption) mit optimierter interner Wärmerückgewinnung für hohe COP-Werte,
- Werkzeuge zur Leistungsanalyse, wie zum Beispiel Exergieanalyse, Lebenszyklusanalyse und Vergleichsmethoden zur Bewertung neuer Konzepte,

- Fortgeschrittene Simulationswerkzeuge für Systemmodellierung auf unterschiedlichen Maßstäben, beginnend auf molekularem Maßstab (Sorptionsvorgang) bis hin zum Systemmaßstab.

Angewandte Forschung

Das Hauptaugenmerk der angewandten Forschung ist, Maschinen oder Apparate zu entwickeln, die auf grundsätzlich neuen Ansätzen basieren. Angewandte Forschung beinhaltet außerdem die Erprobung und die Entwicklung von Testmethoden zur Standardisierung von thermisch angetriebenen Kühlkreisläufen.

Die Themen der angewandten Forschung schließen folgende Punkte ein:

- Integration der neuen Wärmetauscherkonzepte, die in der Grundlagenforschung entwickelt wurden, in Apparatekonzepte
- Fortgeschrittene Geräte, die auf neuen thermodynamischen Kreisläufen basieren, einschließlich hybrider Sorptions-Kompressions-Systeme für alternativen Antrieb durch Wärme oder Elektrizität
- Hochkompakte Geräte die in der Lage sind, einen einzigen Raum zu kühlen; diese Maschinen könnten auch das Potential zur Anwendung im Fahrzeugbau haben
- Anpassung von Geräten auf solare Betriebsweise, das heißt unter variablen Temperatur- und Leistungsbedingungen (hochflexible Kreisläufe)
- Fortgeschrittene Ejektorkreisläufe mit verschiedenen Arbeitspaaren, die an verschiedene Anwendungen angepasst sind
- Fortgeschrittene offene Kreisläufe, die flüssige Sorptionsmaterialien mit einer hoher Speicherdichte verwenden
- Gekühlte offene Kreisläufe für feste Sorption mit hohem Entfeuchtungspotential für warme und feuchte Klimata
- Verbesserte Regelkonzepte für Komponenten und ganze Systeme, einschließlich selbst lernender Regelung, Fuzzy-Logik und Adaptivregelung
- Bewertung neuer Rückkühlmöglichkeiten, die die Luft oder den Untergrund als Wärmesenke nutzen. Rückkühlgeräte müssen an verschiedene Größen und Temperaturstufen thermisch betriebener Kühlkreisläufe angepasst werden und müssen fokussiert sein auf:
 - niedrigen Wasserverbrauch,
 - geringe Gesundheitsrisiken durch Hygiene in den offenen Wasserkreisläufen,
 - niedrigen Leistungsbedarf,
 - niedrige Investitionskosten und
 - niedrige Betriebs- und Wartungskosten.
- Verbesserte Modellierungs- und Simulationswerkzeuge zur thermodynamischen Analyse von Systemen und zur Unterstützung der Planung und Auslegung von Systemen
- Methoden zur Integration solar angetriebener Kältetechnik in industrielle Prozesse
- Optimierung großer Anlagen für solare Kühlung

- Fortgeschrittene Regelsysteme für solare Kältesysteme (solare Einspeisung, Kälteproduktion und Be- und Entladung der Kältespeicher)

Lebensmittelfrischhaltung

In diesem Tätigkeitsfeld sind vor allem die für die Klimatisierung entwickelten Verfahren und bereits strukturierten Komponenten in Labor und Feldtests zu prüfen und die Verlässlichkeit für eine Verwendung in weiterer Folge in einer Demoanlage vorzubereiten. Folgende Aktivitäten sind hier im besonderen Interesse österreichischer F&E Einrichtungen.

- Entwicklung und Test einer Einrichtung zum netzunabhängigen Betrieb der Arbeitslösungspumpe und in weiterer Folge auch aller externen Hilfsantriebe.
- Entwicklung einer thermisch betriebene Kühlmaschine mit trockener Rückkühlung in wasserarmen Gebieten
- Kostengünstige Vorrichtungen zur Hygienisierung von offenen Wässern in Kühltürmen und DEC-Anlagen.
- Verbesserungen bei der Regelung von DEC-Anlagen, die vor allem den COP der Anlage vergrößern und Antriebsenergie für Antriebe und Regelung vermindern.
- Einsatz von Prozesskollektoren zur Wärmeversorgung von thermischen Kühlmaschinen für die Erzeugung von Prozess- und Lagerkühlung in Gewerbe und Industrie.
- Verbesserungen zum Stand der Technik bei Adsorptionskühlanlagen. Entwicklung von kristallin aufgewachsenen Zeolithschichten auf metallischen Basismaterialien. Diese Komponenten können dann weiter als adsorbierende Elemente in Adsorptionsmaschinen genutzt werden. Die Mitarbeit von österreichischen Forschern bei Forschungsprojekten im EU-Bereich wäre dazu ein Einstieg.

Demonstration und Technologietransfer

In diesem Aktivitätsbereich fallen die Demonstrationsanlagen, die von bestimmten Kundengruppen nach entsprechender Beratung sowie Investitionskostenvereinfachungen angeschafft und betrieben werden. Neben den Kühlanwendungen in Gewerbe (Bürogebäude, Hotels, etc...) sind hier auch Anlagen der Prozesskühlung vor allem im Sektor der Lebensmittel- und Genussmittelindustrie von großem Interesse. In all diesen Fällen ist immer zu prüfen, ob nicht auch Abwärme aus Motoren oder Koch-, Brat- oder Backprozessen zum Antrieb der thermischen Kühlmaschinen zusätzlich zur Solarenergie verwendet werden kann. Folgende Demoanlagen werden die Technologien zur technischen Reife führen:

- Systemtechnische Konzepte, die es ermöglichen, die eingesetzten Kollektorflächen über die Bereitstellung der Kühlung hinaus auch zur Warmwasserbereitung und zur Raumheizung zu nutzen.
- Solare DEC-Anlagen zur ganzjährigen Klimatisierung von Bürohäusern, Museen, etc..
- Solar unterstützte Gebäudekühlung und Entfeuchtung mit trockener Rückkühlung für wasserarme, heiße Gebiete.

- Solar unterstützte Gebäudekühlung mit thermischen Kühlmaschinen, die bereits Stand der Wirtschaft sind, und mit nasser, hygienischer Rückkühlung ausgerüstet sind.
- Aufbauend auf der Simulation des Gesamtsystems inklusive aller relevanten Komponenten, ein Entwurf eines optimierten Energiemanagement und daraus abgeleitet ein Regelungskonzept für den Betrieb der Anlagen
- Erarbeitung von Richtlinien für die messtechnische Begleitung von Demoanlagen.
- Vernetzung aller Aktivitäten zur Auswertung der gesammelten Daten an den Demoanlagen und vergleichende Bewertung der Ergebnisse.
- Rückkopplung und Erkenntnisrückfluss zu den planenden Ingenieurbüros.
- Inbetriebnahmefethoden und Richtlinien
- Hydraulikkonzepte, Richtlinien zur Gestaltung und erprobte Betriebs- und Wartungskonzepte für Gesamtsysteme
- Ermittlung der vielversprechendsten industriellen Anwendungen für solare Kältesysteme
- Hybridsysteme, die Kompressionstechnologie mit wärmebetriebenen Geräten kombiniert, die über solarthermische Wärme und Kälte und (Wärme)Speicherung versorgt werden.
- Installation und langfristiges Monitoring verschiedener Systeme unterschiedlicher Konfigurationen, Größen, Klimabereichen und Betriebsbedingungen
- Dokumentierte Erfahrungen im praktischen Betrieb von Installationen
- Entwicklung geeigneter Schulungsmaterialien für verschiedene Stufen der Ingenieurausbildung

4.3 Industrielle Prozesswärme

4.3.1 Stand der Technik

Die Anwendung von Solarenergie für industrielle Prozesse ist derzeit signifikant geringer als im Vergleich zum Wohnbereich. Die meisten realisierten Anwendungen im industriellen Bereich liegen in einem kleineren Leistungsbereich und wurden als Pilotanlage geplant. Wenn man sich die Verteilung des Energieverbrauchs in Österreich ansieht, dann ist zu erkennen, dass ca. 30% des thermischen Gesamtenergieverbrauchs der Industrie zuzurechnen ist.

Auf Grund des bestehenden Standes der Technik bei Solarkollektoren sind die Anwendungen in Österreich derzeit auf einen Temperaturbereich von 20°C bis ca. 100°C limitiert. Wesentliche Einsatzbereiche für solarthermische Anlagen bestehen in der Lebensmittel- und Getränkeindustrie, in der Textil- und Chemieindustrie sowie bei der Oberflächenbehandlung und bei Waschprozessen in verschiedenen Industriesektoren. Dies liegt an den Temperaturniveaus von 30°C bis 90°C, die für die Prozesse dieser Branchen erforderlich sind. Neben der Prozesswärmebereitstellung könnte künftig in Gewerbe und Industrie auch die Beheizung von Produktionshallen ein großes Potential für Solarwärme darstellen.

Solare Wärme für industrielle Prozesse befindet sich derzeit in einem frühen Entwicklungsstadium. Weniger als 100 solarthermische Systeme zur Erzeugung von Prozesswärme mit einer installierten Gesamtleistung von rund 24 MW_{th} (34.000 m²) sind derzeit weltweit dokumentiert. Die meisten dieser Systeme sind experimenteller Natur und von relativ kleiner Größe. Dennoch besteht großes Potential für Markt- und Technologieentwicklungen, da mit fortschreitender technologischer Entwicklung mehr und mehr Mitteltemperatur-Anwendungen (bis zu Temperaturen von 250°C) am Markt realisierbar werden. Gemäß einer aktuellen Studie (Ecoheatcool 2006) wird ungefähr 30% des gesamten industriellen Wärmebedarfs bei Temperaturen unter 100°C benötigt. Dieser Anteil könnte theoretisch durch thermische Solaranlagen bereitgestellt werden, indem gegenwärtig verfügbare Technologie genutzt würde. Ein Anteil von 57% des gesamten industriellen Wärmebedarfs liegt bei Temperaturen unter 400°C, was in der vorhersehbaren Zukunft auch weitgehend solarthermisch gedeckt werden könnte.

In verschiedenen spezifischen Industriezweigen wie den Branchen Lebensmittel, Getränke, Transport, maschinelle Anlagen, Textilwaren liegt der Anteil von Niedrig- und Mitteltemperaturbedarf (unter 250°C) bei ungefähr 60% (POSHIP 2001). Die Erschließung dieses Potenzials würde einen bedeutenden solaren Beitrag zum industriellen Wärmebedarf darstellen.

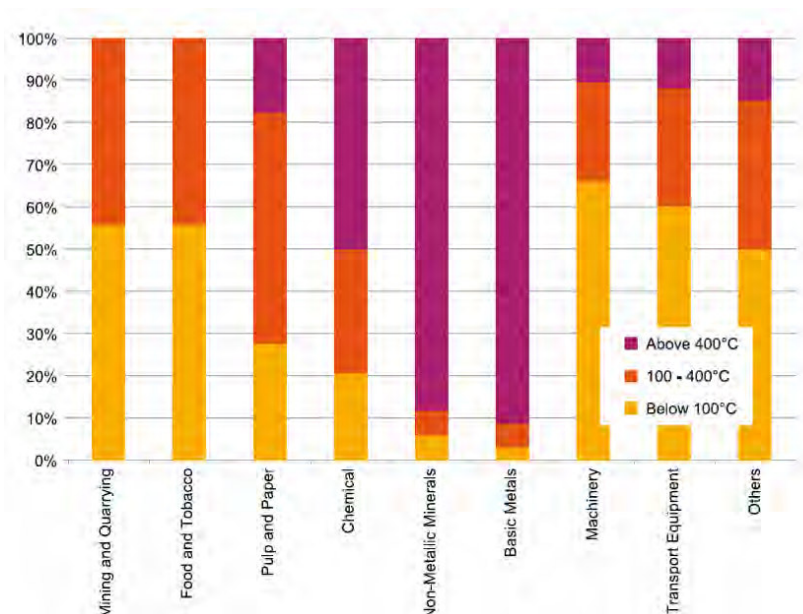


Abbildung 23: Prozesse auf verschiedenen Temperaturniveaus in verschiedenen Industriezweigen. Daten für 2003, 32 Länder: EU25+ Bulgarien, Rumänien, Türkei, Kroatien, Island, Norwegen und Schweiz (ECOHEATCOOL, 2006)

4.3.2 Kernbereiche für technologische Entwicklung

Das österreichische Potenzial für solare Prozesswärme wurde von einer Arbeitsgemeinschaft bestehend aus AEE INTEC und JOANNEUM RESEARCH im Projekt PROMISE (Produzieren mit Sonnenenergie: Potenzialstudie zur thermischen Solarenergienutzung in Gewerbe- und Industriebetrieben in Abhängigkeit von den Produktionsprozessen) im Rahmen der Technologieinitiative „Fabrik der Zukunft“ des BMVIT erhoben.

Die Arbeiten wurden Ende 2003 abgeschlossen und zeigen ein großes Potential für die Anwendung von Solaranlagen in Kombination mit Energiesparmaßnahmen in den oben erwähnten Industriebranchen. Die Solarenergie könnte theoretisch in Österreich kurzfristig 3,3 PJ und mittelfristig 5,4 PJ Prozesswärme ersetzen [Müller et al., 2003] und ist mit einem unmittelbaren Potenzial von ca. 2,6 Mio. m² bzw. 4,3 Mio. m² Kollektorfläche sicherlich ein wesentlicher zukünftiger Markt für die Solarthermie⁵.

Der wichtigste Parameter für die Solarthermie ist die Temperatur, bei der der Prozess abläuft. Ideal für einen solaren Wärmeeinsatz sind Niedertemperaturprozesse (Prozesse bis ca. 120° C) da diese Temperaturen mit ausgereiften Flachkollektoren erreicht werden.

Bei einer Analyse des industriellen Energieeinsatzes im Niedertemperaturbereich stößt man auf wiederkehrende verfahrenstechnische Grundoperationen:

⁵ Das „Office of Energy Efficiency and Renewable Energy“ des U.S. Department of Energy spricht von einem theoretischen Potential von 50% des konventionellen Energieeinsatzes [EERE, undated]

- Bereitstellung von Heißwasser oder Dampf
- Trocknungs- und Entwässerungsverfahren
- Einsatzstoff- und Produktvorwärmung
- Eindampfung
- Pasteurisieren, Sterilisieren
- Waschen, Reinigen
- Chemische Reaktionen
- Beheizung von Produktionshallen
- Vorwärmen von Kesselspeisewasser

Auf Grund der Prozesse sind folgende Branchen für solarthermische Nutzung besonders relevant:

- Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie
- Textilindustrie
- Chemische Industrie
- Gummi- und Kunststoffwaren
- Baustoffindustrie
- Betriebe des produzierende Gewerbes
- Gewerbebetriebe mit großem Warmwasserbedarf (Wäschereien, Autowaschstraßen,...)
- Metallverarbeitende Industrie mit Reinigungsprozessen (z.B. Galvanik, Emailbetriebe)

Bis 2020 sollte aus heutiger Sicht und der Abschätzung der Entwicklungsmöglichkeiten davon ausgegangen werden, dass bei der Errichtung von neuen Produktionsstätten in den Bereichen Lebensmittelindustrie, Textilindustrie, Chemische Industrie und Betriebe der Oberflächenbehandlung 10% deren thermischen Energiebedarfs mit Solarthermie abgedeckt werden kann. Bei bestehenden Betrieben soll eine Abdeckung von 5% des thermischen Energiebedarfs erreicht werden. Diese Ziele können nur durch intensive F&E Arbeiten in den in den Bereichen Kollektor- und Wärmespeicherentwicklung sowie Prozessintegration durch neue systemtechnische Lösungen erreicht werden.

4.3.3 Forschungsschwerpunkte

Entwicklung von Prozesswärmekollektoren

Eine große Angebotspalette solarthermischer Kollektoren ist für niedrige Temperaturen (Betriebstemperaturen von ca. 80-90°C) sowie für hohe Temperaturen (<250°C, hauptsächlich zur Stromerzeugung verwendet) kommerziell verfügbar. Die Entwicklung von kostengünstigen und zuverlässigen Mitteltemperaturkollektoren, die die Anforderungen der meisten industriellen Prozesse erfüllen können, ist notwendig. Andere Bestandteile von Solarsystemen

müssen diesem Temperaturbereich ebenfalls angepasst werden. Forschungsschwerpunkte zur Entwicklung von Prozesswärmekollektoren werden im Kapitel 4.7 im Detail behandelt.

Einer der größten Herausforderungen für die Implementierung von solarer Prozesswärme in industriellen Prozessen ist die Zeitabhängigkeit. Einerseits auf Grund der Sonneneinstrahlung und andererseits aufgrund von vielen absatzweise arbeitenden Prozessen, die zeitlich verschoben ablaufen. Um hier die Effizienz von Solaranlagen zu erhöhen, müssen intelligente Speichersysteme entwickelt werden. Details zu den Forschungsschwerpunkten s. Kapitel 4.6 Speicher.

Neue Technologien für industrielle Prozesse

Neben der Entwicklung von Kollektoren und Speichern, welche die Effizienz von thermischen Solaranlagen steigern und die erzielbaren Temperaturen erhöhen, ist es notwendig, energieeffizientere Technologien zur Herstellung der Produkte einzusetzen. Dabei muss es das Ziel sein, die thermische Versorgung der Prozesse auf ein maximal mögliches unteres Temperaturniveau zu reduzieren. Dafür wird es notwendig sein, das thermodynamische Minimum des Energiebedarfs für einzelne „Unit Operations“ wie zum Beispiel Trocknen zu identifizieren. Basierend auf diesen Erkenntnissen müssen die bestehenden Prozesse neu ausgelegt werden, um dabei den Energie- und Stoffaustausch zu optimieren und die entstehenden Verluste bestmöglich zu reduzieren. Dabei wird sich die Forschung vermehrt mit Prozessintegration und Prozessintensivierung beschäftigen müssen.

Neue Anwendungen

Die Anwendungsmöglichkeiten der Solarthermie in der Industrie gehen über den Beitrag zur thermischen Energieversorgung hinaus, da Solarstrahlung nicht nur als Energiequelle für thermische Prozesse dienen kann, sondern auch chemische Prozesse damit angeregt und stimuliert werden können. Die Nutzung von Licht wird derzeit insbesondere für Oxidationsprozesse eingesetzt, wobei die Entwicklung von UV-Reaktoren u.a. aufgrund der Probleme des Scale Up noch sehr jung ist. Es wird in diesem Forschungsfeld notwendig sein, die internationale Kompetenz im Bereich der UV Reaktoren (als Teil der Prozessintensivierung) für Österreich in kooperativen Projekten zu nützen und österreichische Expertise in der Nutzung von Licht für verfahrenstechnische Prozesse auszubauen.

In allen oben erwähnten Forschungsbereichen besteht in Österreich bereits Know-How, das durch die Unterstützung von regionalen und nationalen Projekten weiter ausgebaut werden sollte. In allen Bereichen ist auch eine internationale Zusammenarbeit anzustreben mit dem Ziel europäische Projekte zu verwirklichen.

Grundlagenforschung

Planungsrichtlinien und Werkzeuge

Derzeit haben nur wenige Ingenieurbüros und Forschungsinstitute Erfahrung mit industriellen Solarinstallationen. Daher müssen verbesserte Modellierungs- und Simulationswerkzeuge zur thermodynamischen Analyse von typischen industriellen Prozessen entwickelt werden, welche in weiterer Folge in breit anwendbaren Planungsrichtlinien und Werkzeugen Eingang finden müssen.

Angewandte Forschung

Thermodynamische Optimierung von Prozessen

Trotz der Tatsache, dass in der Industrie viele Prozesse bei Temperaturen unter 100°C arbeiten, wird die Wärmeversorgung der meisten industriellen Anlagen derzeit durch Dampfnetze realisiert, die bei Temperaturen zwischen 140° und 180°C operieren. Dies macht den Einsatz von Solarthermie in unseren Breiten weniger attraktiv oder sogar unmöglich.

Das Umsatteln auf niedrigere Temperaturen würde erhebliche Investitionen in die Modifizierung der Infrastruktur und in Prozessumgestaltung bedeuten. Dies würde die Attraktivität von Solarenergie erheblich reduzieren. Neue Technologien, die es ermöglichen, dass Prozesse bei niedrigeren Temperaturen betrieben werden, müssen davor entwickelt werden. Ein Beispiel ist die Reduzierung der Badtemperatur in Beisanlagen. In einigen Fällen können Prozesse auch effizient neu gestaltet werden, um sie auf den täglichen und/oder jahreszeitlichen Zyklus der Solarenergieversorgung abzustimmen. Bei der Planung neuer, langfristig angelegter Investitionen in den industriellen Prozess besteht außerdem immer die Möglichkeit nachträglicher solarer Erweiterungen.

Es ist für die Anlagenrealisierung entscheidend, die derzeit entwickelten Methoden für Systemoptimierung und Integration von Solarthermie in Industrieprozesse insoweit auszubauen, als dass das Lastmanagement der thermischen Energie selbst in komplexen Prozessen gut dargestellt und simuliert werden kann, passende Energieversorgungssysteme in den Gesamtprozess eingebunden werden und die zeitlichen Abläufe mit einbezogen werden.

In diesem Bereich hat Österreich bisher in den Arbeiten im Rahmen des IEA Task 33 eine zentrale Rolle gespielt und sollte seine Position auch weiterhin stärken. Die notwendigen Tools zur Systemoptimierung sollten international anwendbar sein, wodurch eine Zusammenarbeit in internationalen Konsortien sinnvoll erscheint.

Stillstandverhalten und Monitoring von Anlagen im Megawattbereich

In der angewandten Forschung müssen Fragen des Stillstandverhaltens und des Langzeitverhaltens durch umfangreiches Monitoring von Großanlagen beantwortet werden. Ebenso wird die Verbesserung von bestehenden Managementtools, wie Energiecontracting, dazu beitragen, solare Großanlagen in der Industrie realisieren zu können. Außerdem wird die Weiterentwicklung von Methoden zur Systemoptimierung eine zentrale Rolle spielen, um die ideale Kombination aus solarthermischem Eintrag, Wärmerückgewinnung und Integration in das Energieversorgungssystem erreichen zu können.

Hydraulik und Management großer Kollektorfelder

Für sehr große Kollektorfelder (Megawattbereich), die für die Industrie aber auch bei Fernwärmeeinbindungen erwartet werden, ist die Entwicklung großer, für diese Anwendungsfälle hydraulisch abgestimmter und optimierter Kollektoren erforderlich. Weiters ist zur Planungsunterstützung numerische Verfahren und Simulationswerkzeuge erforderlich.

Großsolaranlagen verlangen spezielles Monitoring und einen speziellen Anlagenbetrieb. Um einen sicheren Betrieb zu gewährleisten, müssen Forschungsfragen im Bereich des Stillstandsverhaltens und on-line Monitoring beantwortet werden. Die Entwicklung von belastbaren und fremdenergiefreien Stagnationskühlern oder die Entwicklung von entleerenden oder teilentleerenden Kollektorfeldern zur Vermeidung von Stagnationsproblemen könnten hier zielführend sein.

Dazu werden auch verstärkte Aktivitäten im Bereich der Standardisierung wichtig sein. Neben hohen Investitionskosten solarer Großanlagen wurden vor allem das Defizit an standardisierten Wartungsmethoden, aber auch das Fehlen standardisierter Methoden zur Funktions- und Ertragskontrolle („Function and Yield Control“) als wesentliche Marktbarrieren identifiziert. Die Entwicklung bzw. das Vorhandensein europaweit gültiger Standards in letzterem Bereich stellt eine wichtige Entscheidungsvoraussetzung für Investoren und Anlagenbetreiber dar.

Neue Anwendungen

Der Abwasserbehandlung kommt in vielen Industriesektoren Bedeutung zu, da sehr oft Wasser als Energieträger (im Verteilungsnetz bzw. in den Prozessen selbst) verwendet wird. Die Reduktion und Wiederverwendung von Prozesswasser bringt in vielen Fällen eine Reduktion des Energiebedarfs mit sich. Außerdem beinhaltet Prozesswasser oft Komponenten, die einerseits nach dem Recycling noch für weitere Wertschöpfung (innerbetrieblich oder extern) genutzt werden können, bzw. Schadstoffe, die andererseits vor der Einleitung entfernt werden müssen. Solare Reinigungsprozesse können eine energieeffiziente Methode darstellen für die Rückgewinnung bzw. die Aufbereitung von Prozesswasser. Ziel ist es, insbesondere die vorhandenen Methoden für solare Meerwasserentsalzung für Prozesswasseraufbereitung zu adaptieren.

Da solare Meerwasserentsalzungsanlagen hauptsächlich im Ausland (Deutschland, Spanien) entwickelt werden, erscheint eine internationale Kooperation in zukünftigen Projekten wichtig.

Demonstration

Die Herausforderung für die Realisierung von industriellen solarthermischen Anlagen umfasst zwei Teile: einerseits die technologische Herausforderung selbst und die sozio-ökonomische Barriere der Implementierung. Im Bereich der Sozial-Ökonomie wird es am wichtigsten sein die Machbarkeit durch Demonstrationsanlagen in ausgewählten Industriesektoren unter Beweis zu stellen und die Realisierung sowie das Monitoring dieser Anlagen durch firmenspezifische Umsetzungsfahrpläne zu leiten. Die Zusammenarbeit mit Anlagenherstellern und die Adaption von Anlagen für den direkten Einsatz von solarer Prozesswärme wird ebenso eine zukünftige systemtechnische Herausforderung darstellen.

4.4 Hybridsysteme - Solarthermie und Wärmepumpe

4.4.1 Stand der Technik

Die Verkaufszahlen von Wärmepumpen für Raumheizungszwecke und Warmwasserbereitung befinden sich in Österreich seit 2002 stark im Steigen (Biermayr, 2009). Entsprechend ihrer Funktionsweise arbeiten Wärmepumpen dann mit relativ hohen Leistungszahlen, wenn der Temperaturunterschied zwischen der Wärmequelle und der Wärmesenke möglichst gering ist. Daher werden in Kombination mit Wärmepumpen üblicherweise Niedertemperaturheizungen wie z.B. Fußboden- oder Wandheizungssysteme eingesetzt. Das Problem bei kombinierten Anlagen (Heizung und Warmwasserbereitung) ist vielfach die Warmwasserbereitung, da hier ein relativ hohes Temperaturniveau von 45-65°C benötigt wird, das die Wärmepumpe nur mit vergleichsweise niedrigen Leistungszahlen bereitstellen kann. Daher ist die Jahresarbeitszahl solcher Anlagen im Vergleich zu reinen Heizungswärmepumpen immer deutlich niedriger. Dies trifft vor allem bei Niedrigenergiegebäuden zu, da hier die Warmwasserbereitung einen wesentlichen Anteil am Gesamtwärmebedarf hat.

Solare Kombianlagen zur Brauchwasserbereitung und Heizungsunterstützung sind in Österreich ebenfalls weit verbreitet. Das größte Problem liegt dabei darin, das Energienachfrage (Heizung + Warmwasser) und Energieangebot (Solarstrahlung) im jahreszeitlichen Verlauf gegenläufig sind. Solaranlagen mit einem hohen solaren Deckungsgrad für Warmwasser und Raumheizung sind daher nur mit einem relativ hohen Aufwand (große Pufferspeicher und Kollektorflächen) realisierbar. Durch die sinkende Anlagenauslastung bei steigendem solarem Deckungsgrad sinkt der jährliche solare Energieertrag pro m² Kollektorfläche.

In den letzten Jahren haben mehrere Hersteller (Trojek, Augsten, 2009) Systeme auf den Markt gebracht, die Wärmepumpen und thermische Solaranlagen für den Einsatz zur Raumheizung und Warmwasserbereitung kombinieren.

Mögliche Vorteile der Kombination beider Technologien sind:

- Bei relativ geringer Sonneneinstrahlung - etwa im Winter - kann die Sonnenenergie auch bei für die Anwendung nicht ausreichendem Temperaturniveau genutzt werden, wenn dieses von der Wärmepumpe angehoben werden kann. Andererseits kann auch die Wärmepumpe das Temperaturniveau im Speicher derart senken, dass der Kollektor überhaupt Sonnenenergie gewinnen und dem System zuführen kann.
- Die Solarkollektoren können in Kombination mit einer Wärmepumpe im Mittel bei niedrigeren Temperaturen und damit mit einem höheren Wirkungsgrad betrieben werden.
- Durch die vorgenannten Punkte wird ein wesentlich höherer jährlicher solarer Energieertrag pro m² Kollektorfläche erwartet.
- Die Wärmequellentemperatur der Wärmepumpe wird durch die Sonnenkollektoren angehoben, wodurch diese mit höheren Leistungszahlen arbeitet.

- Die Warmwasserbereitung, bei der die Wärmepumpe nur mit relativ niedrigen Leistungszahlen arbeitet, kann vor allem im Sommer und in der Übergangszeit – bei entsprechender Dimensionierung der thermischen Solaranlage – vollständig von dieser übernommen werden. Dies ist vor allem bei Niedrigenergiegebäuden von Vorteil, da hier der Wärmebedarf für das Warmwasser einen wesentlichen Anteil am Gesamtenergiebedarf hat.

Die aktuellen Entwicklungen und Verkaufszahlen in den Jahren 2008/09 zeigen, dass eine starke Nachfrage nach solchen Systemen besteht. Über die Effizienz der angebotenen Systeme ist allerdings noch wenig bekannt (Trojek, Augsten, 2009). Erste Erfahrungen und Messungen bei realisierten Anlagen zeigen, dass die vielfach erwarteten Ergebnisse oft nicht erreicht werden konnten.

Die Hauptursache liegt darin begründet, dass die Kopplung der beiden Technologien hinsichtlich der jeweils speziellen Erfordernisse nur unzureichend durchgeführt wurde.

4.4.2 Kernbereiche für technologische Entwicklung

Die Kopplung von Solaranlagen und Wärmepumpen ist nicht grundsätzlich neu, es gibt aber sehr viele Fragestellungen, die im Zusammenhang mit derartigen Systemen noch nicht geklärt sind. So gibt es derzeit noch kein klares und nachvollziehbares Verfahren zur Bewertung solcher Systeme. Die Schwierigkeit bei der Bewertung der Effizienz derartiger Anlagen liegt in der Komplexität, die sich durch das Zusammenspiel der Einzelkomponenten im jahreszeitlichen Verlauf und abhängig von der Art der Regelung ergibt. Die Kernbereiche technologischer Entwicklung liegen daher in folgenden Bereichen:

- Entwicklung von Simulationswerkzeugen, welche eine exakte Darstellung und Bewertung der komplexen Systemzusammenhänge ermöglichen.
- Entwicklung und Abstimmung von Systemkomponenten beider Technologien
- Entwicklung von energetisch und ökonomisch optimierten Anlagen mit hohem Integrationsgrad
- Erprobung und Monitoring von hoch integrierten Hybridsystemen welche Solarthermie und Wärmepumpen kombinieren.

4.4.3 Forschungsschwerpunkte

Grundlagenforschung

Dynamische Systemsimulationen, welche eine genaue Bewertung unterschiedlicher Systemkonzepte bzw. systemspezifischer Sensitivitäten im Vorfeld ermöglichen. Durch eine gezielte Analyse des Gesamtsystems soll so eine Optimierung der Anlagenkonfiguration bzw. der Regelung ermöglicht werden.

Angewandte Forschung

Ein besonderer Fokus sollte aber auf der Entwicklung neuartiger, hoch integrierter und kostengünstiger Hybridsysteme für Solar-Wärmepumpen liegen, welche die Vorteile beider Technologien vereinen und die vollständige Wärmeversorgung von Gebäuden mit einem möglichst hohen Anteil erneuerbarer Energien ermöglichen.

Von besonderem Interesse sind dabei:

- Leistungskennfelder der Wärmepumpe
 - Integrierte Regelungen
 - Wirkungsgrade und Jahreserträge unterschiedlicher Kollektortypen, wenn sie in Kombination mit Wärmepumpen betrieben werden
 - Intelligente Lösungen für den Kondensatablauf in Kollektoren (Mikroklima im Kollektor) - evtl. Definition des „systemoptimalen“ Kollektors
 - Wärmespeicherung: Optimierungsstrategien für Speichervolumina und Speicherzonierung
 - Untersuchung des Einflusses von verschiedenen Speicherstrategien (sensible Speicher, Latentwärmespeicher, Kombispeicher als Energiezentrale, Erdspeicher mit Regeneration...)
 - Optimierungsstrategien für Wärmeauskopplung über Frischwasserstation oder geschichtete Einlässe
 - Anlagenregelung: Entwicklung von optimalen übergeordneten Regelungsstrategien
 - Einflüsse von Lastprofilen
 - Einflüsse klimatischer Randbedingungen
-
- Entwicklung von Bewertungsverfahren, in denen die unterschiedlichen Systemkonzepte fair und unter Verwendung klar definierter Kriterien vergleichend bewertet werden können.
 - Entwicklung von handhabbaren Auslegungsverfahren, die eine angepasste Auslegung erlauben

Demonstration

Erprobung und Demonstration der im Rahmen der angewandten Forschung entwickelten Hybridsysteme für Solar-Wärmepumpen. Ziel dabei ist das Erreichen von signifikant höheren Solarerträgen als bei typischen solaren Kombianlagen, eine Erhöhung der Jahresarbeitszahlen der Wärmepumpen und damit eine deutliche Erhöhung der Gesamtsystemarbeitszahlen.

Monitoring und Auswertung von Betriebsergebnissen hinsichtlich Kosten, Amortisationszeiten, Systemeffizienz hinsichtlich der solaren Erträge sowie der Jahresarbeitszahlen der Wärmepumpen.

4.5 Einbindung von Solarwärme in Nah- und Fernwärmenetze

4.5.1 Stand der Technik

Rahmenbedingungen bei netzgebundener Wärmeversorgung

Wärmeversorgungsanlagen auf Basis netzgebundener Anlagen haben in Österreich große Tradition. Sowohl städtische Wärmeversorgungskonzepte (auf Basis konventioneller Energieträger, Abwärme und KWK), kommunale Nahwärmenetze (vielfach auf Basis von Biomasse, aber auch Abwärme und fossile Energieträger) oder sogenannte Mikronetze (praktisch alle Energieträger, u.a. auch Pellets) zur Versorgung von Ortsteilen oder Gebäudegruppen sind weit verbreitet. Auch in der zukünftigen Energieversorgung Österreichs wird der leitungsgebundenen Wärmeversorgung in verschiedenen Expertenpapieren (u.a. in der aktuell veröffentlichten „Energiestrategie Österreich“, der Veröffentlichung „Entwicklungspotenziale für Fernwärme und Fernkälte in Österreich“) eine zentrale Rolle zugesprochen. Insbesondere im Bereich der Erreichung von Klimaschutzziele und Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energieträger bietet die leitungsgebundene Wärmeversorgung (zusätzlich zu aktuell bereits ansprechenden Beiträgen) auch zukünftig erhebliche Chancen und Möglichkeiten. Vor allem die Integration von neuen Technologien im Bereich erneuerbarer Energieträger (Solarthermie, Wärmepumpen, Biomasse, dynamisch betriebene KWK-Anlagen, angepasstes Speichermanagement, etc.) erscheint hier in Verbindung mit neu überdachten Betriebskonzepten sehr vielversprechend.

Aktueller Stand bei der Integration von Solarthermie in Wärmenetze

Aktuell sind im Bereich der Integration von Solarthermie in Nah- und Fernwärmenetze etwa 30 Projekte mit Kollektorflächen zwischen 200 und 5.000 m² realisiert. Waren es über Jahre hauptsächlich Anlagen im Bereich von kommunalen Nahwärmenetzen (Eibiswald, 1.250 m² Kollektorfläche; Winklarn, 1.300 m² Kollektorfläche etc.) wurden in den letzten Jahren auch Anlagen zur Einspeisung in städtische Wärmenetze (1.400 m² Kollektorfläche auf der UPC-Arena in Graz, 5.000 m² Kollektorfläche am Dach des Fernheizwerkes AEVG, Graz; 3.000 m² Kollektorfläche am Dach des Welser Messezentrums; etc.) errichtet. Zusätzlich gewinnt die Anwendung von kleineren solarthermischen Anlagen im Bereich von Mikronetzen (zahlreiche Projekte mit Kollektorflächen zwischen 30 und 500 m²) zunehmend an Bedeutung.

4.5.2 Kernbereiche für technologische Entwicklung

Im Vordergrund steht die Fragestellung, wie konventionelle fossile Energieträger in leitungsgebundenen Wärmeversorgungsanlagen größtenteils durch Solarenergie und gesteigerter Abwärmenutzung sowie durch andere erneuerbare Energien substituiert werden können. Im Bereich von biomassebefeuelten Wärmenetzen gilt es zu klären, inwieweit Solarwärme größtenteils die Deckung des Wärmebedarfs in den Sommermonaten übernehmen kann und somit Teillastbetrieb von Biomassekesseln bzw. auch der Einsatz von fossil befeuerten Schwachlastkesseln vermieden werden kann. Gefragt sind daher ganzheitliche

Betrachtungen unter Berücksichtigung von künftigen Entwicklungen bei Lastprofilen, KWK Betriebsweisen und Energiepreisen. Gleichzeitig sollten neuartige Konzepte im Bereich des Speichermanagements, des Einsatzes von Wärmepumpen, etc. in entsprechender Detaillierung mitbehandelt werden.

4.5.3 Forschungsschwerpunkte

Grundlagenstudien und Simulationswerkzeuge

Grundsätzlich sollte im ersten Ansatz das Portfolio hinsichtlich „typischer Wärmenetze“ (aktuelles Lastprofil, Abnehmerstruktur, Energieträgeraufkommen, künftige Ausbaumöglichkeiten, Änderung des Lastprofils in Folge von künftigen Gebäudesanierungsprogrammen, etc.) gescannt und einige Referenznetze für weitere Betrachtungen (u.a. die sinnvolle Möglichkeit der Integration von Solarwärme) festgelegt werden. Dabei soll einerseits ein breites Leistungsspektrum abgedeckt und die Multiplizierbarkeit der gewonnenen Ergebnisse sichergestellt werden.

Modellbildung und Simulation von Referenznetzen

Für ausgewählte und duplizierbare Referenznetze gilt es Modelle und Simulationswerkzeuge zu entwickeln, die eine Abbildung von Wärmenetzen, Wärmespeicher, Lastprofilen und verschiedenen Wärmequellen in entsprechender Detaillierung ermöglichen. Dabei sollten bestehende Modelle auf Basis dynamischer Simulationsprogramme genutzt und Tools zur Modellierung von Wärmenetzen weitentwickelt werden.

Angewandte Forschung

Integration von Solarwärme in Wärmenetze

Basierend auf den in der o.g. Grundlagenstudie definierten Referenznetzen sollten die Möglichkeiten der Integration von Solarwärme in unterschiedlich große Wärmenetze untersucht werden. Im Vordergrund stehen hier Fragestellungen der hydraulischen Einbindung in das Wärmenetz (als Vorlaufeinspeisung oder als Rücklaufanhebung, zentrale oder dezentrale Einspeisung) als auch spezielle Untersuchungen im Bereich der Hydraulik großer Kollektorfelder (angepasste Verschaltungsstrategien, Stagnationsverhalten, etc.). Auf der Kollektorebene ergeben sich in Abhängigkeit von den Netztemperaturniveaus Fragestellungen hinsichtlich der notwendigen Leistungsfähigkeit von Kollektoren bzw. im Kontext zur Gesamthydraulik die großanlagengerechte Gestaltung von Kollektoren.

Entwicklung und Untersuchung angepasster Konzepte zum Speichermanagement

Zur Erzielung höherer solarer Deckungsgrade bzw. der bestmöglichen Integration von Abwärmepotenzialen oder Wärme aus KWK-Anlagen in Wärmenetze sollen neue Netz- und Speichermanagementlösungen entwickelt werden. Im Vordergrund stehen hier Überlegungen im Bereich des Einsatzes von zentralen/dezentralen Lastausgleichsspeichern, der bewussten Nutzung des Inhalts des Wärmenetzes als Energiespeicher sowie der Einsatz von Wärmepumpenanlagen zur Erhöhung der Speicherenergiedichten als auch zur

Absenkung des Rücklauftemperaturniveaus. Basierend auf den ausgewählten Referenznetzen sollen die vorhin genannten Fragestellungen insbesondere in Verbindung mit der Integration von Solarwärme mit Fokus auf einem ganzheitlichen Ansatz betrachtet werden.

Rahmenbedingungen und Möglichkeiten des fernwärmebasierten Antriebs dezentraler thermischer Kühlmaschinen

Thermisches Kühlen in Verbindung mit leitungsgebundener Wärmeversorgung kann in zahlreichen Anwendungsfällen eine interessante Alternative zu dezentralen Kompressionskälteanlagen darstellen. Insbesondere dann, wenn die Wärme kostengünstig zur Verfügung steht, wie beispielsweise bei Abwärme aus Industrieprozessen oder Abwärme aus KWK Anlagen. Auch eingespeiste Solarwärme könnte hier eine interessante Wärmequelle darstellen. Weiters erscheinen Überlegungen, in manchen Fällen kleinen Kältenetzen gegenüber dezentralen thermischen Kältemaschinen den Vorzug zu geben, als interessant.

Demonstration

Erprobung und Demonstration der im Rahmen der angewandten Forschung entwickelten Konzepte und optimierten Methoden zur Einspeisung von Solarwärme, Abwärme und anderen erneuerbaren Energien in Mikro-, Nah- und Fernwärmenetze.

Monitoring und Auswertung von Betriebsergebnissen hinsichtlich Kosten, Amortisationszeiten, Systemeffizienz sowie CO₂-Einsparung.

4.6 Niedertemperaturkollektoren

4.6.1 Stand der Technik

“Solarthermische Kollektoren” wandeln Solarstrahlung in Wärme um. **Niedertemperaturanwendungen** ($<80^{\circ}\text{C}$) sind am weitesten verbreitet, normalerweise in Verbindung mit häuslicher Brauchwassererwärmung und Raumheizung. Systeme mit verglasten Flach- und Vakuumröhrenkollektoren beherrschen derzeit den Markt. Andere Technologien sind ebenso verfügbar, wie zum Beispiel unverglassene Kollektoren (für Anwendungen mit sehr niedriger Temperatur, z.B. Schwimmbadheizung) und nicht nachgeführte CPC-Kollektoren (compound parabolic concentrator).

Flachkollektoren dominieren den österreichischen Markt mit rund 340.000 m^2/Jahr (2008) neu installierter Kollektorfläche. Typische Anwendungsfälle sind Warmwasserbereitung und Raumheizung.

In den vergangenen 5 Jahren hat sich die Kollektorfertigung von handwerklicher Fertigung zur industriellen Massenfertigung entwickelt. Viele verschiedene Materialien wie Kupfer, Aluminium und Edelstahl werden verwendet und mit verschiedenen Schweißtechniken kombiniert, um eine hocheffiziente Wärmeübertragung im Kollektor zu erzielen. Als Material für die transparente Kollektorabdeckung wird strukturiertes oder glattes eisenarmes Glas eingesetzt. Die ersten Antireflex-Beschichtungen (AR-Beschichtungen) kommen in industriellem Maßstab auf den Markt und führen zu einer Effizienzsteigerung von ungefähr 5%.

Die verbesserten Eigenschaften von Kollektoren können zu höheren Stagnationstemperaturen bis zu 250°C führen. Dies darf nicht mit der Einsatztemperatur verwechselt werden, die im Bereich von 80°C bleibt. Diese erhöhten Stagnationstemperaturen bedingen die Verfügbarkeit temperaturbeständiger Materialien zur Rückseitenisolation und temperaturbeständige Wärmeträgermedien. Normalerweise werden Wasser-Glykol-Gemische verwendet.

Eine weitere Methode zur Wärmegewinnung sind solare Luftkollektoren, die vor allem zur Vorwärmung von Luft in Industriegebäuden oder zur Trocknung von landwirtschaftlichen Produkten eingesetzt werden. Luftkollektoren spielen allerdings derzeit am österreichischen Markt kaum eine Rolle.

Flachkollektoren werden entweder als einzelne Module auf Dächern installiert oder auch in größeren Abmessungen für Dachintegration und auch für Fassadenintegration gefertigt und montiert. Ebenso können sie als große Module am Boden oder auf Flachdächern installiert werden. Nicht evakuierte CPC-Kollektoren gibt es mit sehr geringen Konzentrationsfaktoren.

Vakuumröhrenkollektoren stellen in Österreich einen Anteil von 1 bis 1,5% des Marktes. Generell sind Vakuumröhrenkollektoren für Anwendungen bei höherer Temperatur effizienter als Flachkollektoren und deshalb für den Niedertemperaturbereich weniger relevant. Die Produktion von Vakuumröhrenkollektoren wird derzeit von chinesischen Röhren dominiert, in die zumeist ein metallischer Wärmetauscher zum Anschluss an das konventionelle Warmwassersystem integriert ist. Zusätzlich gibt es auf dem Markt Standard-Vakuumröhrenkollektoren mit metallischen Wärmeabsorbern.

4.6.2 Kernbereiche für technologische Entwicklung

Im Hinblick auf die erwartete Marktentwicklung ergibt sich eine Reihe von technologischen Herausforderungen. Wesentliche Kernfragen sind dabei die Verbesserung der Ästhetik und die Gebäudeintegration, die Steigerung der Zuverlässigkeit und Qualität und die Reduktion der Kosten.

Gebäudeintegration ist sowohl für bestehende als auch neue Gebäude relevant. Sie beinhaltet Aspekte wie die Integration von Solarkollektoren in vorgefertigte Dächer, Sonnenschutz und Fassaden und die Weiterentwicklung von Kollektoren für vertikalen Einbau (Fassaden), auch mit großflächigen, in die Fassade integrierten Kollektoren, die mit sogenannten „aktiven Wänden“ oder mit Photovoltaikmodulen kombinierbar sind. Höhere Niveaus der Gebäudeintegration erfordern Anstrengungen in Forschung, Entwicklung und Konstruktion, in enger Zusammenarbeit mit Architekten, Baugesellschaften und Herstellern von Gebäudehüllen. Ein verwandtes Thema ist die Kollektorgröße, die traditionell eher klein (um 2 m²) ist. In letzter Zeit geht die Entwicklung hin zu größeren Kollektoren. Dies bringt eine Reihe von Änderungen im Bereich Herstellung, Logistik und Installation mit sich. In diesem Bereich besteht wesentliches Potenzial für den effizienteren Einsatz herkömmlicher Kollektorwerkstoffe (Metalle, Glas, Dämmmaterial), besonders bei der Entwicklung multifunktionaler Gebäudekomponenten, die auch als Teil der Gebäudehülle und des Solarkollektors dienen. Zudem ist eine Weiterentwicklung der optischen Eigenschaften der Kollektorbestandteile, besonders bei der verstärkt systematischen Nutzung optischer Beschichtungen zur Verbesserung der Wärme/Licht-Transmission in Glasabdeckungen und der Verringerung der Transmission bei überhöhter Einstrahlung erforderlich. Als Beispiel sei die Verwendung von farbigen Absorbern oder Abdeckungen hervorgehoben um flexiblere Integrationskonzepte zu ermöglichen.

Ein Kernthema und die Voraussetzung für die Qualitätssteigerung und die Kostenreduktion ist die Automation der Herstellungsprozesse, besonders in der Kollektorfertigung, bei der immer noch viel Raum für Produktivitätssteigerungen besteht.

Wie Entwicklungen in mehreren Industriesektoren, wie beispielsweise Elektro- und Elektronik-, Automobil-, Bau- und Verpackungsindustrie, eindrucksvoll belegen, ist auch in der Solarindustrie ein hohes Potenzial für innovative Weiterentwicklungen von Komponenten und Systemen durch den verstärkten Einsatz von polymeren Werkstoffen (Kunststoffe) zu erwarten. Polymere

Werkstoffe spielen bereits jetzt in verschiedenen solartechnischen Anwendungen (z.B. Transparente und opake Wärmedämmung, unverglaste Kollektorsysteme, Wärmeverteilung) eine bedeutende Rolle. Kunststoffkollektoren, aber auch weitere Systemkomponenten wie Warmwasserspeicher oder Wärmetauscher aus Kunststoff, bieten aufgrund des einfachen und weitgehend automatisierbaren Fertigungsablaufs signifikante Kostenreduktionspotenziale.

Verglaste Flachkollektoren und Vakuumröhrenkollektoren werden derzeit in einem aufwändigen und deshalb kostenintensiven Fertigungsprozess aus einer Vielzahl unterschiedlicher Materialien hergestellt. Insbesondere bei den verwendeten metallischen Materialien, wie etwa Kupfer, sind signifikante Preissteigerungen beobachtbar, die auf eine Verknappung der Kapazitäten und Ressourcen zurückzuführen sind. Würde beispielsweise der Anteil solarthermischer Energie weltweit auf 1% des derzeitigen Gesamtenergieverbrauchs anwachsen, wären bei Verwendung von Kupfer für den Solarabsorber, die Verrohrung und den Wärmetauscher jährlich 22 Millionen Tonnen weltweit erforderlich. Dies übersteigt die jährliche, weltweite Kupferproduktion von etwa 15 Millionen Tonnen deutlich. Unter diesen Gesichtspunkten sind zur weiteren progressiven Steigerung des Solarthermiemarktes technische Innovationen und der Einsatz neuer Materialien unerlässlich.

Die weltweite jährliche Produktion von Kunststoffen lag 2007 bei 260 Millionen Tonnen (www.vke.de), wobei die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate (seit 1950 gerechnet) 9% beträgt. Je nach Leistungsvermögen und Kosten werden Kunststoffe in Massenkunststoffe, technische Kunststoffe und Hochleistungskunststoffe unterteilt. Etwa 60% der weltweit produzierten polymeren Werkstoffe inklusive Elastomere, Duromere und Fasern entfallen auf Massenkunststoffe (d.h. etwa 160 Millionen Tonnen). Interessanterweise stimmt die maximale Dauergebrauchstemperatur von Massenkunststoffen gut mit der maximalen Arbeitstemperatur von solarthermischen Kollektorsystemen für die Warmwasserbereitung und Raumheizung überein. Demzufolge sollte ein solarthermisches System bei werkstoffgerechter Konstruktion zum überwiegenden Teil aus kostengünstigen Massenkunststoffen herstellbar sein. Für die Verarbeitung von Kunststoffen zu Halbzeugen, Bauteilen und Systemen werden hochautomatisierbare Verfahren, wie beispielsweise Extrusion, Spritzgießen, Blasformen oder Tiefziehen, und Fügetechniken, wie Schweißen oder Kleben, verwendet. Die Kosten für die Verarbeitung vom Rohstoff (Polymerisat) zum Bauteil stehen dabei maßgeblich mit den Rohstoffkosten im Zusammenhang.

Was den Einsatz von Kunststoffen in solarthermischen Systemen anlangt, so sind unter technischen Gesichtspunkten neben der Temperatur auch das Arbeitsmedium (Wärmeträger) und der Druck von Relevanz. Während Kunststoffe eine gute Beständigkeit bei den gängigen Wärmeträgermedien Wasser/Glykol, Wasser oder Luft aufweisen, ist ein möglichst geringer Betriebsdruck vorteilhaft. Um das Potenzial polymerer Werkstoffe umfassend

ausnützen zu können, ist eine Reduktion des Betriebsdruckes oder der Übergang zu drucklosen Systemen anzustreben.

Die polymere Grundlagenforschung und die anwendungsorientierte Kunststoffforschung sind bisher nur unzureichend in solartechnisch orientierte Forschungs- und Entwicklungsarbeiten integriert. Zudem spielen polymere Werkstoffe insbesondere bei stark wachsenden Technologien (z.B. Elektronikindustrie) eine Schlüsselrolle bei deren Umsetzung. Bei systematischer Ausschöpfung der Entwicklungsmöglichkeiten sowohl auf werkstofflicher als auch auf systemischer Ebene ist einerseits die Erreichung der von der European Solar Thermal Technology Plattform (ESTTP) festgelegten Ziele (322 GW_{th} installierte Wärmeleistung oder 1m² Kollektor/pro Einwohner in Europa bis 2020) zu erwarten. Andererseits bieten werkstoffinduzierte Technologiesprünge die Voraussetzung zur Erfüllung der ambitionierten Ziele für die Jahre 2030 bis 2050. Letztlich ist die im internationalen Vergleich herausragende Position Österreichs sowohl in der Solarthermie als auch in der Kunststofftechnik hervorzuheben. Neben Marktführern bei der Kollektorfertigung (z.B. GreenOneTec), bei der Herstellung von Massenkunststoffen (z.B. Borealis) und bei Kunststoffverarbeitungsmaschinen (z.B. Engel) verfügt Österreich über eine klein- und mittelständische Solar- und Kunststoffindustrie mit hohem Innovationspotenzial. Auch bei den Forschungsinstitutionen wurden in den letzten Jahren umfassende Kompetenzen im Bereich der werkstofforientierten Weiterentwicklung solarthermischer Komponenten und Systeme aufgebaut. Herauszustreichen ist die intensive Beteiligung österreichischer Partner (Montanuniversität Leoben, PCCL, AEE INTEC und AIT) in der IEA SHC Task39 „Polymeric Materials for Solar Thermal Applications“.

4.6.3 Forschungsschwerpunkte

Eine werkstofforientierte Weiterentwicklung solarthermischer Komponenten und Systeme erfordert einen umfassenden Ansatz, der eine adäquate Berücksichtigung der einzelnen Ebenen der Wertschöpfungskette (Werkstoff-Komponente-System) sicherstellt und auf die Etablierung von Struktur-Eigenschafts-Beziehungen zwischen den einzelnen Ebenen abzielt. Durch die Transformation (Verarbeitung) des Werkstoffes zum Bauteil und der darauf folgenden Integration in ein solarthermisches System werden durch äußere Faktoren die innere Struktur des Werkstoffes verändert und so das Leistungsvermögen der eingesetzten Werkstoffe, der Komponente und des Systems beeinflusst. Zur Vorhersage des Leistungsvermögens auf Systemebene werden sowohl theoretische als auch empirische Methoden eingesetzt. Aus Kostengründen sind eine möglichst umfassende Charakterisierung und Optimierung auf werkstofflicher Ebene und die Übertragung von Werkstoffkennwerten auf die Komponenten- und Systemebene anzustreben. Bei der Entwicklung von Komponenten und Systemen sollten vornehmlich theoretische Ansätze (Modellierung) zum Einsatz kommen. Dies macht auch die Entwicklung von neuen Modellierungs- und Simulationswerkzeugen notwendig. Zur Absicherung der Beziehungen zwischen den einzelnen Ebenen und der zu etablierenden Vorhersagemodelle ist zudem die Validierung auf Komponenten-

und Systemebene unerlässlich. Dies bedingt die Fertigung und die umfassende Vermessung von Komponenten- und System-Prototypen.

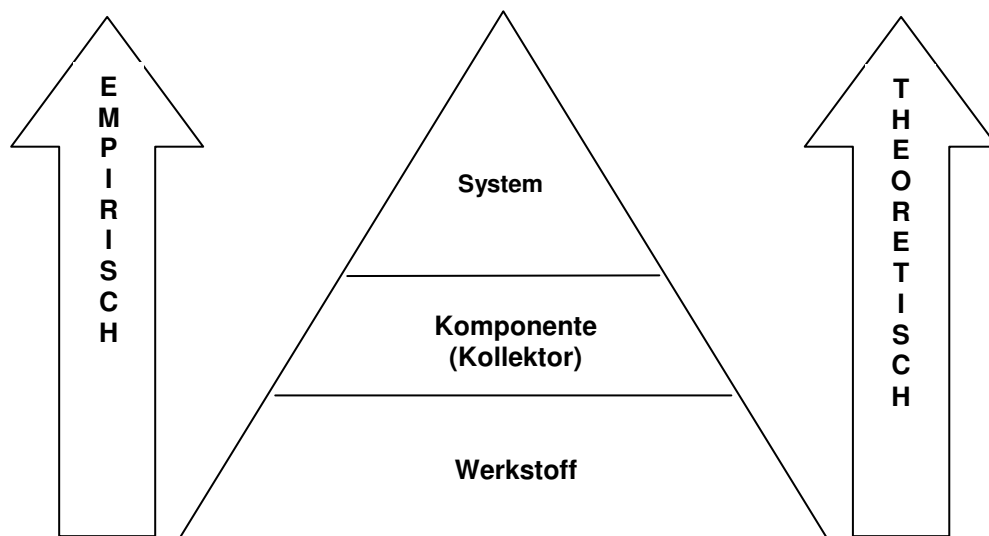


Abbildung 24: Methodischer Ansatz zur werkstofforientierten Entwicklung von neuen Kollektoren und darauf basierenden solarthermischen Systemen

Basierend auf der Solarthermie Roadmap und dem Strategiepapier für ein österr. Solarforschungs- und Technologieprogramm wurde im Rahmen der externen ASTTP-Workshops der im Folgenden dargestellte Forschungs- und Entwicklungsbedarf für neue Kollektoren festgelegt. Analog zum methodischen Ansatz zur werkstofforientierten Entwicklung von Kollektoren sind die erforderlichen F&E-Schwerpunkte in die Bereiche Systemtechnik, Komponente (Kollektor) und Werkstoff gegliedert. Eine vergleichbare Strukturierung wurde auf internationaler Ebene im Rahmen der IEA SHC Tasks39 „Polymeric Materials for Solar Thermal Applications“ vorgenommen.

Solarthermisches System

Die Entwicklung neuer Kollektoren ermöglicht eine Vielzahl von Optionen, sofern grundlegende Anpassungen auf Systemebene vorgenommen werden. Neben der Art des Wärmeträgers sind als wesentliche Betriebsparameter eines solarthermischen Systems die Betriebstemperatur und der Betriebsdruck hervorzuheben. Die Hauptzielsetzung der F&E-Aktivitäten auf Systemebene sollte bei der funktionsorientierten Auslegung liegen. Dabei ist einerseits eine möglichst gute Übereinstimmung der Soll- und Istbetriebsbedingungen anzustreben. Andererseits sind standardisierte Systeme zu implementieren, die eine einfache Bedienbarkeit durch den Nutzer erlauben. Auf Systemebene sind sowohl grundlegende und anwendungsorientierte Forschungsarbeiten als auch Demonstrationsprojekte erforderlich.

Grundlagenforschung

Zentrale Prämisse der grundlegenden Forschungsarbeiten ist das funktionsorientierte Design von solarthermischen Systemen. Diesbezüglich sind

Fragestellungen des Überhitzungsschutzes (d.h. Anpassung der Soll- an die Isttemperatur durch adäquate Gestaltung des Systems) von besonderer Relevanz. Unter Berücksichtigung des Trends zu Solaraktivhäusern im Passivhausstandard soll ein Schwerpunkt auf den Wärmeträger Luft gelegt werden. Im Rahmen der Grundlagenforschung sollen vorrangig theoretische Methoden zur Modellierung und Optimierung solarthermischer Systeme eingesetzt werden. Die Verwendung von Luft als Wärmeträger macht die Entwicklung neuer Systemkonzepte zur Einbindung in Heizungs- bzw. Lüftungsanlagen notwendig, kann aber auch Vorteile im Bereich des Überhitzungsschutzes bilden. Denkbar sind auch Hybridkollektoren, die parallel mit den Wärmeträgern Luft und Wasser arbeiten können. Diese Konfiguration kann Vorteile beider Systeme ausnutzen, bedingt aber erweiterte Regelungsstrategien, um energieeffizient arbeiten zu können. Da sowohl auf dem Gebiet des Überhitzungsschutzes als auch beim Wärmeträger Luft nationale Kompetenzen nur im geringen Ausmaß vorhanden sind, sollten die Grundlagenforschungsarbeiten auf Systemebene von Anfang an in internationale Aktivitäten eingebunden sein.

Angewandte Forschung

Was die anwendungsorientierten Forschungsarbeiten anlangt, so sind insbesondere die Potenziale druckloser Systeme auszuloten und druckbeaufschlagten Systemen gegenüberzustellen. Drucklose Systeme bieten wesentlich größere Gestaltungsfreiräume für den Einsatz alternativer Werkstoffe auf Kollektor- und Speicherebene. Aktuelle Entwicklungen, insbesondere in Deutschland, zeigen einen verstärkten Trend zu Warmwasserspeichern aus Kunststoff. Diesen Entwicklungen Rechnung tragend soll die angewandte Forschung auf nationaler Ebene in internationale Forschungsprogramme eingebettet sein (z.B. IEA). Um einen möglichst raschen Übergang zu Demonstrationsprojekten zu ermöglichen, sollen die F&E-Arbeiten vorrangig bei unabhängigen Forschungseinrichtungen unter Einbeziehung mehrerer Firmenpartner erfolgen.

Demonstrationsprojekte

Abhängig von den Ergebnissen der grundlegenden und angewandten Forschung sind mit einer Verzögerung von wenigen Jahren Demonstrationsprojekte vorzusehen. Dabei soll der Schwerpunkt vorerst bei Kleinanlagen mit neuen Komponenten liegen. Bezüglich der Komponenten ist zu erwarten, dass kurzfristig neuartige Wasserspeicher aus Kunststoff und eher mittelfristig neuartige Kollektoren zum Einsatz kommen. Nach der erfolgreichen Etablierung neuer Speicher (bspw. flexible Wasserspeicher mit besonderen Vorteilen für Anlagen in bestehenden, zu sanierenden Gebäuden und Großanlagen) und deren systemtechnische Integration soll der Fokus auch auf Großanlagen gelegt werden. Da die Demonstrationsprojekte vornehmlich für die Dissemination der F&E-Ergebnisse und für die Marktentwicklung in Österreich von Bedeutung sind, erscheint die Förderung auf Bundes- oder Landesebene als sinnvoll.

Neue Kollektoren

Um Kostenreduktionspotenziale voll auszunützen und Marktwachstumspotenziale zu realisieren, muss auch auf Kollektorebene die Hauptzielsetzung künftiger F&E-Tätigkeiten beim funktionsorientierten Design liegen. Neben der Anpassung der Ist- an die Sollbetriebsbedingungen müssen Entwicklungsschwerpunkte bei der Integration mehrerer Funktionen in einzelne Kollektorkomponenten und damit einhergehend bei der Reduktion der Gesamtanzahl an Kollektorkomponenten liegen. Beispielsweise sollte die mechanische Tragestruktur von Kollektoren (Rahmen und Kollektorwanne) zusätzlich Funktionseigenschaften (z.B. Wärmedämmung, Gebäudehülle) aufweisen. Unter prozesstechnischen Gesichtspunkten ist beim Design neuartiger Kollektoren auf die Tauglichkeit für die Großserienproduktion zu achten. Um die architektonischen Gestaltungsmöglichkeiten zu erhöhen, müssen neuartige Kollektoren eine hohe Designfreiheit bei gleichzeitiger langer Lebensdauer und Standardisierbarkeit aufweisen. Auf Kollektorebene sind sowohl grundlegende und anwendungsorientierte Forschungsarbeiten als auch Demonstrationsprojekte erforderlich.

Grundlagenforschung

Im Rahmen der Grundlagenforschung soll der Schwerpunkt auf Vollkunststoffkollektoren gelegt werden. Dabei ist insbesondere die Substitution derzeitiger Rohr/Finne-Absorber aus Metallen durch neuartige vollflächige Absorber anzustreben. Vollkunststofflösungen erfordern eine grundlegende Änderung des Designs verglaster Flachkollektoren. Neben der Absorbergeometrie ist beispielsweise eine funktionsorientierte Wirkungsgradkennlinie sicherzustellen, die bei der maximalen Betriebstemperatur eine Diskontinuität (d.h. Abfall des Wirkungsgrades auf Null) aufweist. Während die Entwicklung neuer Kollektordesigns vornehmlich auf nationaler Ebene mit Hilfe von Modellierungstools und messtechnischen Methoden erfolgen sollte, ist mittelfristig auf internationaler Ebene die Anpassung der Prüfstandards (Normen) für Kollektoren und solarthermische Systeme erforderlich. Die Weiterentwicklung von numerischen Simulationsverfahren und messtechnischen Methoden zur Beurteilung thermischer Belastungen sowie energetischer Verluste neuer Kollektordesigns sollte ebenfalls im Rahmen von grundlagennahen Forschungsprojekten erfolgen.

Angewandte Forschung

Bei der angewandten Forschung soll der Schwerpunkt vorerst bei Kollektoren in Mischbauweise liegen, bei denen sukzessive werkstoffliche Optimierungen vorgenommen werden und periphere Komponenten (z.B. Kollektorwanne) substituiert werden. Dabei sind eine konsequente Steigerung der Funktionsintegration und eine Reduktion der Komponentenanzahl in Kollektoren anzustreben. Da in Österreich ein umfassendes Know-how auf dem Gebiet der Kollektorfertigung und im Bereich der Zulieferindustrie (z.B. für die Automobilindustrie) vorhanden ist, soll die Weiterentwicklung von Kollektoren in Mischbauweise vornehmlich auf nationaler Ebene erfolgen, um so die Wettbewerbsfähigkeit österreichischer Unternehmen zu stärken. Vorteilhaft wäre auch die Implementierung bilateraler Forschungsprogramme mit Österreichs Nachbarstaaten (z.B. Österreich/Deutschland).

Demonstrationsprojekte

Im Rahmen von Demonstrationsobjekten soll die Überleitung von Kollektor-Prototypen in die Serienfertigung und in die Anwendung ermöglicht werden. Vorerst sollte der Schwerpunkt bei neuartigen Kollektoren in Mischbauweise und bei deren Einsatz in Kleinanlagen liegen. Erst mittelfristig werden auch Kollektoren in Vollkunststoffbauweise verfügbar sein, die auch in Großanlagen zum Einsatz kommen. Die Demonstrationsprojekte sollten kurzfristig auf nationaler Ebene und erst nach dem Aufbau eines entsprechenden Know-hows auf internationaler Ebene erfolgen.

Werkstoffe

Ausgehend von den auf System- und Kollektorebene abgeleiteten Eigenschafts- und Anforderungsprofilen für alternative Werkstoffe soll die Hauptzielsetzung bei der Entwicklung neuartiger Kunststoff-Compounds liegen, die sowohl technische, ökonomische als auch ökologische Vorteile im Vergleich zu den derzeit verwendeten Materialien bieten. Entsprechend der üblichen Einteilung soll auch im Rahmen des F&E-Programmes für die Solarthermie zwischen Funktions- und Strukturwerkstoffen unterschieden werden. Während polymere Strukturwerkstoffe bereits heute in unterschiedlichsten Technologien breit eingesetzt werden und damit eine gute Ausgangsbasis für deren Übertragung in solarthermische Anwendungen besteht, ist zu erwarten, dass neue Kollektoren innovative Funktionswerkstoffe erfordern, deren Eigenschaftsprofile in grundlegenden F&E-Arbeiten herauszuarbeiten sind. Auf werkstofflicher Ebene sind grundlegende und anwendungsorientierte Forschungsarbeiten erforderlich.

Grundlagenforschung

Im Rahmen der Grundlagenforschung soll der Schwerpunkt bei neuartigen Werkstoffformulierungen mit speziellen Funktionseigenschaften liegen. Dabei soll einerseits auf Eigenschaftsprofile abgezielt werden, die ein optimiertes Design von Kollektoren erlauben (z.B. thermotrope Materialien für den Überhitzungsschutz). Andererseits sollen Werkstoffformulierungen erarbeitet werden, die eine Steigerung der Effizienz von Kollektoren und Systemen ermöglichen (z.B. selektive Absorberbeschichtungen). Neben der Werkstoffentwicklung soll ein weiterer Schwerpunkt bei der Konzeption, Adaptierung und Implementierung von Verarbeitungstechnologien für die Herstellung von Kollektorprototypen liegen. Letztlich sollen Prüfmethode für die Vorhersage praxisrelevanter Langzeiteigenschaften auf Basis kostengünstiger Labortests entwickelt werden. Die Prüfmethode sollten sowohl auf Struktur- als auch auf Funktionswerkstoffe anwendbar sein. Die grundlegenden Forschungsarbeiten auf werkstofflicher Ebene sollten im Rahmen nationaler und internationaler Forschungsprogramme erfolgen. Auch in diesem Bereich wären bilaterale Förderprogramme mit Nachbarstaaten vorteilhaft.

Angewandte Forschung

Die angewandte Werkstoffforschung sollte sich auf die Adaptierung von kommerziell verfügbaren Compounds konzentrieren. Diesbezüglich ist beispielsweise die Erhöhung der Dauergebrauchstemperatur von polymeren Strukturwerkstoffen durch die verbesserte Formulierung mit Stabilisatoren

hervorzuheben. Bei der Adaptierung der Compounds ist bedeutsam, dass Firmenpartner entlang der Wertschöpfungskette polymerer Werkstoffe (Rohstoffhersteller, Compoundeur, Verarbeiter) integriert sind. Neben der Adaptierung werkstofflicher Compounds sollte in der angewandten Forschung ein weiterer Schwerpunkt beim Upscaling von verfahrenstechnischen Prozessen zur Komponentenherstellung liegen. Während potentielle österreichische Forschungspartner ein ausgezeichnetes werkstoffliches, prüftechnisches und verarbeitungstechnisches Know-how aufweisen, sollte bei den wirtschaftlichen Partnern eine Beteiligung ausländischer Firmen möglich sein. Demzufolge sollten die angewandten Forschungsarbeiten vorrangig auf nationaler Ebene mit potentieller Beteiligung ausländischer Firmen erfolgen.

4.7 Prozesswärmekollektoren

4.7.1 Stand der Technik

Einige Prozesswärme-Anwendungen finden bei Temperaturen statt, die von „normalen“ Niedertemperaturkollektoren bereitgestellt werden, nämlich 30°C bis 80°C. Ein nicht unerheblicher Teil des industriellen Bedarfs an Prozesswärme besteht jedoch auch bei Temperaturen zwischen 80°C und 250°C.

Prozesswärmekollektoren sind neu im Portfolio der solarthermischen Kollektoren. Normalerweise erfordern diese Systeme eine starke Leistung (und dafür große Kollektorflächen), niedrige Kosten, hohe Zuverlässigkeit und Qualität.

Während Nieder- und Hochtemperaturkollektoren auf einem dynamisch wachsenden Markt angeboten werden, befinden sich Prozesswärmekollektoren in einem frühen Entwicklungsstadium und es gibt noch keine Produkte in industriellem Maßstab.

Die technologischen Ansätze bei Prozesswärmekollektoren können zwischen Optimierung des optischen Konzentrationsfaktors oder der Nachführungsmethode unterteilt werden. Optische Konzentration ist eine Möglichkeit, höhere Arbeitstemperaturen zu erreichen, wobei das Verhältnis von Absorberfläche zu Aperturfläche (Strahlungseintrittsfläche in den Kollektor) verkleinert wird. Der Nachteil der Konzentration ist die Verminderung der einstrahlwinkelabhängigen Strahlungsakzeptanz des Kollektors. Daher muss der Kollektor der Sonne nachgeführt werden. Die Nachführung kann bei geringen Konzentrationsfaktoren typischerweise saisonal realisiert werden, bei höherer Konzentration sind kürzere Nachführintervalle notwendig. Die Nachführung bedingt zusätzliche mechanische Konstruktionselemente und bewegte Teile, die zusätzliche Kosten und Wartungsaufwand verursachen.

Neben diesen „konzentrierenden“ Kollektoren werden derzeit verbesserte flache Kollektoren mit Doppel- und Dreifachverglasung und CPC-Kollektoren entwickelt, die für Prozesswärmeanwendungen bis zu 120°C interessant sein können.

4.7.2 Kernbereiche für technologische Entwicklung

Es ist eine Herausforderung, die Temperatur der erzeugten Wärme zu erhöhen und dabei den Kollektorwirkungsgrad über 50% zu halten. Hier sind erhebliche Bemühungen bei Forschung, Entwicklung und Konstruktion (F, E&K) von Seiten der Industrie und der Wissenschaft erforderlich. Diesbezüglich wurde die Arbeit bereits aufgenommen, es ist aber noch viel zu leisten.

Die Arbeiten auf diesen Gebieten führten bisher zu so genannten „verbesserten Flachkollektoren“ mit Doppelverglasung, wie sie beispielsweise von der Grazer Firma Ökotech entwickelt wurden.

Die Kontrolle der Wärmeverluste kann auch über die Einführung von Konzentratoren erfolgen, sowohl mit als auch ohne Nachführung. Die Maximierung der Energieausbeute wird den Einsatz von Hochleistungs-Optik fördern, wie einstufige oder zweistufige CPCs. Vakuumröhrenkollektoren mit Konzentratoren können bei der Bewältigung dieser beiden Probleme helfen.

Um höhere Prozesstemperaturen (150 - 250°C) zu erreichen, sind Parabolrinnenkollektoren oder Fresnelkollektoren erforderlich, welche hohe Konzentrationsraten aufweisen und daher auch der Sonne nachgeführt werden müssen.

Zur Erzielung hoher Kollektoreffizienzen im mittleren Temperaturbereich spielt die Minimierung der optischen und thermischen Verluste des Kollektors eine entscheidende Rolle. Voraussetzung dafür ist die exakte Kenntnis der optischen und thermischen Effekte im Kollektor. Eine genaue Quantifizierung kann durch Anwendung weiterentwickelter Messverfahren in enger Verbindung mit numerischen Simulationen (z.B. Computational Fluid Dynamics) erreicht werden. Die Weiterentwicklung und Anwendung solcher Verfahren ist eine wichtige Voraussetzung für die Entwicklung und Optimierung leistungsfähiger Mitteltemperaturkollektoren.

Die bisherigen Aktivitäten in Österreich beschränkten sich auf den in Kooperation von AEE INTEC mit der Firma Button Energy entwickelten Parabolrinnenkollektor zur Direktdampferzeugung. Der Kollektor befindet sich derzeit im Prototypenstadium. Eine mögliche Anwendung, die erprobt wird, ist der Betrieb von Dampfstrahlkältemaschinen.

Für Prozesswärmekollektoren ist die Materialforschung entscheidend. Die Langlebigkeit der Komponenten bei immer höheren Temperaturen muss verbessert werden und für die Produktion der Konzentratoroptik werden bessere Materialien benötigt.

Diese Entwicklungen bedürfen einer begleitenden Verbesserung von Produktionstechniken, bei Systemtests und bei Zertifizierung und Installation.

Nichttechnische Herausforderungen für Prozesswärme-Kollektoren

Für die meisten industriellen Prozesse muss der unterbrechungsfreie Betrieb gewährleistet sein. Betriebsleiter von Industrieanlagen stehen daher jedem Eingriff skeptisch gegenüber, der möglicherweise zu Unterbrechungen in der Wärmeversorgung führen könnte. Die Tatsache, dass bisher nur wenige solarthermische Prozesswärmeanlagen in Betrieb sind, bedeutet, dass noch kein Vertrauen in diese Anlagen besteht. Potentielle Anwender werden nicht angezogen und die Kosten für individuelle Projekte sind erhöht.

Gleichzeitig erhöht der Umstand, dass industrielle Wärmeabnehmer oftmals in der Lage sind, Öl und Gas zu wesentlich besseren Konditionen zu beziehen, als private Haushalte, die Hürden für solare Brennstoffeinsparung.

Um diese nicht technikbezogenen Hürden für die weitere Verbreitung der solaren Prozesswärme zu reduzieren, ist es wichtig:

- erhebliche und zielgerichtete finanzielle Anreize zu bieten, um eine signifikante Zahl an Demonstrationsprojekten zu erreichen; eventuell mit dem Ziel, die kritische Masse in einer spezifischen Industrie zu erreichen,
- bestehende Qualitätsnormen und Zertifizierungsprozesse bei Niedertemperaturkollektoren so anzupassen, dass sie für Prozesswärmekollektoren angewendet werden können, und
- Unternehmen für solarthermische Energiedienstleistungen (ST-ESCOs) zu fördern, die ihre Leistung auf dem Industriesektor anbieten.
- Gesamtlösungen d.h. den Einsatz von Solarthermie immer in Kombination mit Energieeffizienzmaßnahmen und technologische Optimierungskonzepte anzubieten

4.7.3 Forschungsschwerpunkte

Die grundlegende Herausforderung liegt hier in der Entwicklung einer neuen Generation von Prozesswärmekollektoren durch die Anhebung von Arbeitstemperatur, Wirkungsgrad und Leistung bestehender Niedertemperaturkollektoren.

Die wichtigsten Themen für die **Grundlagenforschung** stammen aus dem Gebiet der Materialwissenschaft und der Kollektorphysik.

- Funktionale Oberflächen (nicht reflektierend oder low-e-beschichtet) selbstreinigende Oberflächen und korrosionsbeständige Beschichtungen)
- Hochreflektierende, präzise und wetterfeste Leichtbaureflektoren
- verbesserte selektive Absorber (z.B. langzeitbeständig in aggressiver Umgebung, wie Salzwassertropfen aus dem Meer)
- Billigeres Glas mit hoher solarer Transmission und schaltbaren optischen Eigenschaften
- Wärmeträgermedien mit größerer Temperaturstabilität (über 160°C)
- Temperaturbeständige und günstige Dämmstoffe (zum Beispiel Vakuumisolation)
- Neue Konzentrador-Konzepte, bevorzugt zur Dachmontage und mit geringem Wartungsbedarf
- Neue Wärmeträgermedien, die Vereisung und hohe Arbeitstemperaturen aushalten
- Neue Konzepte zur Systemintegration und zum Überhitzungsschutz
- Entwicklung numerischer Methoden in Kombination mit experimentellen Verfahren zur Untersuchung physikalischer Effekte in Mitteltemperaturkollektoren insbesondere der optischen und thermischen Verluste.

Abhängig von der Preisentwicklung der derzeitigen Rohmaterialien wie Kupfer, Aluminium und ölbasierten Kunststoffen, müssen Ersatzwerkstoffe entwickelt werden.

Hauptthemen für die **angewandte Forschung** sind:

- Neue Fertigungstechniken für die Massenfertigung von Mitteltemperaturkollektoren und –komponenten,
- Stagnationssichere Kollektoren und Konstruktionen um die durch Stagnation verursachten Probleme zu vermeiden oder abzuschwächen. Dies ist vor allem für Industrieprozesse relevant, die nicht ununterbrochen laufen.
- Neue Testmethoden, die auf beschleunigte Alterungstests von Solarkollektoren und Komponenten ausgelegt sind und die spezielle Gegebenheiten beim Einsatz von Kollektoren in maritimen Umgebungen abdecken,
- Steuerung und Wartung großer Anlagen, um die Wartungskosten ohne Leistungseinbußen zu reduzieren,
- Einfache Konzepte für quasi-stationäre Konzentratoren (angepasste Neigungswinkel),
- Systemtechnische Lösungen zur Vernetzung mit konventionellen Wärmequellen oder mit konventionellen Anlagen,
- Lebensdauer der Komponenten ohne Leistungseinbußen (leichte und günstige reflektierende Oberflächen und konventionelle selektive Absorber),
- Präzise, stabile und kosteneffiziente Nachführungssysteme (abgestimmt auf den geforderten Genauigkeitsgrad),
- Solare Luft-Prozesswärmekollektoren.

Die wesentlichen **Entwicklungsthemen** sind:

- Entwicklung kostengünstiger und zuverlässiger Kollektoren aus neuen Materialien, die sich einfach in verschiedene Dächer und Fassaden integrieren lassen,
- Entwicklung zweckmäßiger Konzepte um konventionelle Metallkollektoren in Metallfassaden und -Dächer zu integrieren,
- Entwicklung von Kollektoren, die mit einer Wärmepumpe verbunden werden können (z.B. darf Kondensation im Kollektor kein Hindernis sein),
- Verbesserung der Wärmeübertragung in Kollektor und Wärmetauscher,
- Entwicklung energieeffizienter Pumpen,
- Entwicklung von Verbindungselementen, die eine schnelle und einfache Montage von Kollektoren ermöglichen,
- Entwicklung von Vakuumröhrenkollektoren mit einem besseren Preis-Leistungs-Verhältnis,
- Entwicklung von niedrig konzentrierenden, stationären oder quasi-stationären Kollektoren für Anwendungen mit höheren Temperaturen in Gebäuden, die mit Vakuumröhrenkollektoren kombiniert werden können,
- Luftkollektoren mit verbesserter Wärmeübertragung,
- Entwicklung günstiger Sensoren und Elektronik zur Fehlerermittlung.
- Systemtechnische Lösungen zur Integration der o.g. Komponenten zu einem effizienten Gesamtsystem.

4.8 Thermische Speicher

4.8.1 Stand der Technik

Wärmespeicherung erhöht den Nutzungsgrad der solaren Strahlungsquelle indem sie es erlaubt, dass Wärme dann „verbraucht“ wird, wenn Bedarf besteht, als zu der Zeit, zu der sie produziert wird. Solare Energie eine oder zwei Wochen lang zu speichern ist bereits weithin verbreitet, bei akzeptablen Kosten- und Wärmeverlusten. Unterschiedliche technische Lösungen für Wärmespeicherung mit saisonaler Zeitskala (mehrere Wochen oder Monate) ermöglichen es, dass Solarwärme, die sich über den Sommer angesammelt hat, während der Wintermonate genutzt werden kann.

Einige der Schlüsselfaktoren, die für Wärmespeicherungssysteme berücksichtigt werden müssen, sind die Folgenden: Kosten, Kapazität, Belade- und Entladeleistung, das vom Wärmespeicher eingenommene Volumen, Zeit zwischen Be- und Entladung, Transportierbarkeit, Platzbedarf, Sicherheit und die Integrierbarkeit in Gebäudesysteme.

Kurzzeit-Pufferspeichersysteme zeigen kurze Reaktionszeiten und müssen hohe Leistung bei niedrigen Speicherkapazitäten erbringen. „Mittelfristige“ Speicher sind als Speicher für mehr als einen Tag definiert. „Langzeitspeicher“ sind für 3-4 Monate ausgelegt. Kleine Speicherkapazitäten werden im kWh-Bereich gemessen, während große sich im MWh-Bereich befinden.

Die Größe des Wärmespeichers hängt von der spezifischen Wärmekapazität des Wärmespeichermediums ab (für gewöhnlich Wasser). Dieses weist eine relativ niedrige Wärmekapazität auf, so dass große Volumina benötigt werden, um relative geringe Wärmemengen speichern zu können. Dies ist deshalb ein Problem, weil Raum innerhalb von (oder unter) Gebäuden teuer ist. Um zum Beispiel die vollständige Raumbeheizung und Warmwasserversorgung eines sehr gut gedämmten Hauses in Österreich mit Solarenergie zu gewährleisten, würde ein typischer Wasserwärmespeicher ein Volumen von etwa 30 m³ bei 85°C benötigen. Dies entspricht 10% des nutzbaren Raumes eines typischen Hauses! Das Verhältnis von Speichergröße zu Gebäudevolumen ist in größeren Gebäuden mit vielen Wohneinheiten besser.

Das große Volumen von Saisonspeichern macht es schwierig, Solarwärme im Winter zu nutzen. Es ist auch problematisch, solche Systeme in bestehende Gebäude zu integrieren. Deshalb ist die Entwicklung neuer, kompakter saisonaler Wärmespeichertechnologien entscheidend für die Kommerzialisierung solarthermischer Systeme, die in der Lage sind, bis zu 100% des Raumwärme- und Brauchwasserbedarfs zu decken.

Ein weiterer wichtiger Parameter ist die benötigte Speichertemperatur. Niedertemperatur-Speicher werden in Gebäuden dafür eingesetzt, ein Absinken der Raumtemperaturen unter 20 bis 24°C zu verhindern. Die Temperatur des Speichermediums liegt unter 100°C. Mitteltemperatur-Speicher speichern Wärme

für industrielle Anwendungen bei Temperaturen über 100°C, wo druckloses flüssiges Wasser nicht als Speichermedium genutzt werden kann. Die obere Temperaturgrenze entspricht der Temperaturgrenze, die für niedrig oder mittel konzentrierende Solarkollektoren definiert ist.

Der Ausdruck „Wärmespeicherung“ bezieht sich auch auf Systeme, die Kälte speichern. Bei solarthermisch angetriebenen Kühltssystemen kann die Aufnahme eines Kältespeichers ins System sinnvoll sein.

Es können vier Haupttypen thermischer Energiespeicherung unterschieden werden: sensible, latente, sorptive und thermochemische Wärmespeicherung:

Fühlbare (sensible) Wärmespeichersysteme nutzen die Wärmekapazität eines Materials. Wenn Wärme gespeichert wird, erhöht sich die Temperatur des Materials. Die überwiegende Mehrheit der Systeme auf dem Markt sind solche Systeme und benutzen Wasser zur Wärmespeicherung. Wasserwärmespeicher decken einen sehr breiten Bereich an Kapazitäten ab, beginnend bei einigen hundert Litern bis zu zehntausenden von Kubikmetern.



Abbildung 25: Mit Wasser gefüllte Wärmespeicher sind momentan die gebräuchlichsten sensiblen Wärmespeichersysteme. (Quelle: Pink GmbH.)

Stand der Technik im Wärmespeicherbereich sind die folgenden Systeme:

- druckbeaufschlagte Stahlspeicher mit Wasser als Wärmespeichermedium und Wärmeträger, deren Herstellungskosten heute bei rund 500 €/m³ oder 7 €/kWh liegen⁶. Die Verkaufspreise liegen bei 1500 – 3000 €/m³ (Baumann, 2009). Bis zum Jahr 2030 könnten sich diese Kosten auf 3 €/kWh halbieren (Preisstand 2005). Dies hängt jedoch stark von der nicht prognostizierbaren Entwicklung der Rohstoffpreise ab.

⁶ Umrechnung: 1 m³ Wasser speichert zwischen 30° und 95°C rund 75 kWh Wärme.

- Warmwasserspeicher werden entweder als reine Trinkwarmwasserspeicher (Boiler) mit Einbringung der Solarenergie über interne Wärmetauscher, Heizungsspeicher (Pufferspeicher) mit geringem Temperaturhub (fallweise bei Platzproblemen auch einer Speicherbatterie) oder als Kombispeicher mit integrierter Trinkwarmwasserbereitung oder Trinkwarmwasserbereitung über externen Durchlauferhitzer eingesetzt.
 - Bei interner Trinkwarmwasserbereitung kommen Tank-in-Tank Systeme oder interne Glattrohr-Wärmetauscherwendel zum Einsatz (die aber wiederum eine Art Tank-in-Tank darstellen).
 - Kombispeicher mit einem Temperaturhub der angeschlossenen Wärmesenken von über 10°C werden häufig mit Schichtladung betrieben, um Temperaturverluste (Exergieverluste) zu vermeiden und so den Kollektorsertrag hoch zu halten.
 - Die Trinkwarmwasserbereitung in Kombispeichern erfolgt
- Im Gebäude aktivierte Speichermassen zur Nutzung von zum einen passiven Solargewinnen und zur Dämpfung der Raumtemperaturschwankungen sowie als Speichermasse für Wärmeerzeuger (z.B. Estrich als Speichermasse für Fußbodenheizung oder betonkernaktivierte Decke als Speichermasse für Heizen und Kühlen).
 - In Österreich weniger aber z.B. in Frankreich häufiger eingesetzt ist die Aktivierung von Speichermassen über Solaranlagen. In diesen Konzepten kann fallweise der Pufferspeicher mit Wasser als Wärmespeichermedium entfallen
 - Wärmespeichermedien mit theoretisch höheren Energiedichten wie Phasenwechselmaterialien (PCM) oder sorptive oder chemische Speicher sind in Österreich praktisch nicht am Markt, sondern sind entweder Entwicklungen in Forschungsinstitutionen oder ungeprüfte Kleinstserien.

Mitteltemperaturwärme wird in einphasigen, Latentspeichern oder chemischen Speichermaterialien gespeichert. In einphasigen Materialien korreliert der Ladestatus mit der Temperatur des betreffenden Materials. Beispiele sind Beton, Flüssigsalz oder Druckwasser. Speichersysteme, die Flüssigsalz bei Temperaturen zwischen 300°C und 400°C nutzen.



Abbildung 26: Ein experimenteller Latentwärmespeicher mit makroverkapseltem PCM (Paraffin).

(Quelle: Ciril Arkar, Universität Lubiljana, Slovenien)

In Systemen zur **latenten Wärmespeicherung** wird Wärme während des Phasenwechsels eines Materials gespeichert, entweder während es schmilzt oder während es verdampft. Zumeist wird der Phasenübergang fest flüssig verwendet, da er mit einer nur geringen Volumenänderung des Materials beim Phasenübergang verbunden ist. Je nach Temperaturbereich des Betriebs kann diese Art von Speicherung kompakter als Wärmespeicherung in Wasser sein. Die meisten der momentan genutzten latenten Wärmespeichertechnologien für niedrige Temperaturen werden in Gebäudestrukturen eingesetzt, um die Wärmeleistung zu verbessern, aber auch in Kältespeichersystemen. Bei Niedertemperaturspeichern werden Wasser (Eisspeicher), Paraffine, hydrierte Salz oder Fettsäuren eingesetzt. Die Materialien, die für mittlere Temperaturspeicherung genutzt werden, sind Nitratsalze. Pilot-Speichereinheiten im 100kW-Bereich werden momentan mit solar erzeugtem Dampf betrieben.

In **Sorptions-Wärmespeichersystemen** wird Wärme in Materialien dadurch gespeichert, dass durch ein Sorptionsmaterial Wasserdampf aufgenommen und dabei verflüssigt wird. Das Material kann entweder ein Feststoff (Adsorption) oder eine Flüssigkeit (Absorption) sein. Diese Technologien sind noch weitgehend in der Entwicklungsphase, aber einige sind auf dem Markt. Prinzipiell können Sorptions-Wärmespeicher mehr als die vierfache thermische Speicherdichte erreichen als die sensible Wärmespeicherung in Wasser.

In **thermochemischen Wärmespeichersystemen** wird die Wärme in einer endothermen chemischen Reaktion gespeichert und durch Zerlegung eines chemischen Gemischs in seine Bestandteile gespeichert. Einige Chemikalien speichern Wärme 20-mal dichter als Wasser, gewöhnlicher sind jedoch eher acht- bis zehnfach höhere Speicherdichten. Einige Systeme mit thermochemischer Wärmespeicherung wurden demonstriert. Die Materialien, die momentan untersucht werden, sind alle Salze, die in nicht hydrierter und in hydrierter Form existieren können. Thermochemische Systeme können Nieder- und Mitteltemperaturwärme kompakt speichern. Allerdings werden bei hohen

Speicherichten auch hohe Temperaturen benötigt, um die chemische Reaktion wieder rückwärts durchführen zu können.

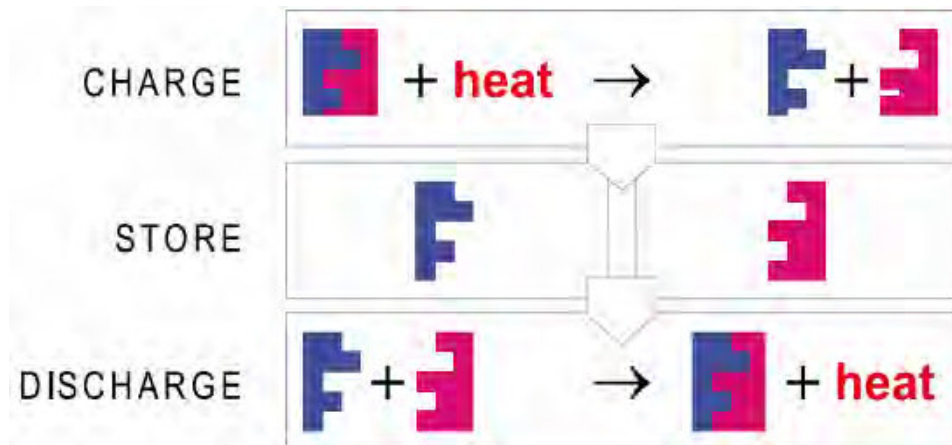


Abbildung 27: Das Prinzip der thermochemischen Wärmespeicherung: Die Wärme wird genutzt, um ein chemisches Gemisch in seine Bestandteile zu zerlegen. Die einzelnen Bestandteile können dann für einen längeren Zeitraum gespeichert werden, praktisch ohne Wärme zu verlieren. Wenn die Bestandteile wieder zusammengefügt werden, tritt eine chemische Reaktion auf und es wird Wärme frei. (Quelle: ECN, Niederlande)

4.8.2 Kernbereiche für technologische Entwicklung

Weiterentwicklung von Wasserspeichern

Warmwasserspeicher werden weiterhin bei Kurzzeitspeicherung aufgrund der Kostenstruktur die dominante Rolle spielen. Es bieten sich hier eine Reihe von Weiterentwicklungsmöglichkeiten:

- Einsatz von Vakuumdämmung zur Verkleinerung des Brutto-Speichervolumens und Verringerung der Auskühlverluste für längere Speicherperioden
- Vakuumdämmung und ökologische Dämmstoffe bei der Speicherdämmung
- Einsatz von polymeren Kunststoffen als Speichermaterial zur Kostenreduktion
- Minimierung von Totvolumina, Optimierung von Fühlerpositionen, Minimierung von Wärmebrücken
- Einsatz von anderen Speichergeometrien (z.B. Quader oder flexible Geometrien) zur Verringerung des Platzbedarfs.
- Optimierung der Integration von Wärmeerzeugern direkt in die Speicher (derzeit nur von einigen Herstellern und hier nicht optimal) zur Verringerung der Wärmeverluste des Gesamtsystems
- Entwicklung von integrierten Speicher-Gesamtkonzepten (Heizung und Trinkwarmwasserbereitung)

- Optimierung und Vereinfachung der Be- und Entladetechnik von Wasserspeichern (Anschlüsse, Wärmetauscher, Schichtadesysteme, Regelung, Entwicklung von Stecksystemen für die Anschlüsse)
- Optimierung der jeweiligen Speichervolumina auf die Anwendungssysteme
- Untersuchung und Optimierung des Wärme- und Stoffaustausches in Speichern
- Entwicklung von Low-Cost Wärmemengenmessungen
- Entwicklung von Oberflächen mit speziellen Eigenschaften (anti-legionella, anti-kalk, chemical resistant, heat transfer): Entwicklung von Beschichtungsmaterialien und Beschichtungstechnologien.

Die Konstruktion des Speichers (Volumen für Solaranlage, und Nachheizung sowie Volumen für Vorwärmung, Heizungsbereich und Brauchwarmwasserreserve), Art der Wärmeeinbringung (innenliegender Wärmetauscher oder Anschlusspaar für externen Wärmetauscher von der Solaranlage), Fühlerpositionierung, Schichtladeeinheit, Art der Anschlüsse (Thermosyphon), Wärmedämmung, etc.) muss optimal auf das Gesamtsystem abgestimmt sein.

Weiterentwicklung von gebäudeintegrierten Konzepten

Hervorragende Innovationspotenziale bietet aber auch die Integration der Wärmespeicherfunktion in traditionelle Bauteile des Gebäudes. Bauteile wie Geschossdecken, Wände und Wandputze werden zukünftig überschüssige Wärme aufnehmen und speichern und bei Bedarf direkt oder gezielt gesteuert an das Gebäude abgeben.

Dies kann zum einen über klassische Speicherwerkstoffe wie Beton (Betonkernaktivierung), Vollziegel oder dicken Lehmputz (für aktivierte Wände) geschehen. Zum anderen können diese Speichermassen durch Beimischung von Phasenwechselmaterialien (PCM) weiter erhöht werden. Diese Erhöhung der Speicherkapazität liegt allerdings nur im Temperaturbereich des Phasenwechsels vor, liegt die Raumtemperatur ständig darunter oder darüber, so ist kein Effekt des PCM mehr vorhanden. Heute werden am Markt Innenputze angeboten, die mit mikroverkapselten Paraffinen angereichert sind und es wurden bereits einige Musterhäuser mit diesen Putzen ausgestattet und vermessen. Die Ergebnisse der PCM sind besonders für den Leichtbau (z.B. Holzriegelbau) sehr Erfolg versprechend, wo nur wenig thermische Speichermassen im Haus gegeben sind. 1,5 cm Gipskartonplatte mit PCM hat, laut Berechnungen des Fraunhofer ISE Freiburg, die gleiche Wirkung wie 10 cm Betonwand, sofern temperaturmäßig der Phasenwechsel ausgenutzt werden kann.

Denkbar wären auch solarbeheizte Wandheizungs- oder Deckenheizungspaneel mit PCM, die im Winter als aktivierte Wärmespeicher dienen. Folgende Forschungspunkte wären zudem notwendig:

- Bei der Gebäudeintegration von Speichermassen kann eine wetterbasierte Regelung (Einbindung der Wettervorhersage in die Laderegulation der Speichermassen) zur signifikanten Verbesserung des Systems führen.

Neue Materialien und Konzepte

In der Speichertechnik bieten die Entwicklung und der Einsatz neuer Materialien ein weiteres Innovationspotential. Schon bekannte neue Speichermedien (PCM, thermochemische Reaktionspartner) müssen in den kommenden Jahren im Hinblick auf die Energiedichte im Gesamtsystem signifikant verbessert und bis zur Serienanwendung geführt werden.

Durch die immer niedrigeren Vorlauftemperaturen der Heizsysteme bieten sich künftig neue Ansatzpunkte. Sorptive und thermochemische Verfahren aber auch Phasenwechselmaterialien erreichen theoretisch deutlich höhere Leistungsdichten als heutige Wasserspeicher. Allerdings haben bisherige Versuche mit Wärmespeichern mit PCM Materialien (makroverkapselt) aufgrund der von der entnommenen Leistung abhängigen Temperaturverluste bei Wärmeübergang und Wärmeleitung in den PCM bei Solaren Kombisystemen und Betrachtungen über ein Jahr KEINE signifikanten Verbesserungen gegenüber Wasserspeichern gebracht. Ähnliche Ergebnisse ergaben Versuche mit PCM-Slurries mit mikroverkapselten Paraffinen welche im Wasser mitgepumpt wurden. Hier konnte nur PCM Anteile von maximal 40 % realisiert werden (also 60 % Wasser) da der Slurry sonst aufgrund der Zunahme der Zähigkeit nicht mehr pumpbar war.

Bei den Sorptionsspeichern liegt das Problem darin, dass beim Adsorptionsprozess hauptsächlich die Kondensationswärme und nur zu einem geringen Teil Bindungsenergie frei wird. Damit muss praktisch gleich viel Energie zum Erzeugen des Wasserdampfes aufgebracht werden, wie dann bei Adsorptionsprozess, allerdings auf höherem Temperaturniveau, wieder frei wird. Die im Sommer eingebrachte Energie zum desorbieren ist über einen Kondensator jedenfalls „verloren“. Wichtig ist auch der Erhalt einer „Moving Front“ im Sorptionsmaterial beim Adsorbieren, damit ein konstanter Temperaturhub über die gesamte Adsorptionsphase erreicht werden kann.

Neue Materialien weisen theoretisch erheblich bessere Eigenschaften als die bislang verwendeten Silikagele und Zeolithe bzw. Paraffine auf. Neben der weiteren Erforschung neuer Materialien spielt insofern vor allem die optimale Systemintegration und natürlich eine Reduktion der Herstellkosten eine wesentliche Rolle. Daneben spielt auch die Entwicklung geeigneter Reaktions- und Verfahrenstechnik zum Be- und Entladen dieser Speicher eine sehr wichtige Rolle.

Latentwärmespeicher mit einem Phasenwechsel fest-flüssig werden zukünftig eher als Kurzzeitspeicher sowohl im Sommer als auch im Winter einen Ausgleich zwischen Lasten und Quellen/Senken bieten. Eine Ausnahme bildet das bewusste Einsetzen der Unterkühlung der flüssigen PCM auf Raumtemperatur und die künstliche Einleitung der Kristallisation.

Das große Potential der Latentwärmespeicher liegt nicht nur in der Verkleinerung der Speichervolumina sondern auch darin, dass sie in unterschiedlichsten Formen in das Gebäude oder die technischen Anlagen integriert werden können, zum

Beispiel durch Integration in Baustoffe oder Bauteile oder durch Einbringung in Wärmeträgerfluide. Beide Varianten befinden sich aktuell am Beginn der Entwicklung und bedürfen weiterer F&E-Arbeiten auf allen Ebenen von der Materialforschung über die Komponentenentwicklung bis hin zur Systemintegration und Betriebsführung.

Um einen höheren solaren Anteil im Gebäudebestand zu erreichen, wird eine neue Generation von Wärmeenergiespeichern benötigt. Diese Speicher müssen kompakt, kosteneffektiv, sicher, sauber und einfach zu handhaben sein. Um diese Herausforderungen zu erfüllen, müssen neue Technologien und Materialien entwickelt werden.

Ein Teil dieser Arbeiten sollte die Entwicklung von Methoden zur vergleichbaren Charakterisierung und Beurteilung neuer Speichertechnologien beinhalten. Standardisierte Charakterisierungsverfahren sind derzeit nur für Warmwasserspeicher verfügbar. Aufgrund der Verschiedenheit der zugrunde liegenden physikalisch-chemischen Eigenschaften der unterschiedlichen neuen Speicheransätze werden spezifische Charakterisierungsverfahren notwendig sein, wobei die Art der Systemintegration des Speichers einen wesentlichen Einfluss auf die erzielbare Effizienz darstellt und damit bei Beurteilung und Vergleich der Technologien berücksichtigt werden muss.

Gegenwärtig sind die Forschungsgruppen, die an thermischer Energiespeicherung arbeiten, über Europa verteilt. Sie sind klein und sich nur unzureichend über die Arbeit der anderen bewusst. Über Jahrzehnte förderten die wesentlichen potentiellen Nutzenträger der thermischen Speichertechnologien, was den Kraft-Wärmekopplungs-Sektor und den Fernwärmesektor einschließt, die für eine Weiterentwicklung dieser Technologie notwendige Grundlagenforschung nicht. Öffentliche Einrichtungen taten dies ebenso wenig.

In diesem Bereich erscheint daher eine Bündelung der Kräfte, sowohl was die F&E Kapazitäten als auch finanzielle Ressourcen betrifft, auf europäischer Ebene sinnvoll.

4.8.3 Forschungsschwerpunkte

Um den o.g. Herausforderungen zu begegnen, wäre es sinnvoll, ein Netzwerk von Experten und Firmen auf europäischer Ebene aufzubauen. Der Austausch von Informationen, Fachkompetenz und Einrichtungen ist effektiv eine Voraussetzung für einen schnellen Fortschritt bei F&E und Innovation. Speziell zugeordnete öffentliche F&E-Mittel sollten auf nationaler und europäischer Ebene für thermische Speicherung bereitgestellt werden.

Grundlagenforschung

Grundlagenforschung im Bereich neuer Materialien zur Speicherung von thermischer Energie auf kleinem Raum ist unerlässlich, wobei thermochemische Systeme die Vorreitertechnologie für die kompaktesten Systeme sein sollte. Die

Materialien existierender Systeme auf Grundlage von Phasenwechsel-Materialien und Sorption sollten verbessert oder durch bessere Materialien ersetzt werden.

Die wichtigsten Forschungsthemen sind:

Materialentwicklung

- Verbesserung kompakter Speichermaterialien, wie Zeolite, Metall-Organische Strukturen (MOF), Silica-Gele, thermochemische Materialien für Hydratisierungsreaktionen und andere thermochemische Materialien. Die Entwicklung sollte zum Ziel haben, thermo-physikalische Eigenschaften zu verbessern, inklusive Speicherkapazität, Wärmeübertragung, struktureller Integrität und hydrodynamischem Verhalten.



Abbildung 28: Probe Magnesiumsulfat-Pulver – eines der thermochemischen Materialien, die untersucht werden.

(Quelle: ECN, Niederlande)

- Besseres Verständnis der Beziehung zwischen Struktur, Zusammensetzung und Wärmespeicherungsmerkmalen dieser Materialien.
- Verbesserte Techniken für die Synthese und Produktion von kompakten Speichermaterialien.
- Charakterisierung und Standard-Tests für Materialien.
- Numerische Modelle für molekulare und kristalline Wechselwirkungen.
- Multi-Skalen numerische Modellierung: Kopplung von Modellen auf Mikro- und Meso/Makro-Ebene.
- Materialien mit einer hohen Fähigkeit zu isolieren, inklusive Vakuumisolation und Aerogele.
- verbesserte Phasenwechsel-Materialien (PCM), um höhere latente Wärmewerte auf den geeigneten Temperaturstufen zu erreichen und ein besseres Verständnis zu erlangen, wie Unterkühlung und Phasentrennung gemeistert werden können. Verbesserung der Langzeit-Stabilität von PCM.
- Verständnis der Effekte der Kombination von Materialien unterschiedlicher Klassen, oder der Kombination eines Wärmespeicher-Materials mit einem Trägermaterial. Zum Beispiel Kombinationen von Silica-Gel und Zeolith, Salzhydrat in Zeolithen, Silicagel oder Zeolite in metallischen Schäumen sowie die Nutzung von Kohlenstoffgittern.
- Kombinationen aktiver Materialien mit einem flüssigem Trägerstoff: Suspensionen von mikro-verkapselten oder mikro-beschichteten

Phasenwechsel-Materialien mit signifikant besseren Eigenschaften als reines Wasser, kontrollierte Kristallbildung, Emulsionen aktiver Materialien, ionische Flüssigkeiten und die Entwicklung von Zusatzstoffen.

- Kombinierte PCMs (organisch und anorganisch) um bestimmte unerwünschte Merkmale individueller PCM s zu eliminieren.
- Materialien und Techniken zur Verkapselung und Beschichtung von Phasenwechsel- und thermochemischen Materialien.
- Suspensions- und Emulsionstechniken für Materialien zur kompakten Speicherung thermischer Energie.
- Numerische Modelle, um den Verkapselungsprozess, die Materialwahl und die Emulsionstechniken zu verstehen.
- Labortests und Simulationen, um die Wechselwirkung zwischen Mehrphasenströmung und festen Wänden zu verstehen und dadurch die Wärmetransferrate zu steigern.
- Verstärkte Forschungsarbeiten im Bereich sorptiver und thermochemischer Verfahren als Kurzzeit- und Langzeitspeicher sowie die dafür notwendige Verfahrens- und Reaktionstechnik.
- Entwicklung und Verständnis der Kombinationen unterschiedlicher Wärmespeichermedien (PCM in Wasserspeichern, Sorptionsmaterialien und Wärmetauscher zur Erreichung einer "Moving Front", Kombinationen mit Materialien zur Erhöhung der Wärmeleitung, etc.

Chemische Technologie

- Thermochemische Reaktortechnologie zur Wärmeproduktion und -speicherung, wobei die Wärme verteilter Systeme oder von Solarkollektoren genutzt wird.
- Zweiphasenreaktoren mit optimiertem Wärme- und Stofftransport.
- Mikro-Reaktorsysteme zur Wärmespeicherung in verteilten Systemen oder in neuartigen solar-thermochemischen Kollektoren: Wärme- und Stofftransport im Mikromaßstab.
- Reaktionskatalyse: Verständnis und Entwicklung der Effekte von Katalysatoren auf thermochemische Prozesse.
- Membrantechnologie: Entwicklung von Membranen zum selektiven Transfer von Reaktionskomponenten.

Angewandte Forschung

- Optimierung der Hydraulik in verbesserten Wasserspeichern, Verringerung von Mischungen und verbesserte Schichtung.
- Tanksysteme mit flexiblem Volumen, flexiblen Wandungen oder flexiblen Diaphragmen.
- Makro-Verkapselungstechniken für PCM, wobei gegenseitige Materialverträglichkeit, Sicherheit und Beständigkeit beachtet werden mit dem Ziel, PCMs in die Gebäudekonstruktion und in Gebäudekomponenten zu integrieren.

- Transport von Pulver, Suspensionen und Emulsionen sowohl für PCM, als auch für thermochemische Materialien innerhalb von Systemen und Komponenten.
- Weiterentwicklung einer Bandbreite von Reaktoren für thermochemische Wärmespeicherung und für Systeme mit Sorptions-Wärmespeicher. Dazu gehören Hydratpulver-, Membran- und Suspensionsreaktoren.
- Beobachtung und Optimierung des kombinierten Wärme- und Stofftransports in einem Reaktor.
- Entwicklung von Produktionstechnologie für Sorptionsmaterialien unter besonderer Beachtung der kombinierten Produktion von Sorptionsmaterial und Wärmeübertragungsflächen.
- Emulsionstechniken für Paraffin.
- Technologien zur Mischung von Phasenwechsel-Materialien mit oder in Gebäudematerialien.
- Beschichtungen für Tank- und Rohroberflächen.
- Optimierte oder intelligente Hydraulik- und/oder Luftströmungs-Schemata und Regelungssystemen für die Nutzung von Wärmespeicherung in Heizsystemen.
- Kostengünstige Sensoren und Kommunikationstechnologie für Wärmestrom, Durchfluss von Fluiden, Temperatur, Druck und Zusammensetzung.
- Entwicklung von Verfahren oder Sensoren zum Bestimmen der gespeicherten Energieinhaltes bei Speichern, die nicht auf sensibler Wärme basieren (PCM, sorptive und thermochemische Speicher)
- Schnelle und sichere Verbindung von Rohren und Kabeln.

Demonstration

Es ist notwendig, sowohl das Funktionieren neu entwickelter Materialien oder Methoden nachzuweisen, als auch neue Konzepte im Labormaßstab zu überprüfen.

Dies sollte von der Demonstration einer Technologie in einem kompletten System gefolgt sein, um das Ausmaß der Verbesserung des Stands der Technik (d.h. welchen solaren Deckungsgrad sie erreichen) zu ermitteln. Mehrere technische Ansätze wie verbesserte Wasserspeicher, PCM-, Sorptions- und thermochemischer Speicher sollten parallel verfolgt werden. Die Entwicklung anderer Komponenten und Hilfsgeräte sollte parallel fortgesetzt werden. Die Lebensdauer von fast kommerziellen Lösungen, einschließlich ihrer technischen Bestandteile, muss ebenfalls demonstriert werden, um ihre langfristige Funktionalität einzuschätzen. Es ist außerdem wichtig, Systemvarianten zu demonstrieren, die Wärmespeicher für kurze und lange Perioden beinhalten.

Bei der Mitteltemperatur-Speicherung sollte Folgendes demonstriert werden:

- die Nutzung von Wärmespeicherung zur Verringerung der Anlaufzeit,
- die Nutzung von Speichern zur Vermeidung von Systemüberhitzung,

- dynamische Lösungen in Bezug auf Reaktionszeit und Spitzenleistung der Wärmespeicherung und
- langfristige Funktion der Speichereinheiten.

Integration

Bisher werden Speicher als einzelne Elemente in das Gebäude eingestellt und mindern dadurch das Gebäudenutzvolumen. Durch die Integration von weiteren Elementen des Gesamtsystems der solaren Heizung wie konventionelle Wärmequelle, Brauchwarmwasserbereitung und Regelung in oder an den Speicher als eine vorgefertigte Einheit kann sowohl der Platzbedarf als auch die Fehleranfälligkeit bei der Montage des Systems deutlich reduziert werden.

Mit Einführung von Saisonspeichern und der Erhöhung der solaren Deckungsanteile bis hin zur Vollversorgung steigt der Platzbedarf deutlich an. Dem wird künftig einerseits mit neuen Speichermaterialien mit höheren Energiedichten und Reduzierung von Wärmeverlusten und Volumina der Wärmedämmung begegnet.

Nicht zu vergessen ist aber der innovative Einsatz von Wärmespeichern für solar unterstützte Biomasseheizungen. Hier hat der Wärmespeicher nicht nur den Effekt, die ungleichmäßige Wärmezeugung durch die Solaranlage zu speichern, sondern auch die Anzahl der Start/Stop Vorgängen des Biomassekessels zu verringern. Dies bringt eine Verringerung der CO und HC Emissionen des Kessels mit sich, da bei jedem Start und Stop Vorgang aufgrund unvollständiger Verbrennung bzw. Austrag von unvollständig verbrannten Rauchgasen ein hoher Peak dieser Emissionen auftritt. Außerdem sinkt der Wirkungsgrad der Kessel beim Takten, da die Auskühlverluste des Kessels nicht genutzt werden können. Selbst Kessel, welche bis zu einer Teillast von 30 % stationär betrieben werden können, takten aufgrund der geringen Leistungsanforderung der Gebäude ca. die halbe Heizperiode. Grundlegende Forschungsarbeiten haben gezeigt, dass durch den Einsatz von Phasenwechselmaterialien ein solcher Speicherbereich für den Biomassekessel sehr klein gehalten werden kann (ca. 75 l) und trotzdem die geforderte Warmwassermenge von 150 ltr und Warmwasserleistung von ca. 25 KW für das Befüllen einer Badewanne erreicht werden kann.

Entscheidend für die weitere Entwicklung in Richtung vollsolaren Wärmebereitstellung ist die Entwicklung neuer kompakter Langzeitwärmespeicher. Gleichzeitig muss es gelingen, das spezifische Speichervolumen von heute 13-17 m³/MWh durch den Einsatz von neuen Speichermaterialien um den Faktor 8 auf dann 2 m³/MWh zu reduzieren⁷. Im gleichen Maße wird der zur Aufstellung des Speichers erforderliche umbaute Raum abnehmen und somit auch die Baukosten.

⁷ Ein Volumen von 13 m³ entspricht einem Würfel mit einer Kantenlänge von 2,35 m, ein Würfel mit 2 m³ Inhalt hat nur noch eine Kantenlänge von 1,25 m.

4.9 Regelungssysteme

Auf freier Konvektion basierende Systeme (Thermosiphon) für die Brauchwassererwärmung benötigen keine Pumpe, weil die Zirkulation aufgrund der unterschiedlichen Dichten von heißem und kaltem Wasser natürlich entsteht. Jedoch decken die auf freier Konvektion basierenden Systeme nur den Brauchwasserbedarf ab. Systeme mit erzwungener Zirkulation hingegen benötigen ein Regelungssystem.

Typischerweise bestehen solarthermische Regelungssysteme aus einem Mikrokontroller, Sensoren zur Messung der Eingangsparameter (z. B. Temperatur und Einstrahlung) und aus Aktoren wie z. B. Pumpen oder Ventilen. Zusammen regeln diese Komponenten die Sammlung, Speicherung, Verteilung und Abführung von Energie und halten dabei das Klima des Gebäudes auf dem Niveau, dass dessen Bewohner oder Nutzer wünschen.

In manchen Fällen muss bei thermischen Solarsystemen auch die Entlüftung oder die Abgabe von überschüssiger Niedertemperaturwärme an eine Wärmesenke regelungstechnisch realisiert werden.

Thermische Solaranlagen sind jedoch häufig Teil komplexerer Heizsysteme und unter Umständen auch von Kühl- und/oder Lüftungssystemen (HVAC; heating, ventilation and air-conditioning). HVAC-Systeme sind wiederum Teil eines größeren Systems, welches das Gebäude selbst darstellt, mit seiner natürlichen oder speziell konzipierten Fähigkeit, Wärme zu speichern. Regelungssysteme, die nur ein Teilsystem regeln, sind oft suboptimal. Unglücklicherweise haben die Installationen heutzutage typischerweise separate Regler, die untereinander nicht kommunizieren. Beispiele hierfür sind die Brauchwasserproduktion, die Raumheizung und die Lüftungstechnik.

4.9.1 Stand der Technik

Heute basieren die meisten Regelungssysteme auf Mikroprozessortechnologie. Sensoren sind normalerweise über Kabel mit dem Regelungssystem verbunden. Die Regelungssysteme können auf einfachen oder komplexen Algorithmen basieren. Dies ist abhängig davon, ob nur einige wenige oder viele Parameter mit einbezogen werden.

Es wäre am besten, wenn ein Regler das gesamte HVAC-System kontrollieren würde (und unter Umständen auch Beleuchtung und andere elektrische Anwendungen sowie dazu in Beziehung stehende Teilsysteme eines Gebäudes). Dies wird jedoch verhindert durch ungenügende Standardisierung der Schnittstellen und der Kommunikation zwischen den verschiedenen HVAC-Teilsystemen. Es existieren keine Standards für die Kommunikation der Sensoren oder Aktoren mit dem Regler, was zu unnötigen Kosten führt, weil dieselbe Messung (z. B. die der Innentemperatur in einem spezifischen Raum) oft von

zwei separaten Sensoren durchgeführt wird, von denen jeder sein Signal an einen anderen Regler übermittelt.

4.9.2 Kernbereiche für technologische Entwicklung

Das Gesamtziel zukünftiger HVAC-Regler sollte es sein, das ganze System (z. B. ein Gebäude) zu steuern und dabei den Verbrauch an nicht erneuerbarer Energie bei einer durch die Nutzer eingestellten Raumtemperatur zu minimieren. Die Erreichung der größtmöglichen Gesamteffizienz impliziert, dass möglicherweise ein Teilsystem temporär auf einem suboptimalen Niveau betrieben werden muss.

Um diese Probleme zu bewältigen, wird eine detaillierte Analyse der Energieflüsse innerhalb des gesamten Systems (z. B. des Gebäudes) benötigt. Es ist notwendig, alle Energieflüsse innerhalb einer spezifischen Anwendung mit einzubeziehen und ein einziges Regelungszentrum für das gesamte Energiesystem zu entwickeln. Der Regler sollte sich an die Präferenzen individueller Nutzer erinnern und das System auf diese Präferenzen hin anpassen, während gleichzeitig der Energieverbrauch minimiert wird. Natürlich sollte der Nutzer in der Lage sein, das System zu beeinflussen, wenn es nicht das tut, was sie/er will.

Zusätzlich sollte das Regelungssystem den Benutzer informieren, wenn Wartungsbedarf besteht oder eine Fehlfunktion registriert wird. Regler sollten standardmäßig die Fähigkeit haben, die Leistung des Systems, das sie regeln, mit Referenzwerten für ein optimiertes System, das unter denselben Bedingungen (Außentemperatur, Solarstrahlung, Innentemperatur und Warmwasserbedarf) arbeitet, abzugleichen.

4.9.3 Forschungsschwerpunkte

Grundlagenforschung

- Szenarien dafür, was Nutzer von Regelungssystem im Jahr 2030 erwarten
- Weltweite Bestandsaufnahme und Benchmarking der verfügbaren technischen Lösungen
- Bestandsaufnahme der verfügbaren Regelungseinrichtungen und -strategien
- Verbesserung von System-/Gebäudesimulationen und Entwicklungswerkzeugen, um alle Komfortparameter wie Temperatur, Feuchtigkeit und Beleuchtung wie auch den Energieverbrauch zu berücksichtigen
- Methoden, um die Umweltauswirkungen eines Gebäudes als Ganzes über seine gesamte Lebensdauer hinweg einzuschätzen, sind nötig. Eine gemeinsame Plattform für den Austausch von Simulationsdaten zwischen den verschiedenen Akteuren sollte definiert werden.
- Entwicklungen fortgeschrittener, einfach zu nutzender und standardisierter Regelungstechnik für das Versorgungssystem

- Selbst anpassende und selbst optimierende Regelstrategien
- Integration neu automatisierter Methoden, wie Expertenwissen ("Fuzzy-Logik") -Regler und Kontrollalgorithmen, die auf der Optimierungstheorie basieren
- Die Entwicklung billiger und intelligenter (z. B. selbst anpassender) Sensoren, oder die Nutzung "virtueller Sensoren" die die Prozessbedingungen bewerten, indem sie mathematische Modelle anstatt von oder in Verbindung mit physikalischen Sensoren verwenden. Virtuelle Sensoren können dann eingesetzt werden, wenn ein physikalischer Sensor zu langsam, zu teuer oder zu kompliziert zu warten ist.
- Entwicklung von Kommunikationsplattformen zum Datenaustausch zwischen den unterschiedlichen Komponenten und dem Regler. Diese Plattformen können auf kabellosen Technologien basieren oder auf Netzwerken, die schon vorhanden sind und die für andere Zwecke genutzt werden. Diese Kommunikationsplattform kann auch als Schnittstelle für eine "Hardware-in-the-Loop" (HiL)-Simulation und für Tests von Regelungsstrategien am realen System verwendet werden.
- Entwicklung von Methoden für die Planung des gesamten Systems/Gebäudes unter Einbeziehung von Präferenzen für Komfort, Energieverbrauch, Ressourcenverbrauch und Kosten während der Lebensdauer des Gebäudes (Lebenszyklus-Kosten)
- Entwicklung von Inbetriebnahmewerkzeugen und -methoden die sicherstellen, dass die prognostizierten Ergebnisse vom System auch erreicht werden
- Entwicklung einer standardisierten Methode für die Bewertung des Gesamtverhaltens des Systems/Gebäudes und zur Überprüfung, ob die Anforderungen des Energielabels erfüllt werden

Angewandte Forschung

Entwicklung des Versorgungssystems:

- Entwicklung von zentralisierten Regelungssystemen für das gesamte Wärmeversorgungssystem; also die Entwicklung eines Systems, das für die Sammlung, Speicherung, Verteilung und die Abgabe thermischer Energie sowie für die Fehlererkennung und das Datenmonitoring zuständig ist.
- Im Hinblick auf die Abgabe von Überschusswärme (z. B. einer Kältemaschine) sollte das zentralisierte Regelsysteme diese Wärme zur am besten geeigneten Wärmesenke abführen (Umgebungsluft, evtl. über Solarkollektoren, Schmutzwasser oder Untergrund)
- Erhöhung der Bedienerfreundlichkeit
- Regelungssysteme, die auf Wettervorhersagen reagieren

- Frühe Erkennung von Fehlern im System mittels automatischer Fehlererkennung und Soll-Istwertvergleich
- Effizientes Monitoring durch fortgeschrittene Technologien wie die kabellose Kommunikation
- Vernetzung von Datenerfassung und -auswertung

Demonstration

Vor-Ort-Tests der zentralisierten Regelungssysteme in Neu- und Bestandsbauten sowie in anderen Arten von thermischen Energiesystemen wie beispielsweise solaren Prozesswärmeanlagen.

4.10 Neue Charakterisierungsmethoden, Standardisierung und Normung

Die solarthermische Nutzung von Sonnenenergie stellt einen wesentlichen Eckpfeiler einer zukünftigen nachhaltigen Energieversorgung dar. Entscheidend werden dabei die Entwicklung neuer Technologie sowie die Erschließung neuer Anwendungsfelder für die solarthermische Energienutzung sein.

Ein wichtiger Bestandteil im Forschungs- und Innovationsprozess ist dabei die Schaffung von Rahmenbedingungen, die eine schnelle Marktdurchdringung neu entwickelter Technologien ermöglichen. Nur durch eine rasche Einführung und Ausbreitung neuer Technologien kann der erzielte technologische Fortschritt unmittelbar real wirksam werden und zur Erreichung der energiepolitischen Ziele beitragen. Die Entwicklung und Implementierung von Strategien und Maßnahmen die eine schnelle Markteinführung innovativer Technologien ermöglichen, muss daher ein integrativer Teil von Forschungsaktivitäten sein und proaktiv vorangetrieben werden.

In diesem Kontext nehmen die Entwicklung neuer Charakterisierungsmethoden im Bereich solarthermischer Komponenten und Systeme und darauf aufbauend die Erarbeitung und Implementierung internationaler Standards und Normen einen wichtigen Stellenwert ein. Diese Arbeiten bilden eine wichtige Voraussetzung zur Schaffung genau jener Rahmenbedingungen die eine Basis für die breite Markteinführung neuer Technologien darstellen. Beispielhaft seien genannt:

- Schaffung von Kompatibilität
- Sicherung von Qualitätsstandards
- Schaffung einer einheitlichen Basis für Anreiz- und Fördersysteme

Das Fehlen entsprechender Standards stellt eine Eintrittsbarriere für neue Technologien in den Markt bzw. ein Hindernis zur Erreichung einer hohen Akzeptanz am Markt dar. Durch eine konsequente Entwicklung von Charakterisierungsverfahren und Standards für innovative Technologien können solche Barrieren vermieden werden, wobei diese Arbeiten parallel zur eigentlichen Technologieentwicklung erfolgen müssen. Ein wichtiges Ziel der österreichischen Solarthermie-Forschungsstrategie muss daher sein, eine international führende Rolle in diesem Bereich einzunehmen.

Dazu bedarf es grundlegender Arbeiten und Aktivitäten die in unmittelbaren Zusammenhang mit den im Rahmen dieser Forschungsagenda präsentierten Forschungsthemen stehen. Die Ergebnisse dieser Arbeiten müssen in internationale Netzwerke eingebracht werden, sodass sie unmittelbar in internationale Standards einfließen.

4.10.1 Stand der Technik

Die Entwicklung international einheitlicher Standards und Normen ist eine wichtige Voraussetzung zur Sicherung eines nachhaltigen Marktwachstums von Technologien. Ein Antrag zur Entwicklung Europäischer Normen auf dem Gebiet solarthermischer Systeme wurde erstmals 1995 von der European Solar Industry Foundation (ESIF) gestellt. ISO Normen im Gebiet der Solarthermie bestehen seit dem Jahr 1994. Zuvor war die Prüfung solarthermischer Kollektoren an völlig unterschiedliche nationale Regelwerke gebunden.

Mit Einführung des Solar Keymark Labels im Jahre 2003 wurde ein sehr erfolgreiches Qualitätslabel ins Leben gerufen, das die Qualität der Produkte kontinuierlich auf dem europäischen Markt sicher stellt und zusätzlich die einzige Basis für die Förderung von solarthermischen Kollektoren in allen Ländern der EU darstellt. Das Keymark hat wesentlich zum Erfolg heutigen Erfolg solarthermischer Systeme beigetragen.

Als wichtiges Beispiel sei die Zertifizierung solarthermischer Kollektoren genannt. Die Basis für die Zertifizierung von Kollektoren ist die Prüfung nach einer gültigen Norm wie beispielsweise EN 12975. Da viele neue Technologien im Bereich solarthermischer Komponenten und Systeme nicht von derzeitig gültigen Normen erfasst werden, können diese Technologien nicht zertifiziert und folglich auch nicht gefördert werden, eine Tatsache die ein wesentliches Hindernis für die Verbreitung dieser Technologie darstellt. Beispiele im Bereich solarthermischer Kollektoren umfassen unter anderem Luftkollektoren, nachgeführte konzentrierende Kollektoren, Photovoltaisch-Thermische-Kollektoren (PVT-Kollektoren), Solarkollektoren die Kondensationswärme nützen oder Polymerkollektoren.

Um dem technologischen Fortschritt Rechnung zu tragen werden neue Normen entwickelt bzw. bestehende Normen geöffnet und überarbeitet werden müssen. Letzterer Punkt wird bereits jetzt aktiv verfolgt (beispielsweise die Öffnung von Teilen der im Solarthermie-Bereich wichtigen Normen bzw. Vornormen EN 12975, EN 12976 und prCEN/TS 12977 zur Novellierung).

4.10.2 Kernbereiche Technologischer Entwicklung

Standardisierte Charakterisierung solarthermischer Komponenten

Neue Kollektortechnologien

Die Entwicklung neuer, standardisierter Test- und Charakterisierungsverfahren von solarthermischen Kollektoren fokussiert sich auf Kollektoren basierend auf neuen Materialien wie beispielsweise Polymeren, auf (nachgeführte) konzentrierende Mitteltemperaturkollektoren sowie auf Luftkollektoren und Hybridkollektoren (z.B. Luft/Wasser bzw. PVT-Kollektoren). Es wird erwartet dass

diese neuen Kollektortypen mittelfristig einen signifikanten Marktanteil erlangen werden. Neben der Überarbeitung bestehender Prüfmethoden die für diese Kollektortypen nicht angewendet werden können im Bereich neuer Kollektormaterialien wird vor allem die Entwicklung von Methoden zur Beurteilung der Beständigkeit der verwendeten Materialien über die gesamte Lebensdauer in Form beschleunigter Testzyklen eine wichtige Rolle spielen.

Grundlegende Arbeiten im Bereich der Entwicklung neuer Charakterisierungsverfahren für neue Kollektortechnologien als Basis für internationale Standards werden bereits auf europäischer und internationaler Ebene durchgeführt (z.B. in dem von der EU geförderten Projekt QAIST). Eine mittel- und langfristige Fortsetzung und Intensivierung dieser Arbeiten wird für die Etablierung neuer Kollektortechnologien von besonderer Bedeutung sein.

Neue Speichertechnologien

Im Bereich der standardisierten Prüfung von Speichern sind momentan hauptsächlich Verfahren zur Charakterisierung von Warmwasserspeichern gegeben. Standardisierte Prüfmethoden für Latentwärmespeicher, Sorptions-Wärmespeichersysteme oder thermochemische Speicher sind derzeit noch nicht vorhanden. Die unterschiedlichen charakteristischen Eigenschaften dieser Speichersysteme aufgrund der verschiedenartigen zugrundeliegenden physikochemischen Prozesse werden spezifische Charakterisierungsverfahren für die Einzeltechnologien bedingen. Bereits durchgeführte Forschungsarbeiten im Rahmen des IEA SHC Task 32 („Advanced Storage Concepts for Solar and Low Energy Buildings“) zeigen, dass die Art der Speicherintegration in das Gesamtsystem einen wesentlichen Einfluss auf die erzielbare Effizienz des Speichers hat. Dies wird bei der Entwicklung von standardisierten Verfahren zur Charakterisierung neuer Speichertechnologien zu berücksichtigen sein.

Standardisierte Charakterisierung solarthermischer Systeme

Systemkombinationen und Systeme mit hohem Integrationsgrad

Die energetische Beurteilung komplexerer Solarsysteme, die mitunter auch in Kombination mit anderen Heizungs- oder Kühltechnologien vorliegen können, kann nicht mehr alleinig durch die Prüfung von Einzelkomponenten erfolgen. Vielmehr hängt die Effizienz solcher Systeme vom Zusammenspiel mehrerer Komponenten sowie der Art von deren Integration in das Gebäude bzw. den Prozess ab. Zur Beurteilung solcher Gesamtsysteme ist eine Kombination aus spezifischen Prüfungen von Einzelkomponenten mit anschließender Simulation des Gesamtsystems erforderlich. Es wird daher wichtig sein, standardisierte Simulationsverfahren zu entwickeln und zu definieren, die eine objektive Beurteilung komplexer solarthermischer Systeme ermöglicht. Die Herausforderung an dieser Aufgabenstellung wird evident wenn man davon ausgeht, dass zukünftige solarthermische Systeme ein viel stärkeres Maß an Integration in das Gebäude erfahren werden. In diesem Fall stellen Bauelemente

des Gebäudes selbst (z.B. Fassaden) Komponenten des Systems dar, was eine komponentenbezogene Prüfung erschwert. Vielmehr wird dann das Gebäude selbst in den Beurteilungsprozess einzubinden sein. Die Entwicklung von Simulations- und Messmethoden die eine ganzheitliche Charakterisierung zukünftiger hochintegrierter Systeme ermöglicht sollte Gegenstand zukünftiger Forschungsprojekte sein.

Solarunterstützte Kühlung

Im Bereich der solarunterstützten Kühlung stellt die Einführung standardisierter Verfahren zur Beurteilung thermischer angetriebener Wärmepumpen eine wichtige Basis dar. Zusätzlich ist eine Modifikation von Prüfmethoden von Systemkomponenten wie Kollektoren oder Speicher im Hinblick auf solarunterstützte Kühlanwendungen erforderlich. Derartige Arbeiten werden bereits im Rahmen des IEA SHC Task 38 („Solar Air-Conditioning and Refrigeration“) bzw. im IEA HPP Annex 34 („Thermally Drive Heat Pumps“) durchgeführt. Basierend auf diesen Aktivitäten sollten zukünftig Verfahren entwickelt werden, die eine standardisierte Beurteilung gesamter solarunterstützter Kühlsysteme inklusive Back-up Systemen ermöglicht. Der Umfang möglicher Technologien und Anwendungen (wie in Kapitel 4.2 dargestellt) bildet eine besondere Herausforderung in diesem Zusammenhang.

Solare Großanlagen

Zurzeit dominieren solarthermische Anwendungen im kleinen Leistungsbereich mit dem Fokus auf Ein- und Zweifamilienhäuser den Europäischen Markt. Dennoch ist vor allem in den bereits gut entwickelten Märkten ein Trend zu solaren Großanlagen zu verzeichnen, der durch die Einführung und Intensivierung von Förderprogrammen weiter verstärkt werden wird. In bereits durchgeführten Forschungsprojekten (z.B. NEGST) wurde neben den hohen Kosten solarer Großanlagen auch das Defizit an standardisierten Wartungsmethoden aber auch standardisierter Methoden zur Ermittlung des Solarertrags als wesentliche Marktbarrieren identifiziert. Gerade letzterer Punkt scheint besonders wichtig, da die Instrumentierung solarer Großanlagen mit präzisiertem Monitoring Equipment einen vergleichsweise geringen Kostenfaktor darstellt. Die Entwicklung und europaweite Standardisierung von Ertragsberechnungsmodellen inklusive Monitoring Methoden stellt damit eine wichtige Basis für Investoren und Anlagenbetreiber dar und ist auch Grundlage für entsprechende Förder- und Impulsprogramme.

4.10.3 Forschungsschwerpunkte

Forschungsarbeiten im Bereich neuer Charakterisierungs- und Prüfmethoden sind definitionsgemäß eher dem Bereich der **angewandten Forschung** zuzuordnen. Dennoch sind beispielsweise weiterführende grundlegende Arbeiten insbesondere im Bereich der numerischen Systemsimulation eine wichtige Voraussetzung um

zukünftige Fragestellungen im Bereich der standardisierten Systemcharakterisierung zu beantworten.

Zukünftige Forschungsaktivitäten sollten folgende Schwerpunkte beinhalten:

- Entwicklung beschleunigter Lebensdauertests für Kollektoren basierend auf neuen Kollektormaterialien insbesondere Polymermaterialien.
- Entwicklung standardisierter Prüfmethoden für neue Kollektortypen wie Mitteltemperaturkollektoren, Luftkollektoren, Hybridkollektoren,...
- Entwicklung von Verfahren zur Beurteilung gesamter solarthermischer Systeme (z.B. Hybridsysteme) insbesondere von Systemen mit hohem Integrationsgrad.
- Entwicklung von Methoden zur standardisierten Charakterisierung neuer Speichertechnologien insbesondere Latentspeichern, Sorptionsspeichern und thermochemischen Speichern aber auch neuer Technologien für sensible Wärmespeicher.
- Entwicklung von standardisierten Simulationwerkzeugen zur Charakterisierung und Beurteilung komplexer Systemkonfigurationen.
- Entwicklung einheitlicher Verfahren zur Beurteilung solar unterstützter Kühltechnologien sowohl auf Komponentenebene als auch auf Systemebene.
- Entwicklung von einheitlichen Ansätzen zur Ertragsbeurteilung großer solarthermischer Anlagen.

5 Quellen

Austrian Council, 2009: FTI Strategie 2020 des Rats für Forschung und Technologieentwicklung, Wien, 2009

Baumann, D., 2009, Stand von Solarthermie und Wärmepumpenanlagen in Österreich – Anlagentechnik, Ökologie, Ökonomie, Potenziale und Nutzung, Diplomarbeit am Institut für Wärmetechnik, TU Graz.

Biermayr et.al.: BMVIT 2010; Erneuerbare Energie in Österreich, Marktentwicklung 2009

ECOHEATCOOL, 2006: The European Heat Market, Work Package 1, Final Report published by Euroheat & Power

ESTIF, 2007: Solar Thermal Action Plan for Europe, January 2007

ESTIF, 2009: Solar Thermal Markets in Europe, Trends and Market Statistics 2008, May 2009

ESTTP: Solares Heizen und Kühlen für eine nachhaltige Energiezukunft in Europa, Vision, Potenzial, Entwicklungsplan, Strategische Forschungsagenda, European Solar Thermal Technology Platform, Brüssel 2008

Trojek S., Augsten E., 2009, „Sie finden zusammen“: Artikel mit einer Übersicht von am Markt verfügbaren Solar+WP-Konzepten, Sonne Wind & Wärme 6/2009

Weiss, W. et.al.2009: Solar Heat Worldwide, IEA SHC, 2009

Weiss, W., Biermayr, P.: Potential of Solar Thermal in Europe, ESTIF, 2009

IMPRESSUM

Verfasser

Projektleitung:

Werner Weiss, AEE - Institut für Nachhaltige Technologien

Autoren:

Christoph Brunner, Joanneum Research

Rober Buchinger, Sunlumo

Christian Fink, AEE – Institut für Nachhaltige Technologien

Reinhold. W. Lang, Polymer Competence Centre Leoben

Michael Monsberger, AIT

Erich Podesser, Podesser Consulting

Gerald Steinmaurer, Austria Solar

Innovation Center

Wolfgang Streicher, TU Graz

Alexander Thür, AEE – Institut für

Nachhaltige Technologien

Gernot Wallner, Polymer Competence

Centre Leoben

Werner Weiss, AEE – Institut für Nachhaltige Technologien

Disclaimer

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

Weder der Klima- und Energiefonds noch die Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) sind für die Weiternutzung der hier enthaltenen Informationen verantwortlich.

Gestaltung des Deckblattes

ZS communication + art GmbH

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber

Klima- und Energiefonds

Gumpendorfer Straße 5/22

1060 Wien

E-Mail: office@klimafonds.gv.at

Web: www.klimafonds.gv.at