



## Großer Speicher für kleine Räume entwickelt

Nach erfolgreichen Feldtests: Mit neuem Herstellverfahren soll Wärmespeicher in Serie produziert werden



*Wer ein Mehrfamilienhaus zum Beispiel mit Solaranlage oder Blockheizkraftwerk hocheffizient beheizen möchte, benötigt große Wärmespeicher. In Bestandsgebäuden passen diese häufig nicht durch gängige Türöffnungen. Wissenschaftler entwickelten einen kompakten Speicher, der aus mehreren Modulen besteht und erst im Heizungsraum endgültig zusammengesetzt wird. Die Wärmeverluste sind geringer als bei den gängigen Kaskadenmodellen. Eine Verschaltung von einzelnen Tanks ist nicht mehr erforderlich.*

Der neu entwickelte Speicher lässt sich mit fossilen und erneuerbaren Heizungsanlagen kombinieren. Er ist druckbeständig (3 bar Betriebsdruck) und kann hydraulisch direkt in das Heizungssystem eingebunden werden. Die Rohrverbindungen zwischen den einzelnen Modulen befinden sich im Behälter. Dies spart Platz sowie Montageaufwand und reduziert die Wärmeverluste im Vergleich zu bisher eingesetzten Speicherkaskaden. Diese Einzeltanks sind separat gedämmt und miteinander verschaltet. Der neue Unisto-Speicher hat bei gleichem Volumen eine geringere, durchgehend gedämmte Oberfläche und weist damit weniger Wärmeverluste auf. Zum Vergleich: Der Wärmeverluststrom von Kaskaden mit 5.300 Liter Volumen beträgt 430 W. Die Wärmeverluste der Verrohrung sind dabei nicht berücksichtigt. Beim neuen Speichermodell liegt beim selben Volumen der Verluststrom bei 200 W (Abb. 1). Diese Werte gelten bei einer Temperaturdifferenz von 45 K zwischen Speicherinhalt und Umgebung.

Die ovalen Stahl-Einzelmodule des Speichers haben ein Volumen von jeweils 1.350 Litern. Der Behältermantel besteht aus Stahlblechen, die den radialen Druck aufnehmen. Darauf aufgeschweißte, dünnwandige Stirnbleche dichten die Module ab, nehmen aber keinen Druck auf, sondern geben ihn an den Nachbar-

behälter weiter. Die einzelnen Module werden bei der Installation über Schienen dicht aufeinander aufgeständert und zusammengeschoben. Die Be- und Entladepipeline verlaufen im Inneren des Tanks. Je vier Verbindungsstangen auf beiden Seiten verbinden die Endmodule. Diese zur Außenseite druckstabilen Elemente sorgen dafür, dass der Druck in Längsrichtung aufgenommen wird. Der Speicher ist mit Hartschalen aus EPS (Expandiertes Polystyrol) gedämmt, die über Nut- und Federverbindungen miteinander verbunden sind. In entsprechende Aussparungen innerhalb der Hartschalen können je nach Bedarf Vakuuminulationspaneele (VIP) eingebracht werden. Die gesamte Wärmedämmung kann nachträglich bei der Installation angebracht werden.

### Wärmeträgermedium gleichmäßig geschichtet

Ungewöhnlich am neuen Konzept ist, dass der Wärmekessel horizontal ausgerichtet ist. „Wie bei herkömmlichen Speichern wird die Wärme an zentraler Stelle entnommen. Das UniSto-Modell hat mit 213 cm dieselbe Höhe wie gängige Modelle. Eine Schichtung ist problemlos möglich. Zwischen den Modulen gibt es diesbezüglich nahezu keine Temperaturunterschiede“, so der wissenschaftliche Projektleiter Dr. Stephan Fischer vom Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik an der Universität Stuttgart. Die innenliegenden Be- und Entladepipeline erstrecken sich über die gesamte Länge des Behälters und ermöglichen eine gleichmäßige thermische Schichtung. Damit sich die einzelnen Temperaturniveaus bei einer Be- oder Entladung des Wärmespeichers nicht signifikant vermischen, legten die Forscher die Ein- und Austrittsschlitze der Rohre in den Bereich der Durchgänge zwischen den Modulen. Hier verlaufen die fünf Be- und Entladepipeline durch Edelstahlhülsen, die wie Prallbleche für das austretende Wasser wirken. „Die Strömung wird umgelenkt und tritt in Längsrichtung aus dem Schlitzspalt zwischen Hülse und Rohr in den Speicher ein. Somit kann der Schlitzquerschnitt klein gehalten werden, ohne dass das Wasser mit großer Geschwindigkeit turbulent in den Speicher strömt“, erklärt Fischer.

### Produktionsziel: Oval statt zylindrisch

Damit der Speicher möglichst wenig Platz benötigt, durfte er nicht die gängige zylindrische Form haben. Trotzdem mussten die Wissenschaftler die erforderliche Druckstabilität sicherstellen. „Die Herausforderung war, die wenig verbreitete ovale Mantelform sowie die zweifach geschwungenen Endbleche herzustellen“, so der Projektkoordinator Dr. Ulrich Leibfried vom Solarheizungssystem-Hersteller Consolar. Zunächst wird dazu der Mantel auf einer programmierbaren Walze gebogen. Anschließend müssen die flachen Stirnbleche mit möglichst wenig Verzug auf den Behältermantel geschweißt werden. Dazu maximierte der Hersteller die Schweißgeschwindigkeit und die Kühlung und minimierte die Schweißnahtdicke. Ein optimales Ergebnis erzielte er, indem er zusätzlich zwei Versteifungsprofile auf der Innenseite der Behälter aufschweißte. Die Arbeiten finden auf einem neu entwickelten, rotierenden Schweißtisch statt. „Wichtig ist, dass die Vorrichtung für eine reproduzierbare, gleichmäßige Schweißgeschwindigkeit und für eine schnelle Wärmeabfuhr sorgt“, so Leibfried. Nach der Montage findet die Druckprüfung des Speichers statt. Tests auf dem im Projekt entwickelten Prüfstand sowie Berechnungen mit FEM (Finite-

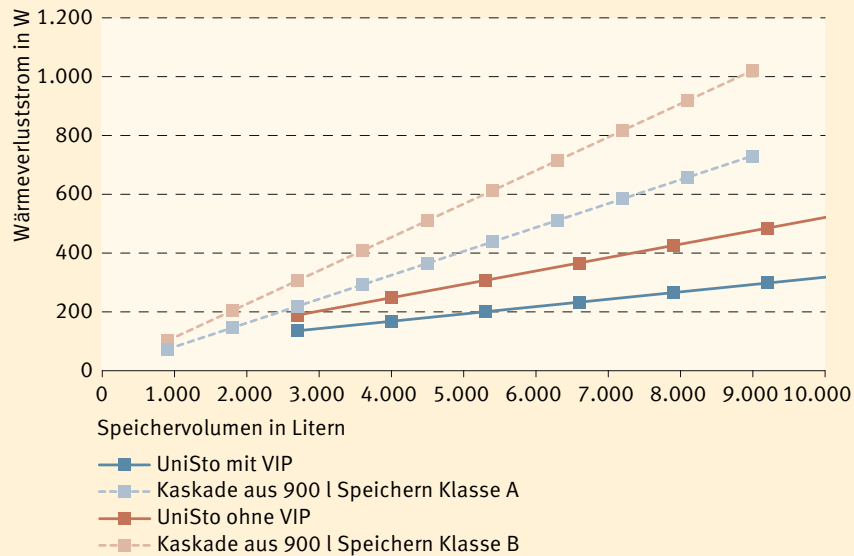


Abb. 1 Die Wärmeverlustströme steigen beim neuen Speicher im Unterschied zu den Speicher-Kaskaden proportional zum Volumen nicht so stark an. UniSto-Speicher haben im Vergleich zu einer Speicher-Kaskade umso geringere Wärmeverluste, je größer das Gesamtvolumen ist. (VIP = Vakuum-Isolationspaneel)

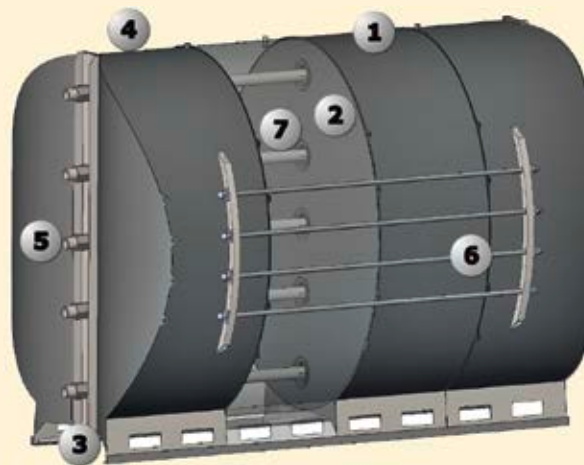


Abb. 2 Dieser UniSto-Speicher besteht aus vier Modulen. Die Elemente im Einzelnen: (1) Behältermantel, (2) dünnes Stahlblech, (3) Schienen, (4) druckstabile Endmodule, (5) Be- und Entladepipeline, (6) Verbindungsstangen, (7) Dichtungssystem

Elemente-Methode) zeigten, dass bei einer Prüfung mit doppeltem Betriebsdruck nur eine Verformung im zulässigen Bereich auftritt.

### Praxistest in zwei Betrieben

Ein deutsch-schweizerischer Energieversorger installierte den Speicher erstmalig in einem Seniorenwohnheim in Rheinfelden. Ein wärmegeführtes, gasbetriebenes Blockheizkraftwerk mit 40 kW elektrischer und 100 kW thermischer Leistung sowie ein Gas-Brennwert-Spitzenlastkessel mit 400 kW thermischer Leistung versorgen die Bewohner der 74 Wohneinheiten vollständig mit Wärme und teilweise mit Strom. Die neue Anlage ersetzte zwei Niedertemperatur-Gaskessel à 280 kW. „Das UniSto-Modell war für uns interessant, da wir die Pufferspeicher für unsere BHKW generell etwas größer auslegen. Oft haben wir dann bei Sanierungen wenig Platz für den Pufferspeicher und eine zu geringe Türbreite“, erklärt Klaus Nerz, Leiter des Bereichs Wärme- und Energielösungen bei der Energiedienst AG. Der aus drei Modulen bestehende Behälter in der Rheinfeldener Anlage hat ein Volumen von 4.050 Litern. Er ist hydraulisch so in das System eingebunden, dass er die Abwärme des Blockheizkraftwerks speichert und sowohl für





## Energielabel für Warmwasserspeicher

Hersteller von Warmwasserspeichern mit einem maximalen Volumen von 500 Litern müssen ihre Produkte mit einem sogenannten Energielabel auszeichnen. Hier werden neben der Effizienzklasse das Speichervolumen und die Warmhalteverluste des Warmwasserspeichers angegeben. Diese bezeichnen die Wärmeverlustleistung eines Warmwasserspeichers bei einer bestimmten Wasser- und Umgebungstemperatur. Für Speicher mit einem Volumen bis 500 Litern ist die Angabe der Effizienzklasse mit Anbringung des Effizienzlabels Vorschrift. Für Speicher mit einem Volumen bis maximal 2.000 Litern muss die Effizienzklasse ermittelt werden, um damit die Gesamteffizienz der Anlage zu berechnen. Das Anbringen des Effizienzlabels ist hier jedoch verboten. Die heute angebotenen Warmwasserspeicher sind größtenteils in der Energieeffizienzklasse C und D. Die Speicher mit den besten Werten finden sich in der Klasse A.

Zusätzlich werden Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung der Produkte in sogenannten Ökodesign-Anforderungen festgelegt. Hierbei handelt es sich zum Beispiel um Vorgaben an die Energieeffizienz der Produkte oder Grenzwerte für bestimmte Emissionen. Produkte, die die Mindestanforderungen erfüllen, erhalten eine CE-Kennzeichnung. Energielabel- und Ökodesign-Anforderungen sind eng miteinander verknüpft, basieren aber auf unterschiedlichen Rechtsgrundlagen.

Wie stark sich das Behältermaterial während des Betriebs dehnt, maßen die Wissenschaftler mit Dehnungsmessstreifen, die sie an zehn unterschiedlichen Positionen auf der Behälterwand befestigten. Die gemessenen Materialdehnungen blieben während des gesamten Messzeitraums deutlich unter dem zulässigen Wert von 0,2%. Bereits seit Sommer 2015 funktioniert der Speicher störungsfrei. Resümee von Klaus Nerz: „Wir werden dieses Jahr weitere Heizungsanlagen mit dem Speicher bauen. Auf Basis der gewonnenen Erfahrungen werden wir dann entscheiden, ob wir das Modell in unseren Anlagen standardmäßig einsetzen.“

Ein zweiter Demonstrator in einer Zimmerei mit zwei zusätzlichen Wohneinheiten in Lörrach zeigt ebenfalls gute Ergebnisse. Es gibt eine ausgeprägte thermische Schichtung sowie einen gut funktionierenden hydraulischen Ausgleich zwischen den vier Modulen. Der Speicher wird mit einem 100 kW-Biomassekessel beladen. Zusätzlich liefert eine Solaranlage mit 10 m<sup>2</sup> Kollektorfläche Wärme. Diese ist mit einem Kombispeicher verbunden. Wie in Rheinfelden wäre für einen Wärmespeicher in gängiger Bauweise mit dem benötigten Volumen von 5,4 m<sup>3</sup> nicht genug Platz am Aufstellungsort gewesen. Auf zwei am Boden montierten Schienen wurden die einzelnen Module des neuen Speichers im April 2016 problemlos positioniert und zusammengeschieben.

Im Jahr 2017 werden Mitglieder des Industriekonsortiums den UniSto-Speicher in weiteren Anwendungen testen. Danach soll der Speicher als Serienprodukt vermarktet werden.



Abb. 3 links: Helfer tragen ein Speichermodul durch einen engen Zugang in den Keller, rechts: UniSto-Speicher mit Wärmedämmung aus silbergrauen Neopor®-Mantelschalen.

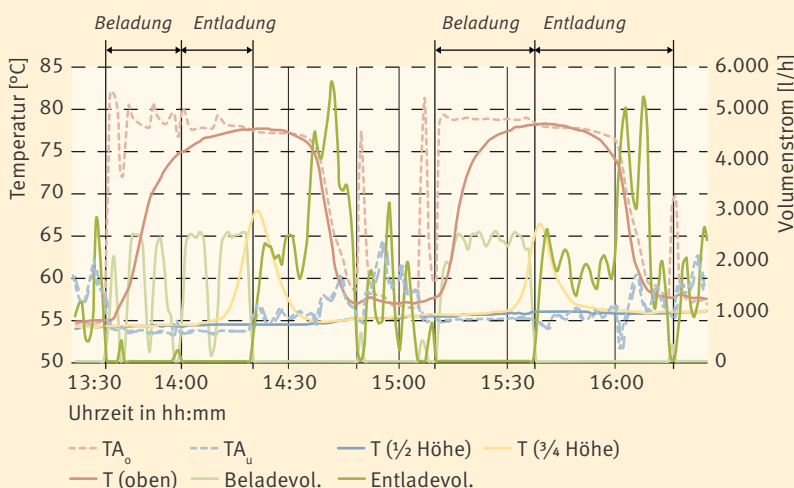


Abb. 4 Volumenströme und Speichertemperaturen während des Betriebs am 02.01.2016 im mittleren Speichermodul der ersten Demonstrationsanlage in Rheinfelden

die Raumheizung als auch für die Trinkwassererwärmung zur Verfügung stellen kann. Die gesamte Anlage wird bei einem Betriebsdruck von 2 bar betrieben. Die Kosten für den Prototypen-Speicher betragen 5.000 Euro. Wird der Speicher zukünftig in Serie produziert, werden die Kosten langfristig sinken.

Wissenschaftler der Universität Stuttgart untersuchten, wie sich der Speicher in der Praxis bewährt. Dazu erfassten sie unter anderem die Temperaturen im mittleren Modul und am oberen und unteren Anschluss sowie den Volumenstrom im Behälter.

Es zeigte sich, dass der Speicher während des Betriebs der Anlage fast nicht stillstand. Hieraus lässt sich die zentrale Bedeutung des Wärmespeichers für die Wärmeversorgung des Seniorenheims erkennen. Das BHKW belud den Wärmespeicher mit einem relativ geringen Volumenstrom von etwa 2.000 l/h, die Entladung erfolgte mit 3.000 l/h und mehr. Auch während kürzerer und wechselnder Be- und Entladungen findet eine gute thermische Schichtung statt. Alle durchgeführten Untersuchungen weisen darauf hin, dass auch bei höheren Volumenströmen als den hier beobachteten eine gute thermische Schichtung zu erwarten ist.



## Wärme außerhalb des Gebäudes speichern

Welcher Speichertyp am sinnvollsten zum Einsatz kommt, hängt vom jeweiligen Anwendungsgebiet und den baulichen Voraussetzungen ab. Der UniSto-Speicher kann für ein maximal benötigtes Volumen von 10.800 Litern geliefert werden. Für eine größere Kapazität müssten lediglich Verbindungsrohre und –stangen angepasst werden. Bei sehr großen Volumina kann es sinnvoll sein, einen Speichertyp einzusetzen, den man außerhalb des Gebäudes aufstellen kann. Voraussetzung ist, dass es auf dem Gelände genügend Platz für die Aufstellung dieses großen Behälters gibt und die damit verbundenen optischen Einschränkungen in Kauf genommen werden. Außerhalb des Gebäudes installierte Speicher benötigen eine sehr gute Wärmedämmung. Im Gegensatz zu innen aufgestellten Modellen können die Wärmeverluste nicht genutzt werden, um den Heizbedarf mit zu decken.

Die benötigte Speicherzeit entscheidet mit darüber, welcher Speicher am geeignetsten ist. Im Projekt StoEx entwickeln Wissenschaftler der Universität Stuttgart eine Baureihe großer Wärmetanks, die die Energie Wochen bis Monate vorhalten können. Diese stehen außerhalb des Gebäudes. Eine innovative Dämmung soll die thermische Leistungsfähigkeit gegenüber gängigen Produkten erhöhen. Gleichzeitig sollen sich die Kosten reduzieren. Die Speicher können zum Beispiel in Nahwärmenetze integriert werden oder die Wärmeversorgung größerer Gebäude wie Kindergärten, Pflegeheime oder Krankenhäuser unterstützen.

Zur Dämmung setzten die Forscher Vakuummaterial in einem doppelwandigen Warmwasserspeicher ein. Dessen Zwischenraum füllten sie mit einer schüttfähigen Mischung aus 70 Massenprozent grobkörnigem, expandiertem Perlit und 30 Massenprozent pyrogener Kieselsäure. Anschließend wurde das Volumen auf einen Vakuumdruck zwischen 0,4 und 1 mbar evakuiert. Die Dämmstoffmischung erreicht auch bei vergleichsweise hohem Vakuumdruck eine relativ geringe effektive Wärmeleitfähigkeit. Die Untersuchungen zeigten, dass die Vakuumdichtigkeit für den Betriebszeitraum von bis zu 50 Jahren ausreicht.

Ob eine Vakuumwärmeeisung wirtschaftlich sinnvoll ist, hängt vom jeweiligen Anwendungsfall ab. Simulationen belegten, je höher der angestrebte solare Deckungsanteil ist, desto wirtschaftlicher ist diese Technologie gegenüber einer konventionellen Dämmung. Ihr Vorteil ist, dass der Warmwasserspeicher deutlich kleiner dimensioniert werden muss.

## Projektbeteiligte

- » **Forschung:** Universität Stuttgart, Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW), Stephan Fischer, Harald Drück, Jens Ullmann, pm@itw.uni-stuttgart.de
- » **Projektkoordination, Entwicklung:** Consolar Solare Energiesysteme GmbH, Ulrich Leibfried, Michael Sütterlin, info@consolar.de

## Links und Literatur

- » [www.forschung-energiespeicher.info](http://www.forschung-energiespeicher.info)
- » Hauer, A.; Hiebler, S.; Reuß, M.: Wärmespeicher. FIZ Karlsruhe GmbH. BINE Informationsdienst, Bonn (Hrsg.). Stuttgart: Fraunhofer IRB Verl., 2013. 5., vollst. überarb. Aufl., ISBN 978-3-8167-8366-4. BINE Fachbuch

## Mehr vom BINE Informationsdienst

- » Sonnenhäuser energetisch und ökonomisch bewertet. BINE-Projektinfo 9/2016
- » Wärmespeicher in Form gebracht. BINE-Projektinfo 7/2015
- » Vakuumtank speichert Wärme. BINE-Projektinfo 4/2014
- » Dieses Projektinfo gibt es auch online und in englischer Sprache unter [www.bine.info/Projektinfo\\_03\\_2017](http://www.bine.info/Projektinfo_03_2017)

*BINE Informationsdienst berichtet aus Projekten der Energieforschung in seinen Broschürenreihen und dem Newsletter. Diese erhalten Sie im kostenlosen Abonnement unter [www.bine.info/abo](http://www.bine.info/abo)*

## Impressum

**Projektorganisation**  
Bundesministerium  
für Wirtschaft und Energie (BMWi)  
11019 Berlin

Projektträger Jülich  
Forschungszentrum Jülich GmbH  
Dr. Peter Donat  
52425 Jülich

**Förderkennzeichen**  
0325546A, 0325546B

**ISSN**  
0937-8367

**Herausgeber**  
FIZ Karlsruhe · Leibniz-Institut  
für Informationsinfrastruktur GmbH  
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1  
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

### Autorin

Birgit Schneider

### Urheberrecht

Titelbild, Abb. 2 und 3:  
Consolar Solare Energiesysteme GmbH  
Abb. 1 und 4: ITW Stuttgart

Eine Verwendung von Text und  
Abbildungen aus dieser Publikation ist  
nur mit Zustimmung der BINE-Redaktion  
gestattet. Sprechen Sie uns an.

## Kontakt · Info

Fragen zu diesem Projektinfo?  
Wir helfen Ihnen weiter:

**0228 92379-44**  
**[kontakt@bine.info](mailto:kontakt@bine.info)**

**BINE Informationsdienst**  
Energieforschung für die Praxis  
Ein Service von FIZ Karlsruhe

Kaiserstraße 185-197  
53113 Bonn  
[www.bine.info](http://www.bine.info)

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages