

Langfristige Wärmespeicherung

Funktion, Markt und Wirtschaftlichkeit von thermochemischen- und Latent-Wärmespeicher-Technologien

Die thermische Nutzung von Solarenergie ist weiter auf dem Vormarsch. Neben der üblichen solaren Warmwasserbereitung macht insbesondere bei neuen Energiespar- und Niedrigenergiehäusern auch die solare Heizungsunterstützung Sinn. Ein Problem dabei sind die zum Heizwärmebedarf phasenverschoben auftretenden solaren Wärmeeinträge, die hohe solare Deckungsraten verhindern. Daher können Technologien zur langfristigen Wärmespeicherung in Zukunft eine immer größere Rolle spielen. Latentwärmespeicher und thermochemische Speicher bieten eine höhere Speicherkapazität als Warmwasserspeicher. Der nachfolgende Beitrag gibt einen Überblick über Techniken, Markt und Wirtschaftlichkeit dieser Speichersysteme.

Immer dann, wenn die Sonne große Energiemengen liefert, ist der Bedarf zur Heizungsunterstützung eher gering. Dem solaren Energieüberangebot im Sommer folgen die Defizite im Winter. Um dieses Manko auszugleichen, kann man bislang nur auf Primärenergien wie Gas, Öl oder Fest-Brennstoffe zurückgreifen. Um Heizkosten zu sparen und Ressourcen zu schonen wird die an sonnigen Tagen umgewandelte Strahlungsenergie in Speichern gepuffert. Dies am besten mit hohen Temperaturen über einen möglichst langen Zeitraum. Der Idealfall wäre, die im Sommer gewonnene Energie in den Winter herüberzueretten. In Nullenergiehäusern schafft man das mit riesigen

Warmwasser-Pufferspeichern. Nicht jeder Bauherr hat den Platz und das Geld für solch aufwendige Maßnahmen. Eine Möglichkeit bei geringem Platzbedarf mehr Wärmeenergie gegenüber herkömmlichen Warmwasserspeichern zu puffern, bieten die sogenannten Latent-Wärmespeicher.

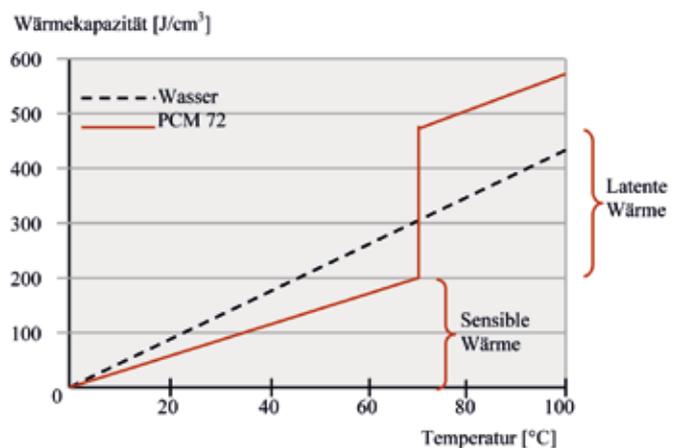
Latente Wärme speichern

Was ist eigentlich Latentwärme? Der Begriff „latent“ leitet sich aus dem lateinischen Wort „latens“ ab und bedeutet „verborgen“ oder „im Verborgenen“. Während sensible Wärme aufgrund der Temperaturerhöhung fühlbar ist, bleibt die latente Wärme des Phasenüberganges bei konstanten Temperaturen „im Verborgenen“. Aus technischer Sicht handelt es sich bei der Latentwärme um die Bindungsenergie der Moleküle eines Stoffes, die auch in-

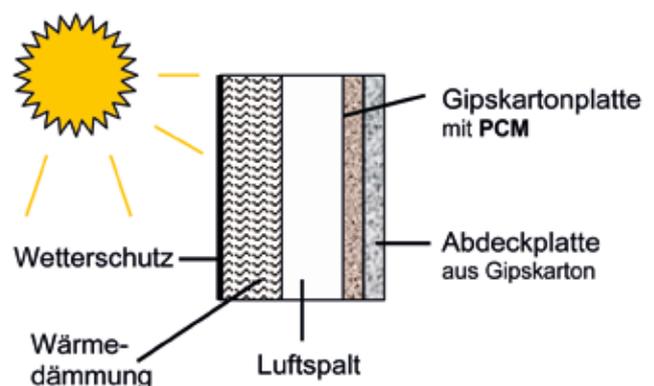
nere Energie genannt wird. Sie wird als Wärme beim Wechsel eines Stoffes in einen anderen Aggregatzustand – z. B. von flüssig zu fest – nutzbar. Andersherum muss zum Aufspalten der Bindung von Molekülen Energie zugeführt werden, um den Wechsel des Aggregatzustandes zu erreichen. Die Änderung des Aggregatzustandes erfolgt bei konstanter Temperatur. Wenn also ein fester Stoff durch Wärmezufuhr schmilzt, wird in der Phase der Zustandsänderung latente Wärme gespeichert und kann danach dem Stoff wieder entnommen werden. Latentwärme, auch Schmelzwärme genannt, kann in einem kleinen Temperaturbereich große Energiemengen speichern. Einfache Latentwärmespeicher sind Handwärmekissen für den Winter. Vor dem Gebrauch

werden die Kissen in heißem Wasser „beladen“, wobei das Material sich verflüssigt. Danach können sie nach Auslösung eines Impulses (Metallchip) die gespeicherte Wärme bei weniger als ca. 50°C wieder abgeben. Das Speichermedium (Natriumacetat) wird wieder fest.

Bei kommerziellen Latentwärmespeichern werden spezielle Salze oder Paraffine als Speichermedium genutzt. Diese Materialien werden in der Technik PCM – phase change material* – genannt. Diese Stoffe ändern auf jeweils verschiedenen technisch nutzbaren Temperaturniveaus ihren Aggregatzustand und können spezifisch große Energiemengen aufnehmen (Aufladen) und beim Erstarren wieder abgeben (Entladen). Genutzt werden in der Regel die Phasenübergänge flüssig



■ Das PCM 72 von Merck nimmt beispielsweise im Temperaturbereich zwischen 70°C und 80°C viermal soviel Wärme auf als Wasser. Bild: Merck



■ Baumaterialien für Wände und Dächer mit PCM-Verarbeitung. Bild: Micronal

*) Aus dem englischen übersetzt etwa: Aggregatzustand wechselndes Material

zu fest sowie flüssig zu kristallin.

Hohe spezifische Speicherkapazität

Für PCM besteht nach wie vor ein hoher Forschungsbedarf. So wurden in den letzten Jahren bedeutende Fortschritte in der industriellen Anwendung erzielt. PCM-Materialien findet man heute beispielsweise in Baustoffen für Wände, Decken und Fassadenelemente. In der Gebäudetechnik werden Latentwärmespeicher u. a. für die Speicherung von Solarenergie und Abwärme (Wärmepumpe) eingesetzt. Der Vorteil von Latentwärmespeichern gegenüber den herkömmlichen Warmwasserspeichern besteht im um etwa zwei Drittel geringeren Platzbedarf bei gleichen Energiemengen sowie in der Energiespeicherung über einen längeren Zeitraum. Die spätere Wärmeabgabe erfolgt auf dem ursprünglichen Temperaturniveau. Während Wasser bei Raumtemperatur eine Wärmekapazität von 4,2 J/(g K) hat, speichert ein wachsartiger Stoff wie Paraffin, der bei dieser Temperatur seinen Aggregatzustand von fest zu flüssig wechselt, ca. 200 J/(g K). Paraffin wird überwiegend aus den Rückständen der Erdölraffination hergestellt. Es besitzt nur eine geringe Wärmeleitfähigkeit. Die verschiedenen Paraffinarten haben unterschiedliche Erstarrungstemperaturen.

Marktverfügbare Speichertechnik

Die Firma Powertank aus dem thüringischen Sonneberg bietet Latentwärmезellen auf der Basis von Paraffin an. Gegenüber herkömmlichen Warmwasserpufferspeichern benötigen sie bei gleicher Speicherkapazität etwa ein Drittel des Volumens. Eingesetzt werden Latentwärmезellen zur Verlängerung von Brenner-Laufzeiten im Teil-

lastbetrieb sowie zur Reduzierung von Bereitstellungsverlusten und zur Nutzung von Solarthermie. Zum Einsatz kommen die paraffinummantelten Kupferrohre auch in Systemen wie Öl-, Gas-, und Festbrennstoff-Feuerungen in Blockheizkraftwerken, Biogasanlagen sowie Wärmepumpen und in der industriellen Abwärmenutzung.

Die einzelnen Wärmезellen (Tubes) werden zu Wärmespeichern verschaltet und sind modular aufgebaut. Sie werden in verschiedenen Ausführungsarten bis hin zur Frischwasserzelle zur Trinkwassererwärmung im Durchlaufprinzip angeboten. Der Hersteller empfiehlt, die aufgestellten Wärmезellen vor Ort mit einer Leichtkartonplatten zu ummanteln und die Zwischenräume mit einer Dämmschüttung zu füllen. Das Aufstellen der Zellen kann liegend oder stehend dem Platzangebot vor Ort angepasst werden. Sicher eine interessante Lösung für Solarthermie-Anwendungen mit wenig Platz oder Raumhöhe für Pufferspeicher. Die Preise der Latentwärmезellen liegen allerdings etwa viermal so hoch wie die herkömmlicher Warmwasserspeicher.



■ Liegend angeordnete Latentwärmезellen der Firma Powertank beim Einsatz der Pufferung von Solarenergie. Eine Lösung mit geringem Platzbedarf.

Bild: Powertank

In einer Untersuchung der Fachhochschule Aachen im Rahmen des Forschungsschwerpunktes „Thermische Solarenergienutzung“ an Latentwärmespeicher-Elementen auf Paraffin-Basis wurden Möglichkeiten zur Entwicklung von effektiven und kostengünstigen Latent-Wärmespeichern gezeigt. So zielte die Untersuchung u. a. auf die Verbesserung der Wärmeleitfähigkeit des Paraffins. Diese ist besonders wichtig für die effektive Be- u. Entladung eines Speichers. In dem Vorhaben wurden Speicherkonstruktionen entwickelt, welche die Leitfähigkeit des reinen Paraffins um den Faktor 6 verbessern.

Natriumacetat als PCM

Einen Latentwärmespeicher in Modulbauweise mit

einem nutzbaren Inhalt von 750-Litern bietet die Alfred Schneider GmbH aus Lahr seit einigen Jahren an. Der Speicher besteht aus einem wärmeisolierten Edelstahlbehälter mit einem Rohrleitungssystem und dem Wärmetauscher. Der Behälter ist mit technisch reinem Natriumacetat (PCM) befüllt. Natriumacetat (auch Natriumacetat) ist als Natriumsalz der Essigsäure auch als Lebensmittelzusatzstoff E262 bekannt. Der Wechsel zwischen fest und flüssig erfolgt bei 59°C. Das Schneider Latentwärmespeicher-Modul „LWS 750“ hat nach Herstellerangaben eine Speicherkapazität von 122 kWh im Temperaturbereich von 40°C bis 100°C. Dies entspricht etwa der drei- bis fünffachen Energiemenge gegenüber einem

■ Tabelle: Speicherarten und erzielbare Energiedichten.

Art der Energiespeicherung	Energiedichte	Speichermedium	Arbeits-temperatur	Anlagenbeispiele auf dem Markt
Sensibel	ca. 60 kWh/m ³	Wasser	< 100 °C	Herkömmliche Warmwasserspeicher
Latent	bis zu 120 kWh/m ³	Salzhydrate	ca. 30 - 80 °C	Latentwärmespeicher LWS 750, mobile Latentwärmespeicher von Alfred Schneider GmbH
		Paraffine	ca. 10 - 60 °C	Latentspeicherzellen der Powertank GmbH
Thermo-chemisch	bis zu 200-500 kWh/m ³	Metallhydrid	ca. 280-500 °C	Einsatz in der Brennstoffzellentechnologie
		Silikagel	ca. 40-100 °C	1999: Pilotprojekte Firma Ufe-Solar in Zusammenarbeit mit ISE Freiburg
		Zeolith	ca. 100-300 °C	Forschungsprojekt Thermochemische Zeolithwärmespeicher zum Lastausgleich im Fernwärmenetz einer Münchner Schule



■ Mit einer Dämmschüttung zwischen den einzelnen Röhren werden die Paraffin-Latentwärmzellen von Powertank isoliert. Bild: Powertank

Wasserspeicher gleichen Inhaltes. Dafür muss mit etwa dreifach höheren Investitionskosten gerechnet werden. Der Hersteller liefert neben dem 750-Liter-Speicher auch mobile Container-Latent-Wärmespeicher. Diese werden eingesetzt, um industrielle Prozess-Abwärme von mehr als 60 °C zwischenzuspeichern.

Adsorptions-Wärmespeicher

Noch größere Energiedichten als bei Latentwärmespeichern lassen sich mit thermochemischen Wärmespeichern erzielen. Diese speichern Wärme durch endotherme Reakti-

onen und geben sie durch exotherme Reaktionen wieder ab. Thermochemische Wärmespeicher können gegenüber Warmwasserspeichern die vier- bis fünffache spezifische Wärmemenge aufnehmen. Das Wirkprinzip beruht auf der Adsorption von Wasser an der Oberfläche eines Sorptionsmittels wie Silikagel oder Zeolith. Diese Technologie kommt zum Beispiel für den Lastausgleich in Fernwärmenetzen infrage. In einem Pilotprojekt in einer Münchener Schule zeigte das Bayerische Zentrum für Angewandte Energieforschung (ZAE), dass thermochemische Speicher erfolgreich in Heizsysteme ein-

gesetzt werden können. Der Sorptionspeicher ist seit Ende 1996 in Betrieb und wurde seither wissenschaftlich vermessen und untersucht. So konnte anhand der Messergebnisse der Speicherwirkungsgrad mit 86% des theoretischen Wertes ermittelt werden.

Auch hier liegt das wirtschaftliche Handicap der Anwendung im hohen Preis für das Sorptionsmittel. So setzte die Eberswalder Firma Ufe-Solar große Hoffnungen in die Entwicklung ihres thermochemischen Wärmespeichers. 1999 mit dem Innovationspreis des Landes Berlin-Brandenburg ausgezeichnet, baute der Hersteller im Rahmen eines Feldversuches zwei Prototypen eines saisonalen Sorptions-Speichers in Brandenburger Solarhäuser ein. Allerdings erwies sich die Sorptions-Speichertechnologie damals als zu teuer für den Markt. Nach der Insolvenz ist Ufe-Solar heute wieder mit herkömmlichen Solaranlagen im Geschäft. Begleitet wurde das Projekt damals vom Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE. Deren Forscher Dr. Henning sieht mittlerweile die Zukunft der Adsorptionstechnik in klimatechnischen Anwendungen.



■ Der 750-Liter-Latentwärmespeicher nutzt die Schmelzwärme eines Salzes zur Speicherung von Prozess-Abwärme und thermischer Solarenergie. Bild: Alfred Schneider

Wirtschaftlichkeit weiter fraglich

Ähnlich wie die Wissenschaftler des ISE sieht es auch Entwicklungsleiter Dr. Vieback vom Unternehmen Rubitherm. Der Hersteller und Lieferant von PCM-Materialien auf Paraffin- und Salzhydratbasis entwickelte einen PCM-Kompaktspeicher. Anfänglich war auch für diese Speicher der Einsatz als Pufferspeicher in der Solarthermie, der Heizungstechnik sowie der Abwärmenutzung vorgesehen. Mittlerweile konzentriert sich Rubitherm nach eigenem Bekunden auf die Weiterentwicklung seiner Produkte für einen wirtschaftlichen Einsatz in Kälte- und Klimaanlage. „Der Einsatz von Latentwärme zur Saisonspeicherung der Heizenergie für ein ganzes Jahr ist sorgfältig abzuwägen. Zur ganzjährigen Beheizung eines Passivhauses benötigt man das Speichervermögen eines ca. 20 m³ großen Paraffintanks. Man könnte allerdings durch Verbrennung der gleichen Menge des anzuschaffenden Paraffins das Haus mehrere Jahre lang beheizen“, so das Unternehmen. ■

Literatur:

1. FIZ Karlsruhe GmbH. BINE-Informationendienst, Bonn (Hrsg.): Thermochemische Speicher. ThemenInfo 2/01
2. FIZ Karlsruhe GmbH. BINE-Informationendienst, Bonn (Hrsg.): Wärme und Strom speichern. basisEnergie 19 (Stand 2005)
3. FIZ Karlsruhe GmbH. BINE-Informationendienst, Bonn (Hrsg.): Latentwärmespeicher. ThemenInfo IV/02
4. Deutschlandfunk Interview vom 30.05.06 in Forschung Aktuell mit Dr. Henning vom ISE Freiburg (www.dradio.de)

@ Internetinformationen:

www.rubitherm.com
www.powertank.de
www.alfredschneider.de