

# Potenziale innovativer Speichertechnologien für solare Kombianlagen

H. Drück, W. Heidemann, H. Müller-Steinhagen

Universität Stuttgart, Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW)

Pfaffenwaldring 6, D-70550 Stuttgart

Tel.: 0711/685-3536, Fax: 0711/685-3503

Email: drueck@itw.uni-stuttgart.de

Internet: <http://www.itw.uni-stuttgart.de>

## 1. Einleitung

Solaranlagen zur kombinierten Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung sind seit einigen Jahren am Markt etabliert und gewinnen zunehmend an Relevanz. Heute besitzen diese Kombianlagen typischerweise eine Kollektorfläche von etwa 10 - 20 m<sup>2</sup> und Speichervolumina im Bereich von 0,7 - 1,5 m<sup>3</sup>. Beim Einsatz in einem 'üblichen' Einfamilienhaus kann mit diesen Anlagen eine Reduktion des Gesamtenergieverbrauchs für Heizung und Warmwasser von ca. 20 - 30 % erreicht werden. Soll ein deutlich größerer Anteil der benötigten Energie von der Sonne geliefert werden, so sind größere Kollektorflächen und/oder Speicherkapazitäten erforderlich.

In diesem Beitrag werden zunächst am Beispiel eines typischen Einfamilienhauses der Einfluss der Kollektorfläche und des Speichervolumens auf die erzielbare Energieeinsparung aufgezeigt. Ausgehend hiervon wird erstmals objektiv untersucht, welche Ertragssteigerungen sich durch innovative Speicherkonzepte erzielen lassen. Hierzu wird insbesondere der Einsatz von

- Warmwasserspeichern mit optimierter Wärmedämmung (z. B. Vakuumdämmung),
- Speichern mit Phasenwechselmaterialien (Latentwärmespeicher) und
- thermochemischen Energiespeichern (Sorptionspeicher) auf der Basis von Simulationsrechnungen diskutiert.

Zusätzlich zur erzielbaren Energieeinsparung wird in dem Beitrag auch auf die sich für die unterschiedlichen Speichertechnologien und Anlagenkonzepte ergebenden solaren Wärmepreise und energetischen Amortisationszeiten eingegangen.

## 2. Randbedingungen

Die Simulationsstudie basiert auf einem Einfamilienhaus am Standort Würzburg mit einer Wohnfläche von 128 m<sup>2</sup>. Die Dachfläche, auf welcher die Kollektoren montiert sind, ist nach Süden ausgerichtet und weist eine Dachneigung von 45° auf. Der Heizwärmebedarf des Gebäudes, das der Energieeinsparverordnung (EnEv) entspricht, beträgt 71 kWh/(m<sup>2</sup>a) bzw. 9090 kWh/a. Die Heizungsregelung wurde witterungsgeführt mit maximalen Vor- / Rücklauftemperaturen von 50/30 °C gewählt. Der Warmwasserwärmebedarf für eine tägliche Entnahme von 200 Litern bei 45 °C beträgt 28 kWh/(m<sup>2</sup>a) bzw. 3590 kWh/a. Der Gesamtwärmebedarf für die Trinkwassererwärmung und Raumheizung ergibt sich somit zu 12680 kWh/a. Beim Einsatz eines Öl- oder Gasheizkessels mit einem Nutzungsgrad von 85 % beträgt der insgesamt jährlich benötigte Energiebedarf ca. 14900 kWh. Als Bewertungsgröße für die Solaranlage dient die jährliche anteilige Energieeinsparung  $f_{sav}$ . Diese Größe gibt an wie viel Energie durch die Solaranlage im Vergleich zu einer konventionellen, nicht solaren Wärmeversorgungsanlage eingespart werden kann.

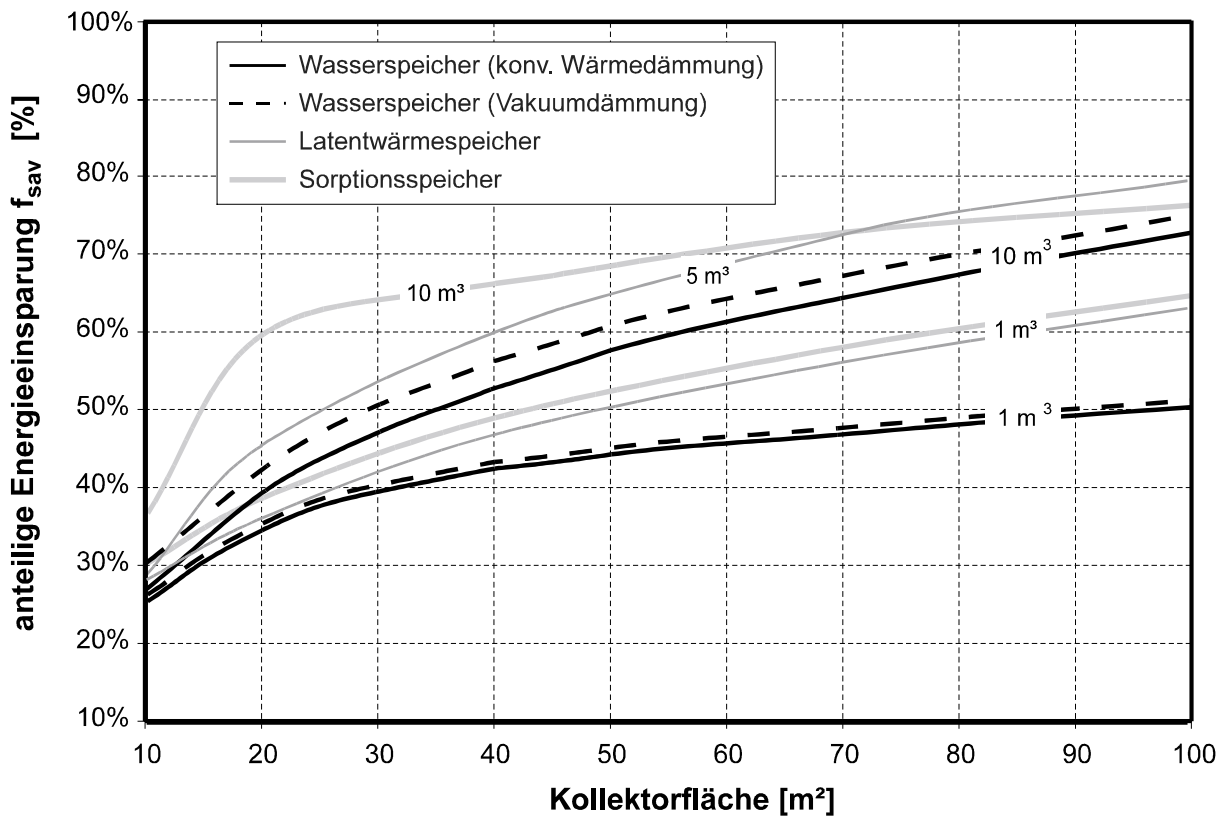
## 2. Ergebnisse

Auf der Basis einer Simulationsstudie wurde der Einfluss verschiedener Auslegungsgrößen und Speicherkonzepte auf die bei einem vorgegebenen Referenzfall erzielbare anteilige Energieeinsparung untersucht. Die Ergebnisse für die sogenannten innovativen Speichertechnologien sind in Bild 1 zusammengestellt. Als Referenz sind in Bild 1 zusätzlich zwei Kurven für einen Warmwasserspeicher mit konventioneller Wärmedämmung eingezeichnet. Eine umfangreiche Simulationsstudie zum Einfluss unterschiedlicher Wasserspeichervolumina sowie Kollektorflächen und Kollektortypen wurde bereits in /1/ veröffentlicht.

Aus Bild 1 ist ersichtlich, dass es beim Einsatz von Latentwärme- oder Sorptionspeichern bereits mit einem wirksamen Speichervolumen von ca. 1 m<sup>3</sup> (zzgl. 750 Litern für einen „konventionellen“ Kombispeicher) und Kollektorflächen im Bereich von etwa 45 m<sup>2</sup> (Flachkollektor) möglich ist mehr als die Hälfte des Wärmebedarfs durch Solarenergie zu decken. Bei den angegebenen Speichervolumina ist allerdings zu berücksichtigen, dass es sich aufgrund der hier idealisiert getroffenen Annahmen um die effektiv wirksamen Speichervolumen handelt und die tatsächlich benötigten Volumina aufgrund der notwendigen Wärmeübertrager bzw. Kondensatbehälter durchaus um den Faktor zwei größer sein können.

Gegenwärtig befindet sich sowohl die Latentwärme- als auch die Sorptionsspeichertechnologie für den hier zugrunde gelegten Anwendungsfall noch in der wissenschaftlichen und industriellen Entwicklungsphase. Entsprechende Speicher werden bisher nur von einigen wenigen Firmen angeboten. Langfristig sollte jedoch kein Weg an diesen Technologien vorbei führen.

Im Vergleich zu Latentwärme- und Sorptionsspeichern werden beim Einsatz von Warmwasserspeichern größere Volumina benötigt. Der Vorteil von Warmwasserspeichern ist jedoch, dass es sich um eine bekannte Technologie handelt die prinzipiell bereits auf dem Markt etabliert ist. Sie besitzen daher gegenwärtig auch das größte Kostensenkungspotenzial. Durch weitere Verbesserungen, wie z. B. einer Vakuumdämmung, ist es ebenfalls noch möglich ihre Leistungsfähigkeit weiter zu verbessern.



**Bild 1:** Anteilige Energieeinsparung für unterschiedliche Speichertechnologien und Speichervolumina (zzgl. 750 Liter Volumen des „konventionellen“ Kombispeichers) in Abhängigkeit von der Kollektorfläche (Flachkollektor)

### 3. Solare Wärmepreise

Eine Bewertung von Solaranlagen nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten durchzuführen ist sehr schwierig, da die Wirtschaftlichkeit von Solaranlagen sehr stark von der Entwicklung der Preise für fossile Energieträger abhängt.

Ein weiterer Aspekt, der die Kostenbetrachtung erschwert ist, dass die als alternative Speichertechnologien untersuchten Konzepte heute noch keine Marktrelevanz erreicht haben. Erst wenn sich eine Technologie am Markt etabliert hat und in großen Stückzahlen gefertigt wird, sind die Ergebnisse einer Wirtschaftlichkeitsberechnung wirklich belastbar /2/.

Die folgende Kostenbetrachtung beschränkt sich daher auf die mit der heute bereits verfügbaren Anlagentechnologie realisierbaren Anlagenkonzepte, bei denen als Wärmespeicher ein Warmwasserspeicher eingesetzt wird.

In Tabelle 1 sind die solaren Wärmepreise für unterschiedliche Kollektorflächen und Kollektortypen sowie für verschieden große Speichervolumina zusammengestellt. Hierbei ist jeweils ein durchschnittlicher und ein günstiger Wert angegeben. Der durchschnittlich Wärmepreis wurde ohne Förderung und ohne Eigenleistungen (z. B. Installation) ermittelt. Bei der Ermittlung des günstigen Wärmepreises wurden diese Einsparmöglichkeiten berücksichtigt. Zusätzlich wurden hier für die Komponenten Preise kostengünstiger Anbieter zugrunde gelegt.

Speicher- volumen [m <sup>3</sup> ]	Kollektor- fläche [m <sup>2</sup> ]	f <sub>sav</sub> [%]	solarer Wärmepreis	
			durchschnittlich [EURO/kWh]	Günstig [EURO/kWh]
0,45	10 (FK)	25	0,19	0,06
0,45	20 (FK)	32	0,27	0,09
1	10 (VRK)	32	0,25	0,09
1	100 (FK)	50	0,69	0,24
	35 (VRK)	50	0,38	0,18
10	35 (FK)	50	1,27	0,38
	22 (VRK)	50	1,33	0,41
30	28 (FK)	50	1,12	0,35
	18 (VRK)	50	1,13	0,38
30	100 (VRK)	94	1,05	0,41
100	100 (FK)	93	1,32	0,53

**Tabelle 1:** Solare Wärmepreise (incl. MwSt) für verschiedene Anlagengrößen mit Flachkollektor (FK) und Vakuumröhrenkollektor (VRK) Berechnet nach Annuitätenmethode: Zinssatz 4 %, Lebensdauer 20 Jahre

#### 4. Energetische Amortisationszeit

Die energetische Amortisationszeit ist die Zeit, die die Anlagen benötigen, bis durch sie soviel Energie eingespart wurde, wie zu ihrer Herstellung, ihrem Transport, ihrem Betrieb und ihrer Installation benötigt wurde. Erst wenn eine Anlage über die energetische Amortisationszeit hinaus in Betrieb ist, leistet sie bei einer ganzheitlichen Betrachtung einen wirklichen Beitrag zur Schonung unserer Ressourcen.

Bei der Ermittlung der energetischen Amortisationszeit gilt prinzipiell das Gleiche wie bei der im vorangegangenen Abschnitt durchgeführten Kostenbetrachtung: Es handelt sich für die Anlagen mit Wasserspeicher nur um eine grobe Abschätzung. Für die Anlagen mit alternativen Speichertechnologien wurde aufgrund einer lückenhaften Datenbasis auf die Angabe der energetischen Amortisationszeit gänzlich verzichtet.

Für einige ausgewählte Anlagengrößen sind die energetischen Amortisationszeiten in Tabelle 2 zusammengestellt.

Speicher-Volumen [m <sup>3</sup> ]	Kollektor-fläche [m <sup>2</sup> ]	f <sub>sav</sub> [%]	energetische Amortisationszeit [Jahre]
0,45	10 (FK)	25	2,0
1	100 (FK)	50	5,2
10	35 (FK)	50	4,2
30	28 (FK)	50	6,5
100	100 (FK)	93	8,4

**Tabelle 2:** Energetische Amortisationszeiten für verschiedene Anlagengrößen mit Wasserspeicher und Flachkollektor (FK)

#### 5. Zusammenfassung

Werden z. B. diejenigen Anlagen betrachtet, die ein anteilige Energieeinsparung von 50 % erzielen, so fällt für die Referenzanlage der solare Wärmepreis mit 1 m<sup>3</sup> Speichervolumen und 35 m<sup>2</sup> Vakuumröhrenkollektor mit 0,18 bzw. 0,38 EURO/kWh am Günstigsten aus. Teilweise deutlich teurer sind bei gleichem solaren Ertrag die Varianten mit größerem Speicher und kleinerer Kollektorfläche.

So wie sich die Situation gegenwärtig darstellt ist es kostengünstiger den Kollektor zu vergrößern, statt einen größeren Speicher einzusetzen. Ursächlich hierfür sind zwei Aspekte: Zum Einen wird die bei der Ermittlung des günstigen Wärmepreises berücksichtigte Bundes-Förderung auf Basis der Größe der Kollektorfläche und nicht

des Speichervolumens gewährt. Zum Anderen werden Kollektoren bereits heute in großen Stückzahlen produziert und daher relativ günstig am Markt angeboten. Völlig anders stellt sich jedoch die Situation bei großen Heizungsspeichern dar, da diese nur in sehr kleinen Stückzahlen oder teilweise sogar als Unikate gefertigt werden. Insbesondere durch den Einsatz größerer, standardisierter Speicher kann hier noch ein deutliches Kostensenkungspotenzial erschlossen werden.

Im Hinblick auf die solaren Wärmepreise haben die vorgestellten Ergebnisse gezeigt, dass es bereits heute zu durchaus moderaten Kosten schon möglich ist etwa 50 % des benötigten Wärmebedarfs durch Solarenergie zu decken. Je nach gewählter Kombination von Speichervolumen und Kollektorfläche bzw. -typ ergeben sich Wärmepreise wie sie bereits heute für die am Markt angebotenen typischen Kombianlagen üblich sind /2/ - allerdings bei einer anteiligen Energieeinsparung die mit ca. 20 – 30 % nur etwa halb so groß ist. Der Schritt von der solaren Heizungsunterstützung hin zur fossil unterstützten Solarheizung ist also in greifbare Nähe gerückt. Dass durch diesen Ansatz auch ein ganzheitlicher Beitrag zur Schonung unserer Ressourcen geleistet werden kann, zeigen die ermittelten energetischen Amortisationszeiten die in sämtlichen Fällen deutlich unter der zu erwartenden Lebensdauer der Anlage liegen.

Die kostengünstige, effiziente und umweltfreundliche Speicherung von Wärme ist eine der Schlüsseltechnologien für die weitere Entwicklung der Solartechnik. Im Hinblick auf das sich aufgrund der Siedlungsstruktur und des zur Modernisierung anstehenden Gebäudebestandes zur Verfügung stehende Marktpotenzial gilt dies insbesondere für sogenannte solarthermische „Kleinanlagen“.

Aus diesem Grunde wurde, unter maßgeblicher Mitarbeit des ITW, von der IEA (Internationale Energieagentur) im Solar Heating and Cooling Program eine entsprechende Arbeitsgruppe (Task 32) etabliert. Die Task 32 hat die Bezeichnung „Advanced Storage Concepts for Solar Buildings“. In ihr werden sich in den nächsten vier Jahren europäische Firmen und Forschungsinstitute gemeinsam darum bemühen die Speichertechnologie und damit auch die Solartechnologie einen entscheidenden Schritt voran zu bringen.

#### Literatur:

- /1/ H. Drück, H. Kerskes, W. Heidemann, H. Müller-Steinhagen: Solare Kombianlagen der nächsten Generation - Advanced Solar Combisystems, Tagungsband zum zwölften Symposium Thermische Solarenergie, Seiten 59 - 63, Otti, Regensburg, 2002, ISBN 3-934681-20-4
- /2/ H. Drück, W. Heidemann, H. Müller-Steinhagen: Vergleichstest von Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung, Tagungsband zum dreizehnten Symposium Thermische Solarenergie, Seiten 131 – 136, Otti, Regensburg, 2003, ISBN 3-934681-26-3.