

Das Technologienentwicklungspotenzial für die Nutzung der Solarwärme

Markt und Perspektiven

Die Solarthermie¹ zur Trinkwassererwärmung, Raumheizung und Prozesswärmebereitstellung wird schon seit den 70er Jahren des letzten Jahrhunderts in Deutschland genutzt. Seit 1990 hat sie zwar einen deutlichen Aufschwung erfahren, doch trägt sie nur zu 0,4 % zur Wärmeversorgung bei. Ein Grund für ihre bislang bescheidene Rolle ist ihre vergleichsweise langsame technologische Entwicklung in den letzten Jahrzehnten, die auf einer deutlichen Unterschätzung ihres großen technologischen Entwicklungspotenzials beruht. Dass die Erschließung dieses Potenzials dringend erforderlich ist, belegen die folgenden Daten.

54 Prozent des Endenergiebedarfs in Deutschland entfällt auf Wärmeanwendungen, 5,0 % auf Warmwasser, 26,1 % auf Raumwärme und 23,1 % auf sonstige Prozesswärme. Um bis zum Jahr 2050 insgesamt 60 % des Energiebedarfs mit erneuerbaren Energien zu decken, wie es die Bundesregierung im Energiekonzept 2050 anstrebt, muss der Wärmebereich einen deutlichen Teil beisteuern [1]. Im Jahr 2009 betrug der Anteil der erneuerbaren Energien an der Wärmeversorgung 8,8 %. Bis zum Jahr 2020 will die Bundesregierung den Anteil auf 14 % steigern. Der Anteil der oberflächennahe Geothermie einschließlich Luft/Wasser-, Wasser/Wasser- und Solar/Wasser-Wärmepumpen an der Wärmeversorgung betrug 0,4 %, ebenso viel wie der Anteil der Solarthermie. Den größten Anteil steuerte die Biomasse mit ca. 8 % bei, einschließlich 0,8 % Klärgas, Deponiegas und biogener Anteil des Abfalls.

In den kommenden Jahrzehnten wird der Wärmebedarf deutlich sinken aufgrund der energetischen Sanierung des Gebäudebestands. Die Bundesregierung geht von einer Halbierung des gesamten Primärenergiebedarfs bis zum Jahr 2050 aus. Dies wird von Experten auch für den Wärmebereich angenommen. Somit besteht ein großer Bedarf an Lösungen zur Deckung des verbleibenden Wärmebedarfs mit erneuerbaren Energien. Der FVEE erwartet in seinem Energiekonzept [2], das

100% erneuerbare Energien bis zum Jahr 2050 vorsieht, dass neue Biomasse vor allem zur stoffliche Verwertung verwendet wird und nur Biomasse-Reststoffe zur Energieversorgung zur Verfügung stehen werden [2]. Die Wärmeversorgung wird sich deshalb zusammensetzen aus Solarwärme, aus Kraft-Wärme-Kopplung angetrieben mit Biogas, Wasserstoff oder Methan, die aus erneuerbarem Strom hergestellt werden, und aus Wärmepumpen, die mit erneuerbar erzeugtem Strom angetrieben werden.

Wie groß die Marktpotenziale der Solarwärme sind, hat die Deutsche Solarthermie-Technologieplattform DSTTP ermittelt. In ihrer Vision geht sie davon aus, dass sie im Jahr 2050 einen Anteil von 50 % an der Deckung des bis dahin verbleibenden Bedarfs haben wird [3]. Die DSTTP ist ein Zusammenschluss von Solarthermie-Experten aus Forschung und Industrie, der gemeinsam mit der Politik und den Forschungsförderstellen die Technologieentwicklung der Solarwärme beschleunigen möchte. Sie wird vom Bundesumweltministerium und dem Projektträger Jülich im Rahmen des Projektes TechnoSol gefördert.

Die Vision der DSTTP sieht im Neubau das Solar-Aktivhaus vor, das zu 100 % mit Solarwärme beheizt wird und das zum Baustandard werden soll. Im Gebäudebestand soll die solare Modernisierung, bei der die Gebäude eine Hülle aus Wärmedämmung, Solarthermiekollektoren und Photovoltaikmodulen in Dach und Fassade erhalten und damit einen sehr niedrigen Heizenergiebedarf aufweisen, zur kostengünstigsten und damit attraktivsten Art der Gebäudesanierung werden. In diesen energetisch modernisierten Gebäuden soll der Anteil der Solarwärme an der Wärmebereitstellung über 50 % betragen.

Für verdichtete Wohn- und Gewerbegebiete werden vielfach mit Solarwärme versorgte Nahwärmanlagen genutzt werden. Mit einem großen saisonalen Wasserspeicher lässt sich die im Sommer gewonnene Solarwärme im Winterhalbjahr zur Raumheizung nutzen. Für viele gewerbliche,



Gerhard Stryi-Hipp
Fraunhofer ISE

gerhard.stryi-hipp@ise.fraunhofer.de

Gunter Rockendorf
ISFH

g.rockendorf@isfh.de

Manfred Reuß
ZAE Bayern

reuss@muc.zae-bayern.de

Abbildung 1
Von der Trinkwassererwärmung zum Solaraktivhaus

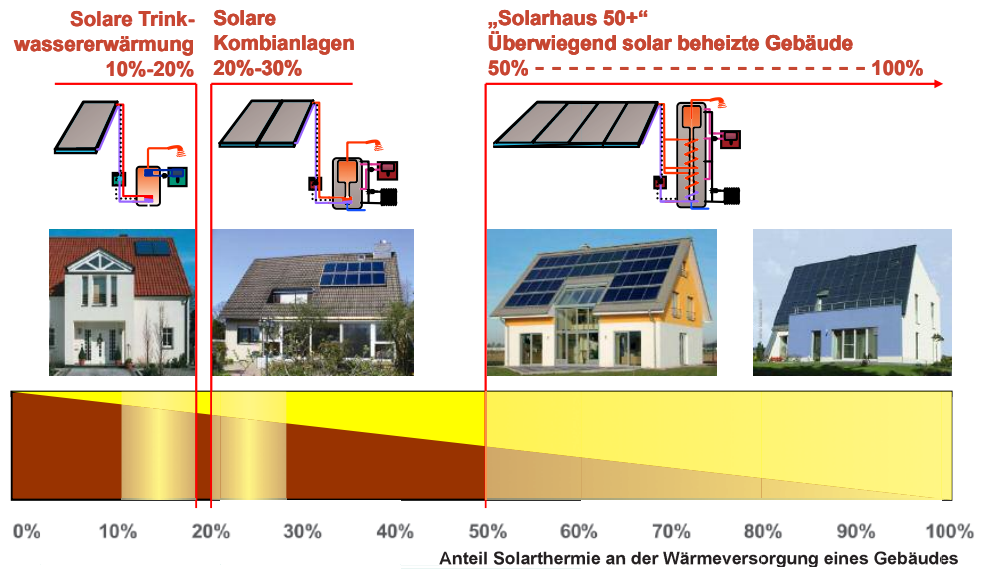
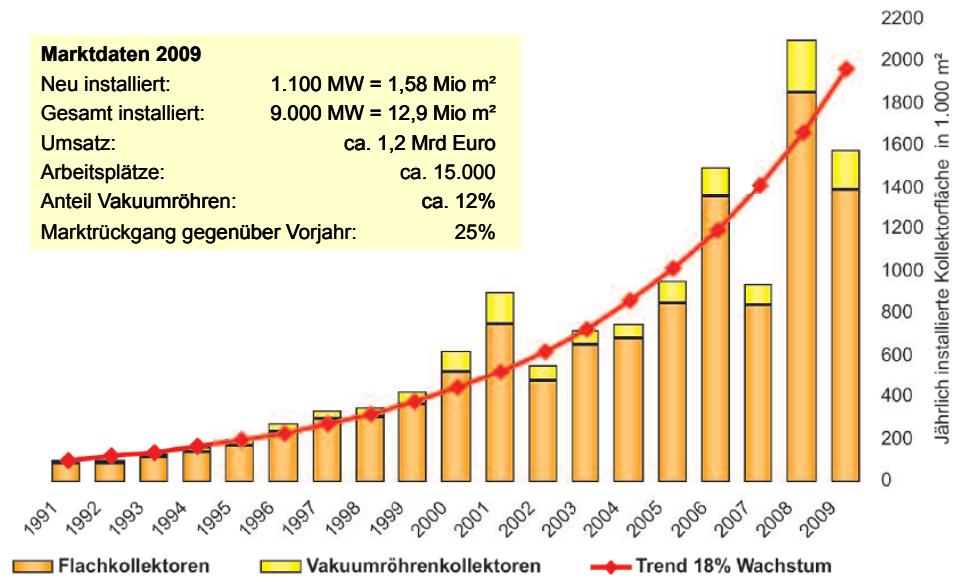


Abbildung 2
Entwicklung des deutschen Solarwärmemarkts



industrielle und landwirtschaftliche Prozesse kann die Solarthermie die benötigte Wärme kostengünstig zur Verfügung stellen und mit solarthermisch angetriebenen Kühlmaschinen lässt sich ein Teil des steigenden Kühlbedarfs in Deutschland decken. In Kombination aller Anwendungen wird erwartet, dass der Gesamtwärmebedarf zu 50% mit Solarthermie gedeckt werden kann.

Um diese Vision zu realisieren, muss der Solarthermiemarkt stark ausgebaut werden. Im Jahr 2009 wurden 1,6 Mio m² Solarkollektoren mit einer thermischen Leistung von 1,1 GW neu installiert. Insgesamt sind in Deutschland 12,9 Mio m² Solarkollektoren mit einer thermischen Leistung von 9 GW installiert. Die Kollektorfläche wird nach Ansicht der DSTTP bis 2020 auf 80 Mio m² und bis 2050 auf 400 Mio m² ansteigen, um dann 50% am Wärmebedarf zu decken.

Strategien zum Marktausbau

Um den beabsichtigten Marktausbau zu bewerkstelligen, bedarf es mehr als die Weiterentwicklung und Multiplizierung der aktuellen Anlagentechnik. Derzeit besteht der Markt zu über 90 % aus Solarthermieanlagen zur Trinkwassererwärmung und aus Kombianlagen, die im Ein- und Zweifamilienhausbereich eingesetzt werden. Kombianlagen erwärmen das Trinkwasser und tragen zusätzlich zur Raumheizung bei. Zum gezielten Marktaufbau sind deshalb folgende vier Strategien erforderlich:

- Erstens ist die Markteinführung der heute angebotenen Kombianlagen deutlich zu beschleunigen. Auf den Einsatz von Solaranlagen, die nur Trinkwasser erwärmen sollte weitgehend verzichtet werden, da ihr Anteil an der Wärmebereitstellung relativ gering ist. Diese decken zwar ca. 60 % des Energiebedarfs zur Trinkwassererwärmung, allerdings nur 10 % bis 20 % am Gesamtwärmebedarf, je nach Heizenergiebedarf des Gebäudes. Kombianlagen können dagegen bereits bis zu 30 % am Gesamtwärmebedarf für Trinkwasser und Heizung decken.
- Zweitens ist der solare Deckungsanteil der Solarthermie pro Gebäude deutlich zu steigern. So kann der solare Anteil der Wärmeversorgung eines Gebäudes von heute 20 % bis 30 % in Einfamilien-Solarhäusern im ersten

Schritt auf deutlich über 50 % angehoben werden, wenn ein großer Wärmespeicher mit 6 bis 10 Kubikmeter Wasserinhalt eingebaut und eine Kollektorfläche zwischen 30 und 60 m² installiert wird. Damit lässt sich ein deutlicher Teil der im Sommer gewonnenen solaren Wärme bis zum Winter speichern und dann zur Beheizung verwenden. Schon über 500 solcher Häuser wurden in Deutschland gebaut. Langfristig lässt sich der Solaranteil dann auf 100 % erhöhen.

- Drittens ist die Großanlagentechnik z. B. für Mehrfamilienhäuser, Hotels, Wohnheime und Krankenhäuser sowie in Großanlagen für Nahwärmesysteme weiter zu entwickeln und in der Breite einzuführen. Die Technik ist vorhanden und wird in einer zunehmenden Zahl von Anlagen eingesetzt. Allerdings ist das Know-how noch auf relativ wenige Spezialisten konzentriert, so dass sowohl die Anlagen als auch das Know-how in die Breite geführt werden.
- Viertens müssen neue Anwendungsfelder für die Solarthermie erschlossen werden, in denen bisher nur wenige Pilotanlagen und noch keine breit einsetzbaren Produkte vorhanden sind. Dies ist z. B. der Fall bei solarthermisch angetriebenen Kühlmaschinen, bei Prozesswärmeanlagen für höhere Temperaturen und bei solarthermischen Fassadenanlagen.



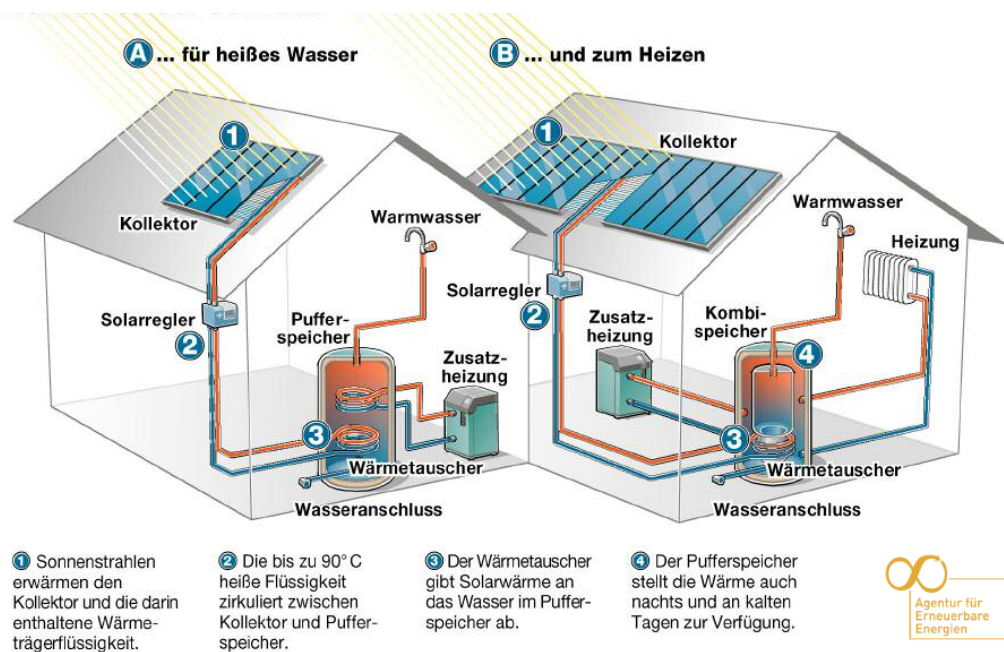
Solarwärmekollektoren
30 m² – 60 m²

Saisonaler Wärmespeicher
(Wasser)
6 – 10 m³

Solaranteil am gesamten
Wärmebedarf für
Brauchwasser und
Raumheizung:
60 % – 70 %

Abbildung 3
Konzept Sonnenhaus

Abbildung 4
Wärme von der Sonne
für Trinkwasser-
erwärmung und
Kombianlagen
Quelle: AEE



Technologie- Entwicklungspotenziale

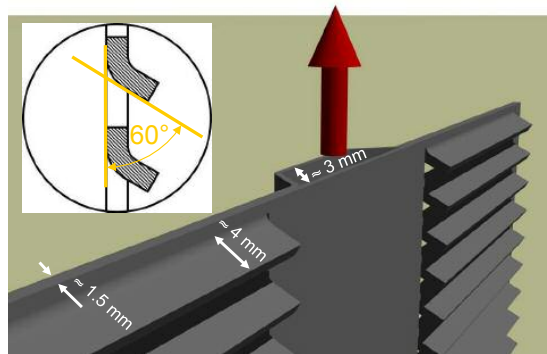
Aus den genannten Aufgabenstellungen leiten sich viele technologischen Entwicklungsziele für die Solarthermie ab:

- Kostenreduktion der Solarkollektoren durch den Einsatz von neuen Materialien und Fertigungsmethoden.
 - Ansprechende architektonische Integration der Solarkollektoren in Dach und Fassade.
 - Entwicklung neuer Kollektortypen zur Prozesswärmeerzeugung über 100 °C.
 - Entwicklung von Solarluftkollektoren und -systemen zur Luftheizung von Gebäuden.
 - Entwicklung leistungsfähiger photovoltaisch-thermische Hybridkollektoren zur optimalen Nutzung von solargeeigneten Flächen.
 - Optimierung großer Wasserwärmespeicher für die saisonale Speicherung in einzelnen Gebäuden u. a. durch verbesserte Wärmedämmung und Be- und Entladung.
 - Kostenreduktion und Vereinfachung im Bau großer saisonaler Wärmespeicher für solare Nahwärmanlagen.
 - Entwicklung von Speichern mit Phasenwechselmaterialien sowie chemischen Speichern
- mit einer bis zu zehnfach höheren Wärmespeicherkapazität im Vergleich zu Wasser sowie geringen Wärmeverlusten.
 - Erhöhung der Effizienz und der Betriebssicherheit der Solaranlagen sowie Kostenreduktion durch Weiterentwicklung der Systemtechnik. Hierzu gehört auch die bessere Abstimmung und Zusammenführung mit der konventionellen Heiztechnik.
 - Optimierte Steuerung und Überwachung des Anlagenbetriebs durch Weiterentwicklung der Regelungs- und Überwachungstechnik, beispielsweise unter Einbeziehung der Wettervorhersage. Dazu werden die Anlagen auch vernetzt und können per Fernwartung gewartet werden.
 - Optimierung von Solarhäusern mit mehr als 50 % solarer Beheizung.
 - Optimierung von Hybridsystemen von Solarkollektoren und Wärmepumpen.
 - Entwicklung von kompakten und kostengünstigen solarthermischen Kühlmaschinen.
 - Entwicklung von multifunktionellen Fassaden mit integrierten solarthermischen Kollektoren zur energetischen Sanierung von Gebäuden.
 - Entwicklung von einfachen Planungstools für Planer und Installateure.

- Öffnungen im Absorberblech
- Einbau zwischen Glasscheiben
- Winkelselektiver Sonnenschutz
- Durchsicht schräg nach unten



Visueller Eindruck (Montage)



- Konstruktion (Geometrie der Öffnungen)
- Simulation (IAM-Bestimmung durch Raytracing)
- Messung (Kollektorwirkungsgradfaktor F' , Wirkungsgradkennlinie, Stagnationsverhalten)

Abbildung 5
Multifunktionale Fassadenkollektoren am Beispiel eines teiltransparenten Fassadenkollektors

Quelle: Fraunhofer ISE

Projektbeispiele

Einige der Aufgabenstellungen werden bereits in Projekten bearbeitet. Projekte aus dem Fraunhofer ISE, dem ISFH und dem ZAE Bayern werden im Folgenden vorgestellt:

- Im Bereich Kollektorentwicklung wurde ein optimierter Aluminium-Rollbondabsorber mit Fractherm-Design zur Reduzierung des Druckverlusts und Vergleichmäßigung der Durchströmung von Solarabsorbern entwickelt.
- Multifunktionale Fassadenelemente für Bürogebäude mit integrierten, teiltransparenten

solarthermischen Kollektoren befinden sich in der Entwicklung.

- Ein Prozesswärme-Flachkollektor mit zweiter transparenter Abdeckung und einem festen Spiegel zur Produktion erhöhter Temperaturen befindet sich in der Pilotphase.
- Ein evakuierter Prozesswärme-Flachkollektor mit integrierten CPC-Spiegeln wurde entwickelt.
- Direktlamination von PV-Solarzellen auf den Absorber und eine reine Folienabdeckung der Solarzellen sind neue Ansätze im Aufbau von photovoltaisch-thermischen Hybridkollektoren (PVT), auf deren Basis ein effizienter PVT-Kollektor entwickelt wird.

Prozesswärme

1/3 des industriellen
Prozesswärmebedarfs $T < 200^\circ\text{C}$
Ziel: $h = 50\%$ bei 150°C

Evakuierter CPC Flachkollektor

- Strahlungskonzentration
- Verlustminimierung durch Evakuieren und Kryptonfüllung (0,01 bar)

Zukunft:

- Entwicklung zur Produktionsreife
- superisolierter Wärmespeicher



Abbildung 6
Kollektor für solare Prozesswärme

Quelle: ZAE Bayern

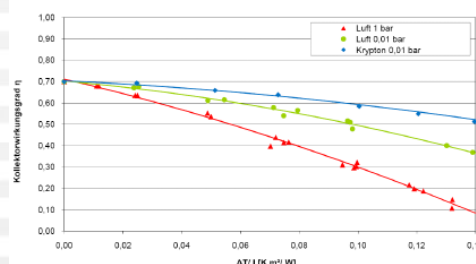
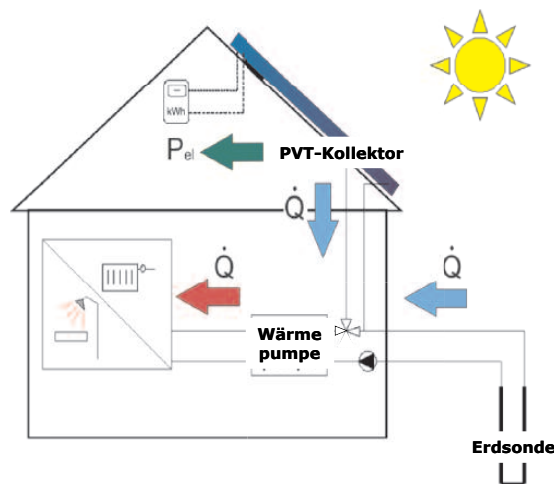


Abbildung 7
PVT-Kollektoren
in Wärmepumpen-
systemen
Quelle: ISFH



Synergieeffekte

- Höhere Wärmepumpen-Quellentemperatur
- Kühlung der PV-Zellen
- Pilotanlage Dreieich:
4 % höherer PV-Ertrag
10 % geringer WP-Bedarf

Abbildung 8
Wärmespeicher –
Grundlagenforschung
erforderlich
Quellen: ZAE Bayern, ISFH,
Fraunhofer ISE

**Ziel: Verachtfachung der
Wärmeenergiedichte im Speicher**

Sensible Wärme: $\approx 70 \text{ kWh/m}^3$
(delta T = 70 K)
Latentwärme (PCM): $150 - 300 \text{ kWh/m}^3$
Thermo-Chemisch: $\approx 650 \text{ kWh/m}^3$

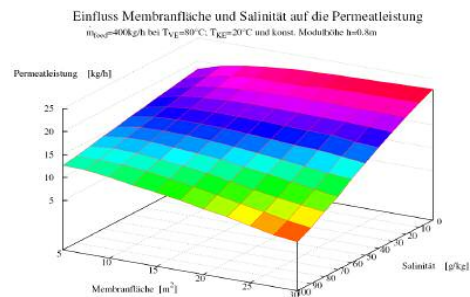
Forschungsaufgaben

- Optimierung Wärmefluss
- Bewertung chemische Speicher
- Klassifizierung Speichersysteme
- Implementierung Simulationswerkzeuge
- ...

Basic Research - New Materials



Abbildung 9
Solare Meerwasserent-
sorgung mit Membran-
destillation: EU-Projekt
Mediras
Quelle: Fraunhofer ISE



Optimierung der Modulconfiguration, (z.B. Salinität, Membranfläche und Permeat)

Parallel verschaltete MD-Module zur Meerwasserentsorgung

- Entwicklung und Optimierung der Membrandestillationsmodule
- Entwicklung und Umsetzung einer (solar-)thermisch getriebenen Wasseraufbereitungsanlage
- Einbindung von direkt mit Sole beschickte solarthermischen Kollektoren

- Die Entwicklung eines PVT-Kollektor/Wärmepumpensystems mit einfach verglastem PVT-Kollektor und einer Erdsonde erhöht den Wirkungsgrad des PV-Moduls als auch der Wärmepumpe.
- Ein Controller zur Ertragsüberwachung von solarthermischen Anlagen, der den tatsächlichen Solarertrag mit einem errechneten Erwartungswert vergleicht, ist mittlerweile auf dem Markt verfügbar.
- In mehreren Forschungsprojekten zu Phasenwechselmaterialien und chemischen Speicherpaaren werden die Grundlagen für die Entwicklung von Wärmespeichern mit erhöhter Wärmedichte gelegt.
- In mehreren Projekten wird die solare Meerwasserentsalzungstechnologie auf Basis der Membrandestillation erprobt und weiter optimiert.

Literatur

- [1] BMWi/BMU, Energiekonzept, Berlin, 28. September 2010
www.bmw.de/BMWi/Navigation/Service/publikationen,did=360808.html
- [2] Energiekonzept 2050: „Eine Vision für ein nachhaltiges Energiekonzept auf Basis von Energieeffizienz und 100% erneuerbaren Energien“, 7 Institute des Forschungsverbands Erneuerbare Energien FVEE, Berlin Juni 2010
www.fvee.de/fileadmin/politik/10.06.vision_fuer_nachhaltiges_energiekonzept.pdf
- [3] Deutsche Solarthermie-Technologieplattform DSTTP, Solarthermie-Forschungsstrategie, Berlin, Dezember 2010
www.dsttp.de

Zusammenfassung und Ausblick

Bei der Umstellung unseres Energiesystems auf erneuerbare Energien wird die Solarthermie im Wärmebereich eine wichtige Rolle spielen. Hierzu sind neben einer Verstärkung von Markteinführungsaktivitäten eine Vielzahl von Innovationen und eine deutliche Intensivierung der Forschungsaktivitäten erforderlich. Da das große technologische Entwicklungspotenzial der Niedertemperatur-Solarthermie bislang unterschätzt wurde, befindet sich die Forschungsförderung noch auf einem niedrigen Niveau.

Die Deutsche Solarthermie-Technologieplattform DSTTP hat die Vision, langfristig 50 % des Wärmebedarfs mit Solarwärme zu decken. Welche technologischen Fortschritte zur Realisierung dieses Ziel erforderlich sind, hat sie in der Forschungsstrategie beschrieben, die im Dezember 2010 veröffentlicht wurde [DSTTP2010]. Damit verbunden ist die Aufforderung an die Politik, die Forschungsförderung für die Solarthermie deutlich zu erhöhen und eine Beschleunigung der technologischen Entwicklung zu ermöglichen.

