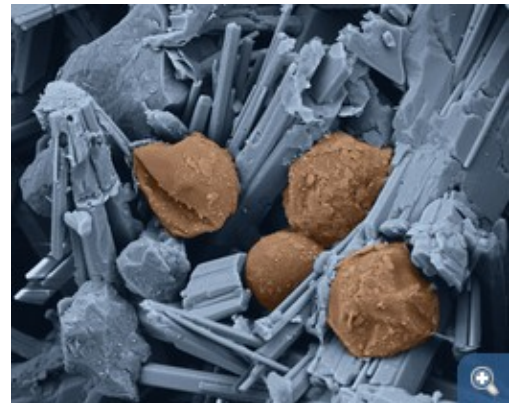


Klimaaktive Wärmespeicher in Baustoffen




Bei der Temperierung von Räumen über große Flächen kann die Temperatur zum Heizen und Kühlen nahe der Raumtemperatur liegen. Dies fördert zum einen die Behaglichkeit, zum anderen können bislang ungenutzte Wärmequellen oder Wärmesenken erschlossen werden. So z. B. die Temperaturdifferenzen zwischen Tag und Nacht oder außen und innen. Auch das Erdreich kann als Wärmequelle oder Wärmesenke genutzt werden. Bausysteme mit integrierten Phasenwechselmaterialien (PCM) können viel Wärme im Bereich der Raumtemperatur speichern. Wird diese Wärme über Wasser führende Systeme zugeführt oder abgerufen, dann können Räume mit solchen Systemen energieeffizient temperiert werden. Mit diesem Forschungsprojekt wurden Materialien, Komponenten und Systeme auf Basis von Paraffinen weiterentwickelt, aussichtsreiche Anwendungen identifiziert, Systemtests durchgeführt und ein Planungstool entwickelt.



Falschfarbenaufnahme mit Rasterelektronenmikroskop: Mikroverkapselte PCM (braun) in Gips (blau)
© BASF

Technologiesteckbrief

Offizieller Projekttitle	Aktive PCM-Speichersysteme für Gebäude, Simulation und Auslegung - "PCM-Aktiv"
Laufzeit	09/2004 - 09/2008
Technologiestatus	 Markteinführung
Schwerpunkte	Regenerative + passive Kühlung, Thermisch aktivierte Bauteilsysteme, Wärme-/Kältespeicherung

Projektbeschreibung

Die Wärmeaufnahmefähigkeit von im Bauwesen üblichen Putzen, Gipskartonplatten, Paneelen, Estrichen und Spachtelmassen kann enorm erhöht werden, indem diesen Baustoffen mikroskopisch kleine, gekapselte Phasenwechselmaterialien auf Basis von Paraffinen beigemischt werden (Phase Change Material, PCM). Die Aktivierung der PCM kann über Wasser führende Systeme erfolgen, die in der Regel Kapillarrohrrmatten oder Rohrregister nutzen. Auf diese Weise können Gebäude mit deutlich geringerem Energieeinsatz temperiert werden.

Forschungsseitig waren in diesem Projekt das Fraunhofer ISE und die BTU Cottbus beteiligt. Die BASF entwickelte die PCM auf Basis von Paraffinen, die Baustoffhersteller maxit (heute Weber-maxit) und DAW entwickelten die Baustoffsysteme Valentin Energiesoftware setzte die Erkenntnisse in ein handhabbares Planungstool (PCMexpress) um. Als Phasenwechselmaterialien wurden ausschließlich Paraffine eingesetzt.

Paraffine oder Salzhydrate?

Im Temperaturbereich der Raumkühlung (ca. 20-30°C) stehen prinzipiell zwei PCM-Materialklassen zur Wärmespeicherung zur Verfügung: Paraffine und Salzhydrate.

Paraffine sind organische Kohlenwasserstoffverbindungen und werden gerne wegen ihrer chemischen Reaktionsträgheit eingesetzt. Außerdem lassen sie sich mittels Mikroverkapselung gut verarbeiten und in verschiedene Baustoffe integrieren. Denn Mikrokapseln sind fließfähig als Pulver oder Dispersion, gut dosierbar, unzerstörbar verpackt und besitzen einen guten Wärmeübertrag durch ein hohes Oberfläche/Volumen-Verhältnis. Im Vergleich zu Salzhydraten haben sie ähnliche massenbezogene Energiedichten.

Salzhydrate (und eutektische Mischungen von Salzhydraten) sind anorganische Salze mit Kristallwasser. Sie haben eine höhere Dichte und daher eine höhere volumenbezogene Energiedichte. Salzhydrate lassen sich nicht in Mikrokapseln einbinden, die Verarbeitung erfolgt in größeren Gebinden wie z. B. Folienbeutel oder Makrokapseln aus Kunststoff. Salzhydrate sind nicht brennbar aber in der Regel hygroskopisch.

Fokus

Ausgehend von den in vorausgegangenen Projekten entwickelten und teilweise marktverfügbaren Baustoffen mit integrierten Phasenwechselmaterialien (PCM) auf Basis von Paraffinen wurden diese passiven Systeme nun zu Systemen für die aktive Kühlung weiterentwickelt, die Systeme wurden charakterisiert und getestet. Außerdem wurde ein Tool zur Simulation dieser neuen Gebäudesysteme entwickelt.

Die BASF hat in diesem Projekt geeignete Latentwärmespeichermikrokapseln entwickelt auf Basis von Paraffinen für aktive, baustoffintegrierte Wärmespeichersysteme. Für die wasseraktivierbaren Wärme- und Kältespeicher wurden geeignete Latentwärmespeichermikrokapseln hergestellt und den Notwendigkeiten der Baustoffe der Partner angepasst. BASF lieferte große Muster an die Projektpartner aus der Baubranche. Die Materialien für die Anwendung in Gebäuden wurden detailliert untersucht unter energetischen, ökologischen und ökonomischen Kriterien bewertet.

Der Baustoffhersteller Weber-maxit entwickelte in diesem Projekt Putze und Estriche für aktive Wärmespeichersysteme, welche für Wasser führende Systeme geeignet sind. Im Technikumsmaßstab wurden Produktionssysteme für die Bereiche Boden, Wand und Decke unter kontrollierten Bedingungen vermessen. Die Deutschen Amphibolin-Werke (DAW, Caparol) entwickelte in diesem Projekt Innenputze und Spachtelmassen, die für aktive Wärmespeicherflächen mit Wasser führenden Systemen geeignet sind. Die Spachtelmassen wurden vom Labor- über den Technikums- bis zum Praxismaßstab entwickelt, erprobt und optimiert.

Am Lehrstuhl für Angewandte Physik / Thermophysik der BTU Cottbus wurde ein Messverfahren entwickelt, mit dem der Beladungsgrad von PCM-Wärmespeichern bestimmt werden kann. Das neu entwickelte Verfahren wird an mit PCM befüllten Sandwich-Paneelen getestet. Hierzu werden auch Untersuchungen in der PASSYS-Testzelle unter realen Klima- und Solarstrahlungsbedingungen durchgeführt.

Valentin Energiesoftware hat auf Basis der vom Fraunhofer ISE entwickelten mathematischen Modelle für die bauteilintegrierten PCM-Wärmespeicher und mit dem zugehörigen Gebäudemodell eine PC-Software nach dem Windows-Standard entwickelt. Eine Simulation der resultierenden thermischen Effekte und eine einfache Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist somit möglich.

Das Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme koordinierte das gesamte Forschungsprojekt und leistete Beiträge im Bereich der Systemmodellierung, Simulationsmodelle, Rechenkernentwicklung, optimierte Auslegung und Systemtests. Außerdem wurde das entwickelte Simulationstool „PCMexpress“ anhand von Messdaten aus verschiedenen Testräumen validiert. Am Fraunhofer ISE wurde auch ein komplett neuer Testraum in Anlehnung an DIN4715-1 und EN 14240:2004 aufgebaut, womit Flächenheiz- und Kühlsysteme unter kontrollierten und reproduzierbaren Umgebungsbedingungen vermessen werden. Die Umgebungsflächen des Testraumes mit 4x4m² Grundfläche und 3,1 m Höhe sind vollständig temperierbar. Eine demontierbare Südwand ermöglicht auch Messungen unter Außenbezug.

Erfolge

Mit Messungen in den Testräumen und an Wandmustern konnte nachgewiesen werden, dass die PCM-Kühldecken prinzipiell funktionieren. Insgesamt können durch die PCM bei entsprechender Regelung Temperaturspitzen gegenüber einem unklimatisierten Raum reduziert und gegenüber einer konventionellen Kühldecke kann der Energiebedarf vermindert werden.

Mit Micronal PCM wurde ein neues mikroverkapseltes PCM-Basis-Produkt entwickelt, dessen Schmelzpunkt auf mit Wasser (aktiv) durchströmte Systeme optimiert ist (Micronal DS 5029 X und DS 5030 X). Mit einer Schmelzpeak-Temperatur von 21°C ist damit auch eine Variante von Micronal® PCM für aktive Kühlsysteme verfügbar.

Die Systementwicklung für Kühldecken wurde in zwei Demonstrationsobjekten demonstriert - einmal basierend auf PCM-Gipsputz (Weber-maxit) und einmal mit einem hausinternen System mit PCM-Spachtelmasse (DAW). Das Designtool für aktive und passive PCM-Systeme wurde anhand von realen Messdaten validiert und veröffentlicht. Es kann unter www.valentin.de kostenfrei bezogen werden. Seit November 2011 wurde ein Bugfix online gestellt, der nun auch Wetterdaten für USA und Kanada enthält.

Seit 2006 findet Micronal PCM in unzähligen Gebäuden und in allen denkbaren Anwendungsarten Einsatz – sowohl passiv, als auch aktiv. Prominent war der Einsatz beispielsweise in den beiden Beiträgen der Universität Darmstadt zum Internationalem Wettbewerb „Solar Decathlon 2008 + 2009“ in Washington. In beiden Jahren ging der Gesamtsieg nach Darmstadt, auch dank des Einsatzes von Micronal PCM Bauprodukten.

Um die Technologie weiter zu etablieren finden Arbeiten zur Normung und zur Qualitätssicherung von PCM Produkten in Gebäuden statt. Hierzu haben sich alle Hersteller von PCM Produkten in Deutschland und den Niederlanden zur RAL Gütegemeinschaft PCM e.V. zusammengeschlossen (www.pcm-ral.de). In diesem Rahmen wurden strenge Qualitätskriterien festgelegt und geprüft. Micronal PCM ist dabei das erste Produkt welches alle Anforderungen erfüllt und in der Zyklenbeständigkeit die höchste Klasse „A“ mit 10.000 Zyklen nachweisen konnte.

Weiterhin wurde eine Arbeitsgruppe eingerichtet, die die VDI Richtlinie „PCM in der Gebäudetechnik“ ausarbeitet. Damit werden erstmals konkrete Handlungs- und Bewertungsrichtlinien erstellt, die den Einsatz

von PCM in Kombination mit der TGA auf eine sichere Grundlage stellt.

Meilensteine

Das Projekt wurde im Februar 2008 mit dem Aufbau zweier Demonstrationsobjekte als letztes Arbeitspaket erfolgreich abgeschlossen. Dabei wurden auch verschiedene Regelungsstrategien entwickelt und getestet. DAW und das Fraunhofer ISE haben das Projekt darüber hinaus bis September 2008 verlängert, um noch den Sommer 2008 für die Vermessung der PCM-Kühldecken im realen Gebäudebetrieb zu nutzen. Die Funktion des Systems konnte dabei gezeigt werden.

Anwendung

Als marktverfügbare PCM-Baustoffe sind derzeit im Handel (Stand 11/2010):

Die BASF produziert als PCM-Rohstoff in mikroverkapselter Form für die Baustoffindustrie die Produktfamilie Micronal® PCM, die sowohl in Form von Pulver als auch als wässrige Emulsion zur Verfügung steht. Es werden Peaktemperaturen bei 21°C, 23°C und 26°C großtechnisch produziert und vertrieben. Die Produkte gehen ausschließlich an Weiterverarbeiter wie z.B. Baustoffhersteller. Im freien Handel ist das Produkt nicht erhältlich und wäre ohne entsprechende Laborarbeit auch kaum von Endanwendern nutzbar.

Mehrere Industriepartner fertigen PCM-Baustoffe oder -Systemlösungen auf der Basis von Micronal® PCM der BASF:

Weber-maxit Deutschland bietet einen PCM-Gipsputz an, der als einlagiger Innenputz die Raumtemperatur regulieren kann: maxit clima (PCM-Gipsputz). Über die Variation der Schichtdicke kann die einzubringende Menge an Micronal® PCM Latentwärmespeicher nach Bedarf gesteuert werden. Maxit clima® ist fertig formuliert (zur Direktverarbeitung auf der Baustelle) als Trockenmörtel erhältlich. Das Produkt wird bis auf Weiteres als Entwicklungsprodukt gehandhabt und fallweise auf Bestellung produziert.

Lehmbauplatte mit Latentwärmespeicher: Der klassische Baustoff Lehm kann durch Aufnahme und Abgabe von Wasserdampf das Raumklima verbessern. In der Kombination mit Micronal® PCM sind Lehm-Trockenbauplatten erhältlich, die neben den herkömmlichen Vorzügen nun auch die PCM-Funktionalität integrieren. Als zusätzliche Erweiterung der Leistungsfähigkeit wurden nun auch Lehm-Heizelemente entwickelt, die ganzjähriges Temperieren von Innenräumen ermöglichen. So kann z. B. in Kombination mit einer ortsnahen PV-Anlage tagsüber sowie nachts geheizt werden.

Für Renovierung und für den Neubau wurden Rasterdeckeneinleger entwickelt, die einfach in gängige Rasterdecken eingelegt werden können. Mit bis zu 8kg/m² PCM stellt dieses System eine enorme Speicherleistung bereit. In Praxisobjekten wurde nachgewiesen, dass bei einem stimmigen Gesamtkonzept auf eine Klimatisierung im Bürobereich komplett verzichtet werden kann. Projektbeschreibungen sind unter www.datumphasechange.com dargestellt. Die Entwicklung unter dem Markennamen RACUS® hat die Auszeichnung „Best Innovation 2010“ in Großbritannien errungen.

Der US-amerikanische Gipsplattenhersteller National Gypsum hat in 2009 seine Gipsbauplatte ThermalCORE™ der Öffentlichkeit vorgestellt. Die Platte wird wie herkömmliche Gipsbauplatten verarbeitet und bietet 3kg/m² PCM = ca.100Wh/m² Speicherleistung. Derzeit ist die Platte nur in USA erhältlich und befindet sich in der Erprobungsphase. Näheres unter: www.thermalcore.info


Eine weitere interessante Entwicklung bedient sich des Micronal PCM in seiner flüssigen Form als sog. Slurry in einem Brüstungsklimagerät. Dabei steht das PCM in einem Tank bereit, um bei Bedarf durch einen Wärmetauscher gepumpt zu werden. Warme einströmende Außenluft wird so auf die benötigte Raumtemperatur heruntergekühlt. Da nur geringer Energieaufwand der Pumpen und Lüfter benötigt werden, die Kühle selbst aber von der vorausgegangenen regenerativen Kältequelle „Nachtluft“ stammt, wird ein enormer COP von bis zu 1:15 realisiert. Nähere Informationen unter: www.cool-phase.com

Ein weiteres thermisch aktivierbares System bietet das Unternehmen Ilkazell Isoliertechnik an. Über ein integriertes Kapillarsystem kann mit Wasser der Wärmespeicher gezielt ent- oder beladen werden: Ilkatherm aktiv – als Kühlsegel, Deckenplatten oder Wandplatten einsetzbar. Derzeit wird das Produkt technisch überarbeitet. Link zur Website Ilkazell, zur Produktinformation (8 Seiten, PDF, 486 kB)

Valentin Energiesoftware bietet ein Designtool für aktive und passive PCM-Systeme zum kostenfreien Download an: www.valentin.de -> F&E. Die dynamische Gebäudesimulation PCMexpress wurde im November 2011 mit einem Bugfix und zusätzlichen Wetterdaten für Nordamerika online gestellt.

 **Fraunhofer ISE**

 **BASF - Hersteller des PCM-Materials Micronal®**

 **Materialien aus dem Projekt-Portal**