

25 Jahre Forschungsförderung Niedertemperatursolarthermie

Kerstin Krüger

Projektträger Jülich

Executive Committee Member für Deutschland IEA TCP Solar Heating and Cooling

Fazit

Die fokussierte Solarthermieforschungsförderung des Bundes startete 1994 mit dem Pilot- und Demonstrationsprogramm Solarthermie 2000. Die solare Forschungsförderung war seither in wechselnden Bundesressorts angesiedelt, zunächst im BMFT, ab 1998 im BMWi, ab 2002 im BMU bzw. BMUB und seit 2014 wieder im BMWi. Jedoch wurden auch bereits vor 1994 einzelne Solarthermieforschungsprojekte durch den Bund gefördert.

Das Volumen der Forschungsförderung ist seither kontinuierlich angewachsen; von 4-5 Mio. €a in den Förderkonzepten „Solarthermie2000“ und „Solarthermie2000plus“ auf aktuell ca. 12-15 Mio. € a. Dies entspricht etwa 1-1,2% des Umsatzes in der Solarthermiebranche. Seit 1995 - d.h. im Zeitraum von 25 Jahren - sind es mit den Demoprogrammen „Solarthermie2000“ und „Solarthermie2000plus“ und den marktunterstützenden Vorhaben insgesamt ca. 180 Mio. €. Die Forschungsergebnisse haben die Marktentwicklung deutlich beeinflusst und dazu geführt, dass Deutschland bereits seit Jahrzehnten globaler Technologieführer (nicht Marktführer) auf dem Gebiet der Solarthermie ist. Allerdings ist es nach wie vor zwingend als auch herausfordernd, dass und wie gute Forschungsergebnisse in der Praxis ankommen. Ende 2018 waren in Deutschland etwas mehr als 20 Mio. m² Sonnenkollektoren installiert. Dies entspricht einer installierten thermischen Leistung von 14,4 GW.^{1, 2} Seit dem Boomjahr 2008 mit Erdölpreisen von über 100 Dollar pro Barrel durchläuft der Markt einen sehr harten Konsolidierungsprozess. Weltweit sind mehr als 700 Mio. m² mit einer thermischen Leistung von insgesamt 500 GW installiert.

Vorphase

Eine der ersten großen solarthermischen Anlagen wurde 1975/76 vom Forschungsministerium gefördert; 1.500 m² für das Schwimmbad in Wiehl im Bergischen Land. Mitte der 70er Jahre wurden auch erste Solarhäuser gebaut. Die Städtische Wohnungsgesellschaft in Freiburg errichtete ein Solarhaus mit Wohnungen, die normal vermietet wurden. Vakuumröhrenkollektoren unterschiedlicher Hersteller sollten verglichen werden in einem Monitoringprojekt gefördert vom BMFT³.

Nach dem Reaktorunglück in Tschernobyl 1986 wurde der Jahresetat für die Forschung von Erneuerbaren Energien sofort von 100 Mio. DM auf 150 Mio. DM, später auf 300 Mio. DM aufgestockt.

Die Idee der Selbstbauinitiativen schwappt von Österreich nach Deutschland, engagierte Pionierfirmen positionieren sich am Markt.⁴ Außeruniversitäre Forschungsinstitutionen gründen sich nach und nach und viele schließen sich auf Anregung des Bundespräsidenten von Weizsäcker 1990 im Forschungsverbund Sonnenenergie⁵ (ab 2009 Forschungsverbund Erneuerbare Energien) zusammen, um die Forschungsaktivitäten für erneuerbare Energien zu bündeln und zu intensivieren.

¹ Quelle: Statistische Zahlen des Bundesverbandes für Solarwirtschaft Stand März 2019.

² Verschiedene Roadmaps gaben euphorischere Ziele für 2020 an mit z.B. 1 m²/Einwohner nach Europäischer Forschungs-Roadmap ESTTP von 2009.

³ Monitoring mit Umfang 4,2 Mio. DM, Förderquote 40%. Ergebnisse sind nahezu identisch mit heutigen Erfahrungen: Solare Deckung 61-67% der Warmwasserbereitung, 11-13% der Heizung.

⁴ Solaranlagen aus vorgefertigten Bausätzen konnten von Solaraktivisten in Eigeninitiative aufgebaut werden.

⁵ Zunächst 4 Einrichtungen: DLR, ISE, Jülich, HMI.

Innerhalb der Fördermaßnahme des Zukunftsinvestitionsprogramms (ZIP) wurden zahlreiche solarthermische Anlagen auf Einrichtungen der Bundeswehr bereits in den Jahren 1978 bis 1983 installiert, allerdings erst später im Programm „Solarthermie2000“ systematisch vermessen und bewertet.⁶

Das erste energieautarke Solarhaus ging 1992 in Freiburg in Betrieb und war damals eine Sensation. Über vier Jahre hat eine Familie zu Testzwecken im Gebäude mit Photovoltaikanlage und Sonnenkollektoren auf dem Dach und ohne externe Energiezufuhr gewohnt. Alle bis zu diesem Zeitpunkt bekannten Techniken wurden zusammengeführt. Das Wohnhaus-Projekt vom Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) in Freiburg hat gezeigt, dass eine eigenständige solare Energieversorgung möglich ist.⁷

Start der Forschungsförderung mit den Programmen „Solarthermie2000“ und „Solarthermie2000plus“

Solarthermie2000 (1994-2003)

Die gebündelte Forschungsförderung im Bereich Solarthermie startete mit dem Förderkonzept „Solarthermie2000“ in der Ressortzuständigkeit des BMFT mit einem Budget von insgesamt 41,5 Mio. € Kleinanlagen zur Trinkwasserbereitung wurden damals bereits im Marktanreizprogramm gefördert und galten als Stand der Technik. Gefördert wurden Großanlagen (>100m²) zur Trinkwassererwärmung sowie in einem weiteren Teilprogramm Pilotanlagen zur solaren Langzeitwärmespeicherung.

Aus 450 Projektvorschlägen wurden 58 Anlagen zur Trinkwassererwärmung - zunächst aufgrund des großen Sanierungsstaus in den östlichen Bundesländern, später wurde dies auf das gesamte Bundesgebiet erweitert - mit Kollektorflächen zwischen 100 und 1.600 m² gefördert und durch wissenschaftliche Messprogramme begleitet.⁸ Voraussetzung war ein maximaler Wärmepreis von 25 Pfennig/kWh und eine solare Ertragsgarantie.

Jede Anlage wurde für Breitenwirksamkeit mit damals noch sehr teuren elektronischen Anzeigetafeln ausgestattet.⁹

Im Bereich der Langzeitwärmespeicherung wurden 8 Pilotanlagen mit Kollektorflächen zwischen 550 und 7.500 m² und Speichervolumina zwischen 1.500 und 63.000 m³ gefördert, dabei wurden die unterschiedlichen Speicherkonzepte (Behälter-, Erdbecken-, Erdsonden- und Aquiferspeicher) erprobt.

Die wissenschaftliche Begleitung erfolgte federführend durch die ZfS Rationelle Energietechnik GmbH in Hilden in Zusammenarbeit mit 6 wissenschaftlichen Einrichtungen für die Trinkwasseranlagen, für die Anlagen mit Langzeitspeicherung kamen 3 weitere Einrichtungen dazu.¹⁰

⁶ Ergebnisse der Messungen im Abschlussbericht "Langzeitverhalten thermischer Solaranlagen" ZfS - Rationelle Energietechnik GmbH (1997). Durch die Messungen wurde eine Lebensdauer von mindestens 20 Jahren belegt, die Eingang in die Fachwelt hielt.

⁷ Konzeption und Bau eines energieautarken Solarhauses, Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (FKZ 0338973A/7).

⁸ Gefördert wurden öffentliche Einrichtungen wie Krankenhäuser, Studentenheim, Altenheime, aber auch Wohnhäuser.

⁹ Kosten für eine Anzeigetafel im Durchschnitt damals 10.000 DM.

Solarthermie2000plus (2004-2008)

Nach einem Wechsel der Ressortzuständigkeit im Jahr 2002 an das BMU wurde mit dem Nachfolgeprogramm „Solarthermie2000plus“ die Förderung von Pilot- und Demoanlagen mit projektbegleitendem Monitoring mit einem Budget von ca. 20 Mio. € fortgesetzt. Dabei wurde der Anwendungsbereich über die Trinkwassererwärmung hinaus erweitert auf Anlagen zur Heizungsunterstützung (8), auf Anlagen der 2. Generation zur Langzeitspeicherung (3) sowie auf Anlagen zum solaren Kühlen (5) und für solare Prozesswärme (3).

Insgesamt wurden mit den beiden Programmen „Solarthermie2000“ und „Solarthermie2000plus“ die technischen Voraussetzungen für thermische Großanlagen als auch für saisonale Langzeitwärmespeicherung geschaffen und in einer Reihe von Pilot- und Demoanlagen erprobt. Die Ergebnisse bildeten die Grundlage für die Marktentwicklung.

Parallel zur wissenschaftlichen Begleitung des Betriebs der in den Förderkonzepten Solarthermie 2000 und 2000 plus installierten Anlagen wurden auch umfangreiche Forschungsarbeiten zur Prüfung und Qualitätssicherung solarthermischer Anlagen und deren Komponenten, wie Kollektoren, Speicher und Regler, gefördert. Die Entwicklung und Validierung einer Reihe von Prüfverfahren hat, in Kombination mit dem großen Engagement der deutschen Solarthermie-Industrie, dazu geführt, dass der überwiegende Teil der europäischen und deutschen „Solarnormen“ heute auf Verfahren basieren, die in Deutschland entwickelt wurden.

Mit der Studie zu großen Solarwärmeanlagen (GroSol) des Bundesverbandes für Solarwirtschaft, gefördert aus Mitteln des Marktanreizprogrammes, als auch mit den darauf aufbauenden und vertiefenden Studien zu rechtlichen und technischen Hemmnissen im Mehrfamilienhausbereich einschließlich einer Kampagne sowie einer zeitlich befristeten Einrichtung von 3 Kompetenzzentren verteilt im Bundesgebiet sollten die Erfahrungen aus dem Förderkonzept in einer konzertierten Aktion auf den Mehrfamilienhausbereich breiter übertragen werden. Dieser ist bis heute allerdings ein sehr herausforderndes Marktsegment.¹¹

Langzeiterfahrungen

Die geförderten Anlagen wurden in dem Vorhaben ST2000langzeitEff einem Langzeittest mit einer Betreiberbefragung und einem einjährigen Monitoring an 10 ausgewählten Anlagen unterzogen.¹² Die Untersuchungen haben gezeigt, dass auch nach teilweise deutlich über zehn Jahren im Betrieb konstant hohe Nutzungsgrade erreicht werden (können), eine professionelle Wartung zur frühzeitigen Fehlererkennung und Ertragskontrolle vorausgesetzt.

Im Rahmen des laufenden Vorhabens futureSUN werden die in den Jahren 1996-2010 entwickelten und in den geförderten solaren Pilotanlagen erprobten vier Konzepte zur saisonalen

¹⁰ Beteiligt waren im Teilprogramm 2: TU Chemnitz, TU Ilmenau, FH Stralsund, FH Merseburg, anfangs noch Universität Potsdam, später kam noch Hochschule Offenburg dazu. Im Teilprogramm 3 Universität Stuttgart, ZAE Bayern und Universität Braunschweig.

¹¹ Förderung im Rahmen Begleitung des Marktanreizprogrammes: Studie zu großen Solarwärmeanlagen (GroSol), Abschlussbericht November 2007 (FKZ 03MAP072) und weitere 7 Vorhaben: Grosol Technik (FKZ 03MAP131), Grosol Recht (03MAP130), Grosol Infokampagne (FKZ 03MAP152), Grosol Website (FKZ 03MAP153) und Grosol Kompetenzzentren (FKZ 03MAP147, -149 und -150).

¹² Vorhaben STLangzeitEff der Hochschule Düsseldorf (FKZ 0325551A).

solaren Wärmespeicherung umfassend analysiert und unter aktuellen energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen bewertet, um zukunftsfähige Konzepte abzuleiten. Erste Ergebnisse zeigen, dass die bei der ursprünglichen Planung der Anlagen ausschließlich für die Speicherung der Solarwärme konzipierten Langzeitwärmespeicher heute als Multifunktionsspeicher genutzt werden können, so z. B. für die Speicherung von Wärme aus Power-to-Heat Anwendungen. Diese multifunktionale Nutzung führt u.a. zu einer deutlichen Reduktion der solaren Wärmekosten, da die Kosten für den Speicher nicht mehr ausschließlich auf die Solaranlage entfallen.¹³

Kontinuierliche Fortführung der Forschungsförderung bis heute

Nach reiner Förderung von Pilot- und Demoanlagen im Rahmen der beiden Förderkonzepte „Solarthermie2000“ und „Solarthermie2000plus“ wurden auch im Ergebnis von regelmäßigen, teilweise sehr kontrovers geführten Strategiegelgesprächen von Branchenvertretern aus Wissenschaft und Industrie mit dem Bundesministerium für Umwelt und Naturschutz¹⁴ zunehmend FuE-Vorhaben gestartet; zunächst im Rahmen des 5. Energieforschungsprogramms „Innovation und neue Energietechnologien“ (2005-2011). Zunächst galt eine grobe Aufteilung der Vorhaben in jeweils ein Drittel Pilot- und Demoanlagen, Monitoring und reine Forschungsvorhaben.

Seit 2011 im Rahmen des 6. Energieforschungsprogramms „Forschung für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung“ wurden verstärkt die verschiedenen Forschungsansätze in einer großen Themenvielfalt gefördert, insbesondere komponentenorientiert (Kollektoren, Speicher) bis hin zu gebündelten Aktivitäten in den verschiedenen sogenannten neuen Anwendungsbereichen solares Kühlen, Solarisierung von Wärmenetzen, solare Prozesswärme als auch gebäudeintegrierte Solarthermie (BIST).



Strategiegelgespräch 2011 unter Leitung Referatsleiterin Kerstin Deller, BMU 2011, Quelle: Eigenes Foto

Der kurz- bis längerfristige Forschungsbedarf im gesamten Bereich Niedertemperatur-Solarthermie wurde von über 100 Expertinnen und Experten aus Industrie und Wissenschaft für die verschiedenen Bereiche im Rahmen des DSTTP-Prozesses diskutiert und in der „Forschungsstrategie 2030“ gebündelt.¹⁵

¹³ Vorhaben futureSUN Verbund Steinbeis Innovation GmbH, ZAE Bayern und Universität Stuttgart (FKZ 0325897A-C).

¹⁴ Die sogenannten „Hohenheimer Gespräche“, zuletzt 2011 in Berlin.

¹⁵ DSTTP – Deutsche Solarthermie-Technologie Plattform. Forschungsstrategie Niedertemperatur-Solarthermie 2030 für eine nachhaltige Wärme- und Kälteversorgung Deutschlands, 2010 (Vorhaben Technosol, FKZ 0329281A).

Die wichtigen Forschungsfragen fanden Eingang in die zum 6. Energieforschungsprogramm korrespondierende Förderbekanntmachung des (ehemals) BMU zur Förderung von Forschung und Entwicklung im Bereich der erneuerbaren Energien.¹⁶ Diese Bekanntmachung wurde zunächst bis Ende 2014 unverändert vom BMWi, das die Förderung der erneuerbaren Energien zum April 2014 vom BMUB übernommen hat, fortgeführt. Eine anschließende Förderbekanntmachung wurde im Dezember 2014 veröffentlicht.

Als ein Element des Vorhabens „Technosol“ wurden von der DSTTP in den Jahren 2009, 2010 und 2013 in Berlin Technologiekonferenzen mit mehreren hundert Teilnehmern und Teilnehmerinnen durchgeführt. Auf der dritten Solarthermie Technologie-Konferenz im Jahr 2013 wurden der Status Quo der Branche mit Forschungs-Highlights, Innovationsforen sowie einem Start-up-Forum präsentiert und eine stärkere Fokussierung auf Kostensenkung, wirtschaftliche Umsetzung und Marktrelevanz kritisch diskutiert und empfohlen.



Technologiekonferenz, Quelle: eigenes Foto

Zu den verschiedenen Themenstellungen fanden begleitend bzw. ergänzend regelmäßig Expertenworkshops, Statusworkshops bzw. Fachgespräche statt: Solare Prozesswärme (2004 Freiburg, 2008 Frankfurt, 2011 Kassel, 2013 Berlin), Solare Kühlung (2012 Berlin), Solarthermie in Gebäuden und Quartieren - von der Forschung in die Praxis (2015 Berlin), Solarthermie in der Fernwärme (2017 Dresden), PVT - Zukunftstechnologie oder Nischenanwendung (2018 Freiburg) und Multifunktionale Solare Fassaden (2018 Berlin).



Solare Kühlung, Quelle: Eigenes Foto

¹⁶ Förderbekanntmachung zum 6. Energieforschungsprogramm – Forschung für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung vom 13. Dezember 2011.

Die Bundesministerien für Wirtschaft und Technologie, für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit sowie für Bildung und Forschung starteten 2011 eine gemeinsame Initiative zur Förderung von Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet von Energiespeichertechnologien. Wärmespeicher - wesentlich in solaren Systemen - waren in einem Teil auch adressiert.

2014 gründete sich als erstes von inzwischen 8 Forschungsnetzwerken des BMWi das Forschungsnetzwerk „Energie in Gebäuden und Quartieren“ heute „ENERGIEWENDEBAUEN“. Solarthermieexperten arbeiteten zunächst aktiv in 2 Arbeitsgruppen mit. Die DSTTP wird im Forschungsnetzwerk durch die 2017 gegründete Arbeitsgruppe 10 „Solarthermie-Technologie“ repräsentiert. Regelmäßig finden von den Branchenvertretern eigenständig organisierte sogenannte Klausurtagungen statt. Im Rahmen des breiten Konsultationsprozesses zum 7. Energieforschungsprogramm wurde von dieser Arbeitsgruppe eine Empfehlung erarbeitet.¹⁷

Ein aktueller und ausführlicher Statusbericht zum Technologiefeld „Solare Wärme und Kälte“ wurde im Rahmen des Leitvorhabens „Technologien für die Energiewende“ im Jahr 2017 erstellt.¹⁸



Gründung Netzwerk, Quelle: Projektträger Jülich

Im September 2018 hat das Bundeskabinett das 7. Energieforschungsprogramm „Innovationen für die Energiewende“ verabschiedet. In der laufenden Förderbekanntmachung Angewandte nichtnukleare Forschungsförderung im 7. Energieforschungsprogramm „Innovation für die Energiewende“ vom 1.10.2018 finden sich die grundsätzlichen Forschungsfragestellungen der Solarthermie sowohl in den Abschnitten Gebäude und Quartiere als auch Industrie und Gewerbe ohne größeren Detaillierungsgrad wieder.

2016 wurde eine weitere ressortübergreifende Förderbekanntmachung des BMWi/BMBF „Solares Bauen/Energieeffiziente Stadt“ ausgerufen. Im Januar 2019 wurde mit dem Ideenwettbewerb „Reallabore für die Energiewende“ ein Förderformat für neuartige Vorhaben mit großskaliger Umsetzung in realer Umgebung gestartet. Im Bereich energieoptimierte Quartiere ist die Solarthermie auch eine Option für die Erhöhung des regenerativen Anteils der Wärmeversorgung.¹⁹

¹⁷ Input der AG 10 enthalten in den Expertenempfehlungen Forschungsnetzwerk ENERGIEWENDEBAUEN, 2018

¹⁸ Vorhaben „TF Energiewende“ mit multikriterieller Analyse u.a. für den Bereich „Solare Wärme und Kälte“ durch Institut für Solarenergieforschung Hameln gGmbH und Review durch Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (FKZ 03ET4036A-C).

¹⁹ Die Einreichungsfrist der ersten Runde endete am 5.4.2019. Derzeit erfolgt die Auswertung der eingereichten Projektvorschläge.

Wichtige Ergebnisse der Forschungsförderung

Im Bereich Niedertemperatur-Solarthermie ist insgesamt ein hoher Technologiereifegrad erreicht worden.²⁰ Dies gilt insbesondere für kleinere Solaranlagen zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung im Ein- und Zweifamilienhaus-Bereich, die nach wie vor noch > 90% des derzeitigen Marktvolumens ausmachen. Eine große Vielzahl bewährter und standardisierter Systeme sind am Markt vorhaben.²¹ Allerdings sind die relativ geringen Ertragsunterschiede bei hoher Typenvielfalt und größeren Preisunterschieden sowie der Mangel an relevanten Vergleichsmaßstäben ein klares Indiz für ein weiteres Optimierungspotenzial der Systeme durch Standardisierung.

Komponentenentwicklung

Wichtige Ergebnisse zur Effizienzsteigerung von Flachkollektoren wurden u.a. durch das Verbundprojekt „HFK-Low-e“ erreicht.²²

Mit dem Verbundprojekt "Thermochrome Absorber für Solarkollektoren" wurde im Labor- und kleintechnischen Maßstab erstmals eine industrietaugliche thermochrome Absorberschicht mit erhöhter Wärmeabstrahlung im Stagnationsfall entwickelt. Diese Entwicklung wurde erstmals auf der ISH in Frankfurt 2015 als Weltneuheit vorgestellt. Die technische Umsetzung in einen industriellen Prozess und der Optimierung der Schichten und Fertigung erfolgte in einem aufbauenden Vorhaben. Die Schicht wird inzwischen vermarktet.²³

Zur Kostensenkung bei der Kollektorfertigung wurden Verbundvorhaben mit der Industrie im Bereich der Solarabsorberfertigung im Vorhaben „KoSoFla“²⁴ sowie im Verbundvorhaben „TPS-Kollektorfertigung“²⁵ realisiert. Durch die beiden Verbundvorhaben „SpeedColl“ und das Nachfolgevorhaben „SpeedColl2“ wurde bzw. wird mit großer Beteiligung der Branche die beschleunigte Alterung von Kollektoren unter extremen Klimabedingungen untersucht, um die Gebrauchs- und Lebensdauer von Kollektoren weiter zu erhöhen, entsprechende Prüfverfahren zu entwickeln und in die internationale Normung einzubringen.²⁶

Der Nischenbereich der Luftkollektoren ist mit dem Vorhaben „LuKo-E“ ein entscheidendes Stück vorangekommen (u.a. Entwicklung einer Prüfnorm).²⁷

Mit den 2016 gestarteten Verbundprojekten „KOST“ und „TEWISOL“ sollen wichtige Beiträge zur Kostensenkung durch Standardisierung von Komponenten geleistet werden. Dabei werden unterschiedliche methodische Ansätze verfolgt.²⁸

²⁰ Technologiebericht 1.4 Solare Wärme und Kälte innerhalb des Forschungsprojektes TF-Energiewende (FKZ 03ET4036A-C): Kollektoren TRL 2 bis 9, Wärmespeicher TRL 1 bis 9 und Systemtechnik TRL 3 bis 9.

²¹ Siehe auch Ergebnisse der älteren Vergleichstests von Stiftung Warentest 2009 und ÖKO-Test 2010.

²² Verbundvorhaben ISFH, Euroglas, Solvis und Vaillant (FKZ 0325973A-D).

²³ Verbundvorhaben ISFH und Viessmann Werke TASK (FKZ 0325988A+B und Folgevorhaben PROTASK (FKZ0325858A+B)

²⁴ Verbundvorhaben Laserzentrum Hannover und Fa. Solvis (FKZ 0325972A+B)

²⁵ Verbundvorhaben Hochschule Ingolstadt und Fa. Bystronic- Lenhardt (FKZ 0325974A+B)

²⁶ Verbundvorhaben „SpeedColl“ Fraunhofer ISE und Uni Stuttgart (FKZ 0325969A+B) und Nachfolgevorhaben „SpeedColl2“ (FKZ 0325865A+B)

²⁷ Vorhaben Fraunhofer ISE (FKZ 0325959A)

Bisher werden Kollektorentwicklungen mit iterativen Schritten und „körperlichem“ Modellbau mit jeweils mehreren Prototypen und aufwendiger Laborprüfung entwickelt und getestet, was hohe Entwicklungskosten und lange Entwicklungszeiten verursacht. Virtuelle, auf Basis von CFD- Simulationen entwickelte Rechen-Tools sollen Kosten und Zeiten der Entwicklung deutlich verkürzen.²⁹

Photovoltaik-Thermie (PVT) ist eine vielversprechende Technologie, bei der mit Hybrid-Kollektoren gleichzeitig Strom und Wärme erzeugt wird. Forschungen gibt es bereits seit 4 Jahrzehnten. Vor allem durch die sinkenden PV-Preise ist wieder ein wachsendes Interesse an PVT zu verzeichnen - auch international. Die unterschiedlichen technologischen Ansätze (unabgedeckt - abgedeckt, nicht konzentrierend - konzentrierend) bestehen nebeneinander. Sie ermöglichen unterschiedliche Anwendungen und haben daher nach Ansicht von Branchenvertretern alle ihre jeweilige Berechtigung. Die meisten Aktivitäten konzentrieren sich weltweit vornehmlich auf unabgedeckte Kollektoren in Kombination mit Wärmepumpen. In den Vorhaben „WPVT-Freeze“ und „Twin Power“ werden Wärmepumpen-Heizsysteme mit quellenseitig installierten PVT-Kollektoren untersucht.³⁰ „Twin Power“ fokussiert dabei auf unabgedeckte PVT-Kollektoren als direkte WP-Quelle. Ziel ist die Systementwicklung zur solar dominierten Gesamtenergieversorgung für Gebäude. Im Vorhaben „PVTgen2“ dagegen ging es um die Entwicklung und Pilotfertigung eines abgedeckten PVT-Hybrid-Kollektors; im Nachfolgevorhaben „PVT-Solutions“ sollen wirtschaftliche und effiziente PVT-Gesamtlösungen entwickelt werden.³¹ Im Vorhaben „OPVT“ werden organisch-basierte PV Module gekoppelt mit polymeren Thermiekollektoren untersucht.³² Die Ergebnisse werden international in den 2018 gestarteten IEA-SHC Task 60 „Application of PVT Collectors and New Solutions in HVAC Systems“ eingebracht. In dem aktuell geplanten Vorhaben „IntegraTE“ sollen vielfältige Maßnahmen zur Marktetablierung und Verbreitung von Anlagen zur thermisch-elektrischen Energieversorgung mittels PVT und Wärmepumpen im Gebäudesektor vor durchgeführt werden.³³

Durch FuE und Technikentwicklung sowie Lernkurveneffekte konnten die Kollektorproduktionskosten von 1995 bis 2010 halbiert werden und die Lebensdauer von 15 auf 20-25 Jahre erhöht werden.³⁴ Die Kollektorkosten machen aber nur ca. 1/4 der Systemkosten aus, der Endkundenpreis wird wesentlich durch Margen und Spannen von Handel und Installateur bestimmt.³⁵ Die erreichte Kostensenkung in der Produktion - zusätzlich beeinträchtigt durch temporär gestiegene Materialkosten für Aluminium

²⁸ Verbundvorhaben „Kost“ Fraunhofer ISE und Uni Stuttgart (FKZ 0325560A+B) sowie „Tewisol“ Fraunhofer ISE und RWTH Aachen (FKZ 0325855A+B). Die Ergebnisse flossen auch in die internationale Zusammenarbeit im Rahmen des IEA-SHC-Task 54 (Price Reduction of Solar Thermal Systems) und Task 57 (International Standards and Global Certification) ein.

²⁹ Vorhaben der Universität Stuttgart VirtColl (FKZ 0325556A)

³⁰ Verbundvorhaben „WPVT-Freeze“ Fraunhofer ISE und PA-ID Automation und Vermarktung GmbH (FKZ 0325854A+C) sowie „Twin Power“ ISFH, SolarWorld (insolvent) und HTW Berlin (FKZ 0325867A-C)

³¹ Verbundvorhaben „PVTgen2“ Solvis und Fraunhofer ISE (FKZ 0325538A+B) sowie „PVT-Solutions“ (FKZ 03ETW011A-C)

³² Vorhaben Fraunhofer ISE (FKZ 0325873)

³³ Geplantes Verbundvorhaben FhG ISE, Universität Stuttgart und ISFH in der Fördermaßnahme EnEff.Gebäude.2050 – Innovative Vorhaben für den nahezu klimaneutralen Gebäudebestand 2050

³⁴ Auswertung ISE und BMU-Forschungs-Roadmap Solarthermie 2020

³⁵ Klassischer 3-stufiger Vertriebsweg. Quelle: „Fahrplan Solarwärme“, BSW (FKZ 03MAP224).

und Kupfer - kommt nicht beim Endkunden an.³⁶ Untersuchungen an der Universität Kassel ergaben, dass in der Solarthermie sogar stärker ausgeprägte Lernkurven als in der vielbeachteten Photovoltaik erreicht wurden.³⁷

Ohne Förderung sind die solaren Wärmekosten mit ca. 10- 15 Cent/kWh für Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung bzw. für Kombianlagen mit ca. 15-20 Cent/kWh gegenwärtig ca. um den Faktor 1,5- 3 teurer als Wärmekosten basierend auf Gas oder Fernwärme. Im Vergleich zu den Wärmekosten einer Ölheizung können Solaranlagen unter günstigen Voraussetzungen bereits heute Wärme zu ähnlichen Kosten liefern. In Netzen und großen Freiflächen-Solaranlagen werden bereits Kosten von 5 bis 10 Cent/kWh erreicht.³⁸ Weiterer wesentlicher Kostenfaktor ist der Speicher, insbesondere bei Großanlagen der Saisonspeicher, der notwendig ist, um solare Deckungsanteile >50% am Gesamtheizenergiebedarf zu erreichen. Wird dieser Speicher jedoch als Multifunktionspeicher genutzt, so ergeben sich auch hier Kostensenkungspotenziale.

Weiterhin werden zur Kurz- als auch zur Langzeitspeicherung vornehmlich Wasserspeicher eingesetzt. Gute Ergebnisse zur Effizienzsteigerung (Langzeitspeicherung) von großen Wasserspeichern wurden durch die Entwicklung der Vakuumdämmung in den Vorhaben „VSI- Speicher“ und „StoEx“ erreicht.³⁹

Forschungsaktivitäten zu alternativen Speichertechniken für solare Anwendungen ergänzen das Portfolio: Am Forschungsinstitut ZAE Bayern wurde ein TCM-Labor zur Entwicklung geeigneter Materialien und Komponenten, insbesondere Wärmetauscher, für TCM-Speicher errichtet.⁴⁰ Im Vorhaben „Solspaces“ wurde eine nahezu vollständige solare Wärmeversorgung eines modular aufgebauten Kompakt-Wohngebäudes mittels Vakuumröhren-Luftkollektoren und TCM-Sorptionsspeicher entwickelt und in einem Experimentalgebäude umgesetzt.⁴¹ Neue organische Latentspeicher-Materialien für solarthermische Systeme im höheren Temperaturbereich wurden im Vorhaben „Prolatent“ untersucht.⁴²

Zur fachlichen Diskussion wurde gemeinsam mit den großen Projekten ein Arbeitskreis Langzeitspeicher initiiert und über viele Jahre hinweg gefördert.⁴³ Die Ergebnisse wurden auf einer zentralen Internetseite gebündelt.⁴⁴

Mit der ressortübergreifenden gemeinsamen Fördermaßnahme Energiespeicher, die zwar den Schwerpunkt Stromspeicher im Fokus hatte, wurden auch weitere Vorhaben zur thermischen Speicherung,

³⁶ Nach Gutachten Evaluierung MAP betragen die Endkundenpreise für solare Kombianlagen (WWB + Raumheizung) Stand 2010: 745 €/m² (Flachkollektor) bzw. 980 €/m² (Vakuumröhrenkollektor). Anlagen mit Flachkollektoren hatten 2010 sogar 10% höheren Preis als 2008.

³⁷ Vortrag Orozaliev, Werner, Vajen auf Solar World Congress / IEA SHC Abu Dhabi 2017: Lernkurve Trinkwarmwasserbereitung 18% und Kombisysteme 8%.

³⁸ Vgl. dänische große Freiflächenanlagen ohne Speicher erreichen solare Wärmekosten ca. 25-45 EUR/MWh

³⁹ Verbundvorhaben VSI-Speicher ZAE Bayern und Fa. Hummelsberger (FKZ 0325964A) und StoEx Universität Stuttgart und Fa. Sirch (FKZ 0325992A+B).

⁴⁰ Vorhaben ZAE Bayern (FKZ 0325978A)

⁴¹ Verbundvorhaben Universität Stuttgart und Fa. Schwörer Haus KG (FKZ 0325984A+B)

⁴² Verbundvorhaben Fraunhofer ISE, ILK, Sasol, WätaS und Industrial Solar (FKZ 0325549A-E)

⁴³ Dieser Arbeitskreis wurde inzwischen von der AGFW als Träger übernommen, ist aktuell wenig aktiv.

⁴⁴ www.saisonspeicher.de; wird im Rahmen verschiedener geförderter Vorhaben fortlaufend aktualisiert

insbesondere zu neuen Speichermaterialien und der Erhöhung der Speicherkapazität sowie verbesserter Wärmedämmung von Wasserspeichern mittels Vakuumdämmung gefördert.

Systemtechnik

Die in der DSTTP- Forschungsstrategie 2030 enthaltene Orientierung der Förderpolitik auf die Komponentenentwicklung wurde im Verlauf zuletzt zugunsten der Systementwicklung fokussiert.⁴⁵

In verschiedenen Studien - in denen teilweise konkurrierende Forschungseinrichtungen erfolgreich zusammen arbeiteten - wurden verschiedene auf Solarenergie basierende technische Versorgungskonzepte für Wärme und Strom für Wohngebäude ausführlichen Bewertungen unter energetischen, wirtschaftlichen, ökologischen sowie sozialwissenschaftlichen Gesichtspunkten unterzogen.⁴⁶ Auch Akzeptanzuntersuchungen wurden mit einbezogen.

Aspekte der Konnektivität (Digitalisierung), insbesondere Methoden zur Langzeitüberwachung und automatisierten Fehlerdetektion solarunterstützter großer Wärmeversorgungsanlagen als auch kleiner Anlagen mit geringer investivem Aufwand als auch die Möglichkeiten neuronaler Netzwerke für effiziente Regelungen wurden in verschiedenen Regelungsvorhaben adressiert.⁴⁷

Neben der weiteren Kostensenkung ist im Hinblick auf die Zielstellung klimaneutraler Gebäude die Erhöhung des solaren Deckungsanteils an der Energieversorgung ein wichtiger Forschungsgegenstand. Sogenannte Sonnenhäuser bzw. Solaraktivgebäude mit über 50% solarem Deckungsanteil und einem Primärenergiebedarf von $< 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2, \text{a})$ sind bereits etabliert und ausgewählte Gebäude wurden im Rahmen des Forschungsprojektes „HeizSolar“ vermessen, um das Konzept weiter zu optimieren.⁴⁸

Ein weiterer Schritt zur Senkung bzw. Vermeidung fossiler Energieträger war die Entwicklung sogenannter „Energie-Autarkhäuser“, wie sie auf Grundlage der Ideen von Prof. Leukefeld von der Firma Helma in Freiberg realisiert wurden und den Bedarf an Strom, Wärmebedarf und Mobilität weitestgehend durch PV und Solarthermie decken. Das Konzept wurde durch ein Monitoringprojekt evaluiert und inzwischen auf Mehrfamilienhäuser übertragen. Hier werden in einem wissenschaftlichen Monitoring erstmalig auch sozialwissenschaftliche Untersuchungen mit einbezogen.⁴⁹

Der Vorteil von solarthermiebasierten Wärmeversorgungskonzepten im Vergleich zur Kombination von PV und Wärmepumpe ist insbesondere der, dass durch die solarthermiebasierten Wärmeversorgungskonzepte die elektrischen Netze nicht zusätzlich belastet werden und auch keine zusätzlichen Kraftwerkskapazitäten vorgehalten bzw. installiert werden müssen, die nur wenige Tage im Jahr betrieben werden. Insbesondere diese Aspekte führen dazu, dass die volkswirtschaftlichen Kosten solarthermiebasierter Wärmeversorgungskonzepten deutlich geringer sind – auch wenn ihre Wärmepreise über denen von PV+Wärmepumpensystemen liegen.

⁴⁵ Dies entspricht auch den wesentlichen Aussagen auf der internen DSTTP-Klausurtagung 2013 in Kassel.

⁴⁶ Vorhaben „Futuresolar“ TU Braunschweig (FKZ 0325990A) und Verbundvorhaben „SolSys“ Fraunhofer ISE und TU Braunschweig (FKZ 0325558A+B)

⁴⁷ Vorhaben „Fedet“ Uni Kassel (FKZ 0325975A), Verbundvorhaben „Solarcheck“ Uni Kassel und Uni Stuttgart (FKZ 0325870A+B) und Vorhaben „ANNSolar“ Fraunhofer ISE (FKZ 0325548A).

⁴⁸ Vorhaben „HeizSolar“ Fraunhofer ISE mit Unterauftragnehmern (FKZ 0326971A).

⁴⁹ Vorhaben „EAHPLUS-Monitoring“ (FKZ 0325995) und „Eversol-MFH“ TU Bergakademie Freiberg (FKZ 03ETS004).

Forschen in den neuen Anwendungsgebieten

Vermehrt wurden in den letzten 10 Jahren mit wechselnder Schwerpunktsetzung FuE-Vorhaben in den sogenannten neuen Anwendungsgebieten solares Kühlen, solare Prozesswärme, solare Wärmenetze sowie Gebäudeintegration gefördert.⁵⁰

Solares Kühlen

Im Bereich der solaren Kühlung wurden aufbauend auf den Ergebnissen der „Solarthermie2000plus“-Demoanlagen⁵¹ insbesondere FE-Arbeiten zur Vereinfachung der Systemtechnik (Vorhaben „Sol-CoolSys“⁵² inklusive Feldtest mit kleinen Adsorptionskältemaschinen) sowie branchenübergreifende Aktivitäten zur Rückkühlung (Vorhaben „SolaRück“⁵³) gefördert. Mit einer institutsübergreifenden Vergleichsstudie „EVASOLK“ wurden die Chancen und Grenzen der solarthermischen Kühlung auch im Vergleich mit solarelektrischer Kühlung detailliert untersucht.⁵⁴ Deutschland hat in diesem Bereich die internationale Entwicklung wesentlich bestimmt.⁵⁵ Die neu entwickelten kleinen Ab- bzw. Adsorptionskältemaschinen konnten sich bis heute aufgrund ihrer hohen Kosten nicht durchsetzen. Die solare Kühlung ist und bleibt vorrangig eine Technikooption für südlichen Klimazonen. Derzeit ist der Wettbewerb mit dem solar-elektrischen Kühlen aufgrund des Preisverfalls der PV offen. Dieser Bereich wird aktuell nicht als prioritärer FE-Schwerpunkt gesehen.

Solare Prozesswärme

Der Bereich solare Prozesswärme wurde im Austausch mit den Branchenexperten immer weiterentwickelt. Im Ergebnis von Potenzialstudien⁵⁶ und Branchenkonzepten wurde die Prozessintegration erster großer Demoanlagen im Bereich Brauereien entwickelt und erprobt⁵⁷ und weitere Aktivitäten im Bereich Wäschereien, Lebensmittelindustrie sowie in der Automobil- und Zulieferindustrie gefördert.⁵⁸ Die Ergebnisse gingen in die VDI-Richtlinie 3988 „Solarthermische Prozesswärme“ 3988 ein.⁵⁹ Ausgehend auch von älteren Ergebnissen von Wirtschaftlichkeitsvergleichen insbesondere mit KWK geht

⁵⁰ Weltweit gibt es über 1.000 Anlagen zur solaren Kühlung und über 200 Anlagen zur industriellen solaren Wärmeversorgung (51 Anlagen >100 MWth sind bekannt und in der Datenbank des IEA-SHC Task 49 erfasst).

⁵¹ 5 Anlagen im Rahmen „Solarthermie2000plus“ mit wissenschaftlicher Begleitforschung gefördert

⁵² Verbundvorhaben Fraunhofer ISE, Fahrenheit GmbH (ehemals Sortech), Solvis GmbH & Co. KG (FKZ 0329605J/K/M)

⁵³ Verbundvorhaben Fraunhofer ISE, ILK, HfT Stuttgart, EAW Energieanlagenbau GmbH Westenfeld, InvenSor GmbH, Fahrenheit GmbH (FKZ 0325994A-F)

⁵⁴ Verbundvorhaben ILK, Fraunhofer ISE und ZAE Bayern (FKZ 0325966A-C)

⁵⁵ IEA-SHC Leitung Task 38 „Solar Air Conditioning and refrigeration“, aktive Mitarbeit in Task 48 „Quality Assurance and Support Measures for Solar Cooling“, beide abgeschlossen, follow-up in Vorbereitung unter deutsch-französischer Federführung.

⁵⁶ Lauterbach, Schmitt, Vajen: Das Potenzial solarer Prozesswärme in Deutschland, 2011 (FKZ 0329601T). Abrufbar im Internet: <http://solar.umwelt-uni-kassel.de/publikationen/uploads/>.

⁵⁷ Anlagen im Rahmen „Solarthermie2000plus“: Hofmühl-Brauerei Eichstätt (FKZ 0329609D), Hütt-Brauerei Kassel-Baunatal (FKZ 0329609E).

⁵⁸ Vorhaben „So-Pro-W“ Fraunhofer ISE, Industrial Solar, Hohenstein Institut für Textilinnovation und Valentin Software (FKZ 0325999A-D), „SoProW-Demo“ Fraunhofer ISE (FKZ 0325859), „SolFood“ IdE (FKZ 0325541A), „SolSteam“ Industrial Solar, Viessmann und DLR (FKZ 0325545A-C) und „Solarautomotiv“ Uni Kassel undStiftung für Ressourceneffizienz und Klimaschutz (0325863A+B).

⁵⁹ Weißdruck erscheint im Sommer 2019.

es zunehmend um energieeffiziente Gesamtversorgungslösungen.⁶⁰ Insgesamt sind in Deutschland ca. 33.000 m² Kollektoren in diesem Bereich installiert.⁶¹

Auf einer neutral informierenden Website sind alle Informationen einschließlich der entwickelten Planungsleitfäden, Machbarkeitstools und Übersichtskarte gebündelt.⁶² Die Entwicklungen wurden flankiert von internationalen Aktivitäten des IEA-SHC-Programms Task 33 und 49, die wesentlich durch Österreich und Deutschland initiiert waren.⁶³

Seit August 2012 wurden solare Prozesswärmeanlagen im Marktanzreizprogramm mit günstigen Bedingungen gefördert, seit Januar 2019 im neuen Förderpaket.^{64, 65} In Abgrenzung dazu fokussiert die Forschungsförderung auf die Prozessintegration und den höheren Temperaturbereich > 100°C,

Solarisierung von Wärmenetzen

Im gesamten Bundesgebiet nehmen die Aktivitäten im Bereich der „Solarisierung von Wärmenetzen“ zu. Seit einigen Jahren ist dieser Bereich ein wachsender Forschungsschwerpunkt, aktuell laufen 10 Vorhaben. Insbesondere in Dänemark sind derartige Großanlagen bereits weit verbreitet. Die derzeit weltgrößte Solaranlage mit 70.000 m² Kollektorfläche und 200.000 m³ Speichervolumen wurde Mitte 2015 von der Vojens Fernwärme in Dänemark in Betrieb genommen. In Deutschland ist die Integration in vorwiegend Bestandsnetze aufgrund der dort deutlich höheren Netztemperaturen wesentlich komplizierter.

Zu Beginn 2019 sind in Deutschland Anlagen mit insgesamt ca. 63.000 m² Kollektorfläche bzw. 44 MW installierter Solarwärmeleistung in Betrieb, 21.000 m² sind in Realisierung und aktuell sind 29 weitere Anlagen in Vorbereitung mit 133.000 m².⁶⁶

Im Vorhaben Multifunktionsspeicher Hamburg wurden wichtige technische (hydraulische Einbindung dezentraler Solaranlagen) und rechtliche Rahmenbedingungen (Hamburger Einspeisemodell) geschaffen, die jedoch durch die Konkurrenz zu KWK und deren bessere Förderbedingungen bisher nicht breit umgesetzt wurden.⁶⁷ Untersuchungen zu den wirtschaftlichen Möglichkeiten und Einsatzgrenzen der Kombination Solarthermie und KWK wurden in „SOLAR-KWK“ gefördert.⁶⁸

Ein Rechenwerkzeug, welches Ertragsgarantien belastbar vorhersagt, erhöht die Glaubwürdigkeit dieser

⁶⁰ Studie Industrielle Wärmekosten im Vergleich Eckert, Fichtner GmbH & Co KG, 2013. Erstellt im Rahmen des Vorhabens „Solarwärme für die Ernährungsindustrie“ (FKZ 0325541A). Systemische Betrachtungen insbesondere im Zusammenhang mit KWK im geplanten Vorhaben „ANANAS“ (FKZ 03ETW014A-D).

⁶¹ Aktuelle Auswertung der Universität Kassel im Vorhaben „Besopro“ (FKZ 03ETW003).

⁶² Website entwickelt und gepflegt von Universität Kassel www.solare-prozesswaerme.info.

⁶³ IEA-SHC Task 33 “Solar Heat for Industrial Processes” (2003-2007) und Task 49 “Solar Heat Integration in Industrial Processes” (2012-2015).

⁶⁴ Richtlinie zur Förderung von Energieeffizienz und Prozesswärme aus erneuerbaren Energien in der Wirtschaft.

⁶⁵ Seit der Einführung des Fördertatbestandes im August 2012 wurden bisher 233 (Bafa-) und 22 (KfW-) Anträge zur Förderung eingereicht, entsprechend ca. 14.000 m². Weiterhin werden vornehmlich kleine (und eher gewerbliche) Anlagen in einem breiten Anwendungsspektrum gefördert, trotz der Öffnung der bisherigen Größenbegrenzung von 1.000 m². BMWi-gefördertes Vorhaben der Universität Kassel (FKZ 03MAP286) begleitete den Förderkontext.

⁶⁶ Aktueller Zwischenbericht im Vorhaben „SolNet4.0“ (FKZ 03EGB0002A)

⁶⁷ Vorhaben „Multifunktionaler Speicher Bramfeld-Karlsöhne“ E.ON Hansewärme Hamburg (FKZ 03296070)

⁶⁸ Vorhaben „Solar-KWK“ Steinbeis Innovation gGmbH (FKZ 0325542A)

Technologie und ihrer Anbieter und ist eine Voraussetzung dafür, das Vertrauen von Investoren in diese Technik zu gewinnen.⁶⁹ Im Vorhaben „SOLSTAND“ wurden Grundlagen erarbeitet, künftig standardisierte Lösungen der Schnittstellen und mögliche (kostengünstige) Systemkonfigurationen anbieten zu können.⁷⁰

In Crailsheim wurde bereits im Programm „Solarthermie2000“ mit 7.500 m² Kollektorfläche und 37.500 m³ saisonalem Wärmespeicher (Erdsonden) mit Förderung des damaligen BMU und des Landes Baden-Württemberg die bis heute größte solarthermische Anlage mit saisonalem Speicher in Deutschland errichtet und in einem wissenschaftlichem Messprogramm begleitet. Die Konzeptentwicklung zur Erweiterung und Kombination mit KWK und Wärmepumpen und die gewünschte Umsetzung einschließlich wissenschaftlicher Begleitung laufen.⁷¹

Neben den bundesgeförderten FuE-Vorhaben „Wärmedrehscheibe Hennigsdorf“ mit dem Ziel 80%iger erneuerbarer Wärmeversorgung (Solar+Biomasse in einem umfassenden Systemansatz), „Solare Fernwärme Chemnitz-Brühl“ sowie „Green Heat“⁷² wurde die derzeit in Deutschland größte solarthermische Anlage der Stadtwerke Senftenberg mit 8.300 m² im Sommer 2016 erbaut und in Betrieb genommen.

Auch das BMUB fördert mit dem Projekt „SolarHeatGrid“ ein Modellvorhaben der Stadtwerke Ludwigsburg-Kornwestheim, die Anlage soll noch in diesem Jahr in Betrieb genommen werden und wird die Anlage mit der größten Kollektorfläche in Deutschland sein.⁷³

Zur Europäischen Verbreitung förderte die EU eine Reihe von aufeinander aufbauenden Vorhaben „SolarDistrictHeating“, teilweise mit deutscher Kofinanzierung aus dem Marktanreizprogramm.⁷⁴

Ergänzend zur Forschungsförderung wird auch die weitere Marktbereitung von solaren Wärmenetzen unterstützt. Die acht führenden Anbieterunternehmen solarthermischer Großanlagen sind in das Vorhaben eingebunden.⁷⁵

Bauwerksintegration

Bisher wenig verbreitet sind solarthermische Fassadenlösungen, die gebäudeintegrierte PV ist in diesem Bereich deutlich weiterentwickelt.

⁶⁹ Verbundvorhaben „SCFW“ Ritter Energie- und Umwelttechnik GmbH & Co. KG und Steinbeis Innovation gGmbH (FKZ 0325554A+B)

⁷⁰ Verbundvorhaben „SOLSTAND“ TU Dresden und Viessmann (FKZ 0325553A+B)

⁷¹ Verbundvorhaben „CROW“ Stadtwerke Crailsheim und Uni Stuttgart (FKZ 0325869A+B)

⁷² Vorhaben „Wärmedrehscheibe Hennigsdorf“ Stadtwerke Hennigsdorf (FKZ 0325864), „Solare Fernwärme Chemnitz-Brühl“ TU Chemnitz (FKZ 0325871) und „Green Heat“³ Stadtwerke Dresden, Sandwerke Dresden und TU Dresden (0325872A-C)

⁷³ Vorhaben im Rahmen der nationalen Klimaschutzinitiative (FKZ 03KSM0024) ; Geplant sind 14.800 m² Kollektorfläche und 2.000 m³ Speichertank

⁷⁴ Von 2009 bis 2015 SDH take off (FKZ 03MAP183) , sdh plus (FKZ 03MAP249), sdh p2m ohne deutsche Kofinanzierung des Bundes, alle Informationen gebündelt unter: <https://www.solar-district-heating.eu/de/startseite/>

⁷⁵ Verbundvorhaben Steinbeis Innovation gGmbH, AGFW und Hamburg Institut Research gGmbH „Solnet4.0“ (FKZ 03EGB0002A-C) n der Fördermaßnahme EnEff.Gebäude.2050 – Innovative Vorhaben für den nahezu klimaneutralen Gebäudebestand 2050

Bereits vor 10 Jahren wurden erste entsprechende Vorhaben gefördert. Das neuartige Aluminiumfassadenkonzept mit integrierten Solarthermie-Kollektoren wurde 2010 mit dem "Intersolar Award" ausgezeichnet.⁷⁶ Im Vorhaben „AktiFas“ wurde 2014 eine aktuelle Bestandaufnahme vorgenommen und eine heute noch aktuelle Forschungsroadmap entwickelt.⁷⁷

Von den Experten der AG 6 im Forschungsnetzwerk ENERGIEWENDEBAUEN wurde 2017 die Idee eines „1000 Solar-Fassaden-Programmes“ entwickelt, bis heute aber noch nicht umgesetzt.

Am Fraunhofer ISE wurde ein neuartiger Freilandprüfstand zur Charakterisierung von g-Wert und Solarenergienutzung für übliche fassaden- und dachintegrierte Komponenten sowie für neue multifunktionale Komponenten konzipiert, errichtet und in Betrieb genommen.⁷⁸

Aktuell läuft eine interessante Entwicklung von architektonisch hoch integrierten Fassadenkollektoren mit Heat-Pipes.⁷⁹

Ergebnisse werden international in den IEA-SHC Task 56 „Building Integrated Solar Envelope Systems for HVAC and Lighting“ eingebracht.

Fazit

Die Forschung im Bereich Niedertemperatur-Solarthermie ist in Deutschland insgesamt auf einem hohen Niveau, insbesondere im Bereich der Speicher- und Kollektortechnik sowie der Systemtechnik und neuer Anwendungsgebiete. International sind die Forschenden bestens vernetzt. Man kann insgesamt von einer Technologieführerschaft von Deutschland/Österreich weltweit sprechen, die sich allerdings nicht im aktuellen Marktwachstum widerspiegelt.

Rahmenbedingungen – Marktentwicklung

Anfang der 2000er Jahre wurden die unter maßgeblicher Mitarbeit Deutschlands erarbeiteten europäischen Normen für thermische Solaranlagen erstmals publiziert und lösten damit die bisher gültige Normreihe DIN 4757 (Sonnenheizungsanlagen) aus dem Jahr 1982 ab. Hierbei handelte es sich um die Normen EN 12975 Teil 1 und 2 für Sonnenkollektoren, EN 12976 Teil 1 und 2 für sogenannte vorgefertigte Solaranlagen und EN 12977 Teil 1 bis 5 für sogenannte kundenspezifisch gefertigte Solaranlagen. In den vergangenen fast zwei Jahrzehnten wurden diese europäischen Solarnormen kontinuierlich überarbeitet und an aktuelle Entwicklungen angepasst, so dass sie heute, mit Ausnahme der EN 12975-2, die zwischenzeitlich in die ISO 9806 überführt wurde, noch relevant sind.

Nach der erstmaligen Veröffentlichung der europäischen Solarnormen Anfang der 2000er Jahre wurde - ebenfalls unter maßgeblicher Beteiligung Deutschlands - damit begonnen, das Solar Keymark als europäisches Zertifizierungszeichen für solarthermische Produkte zu erarbeiten. Die ersten Solar Keymark zertifizierten Sonnenkollektoren waren 2003 auf dem Markt verfügbar. Heute werden ca. 1500 Solar Keymark zertifizierte Produkte auf dem europäischen Markt angeboten und die Solar Keymark

⁷⁶ Vorhaben „Weiterentwicklung von solarthermischen Fassadenkollektoren mit Vakuumröhren zur Integration in Fassaden von Bürogebäuden zur Energiegewinnung, Tageslichtnutzung und als transparenter Sonnenschutz“ Uni Stuttgart (FKZ 0325956A)

⁷⁷ Vorhaben Fraunhofer ISE (FKZ 0325536A)

⁷⁸ Vorhaben „g-Wert-Tracker“ Fraunhofer ISE (FKZ 0325980A)

⁷⁹ Verbundvorhaben „Arkol“ Fraunhofer ISE, Priedemann Facade-Lab GmbH und DAW SE (FKZ 0325857A-C)

Zertifizierung ist u. a. auch eine Voraussetzung dafür, dass für Sonnenkollektoren eine Förderung aus dem Marktanzreizprogramm gewährt wird.

Aufgrund der Erfolgsgeschichte der Solar Keymark Zertifizierung wird gegenwärtig- ebenfalls wieder mit maßgeblicher Mitarbeit Deutschlands - im Rahmen des Global Solar Certification Networks (GSCN) eine einheitliche, globale Zertifizierung für Sonnenkollektoren bzw. Solaranlagen etabliert. Dadurch werden Handelshemmnisse abgebaut und die Kosten für die Prüfung von Produkten gesenkt, so dass Verbraucher und Industrie davon gleichermaßen profitieren.

Für die politischen Rahmenbedingungen gilt das Prinzip „fordern“ und fördern“. Seit 2008 regelt das EE WärmeG den Neubaubereich mit einem zwingenden Anteil an erneuerbaren Energien.⁸⁰ Ergänzend gibt es die ENEC. Aktuell sollen im geplanten Gebäudeenergiegesetz die gesetzlichen Regelungen zusammengeführt werden.

Die Markteinführung wird seit 1994 mit wechselnden Förderbedingungen über das Marktanzreizprogramm (MAP) gefördert, welches sich von einem komplexen Fördermodell für innovative Wärme und Stromtechnologien zu einem auf Wärme fokussierten Modell entwickelt hat. Von 2000 bis 2017 wurden rd. 1,2 Mio. thermische Solaranlagen mit Investitionszuschüssen von ca. 1,46 Mrd. € gefördert.⁸¹ Seit 2019 wird solare Prozesswärme in Deutschland auf Basis der Richtlinie „Förderung der Energieeffizienz und Prozesswärme aus Erneuerbaren Energien in der Wirtschaft“ gefördert.

Seit 1999 wurden für die Solarthermie mehrere (geförderte) Kampagnen durchgeführt.⁸² Längerfristig hatte sich die „Woche der Sonne“ unter Federführung des BSW etabliert (adressiert PV und Solarthermie).

Der „Fahrplan Solarwärme“ des Bundesverbandes Solarwirtschaft, gefördert mit Mitteln des BMU, sah die solare Prozesswärme als stark wachsenden Markt ab 2020.⁸³ Dieser Bereich wurde auch international (IEA-SHC Technology Roadmap bis 2050) als der zukünftige Hauptmarkt der Solarthermie gesehen.⁸⁴ Aktuell ist allerdings eher ein wachsender Markt im Bereich der solaren Wärmenetze zu verzeichnen.

Das nationale Marktumfeld ist durch die rasante Kostenreduktion im Bereich PV, die Vielzahl der konkurrierenden Technikoptionen sowie durch die günstigeren Rahmenbedingungen im EEG, der KWK-Förderung und der Gebäuderichtlinien (EnEV, europäische Gebäuderichtlinie NZEB) trotz MAP- und KfW-Förderung angespannt bis kritisch. Nach einem euphorischen Markt in 2008 gibt es seither einen deutlichen Rückgang und die Branche durchläuft seit Jahren einen harten Konsolidierungsprozess. Dieser Trend setzte sich auch in 2018 fort. Ende 2018 gab es rund 2,4 Mio. thermische

⁸⁰ Solarthermie ist eine der benannten Technikoptionen. Gemäß erstem Erfahrungsbericht EE WärmeG vom 19.12.2012 wurde in jedem 5. Neubau eine solarthermische Anlage errichtet. Inzwischen liegt ein weiterer Erfahrungsbericht vor.

⁸¹ Erneuerbare Energien in Zahlen. Nationale und internationale Entwicklung im Jahr 2017, herausgegeben vom BMWi

⁸² 1999 bis 2001 „Solar - na klar“ mit DBU-Förderung; 2003 bis 2009 „Regio Solar“ und „Woche der Sonne“ mit BMU-Anschubfinanzierung; 2009 bis 2012 „Solar - so heizt man heute“ mit BMU-Finanzierung für Mehrfamilienhausbereich; BDH-kampagne unter www.sonnenheizung.de

⁸³ Bundesverband Solarwirtschaft e.V. mit Autorenteam: Fahrplan Solarwärme – Strategie und Maßnahmen der Solarwärme-Branche für ein beschleunigtes Marktwachstum bis 2030 (2012, FKZ 03MAP224). Im Rahmen des Fahrplans wurde allerdings nur das Marktsegment industrielle Prozesswärme bis 100°C betrachtet.

⁸⁴ IEA-SHC: Technology Roadmap: Solar Heating and Cooling, 2012. Abrufbar im Internet: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/technology-roadmap-solar-heating-and-cooling.html>

Solaranlagen mit insgesamt 20,5 Mio. m² bzw. 14,4 GW thermischer Leistung. Der Anteil der Solarthermie am Endenergieverbrauch Wärme beträgt jedoch damit < 1% (Anteil solar ca. 5% an der erneuerbaren Wärme).⁸⁵

Die Experten der Deutschen Solarthermie-Technologie Plattform (DSTTP) trugen maßgeblich zur Initiierung der Europäischen Solarthermie-Technologie Plattform bei, bis diese dann als Solar Thermal Technology Panel in der Renewable Heating and Cooling European Technology and Innovation Plattform aufging.⁸⁶

Seit Herbst 2015 ist die Ökodesign-Richtlinie der EU auch in Deutschland wirksam. Das Label informiert Endverbraucher darüber, wie energieeffizient die Heizungsanlage und ihre Komponenten sind. Sonnenkollektoren werden nicht extra ausgezeichnet, die Einbindung einer Solaranlage verbessert allerdings die Effizienzklasse, eine Kennzeichnung von „A+ bis A+++“ kann erreicht werden.

Über viele Jahre hinweg gab es ca. 20.000 Beschäftigte in der Solarthermie- Branche (inkl. installierendem Handwerk), in den vergangenen Jahren sind allerdings zahlreiche Arbeitsplätze verloren gegangen.⁸⁷

In Deutschland steht die weitere Marktentwicklung in stark wachsender Konkurrenz zu weiteren Technikoptionen, insbesondere auch zum Heizen mit PV und Wärmepumpe, zumal im Neubau durch energieeffizientes Bauen und gesetzliche Rahmenbedingungen (EnEV) der Heizenergiebedarf weiter sinkt und der PV-Eigenstromverbrauch zur Netzentlastung im Mittelpunkt steht und günstig gefördert wird.

Künftige Marktchancen sehen Branchenexperten insbesondere im Bereich der solaren Prozesswärme, der Solarisierung von Wärmenetzen (Sommerbetrieb), aber auch in Verbindung mit dem solarem Bauen (von Solaraktivhäusern bis hin zu solaren Stadtquartieren) und der Solarisierung im Gebäudebestand. Zunehmend wichtig wird auch das Zusammenwachsen flexibler Strom- und Wärmemärkte u.a. durch die thermische Speicherung von Überschussstrom aus erneuerbaren Energien.

Internationale Forschungs Kooperation

Unter dem Dach der Internationalen Energieagentur wurden technologisch ausgerichtet Forschungsoperationen - sogenannte Technical Collaboration Programmes - eingerichtet. Das „Solar Heating and Cooling Programme (SHC)“, gegründet 1977, gehörte zu den ersten Programmen. Deutschland spielte von Beginn an eine wichtige gestaltende Rolle. Vertreter aus aktuell 20 Ländern und 5 Organisationen steuern die Kooperation. Inzwischen sind 55 Arbeits-Tasks⁸⁸ beendet, aktuell laufen 7 Tasks in breiten Anwendungsgebieten von PVT-Kollektoren über Prozesswärme bis hin zu solaren Wärmenetzen.⁸⁹ Einmal im Jahr tauschen sich Vertreter der Programme mit Bezug zum Gebäude in einem Arbeitstreffen aus.

⁸⁵ Bundesverband Solarwirtschaft e.V. Statistische Zahlen der deutschen Solarthermiebranche Stand März 2019 unter BSW-Solar/www.solarwirtschaft.de.

⁸⁶ <http://www.rhc-platform.org/structure/solar-thermal-technology-panel/>

⁸⁷ Aktuellere Zahlen liegen nicht vor.

⁸⁸ Tasks laufen i.d.R. 3 Jahre und werden von einem sogenannten Operating Agent gesteuert. Jedes Land finanziert die Teilnahme seiner Expertinnen und Experten.

⁸⁹ Siehe www.iea-shc.org

2012 wurde ein eigenes internationales Konferenzformat etabliert, 4 internationale Konferenzen fanden statt. 2017 fand die SHC-Konferenz in Kooperation mit dem ISES - Solar World Congress statt. Dieses Format wird in diesem Jahr wiederholt.⁹⁰

Die in 2018 verabschiedete Strategie 2019-2024 sieht vor, dass thermische Solarenergie signifikante Anteile an der Wärmeversorgung im Gebäude- als auch im Industriebereich erreicht und wesentlich zur Erreichung der Pariser Klimaziele beiträgt.⁹¹

Seit vielen Jahren erscheint der Bericht „Solar Heat Worldwide“ mit einem Überblick über die globale Entwicklung des Solarthermie-Marktes. Weltweit waren Ende 2017 ca. 675 Mio. m² (entsprechend 472 GW) installiert. Nach China, den USA und der Türkei ist Deutschland das Land mit der viertgrößten installierten kumulierten Kollektorfläche bzw. installierten solarthermischen Leistung.⁹²

Studentische Teams von Hochschulen aus der ganzen Welt beteiligen sich seit vielen Jahren bei dem solaren Gebäudewettbewerb Solar Decathlon. 2021 kommt dieser Wettbewerb nach 13 erfolgreichen Wettbewerben erstmals nach Deutschland. Deutsche Hochschulen nahmen bereits mehrfach erfolgreich teil.⁹³

Danksagung

Mein Dank gilt meinem langjährigen Kollegen Dr. Peter Donat (im Ruhestand), meiner Kollegin Annett Kühn sowie Dr. Harald Drück vom IGTE, Universität Stuttgart für die für die konstruktive und wertvolle Unterstützung.

⁹⁰ San Francisco, Freiburg, Peking, Istanbul, Abu Dabhi (2017), Santiago de Chile (2019).

⁹¹ “Solar energy technologies will provide more than 50% of low temperature heating and cooling demand for buildings in 2050 and contribute a significant share to the heat supply for the agricultural and industrial sectors. Thus, solar heating and cooling will contribute significantly to lowering CO₂ emissions worldwide and reaching the Paris Agreement goal.“

⁹² Solar Heat Worldwide, Edition 2018, des IEA SHC Programmes mit finanzieller Unterstützung durch das Österreichische Ministerium Verkehr, Innovation und Technologie

⁹³ Solar Decathlon, erstmalig 2002 in Amerika, seitdem 13 Wettbewerbe, davon 5 im europäischen Raum, 2021 in Wuppertal. Weitere Infos unter: <https://solardecathlon.eu/>