

Wärmespeicher als integrierte und nicht integrierte Bauteile

Wärme- und Kältespeicherung

Raumklimatisierung ist ein bedeutender Faktor bei der Konzeption moderner Büro- und Wohngebäude, denn es besteht ein hohes Einsparpotenzial von Heiz- und Kühlenergie. Neben einer Optimierung der Wärmedämmung leistet der Einsatz von Wärme- und Kältespeichern einen erheblichen Beitrag zur Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudebereich und zur Reduktion des CO₂-Ausstoßes.

Wärme kann grundsätzlich in Form von sensibler oder latenter Wärme gespeichert werden:

- Man spricht von **sensibler Wärme**, wenn ein Material erwärmt wird, Wärme aufnimmt und seine Temperatur sich dadurch erhöht.
- Als **latente Wärme** wird die im Phasenübergang gespeicherte Wärmemenge bezeichnet: Gelangt man in den Bereich des Phasenübergangs fest–flüssig eines Materials, so erfolgt eine Wärmeaufnahme ohne Erhöhung der Temperatur. Um ein Material vollständig aufzuschmelzen wird eine Wärmemenge benötigt, die der so genannten Schmelzenthalpie entspricht. Unter Latentwärmespeicherung versteht man die Speicherung

von Wärme in einem Material, das einen Phasenübergang, z. B. fest – flüssig, erfährt (engl. Phase Change Material, PCM) (siehe linker Graph in *Abbildung 1*)

Die Speicherung von Energie in Form von latenter anstatt von sensibler Wärme hat einige Vorteile. Dadurch, dass die Wärmespeicherung nicht mit einer Temperaturerhöhung verbunden ist, sind auch die Stillstandsverluste geringer als bei einem sensiblen Speicher, der aufgrund seiner höheren Temperatur immer Wärme an die Umgebung verliert. Außerdem wird bei Latentwärmespeichermaterialien die in der Heizphase aufgenommene Energiemenge ohne Temperaturerhöhung gespeichert und kann zeitverzögert wieder an die Umgebung abgegeben werden. Dieses Prinzip kann zur Vermeidung von Temperaturspitzen in Gebäuden verwendet werden (siehe rechter Graph in *Abbildung 1*).

Für den Einsatz im Gebäudebereich eignen sich zwei Arten von PCMs, deren Schmelztemperatur im Raumtemperaturbereich liegt, nämlich Salzhydrate und Paraffine. Paraffine zeichnen sich vor allem durch ihre hohe Zyklenstabilität und ihre geringe Unterkühlung aus. Salzhydrate

Dr. Jochen Manara
ZAE Bayern
manara@
zae.uni-wuerzburg.de

Peter Schossig
Fraunhofer ISE
schossig@ise.fraunhofer.de

Dr. Harald Drück
Universität Stuttgart
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW)
drueck@itw.uni-stuttgart.de

Henner Kerskes
Universität Stuttgart
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW)
kerskes@itw.uni-stuttgart.de

Josef Jenni
Jenni Energietechnik AG
jennienergietechnik@
livenet.ch

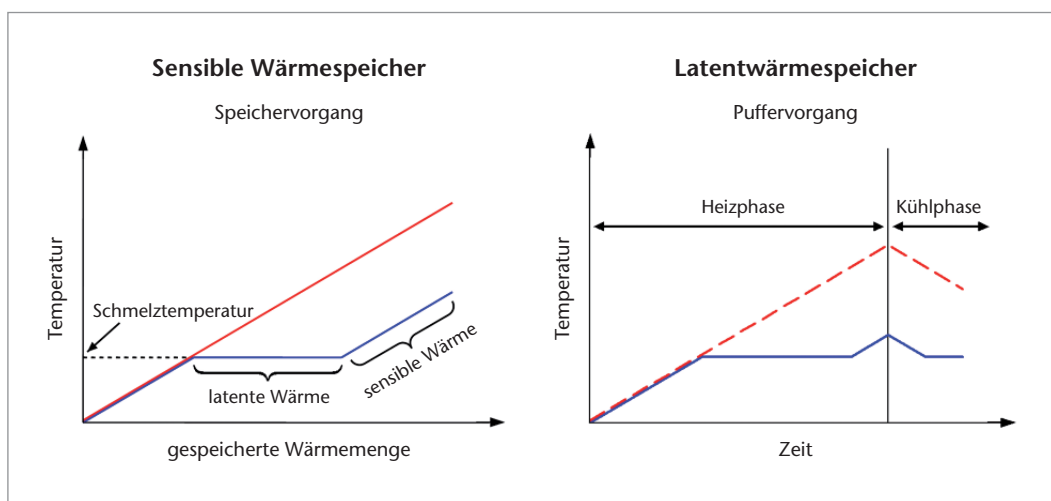


Abbildung 1 Funktionsweise von sensiblen Wärmespeichern (links) und von Latentwärmespeichermaterialien (rechts). Die Speicherung in Form von latenter Wärme ist im Gegensatz zur Speicherung in Form von sensibler Wärme nicht mit einer Temperaturerhöhung verbunden.

hingegen haben den Vorteil einer höheren Schmelzenthalpie und sind nicht brennbar. Darüber hinaus werden auch Wasserspeicher zur Wärmespeicherung sowie Eisspeicher in der Kälte- und Klimatechnik erfolgreich eingesetzt. Hier bietet beispielsweise die Kombination mit PCMs eine zusätzliche Optimierung. Alternativ kann eine Wärmespeicherung auch durch Adsorption erfolgen: Eine Möglichkeit ist hierbei die Nutzung von Zeolithen, die durch Wasseraufnahme bzw. -abgabe Wärme freisetzen bzw. speichern.

Einsatz im Gebäudebereich zur Steigerung der Energieeffizienz

Raumklimatisierung kann über Aktiv-Klimatisierung durch Heizen und Kühlen realisiert werden. Doch speziell der Einsatz von fossilen Energieträgern sollte dabei reduziert werden, um den Ausstoß von Kohlendioxid zu vermindern. Zur Steigerung der Energieeffizienz bieten sich grundsätzlich zwei Alternativen bei der Verwendung von Wärme- und Kältespeichern an:

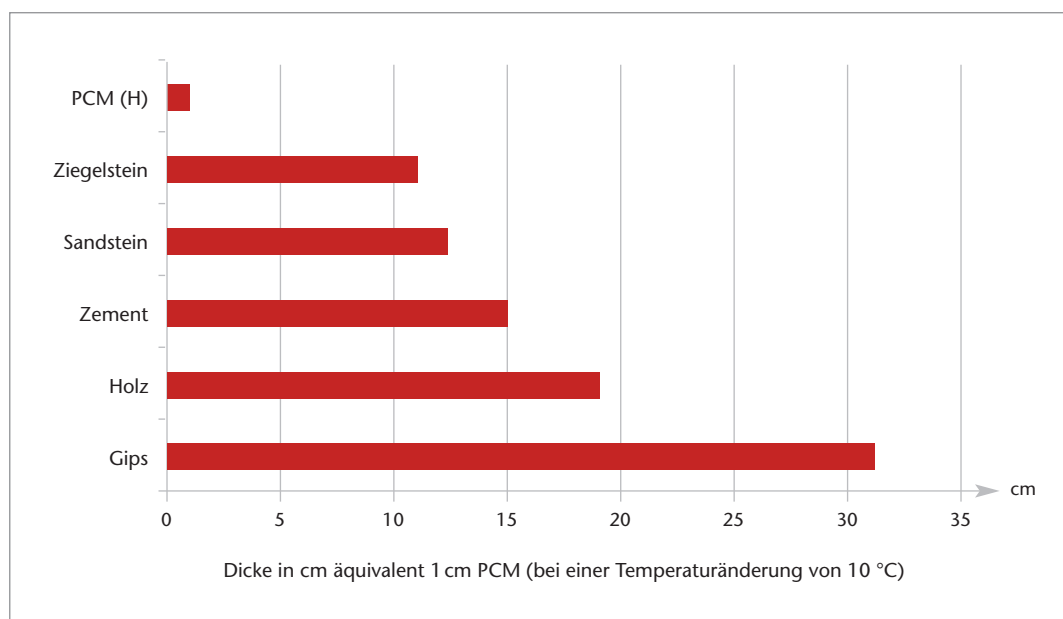
- a) Zum einen kann auf eine Passiv-Klimatisierung, wie in Gebäuden aus Stein oder Beton, zurückgegriffen werden, da die massiven Bauteilmassen beträchtliche Wärmemengen speichern bzw. puffern

können. Allerdings werden im modernen Trockenbau die Bauteilmassen ganz bewusst extrem verschlankt, so dass flexible wie kostengünstige Möglichkeiten zur Gebäudegestaltung gegeben sind. Um hier dennoch Passiv-Klimatisierung zu ermöglichen, sollen PCMs zum Einsatz kommen, die große Wärmemengen speichern und somit Temperaturspitzen abpuffern können (*Abbildung 2*).

- b) Zum anderen können Wärme- und Kältespeicher auch mit aktiven Systemen gekoppelt werden. Solche Systeme lassen beispielsweise die Nutzung von Energie niedrigen Exergiepotenzials zu, was auch einen effizienteren Einsatz regenerativer Energiequellen ermöglicht. Zusätzlich können durch die Speicher Lastspitzen verschoben werden, was eine kleinere Dimensionierung von Klimasystemen in Gebäuden oder alternativ eine Kappung der Lastspitzen im Versorgungsnetz ermöglicht.

Abbildung 2

PCM mit einer Dicke von 1 cm besitzt im Phasenübergang das gleiche Wärmespeichervermögen wie eine 11 cm dicke Ziegelsteinwand oder eine 19 cm dicke Holz wand bei einer Temperaturerhöhung von 10 °C.



1 Kompositmaterialien für Latentwärmespeicher

Zur Verwendung im Gebäudebereich stehen mehrere Materialien und Systeme für Latentwärmespeicher zur Verfügung. Dabei handelt es sich sowohl um Makroverkapselungen, die Abmessungen im Zentimeter- bis Dezimeterbereich aufweisen, als auch um Mikroverkapselungen mit Abmessungen im Mikrometerbereich. Speziell mikroverkapselte Paraffine können in Gipsputze, Gipskartonplatten oder andere Baumaterialien eingebracht werden. Durch eine Einbringung von PCM in Graphitplatten kann zusätzlich die Wärmeleitfähigkeit und damit die Be- und Entladezeit der Platten erhöht werden, was z. B. beim Einsatz in Klimasystemen interessant ist.

2 Wärme- und Kältespeicher mit Latentwärmespeichermaterialien

Gipsputze und Gipskartonplatten eignen sich als passive Speichermassen zur Erhöhung der thermischen Kapazität eines Leichtbaus auf das Niveau eines Massivbaus. Dies bewirkt eine Pufferung von Temperaturspitzen im Gebäude. Hierzu ist lediglich eine Nachtlüftung notwendig, um die tagsüber gespeicherte Wärme wieder abzuführen. Dieselbe Wirkungsweise wird mit passiven Kühldeckensystemen erzielt, die aus Gipskartonplatten mit Paraffinen bestehen oder aus PCM-Folienbeuteln mit Salzhydraten, die auf Metallkassettendecke aufgelegt werden. Solche Systeme erbringen Kühlleistungen von ca. 25 bis 40 W/m². Abhängig von den gewählten Materialien ist eine aktive Hinterlüftung notwendig. Die nächtliche Regeneration des Systems erfolgt wiederum mit kühler Außenluft.

Wasserdurchströmte Kühldecken in abgehängter Bauweise erreichen höhere Kühlleistungen von rund 100 W/m² bei relativ kurzen Ansprechzeiten, erfordern dadurch jedoch oft hohe Spitzenlasten bei der Kältebereitstellung. Durch die Integration von PCM lässt sich tagsüber zu Zeiten der Kühllastspitzen eine rein passive Grundkühlleistung von etwa 40 W/m² sicherstellen. Während der Nacht wird das PCM dann durch kühles Wasser regeneriert. Auf diese Weise lassen sich tagsüber Lastspitzen vermeiden und die Kühllast wird vergleichmäßig. Vor allem bei der Kältebereitstellung über Geot-

hermie (Erdsonden) ergeben sich hier Vorteile, da die Erdsonden auf die Spitzenlasten ausgelegt werden sollten.

Auch die Kombination von PCM mit innen liegenden Sonnenschutzsystemen verfügt über Potenzial. Die innen liegenden Systeme bieten einige Vorteile gegenüber außen liegenden Systemen (keine Windlasten, kostengünstig) und werden daher großflächig eingesetzt. Sie weisen jedoch im Vergleich zu außen liegenden Systemen einen höheren Energieeintrag auf. Zusätzlich werden sie bei Sonneneinstrahlung stark erwärmt, so dass sich Raumnutzer in Fensternähe zusätzlich durch die Wärmeabstrahlung der Lamellen thermisch unbehaglich fühlen. Abhilfe schafft hier ein innen liegender Sonnenschutz mit PCM. Vorteile sind geringere Jalousietemperaturen und ein reduzierter Wärmeeintrag in den Raum. Die PCM-Menge ist so ausgelegt, dass man einen sonnigen Sommertag auf der Südfassade komplett abpuffern kann. Die Regeneration des PCM erfolgt, wie bei den anderen Systemen, über Nacht durch kühle Außenluft.

Auch zum Heizen von Gebäuden können Latentwärmespeichermaterialien vorteilhaft eingesetzt werden. Als Beispiele hierfür sind solare Fassadenelemente (solare Wandheizung) sowie Solar-Luft-Kollektoren zu nennen. In beiden Fällen wird die Sonnenenergie in Form von Wärmeenergie im PCM gespeichert und zeitverzögert wieder an den Innenraum abgegeben. Die Einspeicherung erfolgt in Zeiten hoher solarer Einstrahlung, d. h. wenn ein Überangebot vorhanden ist, während die Freisetzung der Energie in Zeiten geringer oder fehlender solarer Einstrahlung erfolgt, wenn Wärmeenergie benötigt wird. Ebenso können Klimageräte mit PCMs ausgerüstet werden, um deren Performance entsprechend zu steigern.

3 Wärmespeicher durch Adsorption

Neben der Wärmespeicherung in einem Phasenübergang ist auch die Wärmespeicherung durch einen Adsorptionsprozess möglich. Hier stehen mehrere Systeme zur Verfügung. Bei Zeolithen wird die Ad- und Desorption von Wasser genutzt. Darüber hinaus können Ad- bzw. Absorptionsprozesse in einem entsprechenden System auch zur solaren Kühlung verwendet

werden. Dies gewährleistet die Bereitstellung von Kühlenergie genau dann, wenn sie benötigt wird, nämlich in Zeiten hoher solarer Einstrahlung.

4 Wasserspeicher im Haus

Warmwasserspeicher in konventionellen Heizungssystemen tragen ebenfalls zur Steigerung der Energieeffizienz bei, indem sie z.B. eine optimale Nutzung von Solarthermieanlagen erlauben. PCMs können zur Optimierung solcher Warmwasserspeicher durch eine Reduktion der Stillstandsverluste und eine Verminderung des Speichervolumens beitragen.

Außerdem können Wasserspeicher auch zur Kühlung von Gebäuden genutzt werden. So kann beispielsweise Regenwasser auf dem Gebäudedach gesammelt und in eine Zisterne eingeleitet werden. Dieses Wasser kann zur Kühlung des Gebäudes verwendet werden und erwärmt sich dabei. Zur Rückkühlung wird das Regenwasser während der Nacht auf das Dach des Gebäudes gepumpt und dort nach flächiger Verteilung beim Abfließen durch Wärmeabgabe über Strahlungsaustausch mit der Atmosphäre, Konvektion und (teilweiser) Verdunstung idealerweise knapp unter Taupunkttemperatur abgekühlt. Über die Regenrinne wird das abgekühlte Wasser durch einen Filter wieder der Zisterne zugeführt, so dass es erneut zur Kühlung des Gebäudes zur Verfügung steht. Neben dem geschilderten offenen Kreislauf sind auch geschlossene Systeme mit einer Kollektorfläche geeignet, bei denen keine Verdunstung und damit kein Wasserverlust auftritt.

Forschungsbedarf

Forschungsbedarf besteht unter anderem hinsichtlich einer messtechnisch fundierten Erfassung der Eigenschaften von Systemen mit PCMs sowie einer Validierung von Simulationstools und der Erstellung fundierter Auslegungsrichtlinien. Dazu werden aktuell Demonstrationsprojekte durchgeführt. Die Rückkopplung der Gebäudenutzer gibt außerdem unmittelbare Hinweise zur Akzeptanz der Produkte. Anhand von gemessenen Lastverschiebungen können Energieversorger außerdem eine energie-wirtschaftliche Analyse durchführen, um die Auswirkungen eines breiten Einsatzes von PCM-Systemen auf die Kraftwerks- und Netzkapazitäten zu beurteilen.

Darüber hinaus ist eine Weiterentwicklung der Kompositmaterialien notwendig. Derzeit werden beispielsweise Techniken zur Ummantelung von Salzhydraten entwickelt, mit denen auslaufsichere und wasserdampfundurchlässige Kapseln im Millimeterbereich herstellbar sein sollen. Diese können dann als nicht brennbare Materialien in Baustoffe bzw. -platten eingebracht werden, sowie als Schüttung in luft- oder wasserdurchströmten Klimageräten Verwendung finden.

Auch an der Entwicklung und Optimierung von pumpbaren Systemen bzw. Slurries auf Paraffin- und Salzhydratbasis wird gearbeitet.

Zur Sicherstellung definierter Eigenschaften der kommerziell erhältlichen PCM-Produkte, wie Schmelztemperatur und -enthalpie sowie Wärmeleitfähigkeit, wurde die PCM-Gütegemeinschaft ins Leben gerufen, die wesentliche Gütekriterien festlegt.