

## Herausforderungen in der Forschung für Niedertemperatur-Solarthermie



Bundesverband  
Solarwirtschaft und  
SOLVIS GmbH & Co. KG

Helmut Jäger  
jaeger@bsw-solar.de

ISFH  
Gunter Rockendorf  
g.rockendorf@isfh.de

Fraunhofer ISE  
Gerhard Stryi-Hipp  
gerhard.stryi-hipp  
@ise.fraunhofer.de

Zur Erreichung einer möglichst hohen Gesamteffizienz ist es sinnvoll, die optimalen Konzepte und Technologien für die Bereitstellung von Wärme und Strom einzusetzen. Die Erzeugung von Wärme aus Sonne ist um den Faktor 3 effizienter als die Stromerzeugung. Auch die Investitionskosten für Speicherung von Wärme sind mit 10–40 €/kWh um den Faktor 40 niedriger als für Batterien.

Daraus folgt: Wärmeanwendungen müssen mit Solarwärme bedient werden und Stromanwendungen müssen mit Solarstrom bedient werden.

Heutzutage hat jeder Privathaushalt die Möglichkeit, 15–40% seines Strombedarfs einzusparen, indem z. B. für Haushaltsgeräte, die Wärme benötigen, diese tatsächlich in Form von Wärme und nicht in Form von Strom zur Verfügung gestellt wird. Wenn die alten Heizkessel erneuert werden, die alle viel zu große Stromverbräuche haben, dann können wir auch bei jedem Heizkessel durchschnittlich 400–500 kWh Strom einsparen – ein gigantisches Stromesparpotenzial, das nur genutzt werden muss.

Der Bundesverband Solarwirtschaft (BSW) hat mit der Unterstützung des Bundesumweltministeriums einen Fahrplan Solarwärme erarbeitet und verschiedene Marktsegmente definiert: Klassische Heizungsmodernisierung in Ein- und Zweifamilienhäusern, Neubau, Sonnenhäuser mit hoher solarer Deckung, Heizungsmodernisierung und Ergänzung im Mehrfamilienhaus, Nah- und Fernwärme. Außerdem wurden neue Segmente im Bereich industrieller Prozesswärme definiert, insbesondere bis zu 100°C Anwendungstemperatur und auch im Bereich Industriekälte und Klimatisierung.

Ziel ist es, in den nächsten Jahren die Leistung im Bereich Solarwärme in Deutschland stark zu steigern. Wir haben heute ungefähr 10 GW installiert, unser Ziel ist, in den genannten Marktsegmenten bis 2020 diese Leistung zu verdreifachen auf ca. 27 GW und bis 2020 auf ca. 70 GW.

Der „Fahrplan Solarwärme“ kann auf der Homepage des BSW detailliert nachgelesen werden.

### Kosten

Die Kostensenkungen in der Solarthermie waren in den letzten fünf Jahren nicht so stark wie in der PV, denn sie sind von einem völlig anderen Niveau aus

gestartet. Wir haben heute bei Solarkollektoren reine Herstellkosten von ungefähr 0,1 €/W peak. Auch wenn das schon relativ niedrig ist, haben wir doch das Ziel noch günstiger zu werden, insbesondere im Bereich der Montage.

Wir arbeiten auch daran, zwischen 2015 und 2020 durch Technologiesprünge bei der Speichertechnologie und durch neue Materialien die Kosten der Kollektoren deutlich zu senken. Unser Ziel ist es, bis 2020 die Kosten um 14% und bis 2030 um ca. 43% zu reduzieren.

Solarthermie ist heute in vielen Bereichen durchaus wirtschaftlich. Eine einfache Solarwarmwasseranlage produziert heute Wärme zu Kosten von ca. 6 bis 7 Cent/kWh. Das ist durchaus vergleichbar mit Gas und viel günstiger als Öl. Wir gehen davon aus, dass in den nächsten Jahren die Preise für fossile Brennstoffe weiter steigen werden, so dass die Wirtschaftlichkeit für die Solarsysteme sich in allen Bereichen deutlich verbessern wird. Wir rechnen damit, 2030 die 5-Cent-Marke in vielen Bereichen zu unterschreiten und damit auch ohne Förderung wirtschaftlich zu sein.

Zurzeit funktionieren mehr als zwei Drittel des Solarwärmemarktes komplett ohne Förderung. Im Neubau und bei Warmwassersystemen für Einfamilienhäuser gibt es keine Förderung mehr; nur für heizungsunterstützende Systeme in der Bestandsmodernisierung gibt es noch Förderung.

### F&E-Bedarf

#### Ersatz von Kupfer-Rohrmaterial durch Aluminium und Stahl

Die Kupferpreise sind in den letzten Jahren sehr stark gestiegen. Es ist daher wichtig, Testverfahren für die Langzeitstabilität von Materialmischen mit reduziertem Kupferanteil zu entwickeln. Es fehlen noch die entsprechenden Grundlagen um die Langzeitstabilität von 25 Jahren für solarthermische Kollektoren sicherzustellen. Auf diesem Gebiet sehen wir einen großen F&E-Bedarf zu Festigkeit, Korrosion und Erosion.

#### Montagesysteme

Montagesysteme sind im Moment sowohl für PV als auch für Solarthermie ein sehr wichtiges Thema. Ich bin davon überzeugt, dass wir in wenigen Jahren völlig gleiche Montagesysteme für beide Bereiche haben

werden, weil die Lastanforderungen, Wind, Brand, Schnee usw. letztendlich gleich sind. Das Deutsche Institut für Bautechnik hat sich dafür engagiert, dass diese Montagesysteme statisch optimiert und standardisiert werden. Zurzeit werden Prüfverfahren entwickelt, z. B. mit Simulationen im Windkanal, um die Montagesysteme zu optimieren. Dies wirkt sich direkt auf die Kosten aus und ist darüber hinaus auch für die Montagezeiten der Handwerker ein wesentliches Einsparpotenzial.

### Systemtechnik vereinfachen und Integration vorantreiben

Die Integration muss vorangetrieben werden, um die Fehleranfälligkeit und die Kosten senken zu können. Das heißt, wir brauchen in Zukunft an den Instituten nicht nur Prüfstände für einzelne Komponenten, sondern zusätzlich Systemprüfstände und Systemtestverfahren. Bisher testen wir häufig nur Komponenten: Absorberschichten, Gläser usw., oder komplette Kollektoren oder komplette Speicher. In Zukunft brauchen wir komplette Testverfahren für Warmwasserstationen für hochdynamische Prozesse.

### Wärmespeicherkapazität erhöhen

Hier geht es in erster Linie um das Thema Materialforschung für PCM (Phase Change Materials = Phasenwechselmaterialien) und TCM (Thermochemische Wärmespeicher). Besonders wichtig ist dabei die

Entwicklung von Langzeittestverfahren, denn diese Speicher sollen schließlich lange halten. Ein klassischer Stahlpufferspeicher steht 50 Jahre im Keller, daran müssen wir uns messen. Trinkwasserspeicher haben eine deutlich kürzere Lebensdauer, gehen aber mehr und mehr aus dem Markt. Die Zukunft liegt bei den Pufferspeichern. Gerade im Bereich der Systemtechnik ist hier noch eine Menge zu tun. Es reicht nicht aus, die Materialien zu entwickeln. Wir brauchen wettbewerbsfähige, komplett funktionierende Systeme. Das ist bisher noch zu wenig beleuchtet worden.

### Ersatz von Metall durch Kunststoff

Dies ist der übernächste Schritt. Wenn wir erst einmal Kupfer durch Aluminium und Stahl ersetzt haben, geht es bei Kollektorgehäusen, Speichern und Montagesystemen darum, langfristig Metall komplett durch Kunststoff zu ersetzen. Hier ist die Materialforschung gefragt. Es ist relativ unproblematisch, Kunststoffe einzusetzen, aber der Kunststoff muss auch deutlich preiswerter sein als Stahl. Dafür brauchen wir kostengünstige Fertigungsverfahren, die richtigen Auslegungstools und Langzeittestverfahren. Denn ein Kollektor muss mindestens 25 Jahre halten und ein Pufferspeicher sollte schon 40 bis 50 Jahre halten.

## Kooperationsprojekte von Forschung und Industrie

### Beispiel 1: »RefleC«

Im Projekt „RefleC“ wurde ein hocheffizienter Flachkollektor mit zusätzlichen Spiegeln zur Erhöhung des Strahlungsempfangs entwickelt. Gleichzeitig wurden die Wärmeverluste reduziert durch eine zweifach transparente Abdeckung. Ziel ist die Erhöhung der Leistung und der gesamten Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen, insbesondere für Anwendungen, bei denen man höhere Leistungsdichten und höhere Temperaturen braucht.

#### Beteiligte:

Fraunhofer ISE und Wagner & Co. Solartechnik GmbH

#### Forschungsarbeiten:

- Optische Simulationen zur Optimierung der Spiegelflächen
- Experimentelle Untersuchungen
- Bau einer Prototypanlage und Monitoring

Förderung: BMU/PTJ



Abbildung 1

Hocheffizienter Flachkollektor mit reduzierten Wärmeverlusten durch externe Reflektoren und Doppelabdeckung für Arbeitstemperaturen bis 150 °C.

Quelle: Fraunhofer ISE

### Beispiel 2: »HeizSolar«

Ziel des Projekts „HeizSolar“ ist die Erarbeitung der wissenschaftlichen Grundlagen zur Bewertung und Optimierung von SolarAktivHäusern. Mit diesen Erkenntnissen soll die gesamte Systemtechnik für Häuser mit einem solaren Deckungsgrad von mehr als 50% optimiert werden. Gerade in der Systemtechnik stecken große Kostensenkungspotenziale. Die Ergebnisse wurden auch der Industrie – in mehreren Workshops vorgestellt und diskutiert und stehen im Internet zur Verfügung.

#### Beteiligte Institute:

Fraunhofer ISE, Solar- und Wärmetechnik Stuttgart (SWT),  
TU Ilmenau, Sonnenhaus-Institut e. V.

#### Forschungsarbeiten:

Monitoring von neun SolarAktivHäusern  
Erarbeitung eines Simulationsmodells  
Optimierung des SolarAktivHaus-Konzepts

Förderung: BMU/PTJ

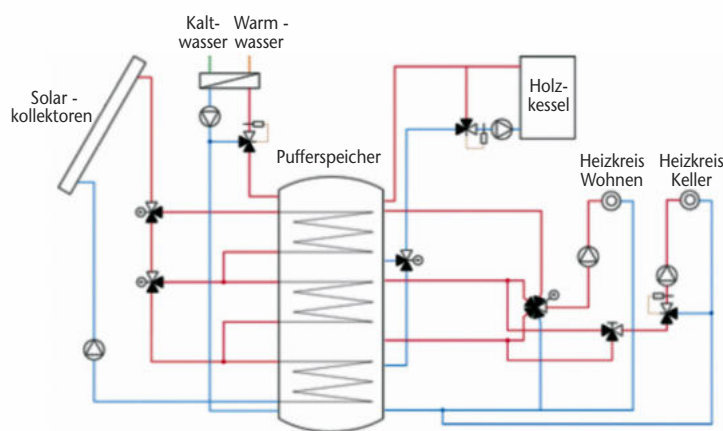


Abbildung 2  
Monitoring-Konzept  
Quelle: Fraunhofer ISE

### Beispiel 3: „SOLCOOLSYS“

In dem Verbundvorhaben soll ein weitestgehend standardisiertes System zur solaren Kühlung für Wohn- und kleine Bürogebäude entwickelt und in realen Anwendungen getestet und optimiert werden. Die Anlagen bestehen aus einer Solaranlage, einer Adsorptionskältemaschine und einer Rückkühleinheit, die so zusammengestellt sind, dass eine einfache Installation beim Endkunden gewährleistet ist.

#### Beteiligte:

Fraunhofer ISE, SorTech AG und Solvis GmbH & Co. KG



Abbildung 3  
Verbundprojekt  
SOLCOOLSYS  
Bildquelle: SOLVIS

**Beispiel 4: Hocheffiziente Flachkollektoren mit Wärmeschutzverglasung**

Für eine weitere Verbreitung solarthermischer Anlagen muss die Leistungsfähigkeit von Flachkollektoren noch gezielt für den Betrieb bei hohen Temperaturen über 80 °C gesteigert werden. Der wichtigste Baustein für einen Hocheffizienz-Flachkollektor ist die Low-e-Schicht mit hoher Transmission. Zusammen mit einem selektiven Absorber werden so sehr effektiv Wärmeverluste durch Strahlung unterdrückt.

Man erreicht dann bei gleicher Dachfläche einen höheren Ertrag. Gegenüber Vakuumröhrenkollektoren hat man hier eine deutliche Verbesserung des Preis-Leistungs-Verhältnisses und gegenüber einfachen Flachkollektoren eine deutliche Leistungssteigerung, so dass das Projekt eine gute wirtschaftliche Perspektive hat. Wichtig ist hierbei, dass ein hoch-

effizienter Flachkollektor gut zu den bisherigen Produktlinien der europäischen Hersteller passt, da sich lediglich die Verglasung unterscheidet. Diese wird mit Hilfe der Glas- und Verglasungsindustrie entwickelt.

*Beteiligte:*

ISFH, SOLVIS GmbH & Co.KG, Vaillant GmbH, Bystronic GmbH, Kömmerling GmbH, Euroglas GmbH

*Forschungsarbeiten:*

- Neues Low-e Schichtsystem entwickelt und geprüft
- Hohe Leistungssteigerung an Prototypen gemessen: 60% Mehrertrag bei T= 60 K und 500 W/m<sup>2</sup>
- Gebrauchstauglichkeit nachgewiesen
- Industrielle Umsetzung in aktuellem Projekt

*Förderung:* BMU

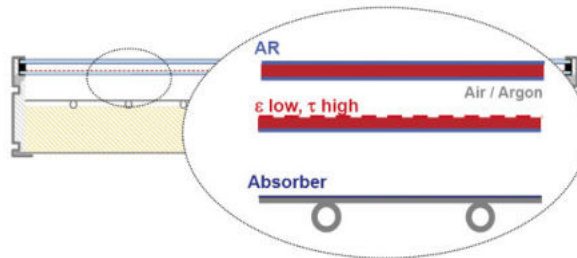


Abbildung 4  
Prinzip eines hocheffizienten Flachkollektors.  
Bildquelle: ISFH

**Beispiel 5: Temperaturoptimierte Wärmeversorgung für Sonnenhäuser**

Entwicklung eines neuen Wärmeversorgungskonzepts für Solarhäuser mit einem solaren Deckungsanteil von mehr als 50%. Zurzeit werden Solarhäuser in der Regel mit einem zentralen Pufferspeicher realisiert, in den die Solaranlage einspeist, so dass ein Teil der in den Sommermonaten gewonnenen solaren Wärme innerhalb der Heizperiode genutzt werden kann.

Mit dem neuen Systemkonzept wird nun eine temperaturoptimierte Aufteilung der Solarenergiegewinne auf unterschiedliche Senken durchgeführt. Dabei geht es vor allem um Systemoptimierung. Die Speicherung in Bauteilen wie Betondecken soll genutzt werden, damit das Wasservolumen des Pufferspeichers reduziert werden kann. Ziel ist es, mit einem Fünftel des Pufferspeichers auszukommen und trotzdem einen solaren Deckungsgrad von deutlich über 50% zu erreichen.

- Dadurch Kostenreduktion und reduzierte Sommerlast
- Simulationsstudien und Erprobung an Experimentaltgebäude

*Förderung:* BMU

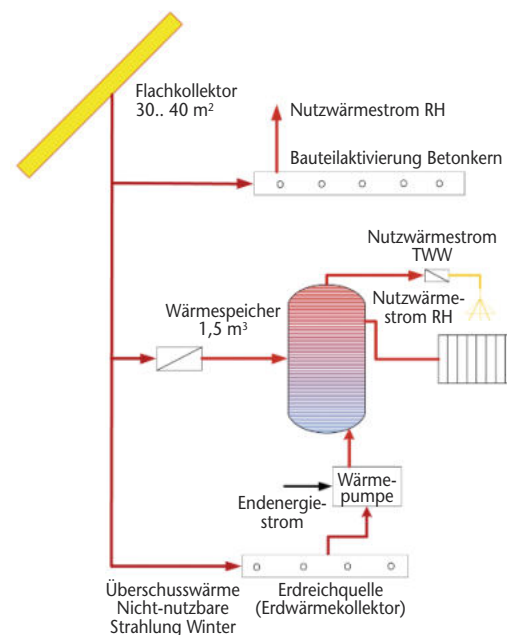


Abbildung 5  
Übersicht über die Wärmequellen und -senken im neuen Sonnenhauskonzept (die Linien entsprechen Energieströmen).  
Quelle: ISFH

*Beteiligte:*

ISFH, Helma Eigenheimbau AG, RESOL Elektronische Regelungen GmbH

*Forschungsarbeiten:*

- Neues Solarhauskonzept mit 1,5 m<sup>3</sup> statt 7,5 m<sup>3</sup> Pufferspeicher
- Einsatz von Betonkernaktivierung als Heiz- und Speicherelement



### Beispiel 6: Solarwärme und Energieeffizienz: Neues Kessel-Simulationsmodell

Das Projekt beleuchtet die Kopplung von Heizkesseln mit Solartechnik. Es gab teilweise in der Branche die Befürchtung, dass eine Konkurrenz zwischen Solarwärme und der Brennwertnutzung bestehe. Das Projekt hat aber gezeigt, dass dies nicht der Fall ist. Bei geeignet integrierten Kesseln nimmt weder der Brennwertnutzen ab noch erhöht sich die Taktrate

signifikant. Entscheidend für die Endenergieeinsparung ist neben der Kesselauswahl die optimierte Integration der Wärmespeicher. Das ISFH hat im Projekt ein neues einfach zu parametrierendes Kesselmodell entwickelt, mit dem insbesondere große Systeme für Mehrfamilienhäuser weiter optimiert werden können.

**Beteiligte:**

ISFH, Ostfalia Hochschule, Fachhochschule Düsseldorf

**Forschungsfragen: Wie arbeiten Kessel und Solarsystem zusammen und welcher Kessel ist geeignet?**

- Neues Modell basierend auf Herstellerdaten
- Fokus: Dynamik und Brennwertnutzen
- Validiert mit Heizkesseltests
- Geprüft an Feldanlagen

**Förderung:** BMU



Abbildung 6  
Teststand für die Untersuchung von Heizkesseln unter stark wechselnden Betriebsbedingungen  
Quelle: Ostfalia

### Beispiel 7: Wärmerohre in Sonnenkollektoren führen zu vereinfachten Systemen

Neue Kollektorkonzepte sind auch ein wichtiges Thema. Am ISFH wird dazu an Flach- und Vakuumröhrenkollektoren geforscht, die mit Wärmerohr-Anbindung zur Reduzierung der Systemkosten beitragen. Wärmerohre (engl. heat pipes) dienen dem Wärmetransport vom Absorber zum Wärmeträgerfluid, welches in diesem Fall nur durch die Sammel-

leitung des Kollektors fließt. Gegenüber direkt durchströmten solarthermischen Kollektoren ist ihr Vorteil eine einfachere hydraulische Verschaltung mit geringerem Druckverlust bei gleichzeitiger Minderung der Anlagenbelastung im Stagnationsfall. Wärmerohre können jedoch nur eine begrenzte Menge an thermischer Leistung effizient übertragen und stellen für das System Wärmerohr und Wärmeübertrager (Sammler) einen zusätzlichen thermischen Widerstand im Nutzwärmestrompfad eines Kollektors dar. Das ISFH hat dafür die Wärmetransporteigenschaften des Systems Wärmerohr-Wärmeübertrager untersucht und Schwachstellen sowie Optimierungspotenziale aufgezeigt. Dabei sind auch die Leistungsgrenzen von Wärmerohren interessant, da sie temperaturabhängig sind und somit durch gezielte Leistungsbegrenzung bei höheren Temperaturen eine Minimierung der Stagnationstemperatur ermöglichen.

**Beteiligte:**

ISFH, Narva Lichtquellen GmbH + Co. KG, KBB Kollektorbau GmbH

**Förderung:** BMU

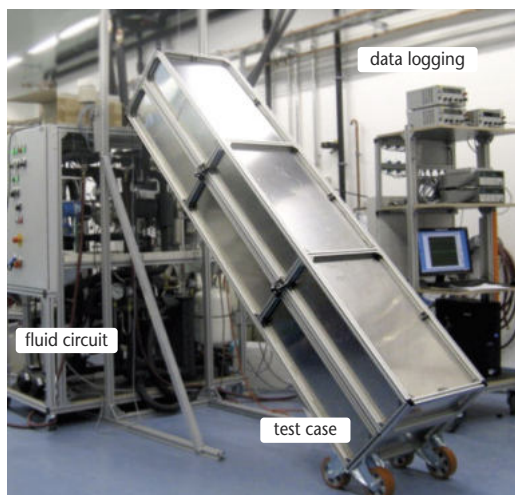


Abbildung 7  
Prüfstand zur Bestimmung der Wärme-transporteigenschaften von Wärmerohren für solarthermische Kollektoren  
Quelle: ISFH

## Ausblick

Im „Fahrplan Solarwärme“ des BSW wurden die Themen „Materialien“ sowie „höhere Vorfertigung“ und „Standardisierung“ zunächst als unternehmensspezifische Maßnahmen gesehen. Erfreulicherweise haben sich jetzt in der Branche auch viele Kooperationen zwischen Industriepartnern ergeben.

Darüber hinaus gibt es die Grundlagenthemen wie „Kunststoffkollektoren“ und „Speicher“, die sozusagen als branchenweite Aktivitäten identifiziert sind. Hier ist auch ein enger Austausch von Forschung und Wissenschaft notwendig, um zu weiteren Ergebnissen zu kommen.