

Technologieentwicklung und Forschung für Wärmespeicher

Wilhelm Wilming

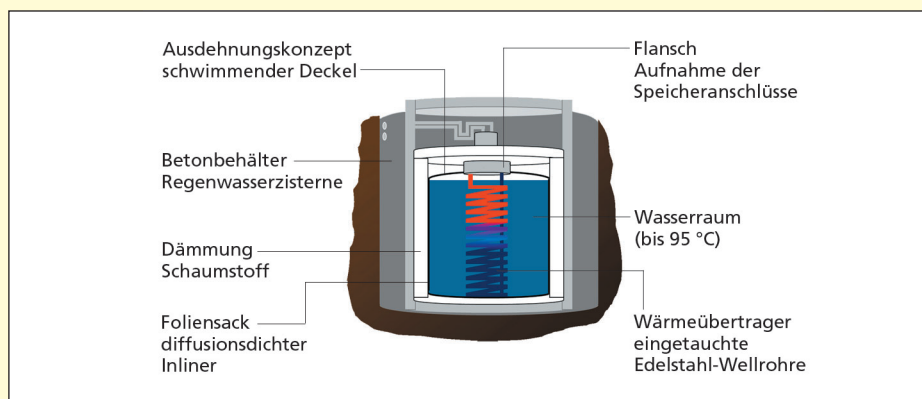
Solarspeicher sollen preisgünstiger werden. Das ist das zentrale Ziel einiger Forschungsprojekte. Nur durch eine signifikante Reduzierung von Investitionskosten lassen sich die vorhandenen Potenziale der Solarthermie nutzen. Es gibt unterschiedliche technologische Ansätze, deren Realisierung mit Fördergeldern unterstützt wird.

Kosteneffiziente erdvergrabene Heißwasserspeicher (KES)

Ein- und Mehrfamilienhäuser brauchen großvolumige Wärmespeicher, wenn die solare Deckung bei der häuslichen Wärmeversorgung akzeptable Werte erreichen soll. Da Kellerräume die bevorzugten Aufstellungsorte sind, wird der Installateur den erforderlichen Speichertank in der Regel beim Kunden vor Ort anfertigen oder aus mehreren kleinen Tanks zusammenfügen müssen. Beide Optionen sind aufwändig und verbrauchen Platz. Eine Alternative bieten neuerdings in der Erde vergrabene 3 bis 30.000 l fassende Pufferspeicher, die im Rahmen eines vom Bundesumweltministerium (BMU) geförderten Forschungsprojekts (Titel: „Neuartiges Konzept für kosteneffiziente erdvergrabene Heißwasserspeicher“, KES) entwickelt wurden. Als Koordinator fungierte das Institut für Solarenergieforschung GmbH Hameln/Emmerthal (ISFH), beteiligte Partner waren die BASF SE aus Ludwigshafen, die Firma Radio Frequency Systems (RFS) aus Hannover und die Mall GmbH aus Donaueschingen-Pföhren (http://isfh.de/institut_solarforschung/kes.php). Das Projekt ist mittlerweile ausgelaufen. Der Abschlussbericht dürfte in Kürze erscheinen, wie Projektleiter Dipl.-Ing. Jan Steinweg vom ISFH mitteilte.

Eine der Vorgaben zu Beginn der Arbeiten lautete, den Aufwand für den Einbau des Speichers auf ein Minimum zu reduzieren. Konkreter: Außer den erforderlichen Arbeiten im Zusammenhang mit der Baugrube und dem Anschluss der Nahwärmerohre sollten keine weiteren Installationsarbeiten anfallen.

Der konstruktive Aufbau des KES-Speichers sieht folgendermaßen aus (Bild 1): Eine zylindrische Betonzisterne des Pro-



1 – Schematische Ansicht des KES-Speichers

jektpartners Mall GmbH dient als äußere Speicherhülle. Innen befindet sich eine hochtemperaturbeständige Dämmschicht, die die BASF SE auf der Basis extrudiertem Polystyrols (Standard-XPS) neu entwickelte und hinsichtlich seiner Temperatur- und Druckstabilität optimierte. Sie widersteht Dauergebrauchstemperaturen von 95 °C und einem Druck von 30 N/m², bei einer Stauchung von weniger als 2 %. Zwei temperaturbeständige und wasserdampfdiffusionsbremsende Inlinerfolien umschließen das Speicherwasser. Die äußere der beiden Folien dient der Herstellung der Diffusionsdichtheit und besteht aus einem Verbund von Polyethylen und Aluminium. Bei der inneren Folie handelt es sich um eine wasserdichte hochelastische EPDM-Folie, die die temperaturabhängige Volumenausdehnung des Wassers nach dem Prinzip des schwimmenden Deckels kompensiert. Die Energiezufuhr und -abfuhr läuft über interne Edelstahlwellrohre vom Projektpartner RFS.

Im Frühjahr 2010 konnten die Wissenschaftler auf dem Testgelände des ISFH den ersten Prototypen des KES-Speichers in Betrieb nehmen und mit Messreihen auf seine Gebrauchstauglichkeit untersuchen, wobei dem schwimmenden Deckel besondere Aufmerksamkeit zu-



2 – Pufferspeicher ThermoSol der Mall GmbH. Messungen beim ISFH bestätigten eine hohe Wirksamkeit der Wärmedämmung.

kam. Parallel dazu ausgeführte Messungen an einem starren Edelstahlspeicher im offenen Betrieb (entwickelt von der Mall GmbH in Zusammenarbeit mit Solites aus Stuttgart) lieferten Vergleichsdaten. Die Auswertungen aller Messreihen, die Ende 2010 vorlagen, bildeten die Grundlage für weitere Entwicklungen und Verbesserungen.

Im KES-Projekt ging es außerdem darum, die thermische Wechselwirkung des Wär-

Der Autor

Wilhelm Wilming, freier Journalist, Ahaus

mespeichers mit dem umgebenden Erdreich zu untersuchen. Dafür entwickelte man eigens ein neues TRNSYS-Simulationsmodell (TRNSYS: TRAnsient SYStems Simulation, Werkzeug zur Simulation von Anlagen und Gebäuden), das jetzt auch anderen Anwendern als zusätzlicher TRNSYS-Typ zur Verfügung steht.

Das KES-Projekt fand im November 2011 seinen Abschluss mit einem Workshop, auf dem das Projektteam die Ergebnisse und Neuentwicklungen vorstellte. Hier die wichtigsten im Überblick:

- Die Funktion und Gebrauchstauglichkeit ist gegeben.
- Der Verlustkoeffizient der Wärmedämmung liegt bei 5,0 W/K.
- Ein „offener Betrieb“ ohne Ausgleichsbehälter ist einem „geschlossenen Betrieb“ vorzuziehen.
- Es gelang, im Rahmen des Projekts einen neuen druck- und temperaturstabilen Dämmstoff auf XPS-Basis zu entwickeln und zu produzieren.
- Außerdem gelang es den Wissenschaftlern, eine TRNSYS-Type für Erdreichumgebung zu entwickeln.

Zu Projektbeginn, also im Frühjahr 2010, seien im Markt von wenigen Ausnahmen abgesehen fast nur Großspeicher verfügbar gewesen, hieß es in einer Zusammenfassung des Workshops. Mittlerweile gebe es jedoch einige Konzepte mehr, weitere befänden sich noch in der Erforschung und Entwicklung. Zu den Herstellern, von denen man in nächster Zeit weitere Ergebnisse oder auch schon fertige Produkte erwarten kann, zählen u. a. die Firmen Haase, Ebtsch, BTM Altmeyer, Dehoust, VKA Schönbrunn (mit TU Ilmenau) und die Hochschule Nürnberg.

Kleine erdvergrabene Wärmespeicher stehen erst am Anfang ihrer Entwicklung

und sind noch nicht in nennenswerter Zahl im Einsatz. Dabei sind die Aussichten nicht schlecht. Denn KES-Systeme lassen sich nicht nur in der Solarthermie einsetzen, sondern z. B. auch bei der Abwärmenutzung sowie in stromgeführten BHKW- und Wärmepumpensystemen. Leider ergeben sich kaum Kostenvorteile gegenüber oberirdischen Speichern. Der größte Vorteil erdvergrabener Speicher liegt darin begründet, dass sie nur wenig Platz brauchen bzw. unsichtbar sind.

Superisolierter Heißwasserspeicher

Im Rahmen eines weiteren vom BMU geförderten Forschungsprojekts mit dem Titel „Superisolierter Heißwasser-Langzeitwärmespeicher“ entwickelte die Hummelsberger Schlosserei GmbH, ein bayerischer Hersteller von großen zylindrischen Stahlbehältern, in Zusammenarbeit mit dem Bayerischen Zentrum für Angewandte Energieforschung e. V. (ZAE Bayern) einen neuartigen Speicher für Temperaturen bis 150 °C. Er soll nicht nur solare Wärme, sondern auch Wärme aus industriellen Prozessen sowie Ab- oder Fernwärme über längere Zeiträume speichern können. Der Bedarf an solchen Lösungen ist schon jetzt groß und dürfte mit wachsendem Einsatz erneuerbarer Energien (vor allem der Solarthermie) weiter wachsen.

Zur Begründung der Projektförderung weisen die Verantwortlichen darauf hin, dass heutige thermische Solaranlagen für Einfamilienhäuser mit ihren 10 bis 20 m² großen Kollektorflächen und 500 bis 1.000 l fassenden Wasserspeichern nur etwa 10 bis 30 % des Wärmebedarfs decken. Den Rest lieferten immer noch die fossilen Brennstoffe.

Tabelle 1

Erster VSI-Speicher in Betrieb

Daten des Hauses

Baujahr	1990
Wohnfläche	230 m ²
Personen	6
Energiebedarf	35.000 kWh/a

Daten der Solaranlage

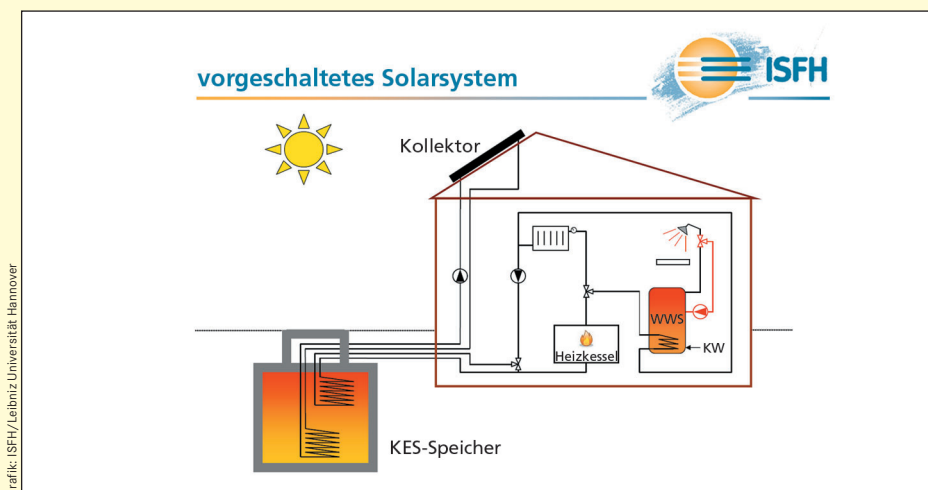
Kollektorfläche	55 m ²
Speichervolumen, außen	11 m ³
Speichervolumen, innen	2 m ³
berechnete Leistung	22.000 kWh/a

(Restwärmebedarf wird mit Holz oder Öl gedeckt, genauere Angaben liegen dazu noch nicht vor.)

„Für eine weitere Reduktion der CO₂-Emissionen ist es daher wichtig, höhere solare Deckungsgrade zu realisieren, entsprechend der Empfehlung ‚Solarhaus 50+‘ der DSTTP möglichst über 50 Prozent“, heißt es weiter. Das gelte besonders für den Wohnbereich, der 40 % der gesamten Wärmeenergie der BRD verbraucht. „Will man dabei auf eine kostspielige und für die Langzeitstabilität der Solaranlage problematische Überdimensionierung des Kollektorfelds verzichten, sind größere und besser isolierte solare Pufferspeicher zur Langzeitspeicherung notwendig“.

Das ZAE Bayern und die Hummelsberger Schlosserei GmbH installierten und untersuchten zunächst einen Prototypen mit einem Wasservolumen von rund 15.500 l und einer Höhe von etwa 5,5 m. Er wurde mit einer am ZAE Bayern entwickelten Schichtladevorrichtung ausgestattet. Den auf 0,05 mbar evakuierten Hohlraum des doppelwandigen Tanks verfüllte man mit einem nicht vorgetrockneten Perlitpulver. Anschließend Temperaturmessungen am 90 °C heißen Speicherwasser zeigten ein erstes überaus positives Ergebnis: Die Dämmwirkung des mineralischen Pulvers war etwa um das Fünffache besser als die von Mineralwolle und immerhin noch dreimal besser als die Wirkung von PU-Schaum. Es bestehe jedoch noch theoretisches Potenzial zu einer weiteren Halbierung der Wärmeverluste, hieß es in einem Zwischenbericht.

Dieses Potenzial hat man nach Angaben der Hummelsberger GmbH mittlerweile gehoben. „Die Speicherisolation erzielt



3 – Erdvergrabener Wärmespeicher in Kombination mit Solarthermieanlage

Dämmwerte, die bis zu zehnmal besser sind als bei herkömmlicher Isolation“, verlautete aus dem Unternehmen. In Kombination mit einer Vergrößerung des Speichervolumens von 1 auf 5 bis 50 m³ könne die Einsparung fossiler Energie auf über 50 % erhöht werden. Die Speicherdauer und Auskühlzeit, die heute bei wenigen Tagen liege, steige dabei gleichzeitig auf mehrere Wochen bis Monate. Die Leute von Hummelsberger sehen noch einen weiteren Vorteil: „Weil mit größerem Volumen außerdem ein beträchtlicher Teil der Kollektorfläche eingespart werden kann, der Speicher selbst aber nur geringe Mehrkosten verursacht, lassen sich unter Umständen auch die Gesamtkosten von Solaranlagen reduzieren.“

Die Eigenschaften und Vorteile des Speichers im Überblick (Angaben von Hummelsberger Schlosserei GmbH):

- bis zu zehnfach bessere Wärmedämmung als marktüblich
- Auskühlrate: 6,5 K/Monat, U-Wert: 0,05 W/m² K
- Langzeitwärmespeicherung über mehrere Wochen bis Monate
- keine Durchfeuchtung der Dämmung
- stabile Temperaturschichtung durch Schichtladesystem
- Realisierung von hohen solaren Deckungsgraden
- Einsparung von Kollektorflächen
- einsetzbar für die solare Raumheizung sowie zur Speicherung industrieller Prozesswärme
- sowohl Außen- als auch Innenaufstellung möglich.



4 – Der neue Speicher der Hummelsberger Schlosserei GmbH im Praxiseinsatz

Im Sommer 2011 konnte Hummelsberger einen ersten VSI-Speicher in Betrieb nehmen (VSI steht für Vakuumsuperisolation). Tabelle 1 zeigt die vom Hersteller veröffentlichten Daten.

Kunststoff statt Stahl und Beton

Die bislang erprobten Lösungen mit Tanks aus Stahl oder Beton sind sehr teuer. Zu einer kostengünstigen Alternative könnten Speicherbehälter aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) heranwachsen, an deren Entwicklung Forscher schon seit 1995 arbeiten. „GFK ist ein Verbundwerkstoff aus Glas und Harz“, erläutert Dipl.-Ing. Jürgen Bühl von der TU Ilmenau die Zusammensetzung des Kunststoffs. „Es verbindet die extrem hohe Reißfestigkeit von Glasfasern mit der Korrosions- und Medienbeständigkeit von Harz. Je nach Anforderungsprofil werden ungesättigte Polyester-, Vinylester- oder Epoxidharze eingesetzt“. Ein für den Speicherbau vorgesehenes GFK-Bauteil bekomme sein endgültiges mechanisches und chemisches Profil erst durch einen bestimmten Wandaufbau und eine spezielle Fertigungstechnik. Wie kein anderer Werkstoff lasse sich der Duroplast GFK damit auf ein spezielles Anforderungsprofil einstellen.

„GFK-Verbundstoffe sind leicht, temperaturbeständig, langlebig und korrodieren nicht“, zählt Bühl weitere Vorteile auf. „Außerdem geben sie dem Hersteller die Möglichkeit, die Speichergeometrie den Kundenwünschen anzupassen“. Aber auch beim Betriebsverhalten habe man vorteilhafte Erfahrungen gemacht. So sei GFK im Gegensatz zu Stahl oder Beton ein sehr guter Isolator und erhöhe damit das Dämmvermögen des gesamten Speichers deutlich. Und nicht zuletzt: In GFK-Speichern bleibe die Temperaturschichtung wesentlich länger erhalten als in solchen aus Stahl oder Beton. „Metallbehälter haben den Nachteil, dass sie sich durch Wärmeleitung in der Behälterwandung selbst entschichten – mit dem Ergebnis einer unerwünschten Mischtemperatur im gesamten Speicher“.

In der Weiterentwicklung der thermischen GFK-Speicher steckt noch erhebliches Potenzial im Hinblick auf Kostenreduktion und Effizienzsteigerung.

Deshalb untersucht und schafft derzeit eine Arbeitsgemeinschaft aus Wissenschaftlern und Herstellern die Grundlagen zur Verbesserung von modular aufgebauten GFK-Wärmespeichern. Gefördert werden diese Forschungsaktivitäten im Rah-



5 – GFK-Speicher mit einem Fassungsvermögen von 2 m³

men eines Förderprojekts mit dem Titel „Grundlegende Weiterentwicklung zum Werkstoff- und Bauteilverhalten von GFK-Wärme-(Langzeit-)Heißwasser-Speichern“. „Die Module werden im Aufstellraum flüssigkeitsdicht zu einem quaderförmigen Baukörper zusammengefügt“, berichtet Dipl.-Ing. Bühl von der TU Ilmenau, die an diesem Projekt beteiligt ist. Ein solcher Wärmespeicher lasse sich aber auch im Freien aufstellen. Der Transport zum vorgesehenen Aufstellort gestalte sich dank der Leichtbauweise und des Formats der Module problemlos. Die spezielle Wärmedämmung gewährleiste deutlich geringere Wärmeverluste im Vergleich zu konventionellen Wärmespeicherkonzepten, das Speichervolumen reiche in der ersten Entwicklungsstufe bis 35 m³. „Zurzeit werden die Materialien im Labor auf Herz und Nieren getestet, die Geometrien berechnet und die Modulverbindungen optimiert“, so Bühl weiter. „Hier entsteht ein zukunftsfähiges Speicherkonzept für die energetische Sanierung von Altbauten. Parallel dazu wurde eine Baureihe druckbelasteter Wärmespeicher im Testlabor an der TU Ilmenau getestet und im Langzeitversuch geprüft. Sie hat im Mai 2011 beim Solarthermie-Symposium in Bad Staffelstein (Kloster Banz) einen Innovationspreis erhalten“. Heute seien bereits die ersten Speicher im Einsatz, nachdem die Serienfertigung auf einer dafür konzipierten und neu errichteten automatischen Fer-

tigungsanlage Ende des Jahres 2011 angelaufen sei. Verfügbar sind laut Bühl aus dieser Baureihe zurzeit Wärmespeicher mit einem Speichervolumen bis 15 m³. Dieser Speichertyp und ähnliche aus dem Forschungs- und Entwicklungsprojekt der TU Ilmenau bereits hervorgegangene Modelle könnten also in Zukunft zu einer sinnvollen Alternative zu konventionellen Stahlspeichern werden. Mit Blick auf die Investitionskosten sieht Bühl GFK-Speicher schon jetzt leicht im Vorteil, ohne genaue Zahlen nennen zu wollen. Er ist sich sicher, „dass dieser Vorteil weiter steigen wird, denn die Stückzahlen sind gewaltig. Die Industrie spricht für die Zukunft von 300.000 gefertigten Einheiten pro Jahr, das wird die Preise weiter sinken lassen“.

Fazit

Solarthermie-Anlagen für solare Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung eines einzelnen Wohngebäudes können bis maximal 25 % des jährlichen Wärmebedarfs erzeugen. Will man mehr, braucht man große Langzeitspeicher. Forschungsinstitute und Hersteller arbeiten an unterschiedlichen technologischen Ansätzen, deren Realisierung der Staat mit Fördergeldern unterstützt.

Einer der Ansätze setzt auf erdvergrabene Wärmespeicher. Sie stehen noch am Anfang ihrer Entwicklung und sind erst in kleiner Stückzahl im Markt verfügbar. Weil sie sich vielseitig einsetzen lassen – beispielsweise in der Solarthermie, bei der Abwärmenutzung sowie in BHKW- und Wärmepumpensystemen – sagen ihnen Marktbeobachter eine erfolgreiche Zukunft voraus.

Eine bis zu zehnfach bessere Wärmedämmung als marktüblich versprechen Speicher mit Vakuumsuperisolation (VSI-Speicher).

Damit lässt sich eine Langzeitwärmespeicherung über mehrere Wochen bis Monate bewerkstelligen. In Kombination mit einer Vergrößerung des Speichervolumens auf 5 bis 50 m³ ist eine solare Deckungsrate bis 50 % denkbar. Speicherbehälter aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) statt aus Stahl oder Beton sind der Kern des dritten hier vorgestellten Konzepts.

GFK-Speicher versprechen geringere Investitionskosten, die in Zukunft noch weiter sinken könnten, da die Hersteller für die Zukunft mit stark steigenden Stückzahlen pro Jahr rechnen.

