

# Solare Niedertemperaturwärme

## 1. Stand, Visionen und Aufgaben

Der Wärmesektor ist in Deutschland für 53 % des Endenergieverbrauchs sowie für 40 % der Treibhausgasemissionen verantwortlich. Damit spielt er eine zentrale Rolle in der geplanten Transformation unseres gegenwärtigen, nicht nachhaltigen Energieversorgungssystems.

Der anspruchsvolle, aber erforderliche Umbau lässt sich nur mit einer deutlichen Steigerung der Effizienz und einem verstärkten Einsatz der erneuerbaren Energien realisieren.

Die im Auftrag des BMU vom DLR erstellte Leitstudie 2011, die den Weg zur Umsetzung der Ziele der Bundesregierung beschreibt, sieht bis 2050 eine Reduzierung des Endenergieverbrauchs für Wärme um 46 % und eine Steigerung des erneuerbaren Anteils von 11 % auf 52 % vor.

Der Anteil der Solarthermie an der erneuerbaren Wärme soll bis dahin von aktuell 4 % auf 26 % gesteigert werden und damit 13 % des gesamten Wärmebedarfs decken. Das bedeutet eine Erhöhung der jährlichen Wärmeerzeugung von ca. 6 TWh auf 95 TWh und setzt eine starke Beschleunigung des Marktwachstums voraus (*Abbildung 1*).

Nach einem überzeugenden Anstieg bis 2008 stagniert seither der Zubau von solarthermischen Anlagen. Die Gründe dafür sind vielseitig, hauptverantwortlich sind wohl die wirtschaftliche Entwicklung der letzten Jahre, eine allgemeine Unsicherheit der Endverbraucher hinsichtlich der „richtigen“ Form der Wärmeversorgung und die noch nicht ausreichende Wirtschaftlichkeit dieser Technologie.

Um die geplanten Ziele zu erreichen und den Erfolg der Energiewende im Wärmebereich nicht zu beeinträchtigen, ist ein noch stärkeres und kooperatives Engagement von Politik, Industrie und Forschung gefragt, das zielführende förderpolitische, wirtschaftliche und technologische Bedingungen für die Ausschöpfung des enormen Potenzials der Solarthermie schaffen soll.

Die übergeordnete Aufgabe der Forschung besteht darin, die Attraktivität der Solaranlagen durch technologische Innovation zu erhöhen. Schwerpunkte dabei sind:

- eine deutliche Senkung der Systemkosten durch den Einsatz günstigerer Materialien sowie die Reduktion des Montage- und Installationsaufwands
- eine Vereinfachung der Systemtechnik
- die Gewährleistung eines zuverlässigen und wartungsarmen Betriebs.



**ISFH**  
Dr. Federico Giovannetti  
f.giovannetti@isfh.de

**DLR**  
Dirk Krüger  
dirk.krueger@dlr.de

Michael Nast  
michael.nast@dlr.de

**Fraunhofer IBP**  
Herbert Sinnesbichler  
herbert.sinnesbichler@ibp.fraunhofer.de

**Fraunhofer ISE**  
Dr. Werner Platzer  
werner.platzer@ise.fraunhofer.de

**ZAE Bayern**  
Manfred Reuß  
reuss@muc.zae-bayern.de

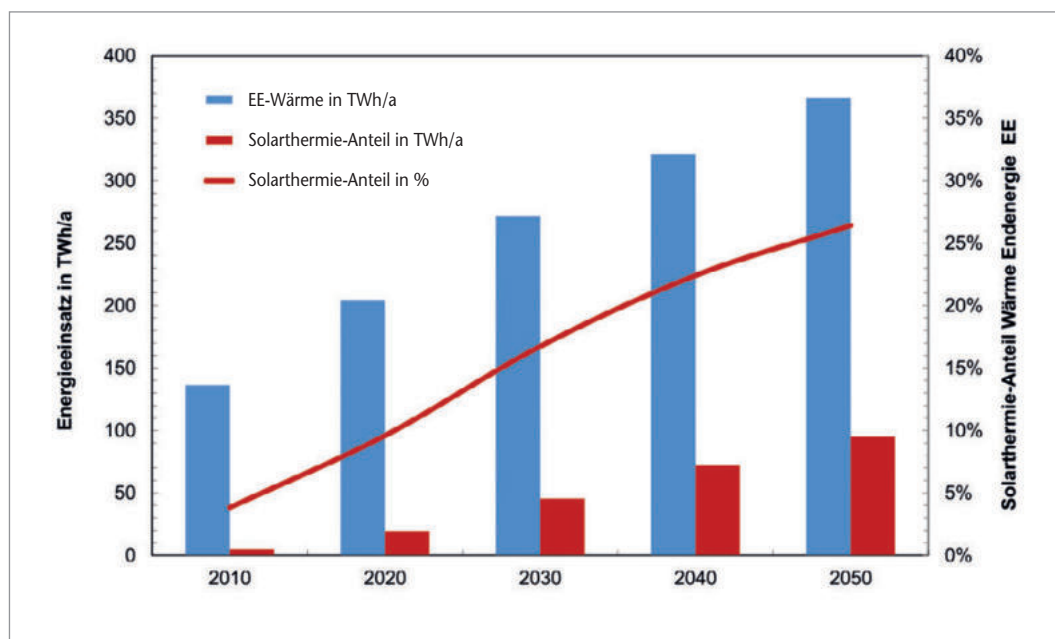


Abbildung 1

### Entwicklung der Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien und Anteil der Solarthermie.

(Datenquelle: DLR, „Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global“, 2012)

Neben der Forschung besteht auch im Bereich der Vertriebswege noch Optimierungspotenzial, damit die in der Kollektorindustrie bereits erreichten Kostensenkungen auch beim Endkunden spürbar werden.

Die deutsche Solarbranche setzt sich neben einer Konsolidierung in den schon etablierten Anwendungsbereichen die Erschließung neuer Marktsegmente als Ziel: Insbesondere die Erzeugung industrieller Prozesswärme, aber unter günstigen Randbedingungen auch der Einsatz in Nahwärmenetzen, am Beispiel der sehr positiven Entwicklungen, die im Nachbarland Dänemark zu beobachten sind. Pro Kopf der Bevölkerung wird dort allein für solare Nahwärme mehr Kollektorfläche installiert als im gesamten deutschen Markt. Vorteilhaft wirkten sich hierbei die von allen dänischen Kommunen zu erstellenden Wärmeleitpläne aus, welche in jüngerer Zeit auch in Deutschland verstärkt diskutiert werden. Im Gebäudebereich wird eine Steigerung des solaren Deckungsanteils für Wärme, aber vor allem die Verbreitung im Segment der Mehrfamilienhäuser und die Überwindung der Hemmnisse, die hier bisher den Erfolg verhindert haben, angestrebt. Für diese neuen Anwendungen sind sowohl optimierte bzw. angepasste Lösungen als auch innovative Konzepte erforderlich.

## 2. Aktuelle Entwicklungen

Im Folgenden werden exemplarische Projekte zu den genannten Forschungsschwerpunkten präsentiert, die von Instituten des FVEE bearbeitet werden. Die Beispiele beziehen sich auf die Entwicklung im Bereich Kolleorteknik, zeigen aber in den meisten Fällen den engen Zusammenhang zwischen Komponente und Gesamtsystem. F&E-Arbeiten im Bereich Wärmespeicher werden ausführlich von weiteren Beiträgen in diesem Tagungsband behandelt.

### 2.1 Zuverlässigkeit

Zuverlässige und betriebssichere Anlagen sind eine unverzichtbare Voraussetzung für eine erfolgreiche Verbreitung der Solarthermie. Einfache und robuste Anlagen minimieren die Risiken, die bei der Installation noch vorhanden sind, erhöhen damit das Vertrauen von Handwerkern und Endkunden und reduzieren die Investitions- und Wartungskosten.

Beispielsweise muss das Problem „Stagnation“ gelöst werden. Dabei entsteht Überhitzung im System aufgrund von fehlendem Bedarf oder eventuellen Störungen (z. B. Pumpenausfall) an sonnigen Tagen, was den Wärmeträger und Komponenten des Solarkreises belasten oder beschädigen kann. Zurzeit wird die Stagnationsproblematik durch geeignete hydraulische Auslegungen der Kollektorfelder, gezielte Entleerungen oder die Einführung von Kühlkörpern minimiert

bzw. vermieden. Diese Maßnahmen setzen eine optimale Planung und Installation der Anlage voraus, erfordern zusätzliche Komponenten und verursachen entsprechende Mehrkosten. Die bestehenden Lösungen sind zudem nicht universell einsetzbar, was die Flexibilität bei der Auslegung der Anlage einschränkt. Anhand von zwei sehr unterschiedlichen Ansätzen wird am ISFH das Ziel verfolgt, die maximale Temperatur ohne Leistungseinbußen direkt im Kollektor zu begrenzen, und damit die Komplexität vom System zur Komponente zu transferieren. In beiden Fällen soll die Verdampfung des Wärmeträgers im Stagnationsfall durch Kollektoren mit schaltenden Eigenschaften vermieden werden.

Das erste Lösungskonzept basiert auf dem Einsatz von Gravitationswärmerohren, die schon lange in marktüblichen Vakuumröhrenkollektoren verwendet werden. Gegenüber direkt durchströmten Systemen ist hierbei der Kollektor vom Solarkreis getrennt. Die Wärmeübertragung erfolgt anhand eines selbsttreibenden zweiphasigen Kreisprozesses: Die absorbierte Solarstrahlung wird durch einen Verdampfungs-Kondensationsvorgang in Form von latenter Wärme über den Sammler an das Wärmeträgerfluid abgegeben.

Die physikalischen Eigenschaften des im Rohr enthaltenen Arbeitsmediums, die Füllmenge und die Betriebsbedingungen definieren die Leistungsübertragungsgrenzen der Wärmerohre und damit ihren Betriebstemperaturbereich. Durch eine geeignete Auslegung lassen sich die Verdampfungstemperatur im Rohr und damit die maximale Temperatur im Solarkreis einstellen, was entscheidend für die Anlagenbelastung ist. Die Trennung des Kollektors vom Solarkreis bietet zusätzlich die Möglichkeit, das teure Kupfer ohne Korrosionsrisiken mit alternativen preiswerteren Metallen für die Fertigung der Wärmerohre zu ersetzen.

Im Rahmen des Forschungsprojekts „HP-Opt“ (BMU, FKZ 0325962A), das in Kooperation mit den Industriepartnern Narva Lichttechnik GmbH und Co. KG und KBB Kollektorbau GmbH durchgeführt wurde, sind die wärmetechnischen Grundlagen detailliert untersucht, das Optimierungspotenzial analysiert und neue Ansätze für die Integration von Wärmerohren in Vakuumröhren- sowie Flachkollektoren erarbeitet worden. Messungen an Flachkollektor-Prototypen mit Aluminium-Wärmerohren und organischen Arbeitsmedien zeigen eine signifikante Senkung der Stagnationstemperatur im Solarkreisfluid von typischerweise 200 °C auf ca. 140 °C (*Abbildung 2*). Laufende Aktivitäten richten sich auf die Kollektoroptimierung und die Systemintegration.

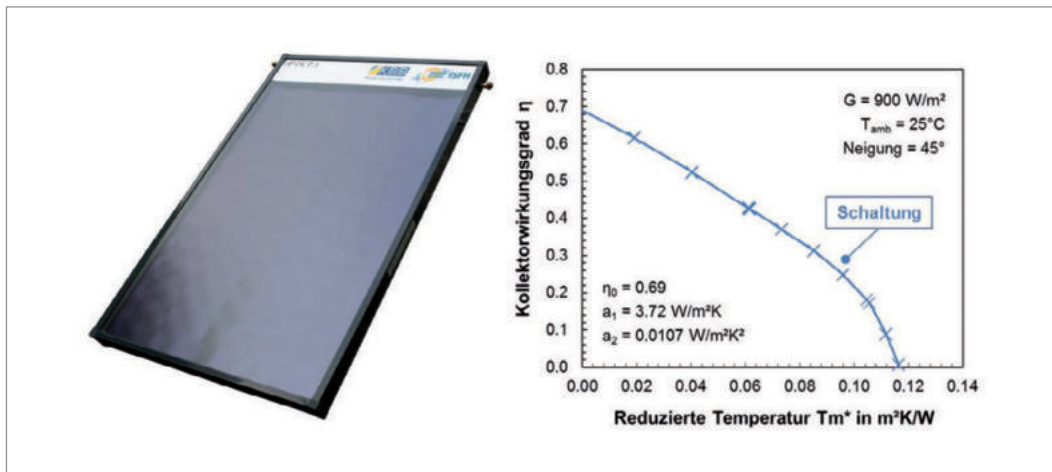


Abbildung 2

**Senkung der Stagnationstemperatur**  
 Prototyp (links) und gemessene Kollektorstufenwirkungsgradkennlinie (rechts) eines Heat-Pipes-Flachkollektors mit inhärenter Begrenzung der Stagnationstemperatur.

(Quelle: ISFH)

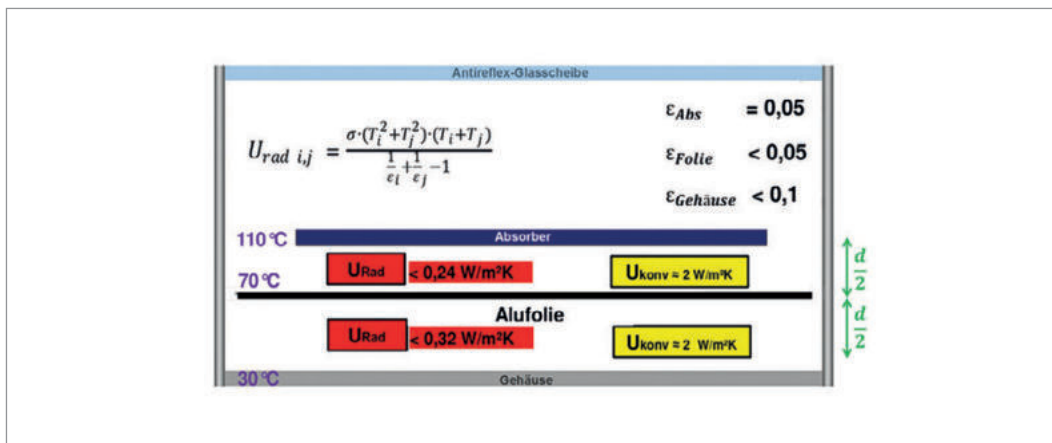


Abbildung 3

**Neue Dämmung von Flachkollektoren**  
 Prinzipieller Aufbau und hintere Wärmeverlustrate eines Flachkollektors mit einer 40 µm dicken Al-Folie als rückseitige Wärmedämmung. Der Abstand Absorber-Gehäuse beträgt 30–40 mm.

(Quelle: ZAE Bayern)

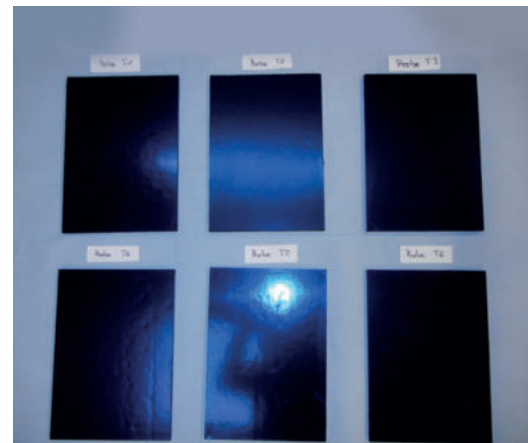
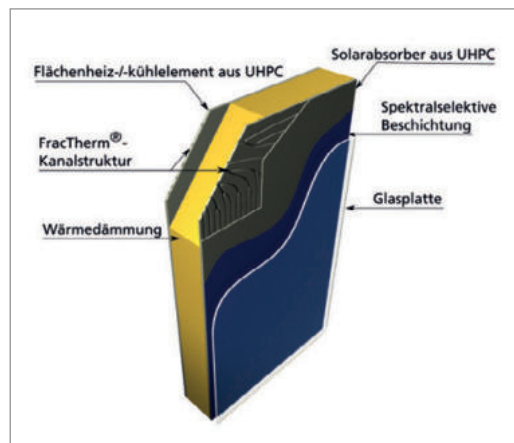
Beim zweiten Lösungsansatz wird dagegen im Projekt „TASK“ (BMU, FKZ 0325988A) in Kooperation mit der Firma Viessmann die Begrenzung der maximalen Temperatur im Kollektor durch den Einsatz neuartiger thermochromer Absorberschichten untersucht. Thermochrome Schichten besitzen das besondere Merkmal, ihre Farbe und allgemein ihre optischen Eigenschaften in Abhängigkeit von der Temperatur verändern zu können. Ziel des Projektes ist, oberhalb einer kritischen Temperatur den Absorptionsgrad des Solarabsorbers zu reduzieren und/oder seinen Emissionsgrad zu erhöhen, um höhere Wärmeverluste zu erzeugen und damit die Absorber- und Wärmeträgertemperatur zu begrenzen. Die Schaltungstemperatur muss dabei so eingestellt werden, dass Beschädigungen im Solarkreis verhindert werden aber gleichzeitig die Kollektorleistung über den Anwendungstemperaturbereich nicht beeinträchtigt wird. Laboruntersuchungen an kleinformatigen Proben sowie Ertrags- und Systemsimulationen zeigen viel versprechende Ergebnisse, erste Funktionsmuster sind für das Jahr 2014 geplant.

Zum Thema „Zuverlässigkeit“ wird am ZAE Bayern an der Entwicklung und Optimierung rückseitiger

Dämmung von Flachkollektoren gearbeitet. Heutige Kollektoren nutzen in der Regel Mineralwolle, die mit aufwendiger Handhabung beim Einbau verbunden ist. Im realen Betrieb nimmt sie zudem durch Ansaugen der feuchten Umgebungsluft über die Belüftungslöcher oder Undichtigkeiten im Kollektorgehäuse Feuchtigkeit auf, was über die Lebensdauer von 20 Jahren zu einer deutlichen Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit und damit der Wärmeverluste im Kollektor führen kann.

In einem vom BMU geförderten Projekt (FKZ 0325987A) untersucht das ZAE Bayern die Dämmung mit Luftspalten geeigneter Dimension, in denen die Luft ruht, als einen neuartigen und feuchtigkeitsunempfindlichen Ansatz zur Substitution der Mineralwolle bei guter Ökonomie, vergleichbarer Dämmwirkung und geringer Bauhöhe (Abbildung 3). Messungen an Kollektorprototypen mit zwischen Solarabsorber und Rückseite des Kollektorgehäuses eingespannter Aluminiumfolie zeigen vergleichbare Verlustkoeffizienten wie heutige mit Mineralwolle gedämmte Kollektoren. Wird der Absorber nach hinten lediglich durch einen Luftspalt von 20 mm Stärke gedämmt, erreicht man im Bereich der Brauchwasser-

Abbildung 4  
**Multifunktionales, thermisch aktives Bauteil aus UHPC**  
 Schematischer Aufbau (links) und spektral selektiv beschichtete UHPC-Proben (rechts).  
 (Quelle: Fraunhofer ISE)



bereitung immer noch akzeptable Wirkungsgrade bei deutlicher Kosteneinsparung und Bauhöhenreduktion auf insgesamt nur 40 mm, vergleichbar mit PV-Elementen und Fenstern.

## 2.2 Gebäudeintegration

Sonnenkollektoren werden immer noch meistens als Fremdkörper mit Aufdach-Konstruktionen am Gebäude befestigt. Eine geeignete Integration in die Gebäudehülle kann aber die Kosten für die Montage reduzieren, die architektonische Qualität und damit die Akzeptanz der Installation erhöhen und sogar die Effizienz der Anlagen verbessern. Hierzu ist eine intensivere Kooperation zwischen der Bau- und Solarbranche gefragt, die zu neuen, besser geeigneten Lösungen und zu einer integralen Planung sowohl bei Neubauten als auch bei Sanierungen führen soll. Diesbezüglich werden die laufenden Aktivitäten des FVEE exemplarisch durch zwei Projekte dokumentiert, die sich mit der solaren Aktivierung von sehr unterschiedlichen Komponenten der Gebäudehülle befassen: der Massivwand und des Fensters.

Im Rahmen des vom BMWi geförderten Forschungsprojektes „TABSOLAR“ (FKZ 03ET1117D/A/C) und in Kooperation mit Partnern aus Wirtschaft (G.tecz Engineering UG, Spürgin GmbH & Co. KG, Visiotex GmbH und Zehnder GmbH) und Forschung (Karlsruher Institut für Technologie, KIT) untersucht das Fraunhofer ISE neuartige durchströmbare Bauelemente aus Ultrahochleistungsbeton (UHPC). Dieses Material ermöglicht die Herstellung von dünnen, aber hochfesten Strukturen und die damit erzeugten Betonfertigteile bilden die Basis für multifunktionale, thermisch aktive Bauelemente, die beispielsweise als Solarabsorber oder Flächenheiz- bzw. Kühlelemente (Wände, Boden, Decken) eingesetzt werden können (Abbildung 4).

Dabei werden zwei verschiedene Fertigungstechnologien verwendet: Das am ISE entwickelte und patentierte Membranvakuumtiefziehverfahren und das

Umgießen dreidimensionaler Textilien. Hinsichtlich der thermischen Effizienz zeigen bisherige Untersuchungen viel versprechende Ergebnisse. Trotz der niedrigen Wärmeleitfähigkeit von Beton (typisch 2 W/mK und damit um einen Faktor 100 bis 200 niedriger als Aluminium und Kupfer) wurde bei einem Betonabsorber mit einer Gesamtdicke von 8 mm und einem Kanalabstand von 60 mm durch numerische zweidimensionale Simulationen ein Kollektorwirkungsgradfaktor von bis zu 96 % berechnet (stationärer Fall). Dieser Wert beschreibt die Güte des Wärmetransportes vom Absorber zum Fluid und liegt in einem ähnlichen Bereich wie die hochwertigen metallischen Produkte. Um gleichzeitig die Wärmeverluste zu reduzieren und die Absorption der Solarstrahlung zu maximieren, wird die Aufbringung von spektral selektiven Beschichtungen auf UHPC erprobt. Erste Versuche zeigen, dass auf glatten, ebenen Oberflächen niedrige Emissionsgrade (bei 100 °C) um 10 % und hohe Absorptionsgrade um 94 % erreicht werden können. Als nächste Schritte sind die Optimierung der UHPC-Mischungszusammensetzung und der Beschichtung sowie schließlich die Entwicklung eines funktionstüchtigen Musters geplant.

Im Rahmen des von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderten Vorhabens „GlasKoll“ (FKZ 29493) und in Kooperation mit Partnern aus der Glas- und Kollektorbranche (Energy Glas GmbH, VEKA AG, Kömmerling Chemische Fabrik GmbH, KBB Kollektorbau GmbH) arbeitet das ISFH an der Entwicklung von sogenannten Verglasungs- oder Isolierglaskollektoren. Dabei handelt es sich um eine Kombination aus Flachkollektoren und Mehrfach-Isoliergläsern (Abbildung 5).

Aus Synergien mit der Verglasungs- und Fensterbranche werden verschiedene Vorteile erwartet: Eine sehr flexible und objektbezogene Fertigung kann ohne großen Aufwand die Herstellung von Kollektoren in verschiedenen Formaten und Formen ermöglichen. Ein hoher Automatisierungsgrad und der Einbau in

herkömmlichen Fensterrahmen oder Fassadenprofilen soll Kosten für die Produktion und insbesondere für Montage und Integration reduzieren. Durch eine geeignete Absorberkonstruktion und -integration wird dazu ein architektonisch anspruchsvolles Erscheinungsbild angestrebt, vergleichbar mit konventionellen verglasten Bauteilen.

Der Einsatz von Edelgasen für die Zwischenräume und niedrig emittierenden (low-e) Beschichtungen auf Glas ermöglicht eine sehr effektive Wärmedämmung der Konstruktion. Messungen an großformatigen Prototypen zeigen Leistungsdaten, die vergleichbar oder sogar besser als die von üblichen Flachkollektoren sind, und das bei einer Gesamtdicke von nur 50 mm gegenüber 80 bis 100 mm von Produkten in der gleichen Leistungsklasse. Die dauerhafte Gebrauchstauglichkeit der Kollektoren, die die größte Herausforderung bei dieser Entwicklung darstellt, ist Thema laufender Untersuchungen.

## 2.3 Neue Anwendungen

### A) Effiziente Kollektoren für hohe Temperaturen

Für die von der Solarthermie neu zu erschließenden Marktsegmente sind generell Kollektoren vonnöten, die auch bei Temperaturen über 80 °C (Prozesswärme, Nahwärmenetze) und niedrigen Einstrahlungen (Gebäude mit hohem Deckungsanteil) effizient und wirtschaftlich betrieben werden können. Die Arbeiten des FVEE haben sich diesbezüglich verstärkt mit der Optimierung der vertrauten und zuverlässigen Flachkollektorbauart befasst.

Im Projekt „HFk Low-e“ (BMU, FKZ 0325873A) wurden am ISFH und in Kooperation mit den Firmen Solvis, Vaillant und Euroglas Kollektoren mit spektral selektiven Zweifachabdeckungen entwickelt, die eine Erhöhung des Wirkungsgrades um bis zu 70 % im

Vergleich zu marktüblichen, leistungsstarken Produkten aufweisen ( $500 \text{ W/m}^2$ ,  $T = 60 \text{ K}$ ).

Das ZAE Bayern hat dagegen die Reduzierung der Wärmeverluste durch die Einführung einer zusätzlichen dünnen ( $25 \mu\text{m}$ ), hochtransparenten (94 %) und besonders reißfesten ETFE-Folie zwischen Glasabdeckung und Absorber sowie den Ersatz der üblichen Rückseitendämmung durch eine Vakuum-Superisolation (VSI) untersucht (BMU, FKZ 0329280A und FKZ 0325987A). Die VSI-Dämmung ist technisch und ökonomisch aufwendig, die Foliendämmung ist hingegen robust, wirtschaftlich und effizient (ca.  $1\text{--}1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$  Reduktion der Gesamtverluste von typisch  $4\text{--}5 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

Für Temperaturen über  $100\text{--}150 \text{ }^\circ\text{C}$ , die an der Obergrenze der traditionellen Niedertemperatur-Solarthermie liegen, wurden von DLR und Fraunhofer ISE in verschiedenen Projekten konzentrierende Fresnel- und Parabolrinnenkollektoren untersucht. Nach den ersten Demonstrationsanlagen liegen die Entwicklungsschwerpunkte nunmehr bei der Reduzierung der Wärmekosten durch eine Vereinfachung der Anlagentechnik sowie bei der Effizienzsteigerung durch Optimierung von Spiegeln und Receivern. Für Industriebetriebe ist außerdem eine effiziente Integration der Solarwärme nötig, die sicher Störungen des Betriebsablaufs vermeidet. So hat sich im Projekt „P3“ (BMU, FKZ 0329609) gezeigt, dass in der Fertigung der Firma Alanod eine Einspeisung von Solar Dampf in die existierende 4-bar-Dampfschiene ohne Beeinträchtigungen möglich war. Eine direkte solare Wärmeeinspeisung in Niedertemperaturverbraucher, die von der Dampfschiene versorgt werden, wie z. B. Warmwasserbäder, würde den zusätzlichen Einbau von Wärmeübertragern erfordern, was technisch nur aufwändig umsetzbar ist und von der Betriebstechnik abgelehnt wurde. Im Projekt „SolSteam“ (BMU, FKZ 0325545) untersuchen die Partner Industrial Solar,

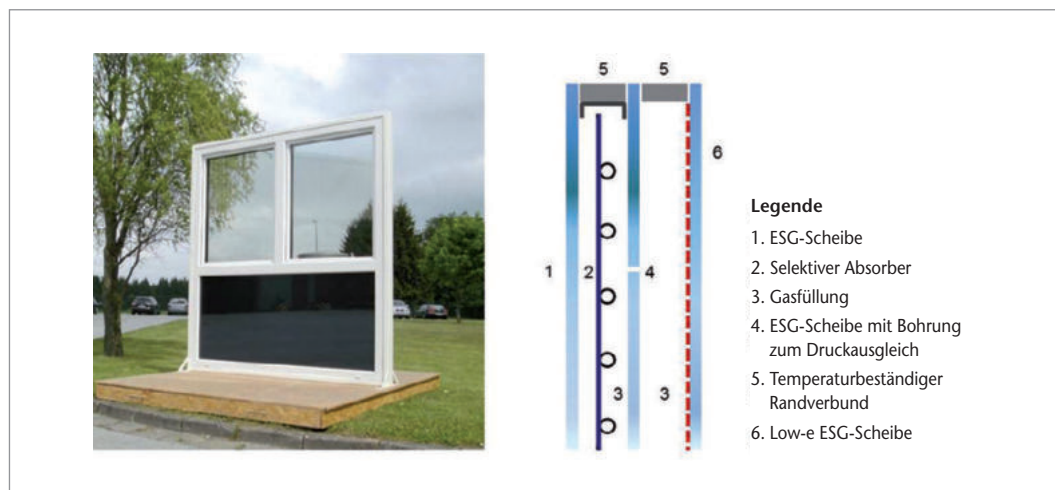
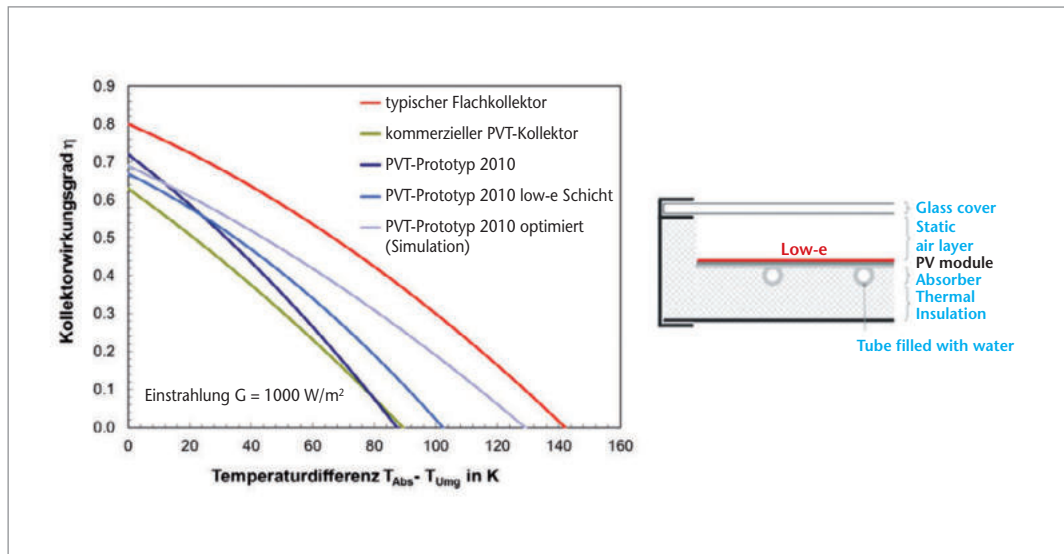


Abbildung 5

**Isolierglaskollektor**  
Schematischer Aufbau (rechts) und Beispiel einer möglichen Integration in üblichen Fensterrahmen (links).  
(Quelle: ISFH, Energy Glas)

Abbildung 6

**PVT-Kollektor:**  
Schematischer Aufbau eines neuartigen abgedeckten PVT-Kollektors mit einer low-e-PV-Modulabdeckung (rechts) und an Prototypen gemessene sowie simulierte Kollektorstückkennlinien (links).  
(Quelle: Fraunhofer ISE)



Viessmann und DLR nun, wie solare Wärme mit hohen Deckungsanteilen in Form von Satttdampf kosteneffizient ohne Beeinträchtigung der Verfügbarkeit direkt in einen Dampfkessel integriert werden kann. Die Schwankungen der Solarfeldleistung müssen dabei auch durch den Kessel aufgefangen werden können.

Da sich konzentrierende Kollektoren insbesondere für die Wärmeerzeugung in Gebieten mit hohem direktem Anteil der Solarstrahlung eignen, handelt es sich dabei hauptsächlich um eine Exporttechnologie für die deutsche Industrie.

### B) PVT-Kollektoren

Bei stark sinkenden Kosten der PV-Module und immer strenger werdenden Anforderungen an die Energieeinsparung in Gebäuden sind in den letzten Jahren hybride Kollektoren zur kombinierten Wärme- und Stromerzeugung in das Interesse gerückt. Photovoltaisch-thermische (PVT-) Kollektoren bieten den Vorteil, bei gleicher Gesamtenergieerzeugung Fläche, Installationsaufwand und damit Kosten zu reduzieren sowie eine einheitliche architektonische Gestaltung zu schaffen. Die FVEE-Mitglieder haben sich mit unterschiedlichen Konzepten auseinandergesetzt.

Am ISFH wurde der unabgedeckte Aufbau in Kombination mit erdgekoppelten Wärmepumpen im Rahmen des Vorhabens „BiSolar-WP“ zur Analyse des Systemverhaltens untersucht (BMU, FKZ 0325952B). Die Projektergebnisse beweisen, dass mit einer einfachen Systemverschaltung ein PV-Mehrertrag von bis zu 10 % und eine Stromeinsparung bei der Wärmepumpe von 10 % erreichbar sind. Aktuelle Untersuchungen zeigen, dass sich ein noch höheres Potenzial

durch effizientere Kollektoren und eine optimierte Systemintegration erschließen lässt.

Das Fraunhofer ISE arbeitet an der Entwicklung von abgedeckten PVT-Kollektoren der neuen Generation („PVTmax“, DBU, FKZ 28596 und „PVTgen2“, BMU, FKZ 0325538B). Durch den Einsatz von spektral selektiven PV-Abdeckungen und/oder einer optimierten Fertigung basierend auf der direkten Lamination des PV-Moduls auf dem Wärmetauscher kann der Kollektorstückwirkungsgrad deutlich gesteigert werden (Abbildung 6).

Am ZAE Bayern wurde ein PVT-Absorber in schwach konzentrierenden CPC-Kollektoren untersucht (BMU, FKZ 0325993A), der sich am besten für Installationen bei knappen Dachflächen eignet (Abbildung 7). Trotz einer Reduzierung des PV-Ertrags können dabei höhere flächenspezifische Gesamtenergieerträge erzielt werden als bei einer getrennten Installation von Photovoltaik und Solarthermie-Modulen.

Aufgrund ihrer Eigenschaften sind PVT-Kollektoren ein viel versprechender Ansatz für die zukünftige dezentrale Strom- und Wärmeversorgung, bei dem das Systemkonzept immer im Vordergrund steht.

### C) Luftkollektoren

Die Anforderungen an eine verstärkte Wärmeerzeugung mit Sonnenenergie und die Tendenz zu effizienten Gebäuden mit hohem solarem Deckungsanteil hat das Interesse auch an Luftkollektoren erneut erweckt. Diese Kollektortechnologie ist schon lange bekannt, hat sich jedoch auch aufgrund der Eigenarten von Luft als Wärmeträger (voluminöse Rohrleitungen, hohe Transportenergie) noch nicht weit verbreiten

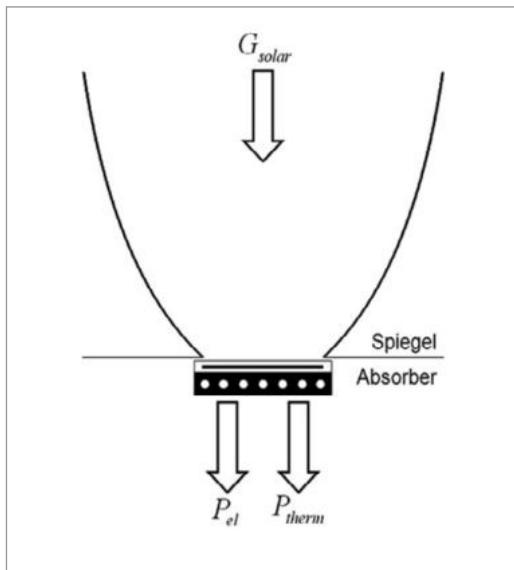


Abbildung 7

**Schwachkonzentrierender CPC-PVT-Kollektor** für den Einsatz bei ungünstigen Dach-zu-Nutzflächen-Verhältnissen. (links: schematischer Aufbau, rechts: Prototyp) (Quelle: ZAE Bayern)

können. In Kombination mit großen Kollektorinstallationen und raumluftechnischen Anlagen können sich aber künftig neue Chancen eröffnen.

Das Fraunhofer ISE hat sich mit der genauen Messung und Charakterisierung dieser Kollektoren im Rahmen des Projekts „Luko-E“ (BMU, FKZ 0325959A) befasst sowie neue Bewertungskriterien erarbeitet und damit dazu beigetragen, eine wesentliche Problematik für die Markteinführung zu lösen.

#### D) Kombikollektor

Unter weiteren neuen Konzepten für den Niedertemperaturbereich ist schließlich eine Entwicklung des Fraunhofer IBP zu erwähnen. Hierbei wurde ein Kombikollektor realisiert, der mittels zweier Kreisläufe – die übliche Absorberrohrleitung und eine durchströmbare Zweischeibenabdeckung – sowohl die tägliche Wärmeerzeugung als auch eine einfache und kostengünstige nächtliche Kühlung durch Strahlungsaustausch mit der Atmosphäre ermöglicht, ohne aufwendige Kühlaggregate oder Rückkühlwerke.

Die am IBP durchgeführten Untersuchungen zeigen das Potenzial der nächtlichen Kühlung mittels des modifizierten Solarkollektors bei annäherndem Erhalt der ursprünglichen Heizfunktion des Kollektors. Die Kühlleistung während der Nachtstunden ist stark von den Randbedingungen abhängig. Entscheidend sind vor allem die Kollektoreintrittstemperaturen und damit die Temperaturdifferenz zur Außenluft. Bei Eintrittstemperaturen knapp über der Außenlufttemperatur beträgt die mittlere nächtliche Kühlleistung ca. 40–50 W/m<sup>2</sup>. Bei höheren Eintrittstemperaturen, wie sie z. B. in Kombination mit Betonkernaktivierungen zu erwarten sind, werden maximale nächtliche Kühlleistungen von bis zu über 200 W/m<sup>2</sup> erreicht.

#### Fazit

Der Wärmesektor spielt eine entscheidende Rolle in der beschlossenen und laufenden Energiewende. Die Solarthermie soll und kann einen signifikanten Beitrag zur Steigerung des Anteils der erneuerbaren Energien leisten. Schlüssel für den Erfolg ist eine starke und zielführende Kooperation von Politik, Industrie und Forschung. Die Hauptaufgabe der Forschung besteht aktuell darin, die Attraktivität der Solaranlagen in etablierten und neuen Anwendungsbereichen durch Kostensenkung und einfache sowie zuverlässige Systeme zu erhöhen. Die präsentierten Beispielaktivitäten des FVEE zeigen dazu viel versprechende Ansätze.