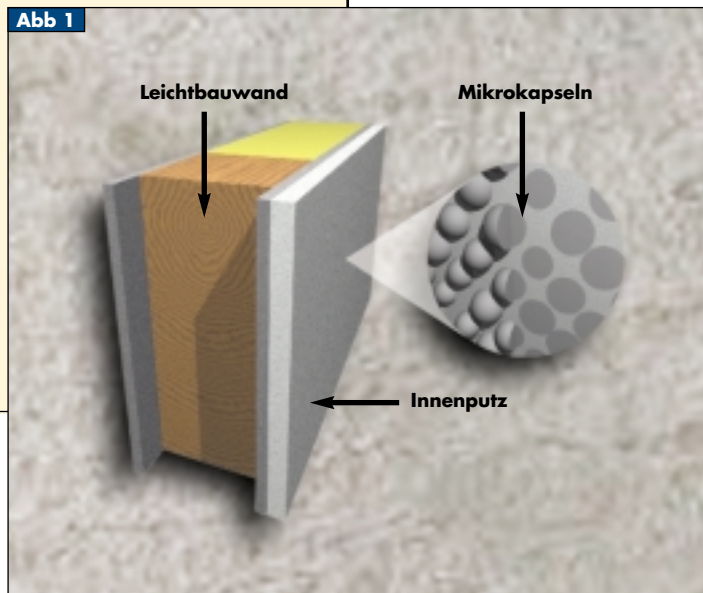




Latentwärmespeicher in Baustoffen

Abb 1



- **Durch Latentwärmespeicher nachweislich höhere Wärmekapazität von Gebäudebauteilen**
- **Effiziente Kühlung von Gebäuden in Leichtbauweise durch kontrollierte Nachtlüftung**
- **Anwendung in handelsüblichen Baustoffen erprobt**

In Mikrokapseln eingeschlossene Speichermaterialien erhöhen die Wärmekapazität von Baustoffen deutlich

In Gebäuden mit freiliegenden, massiven Betonwänden oder Mauerwerk ist es im Sommer oft angenehm kühl. Besonders spürbar ist dies z.B. in alten Kirchen, hier sind allerdings weitere Faktoren wie der geringe solare Eintrag mitverantwortlich für niedrige Innentemperaturen. Der im Sommer auftretende Kühleffekt wird durch die hohe Wärmekapazität der Bausubstanz ermöglicht. Massive, freiliegende Gebäudeteile fungieren als Wärmepuffer – sie können tagsüber Wärme aufnehmen und diese während der Nacht wieder abgeben. In Gebäuden mit geringer Wärmekapazität dagegen ist im Sommer ein schneller Temperaturanstieg zu beobachten. Dies trifft besonders auf Gebäude in Leichtbauweise mit Bauteilen aus Holz oder Gipskarton zu. Eine vergleichbare Problematik ergibt sich noch an anderer Stelle: Viele Bürogebäude besitzen neben variablen Zwischenwänden zwar massive Gebäudeteile aus Beton, aber durch Teppichböden und Verkleidungen haben diese keinen thermischen Kontakt mit der Raumluft.

Durch die Einlagerung von Latentwärmespeichern in die Oberfläche der Bausubstanz kann die Wärmekapazität eines Gebäudes bzw. von Gebäudeteilen deutlich erhöht werden. Ein Latentwärmespeicher kann bei einer bestimmten Temperatur Wärme aufnehmen oder abgeben, ohne dass seine eigene Temperatur sich verändert. Die Aufnahme bzw. Abgabe der Wärme bewirkt stattdessen eine Änderung des Aggregatzustands der Latentwärmespeichermaterialien, die daher auch als „Phasenwechselmaterialien“ (engl. Phase-Change-Materials, „PCM“) bezeichnet werden.

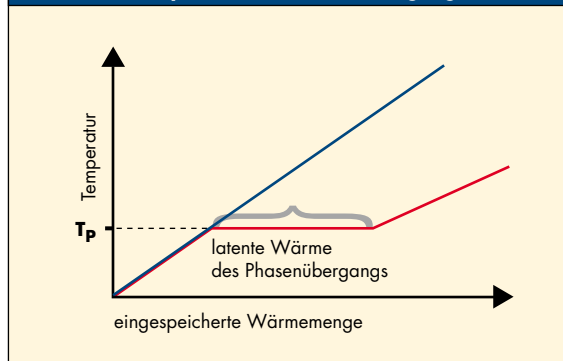
Das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) fördert derzeit mehrere Forschungsvorhaben zum Thema „Innovative PCM-Technologien“. Die Verwendung von Paraffinen als PCM ist Gegenstand dieses Projekt-Infos. Die Arbeiten werden vom Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) in Zusammenarbeit mit Industriepartnern durchgeführt. Erste Anwendungsergebnisse liegen vor.

► Sensible und latente Wärmespeicherung

Die Speicherung von Wärme ist gewöhnlich mit einer Temperaturerhöhung des Speichermaterials verbunden, die der gespeicherten Wärmemenge proportional ist (Abb 2, blaue Kurve). Die eingespeicherte Wärme ist fühlbar, deshalb wird diese Form der Wärmespeicherung als „sensibel“ bezeichnet.

Bei der „latenten“ (versteckten) Wärmespeicherung erfolgt nach Erreichen der Phasenübergangstemperatur eine Zeit lang keine Erhöhung der Temperatur – solange, bis das Speichermaterial vollständig geschmolzen ist (Abb. 2, rote Kurve). Beim Erstarren wird die eingespeicherte Wärme wieder abgegeben.

Abb 2: Temperaturverhalten eines sensiblen (blaue Kurve) und eines latenten Wärmespeichers (rote Kurve)
T_P: Temperatur des Phasenübergangs



► Vorteile latenter Wärmespeicherung

► Gegenüber der sensiblen ist bei der latenten Wärmespeicherung die Speicherdichte sehr hoch. In einem Bereich geringer Temperaturänderung kann eine große Wärmemenge gespeichert werden. Wasser als PCM ist ein gutes Beispiel: Bei fortwährender Wärmezufuhr beträgt die einen Eiswürfel umgebende Temperatur so lange 0 °C, bis dieser vollständig geschmolzen ist. Mit der dafür benötigten Wärme ließe sich dieselbe Wassermenge anschließend auf 80 °C erwärmen.

► Durch die Wahl des PCM ist eine individuelle Vorgabe der Temperatur möglich, bei der die Wärmespeicherung stattfinden soll. Für Wasser beträgt diese Temperatur 0 °C.

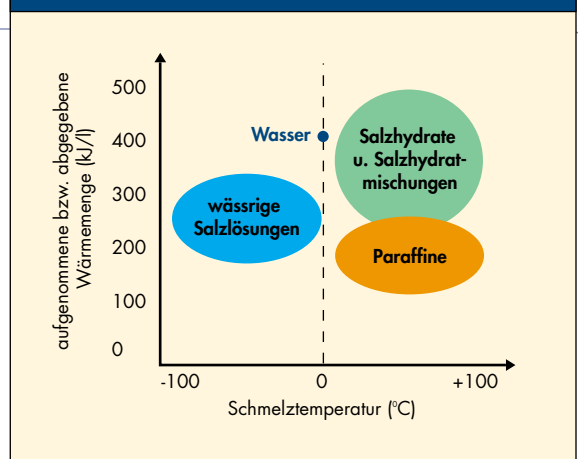
► Phasenwechselmaterialien

Je nach Speichertemperatur und Anwendungsbereich werden Stoffe verschiedener Substanzklassen als PCM eingesetzt. So sind für Temperaturen unter 0 °C als PCM wässrige Salzlösungen geeignet. Für höhere Temperaturen bis ca. 120 °C werden Paraffine, Salzhydrate sowie Mischungen von Salzhydraten eingesetzt (Abb 3).

Es ist zu erkennen, dass Salzhydrate und Mischungen von Salzhydraten ähnliche Schmelzbereiche wie Paraff-

fine besitzen. Die Wärmemenge, die beim Phasenübergang gespeichert werden kann, ist sogar deutlich größer. Da aber eine Mikroverkapselung von Salzhydraten bzw. Mischungen von Salzhydraten zur Zeit nicht möglich ist, werden in Baustoffen bislang ausschließlich Paraffine als PCM verwendet. Vorbehalte bezüglich Brennbarkeit der Paraffine können durch geeignete Maßnahmen weitgehend ausgeräumt werden.

Abb 3: Typische Phasenübergangstemperaturen verschiedener PCM-Substanzklassen



► PCM in Mikro kapseln

Die als PCM verwendeten Paraffine werden in sog. Mikro kapseln eingesetzt, das sind Kunststoffkapseln mit Durchmessern zwischen 1/200 und 1/50 mm.

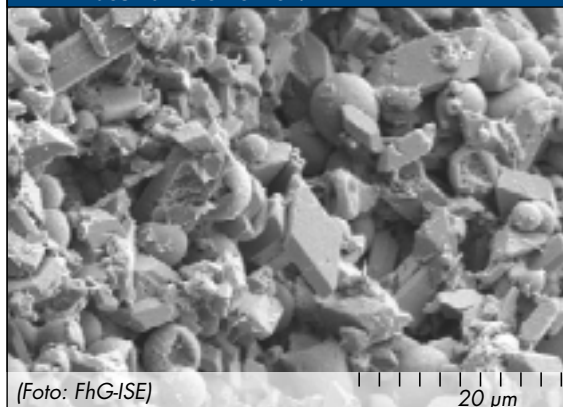
Die Mikroverkapselung birgt verschiedene Vorteile:

► Die Verkapselung stellt sicher, dass das Paraffin nicht in den Baustoff gelangen und dessen Eigenschaften negativ beeinflussen kann.

► Durch die geringe Größe der Kapseln ist die Gesamtoberfläche des Paraffins sehr groß. Die Mikroverkapselung bewirkt daher einen optimalen Wärmeaustausch zwischen PCM und Baustoff.

► Das Paraffin in mikroverkapselter Form ist wie ein Pulver in unterschiedlichen, handelsüblichen Baustoffen einsetzbar (z.B. in Innenputzen, Spachtelmassen).

Abb 4: PCM-haltiger Gipsputz unter dem Rasterelektronenmikroskop (REM): Die Mikro kapseln sind deutlich zu erkennen.



► Wie erfolgt die Mikroverkapselung?

Für die Mikroverkapselung wird das geschmolzene Paraffin unter Rühren in Wasser zunächst fein verteilt. In Abhängigkeit von der Rührgeschwindigkeit und anderer Parameter bilden sich dabei winzige Paraffintropfen. Um jeden einzelnen dieser Tropfen wird in einer sog. in-situ-Synthese aus Kunststoffvorprodukten die feste, sehr dünne Wand der Mikro kapseln erzeugt.

Untersuchungen haben gezeigt, dass die Wärmeleitfähigkeit, Dampfdurchlässigkeit und die Funktion der verwendeten Baustoffe als Feuchtigkeitspuffer durch den Zusatz des PCM nicht beeinträchtigt werden. Dies ist u.a. auf die geringe Größe der Mikro kapseln zurückzuführen.

► Erste Anwendungen

► Neubau Fraunhofer-Institut in Freiburg

Im Institutsneubau des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE wurden in zwei Büros mit Südorientierung verschiedene PCM-haltige Baustoffe eingebracht. In einem der Büros wurde ein Gipsinnenputz mit 10 und im zweiten eine Spachtelmasse auf Dispersionsbasis mit 25 Gewichtsprozent eines mikroverkapselten Paraffins als PCM verwendet. Die auf die Wände aufgetragene Schichtdicke beträgt 15 mm für den Gipsputz und 6 mm für die Spachtelmasse.

Messungen bei hohen Außentemperaturen zeigten, dass sich die Wände in den beiden

Büros gegenüber Referenzmessungen ohne PCM im Temperaturbereich 24 bis 26 °C erkennbar langsamer aufheizen. Die Auswirkungen sind allerdings relativ gering, da die Büros freiliegende Betondecken mit einer ohnehin hohen Wärmekapazität besitzen.

► 3-Liter-Haus in Ludwigshafen

Das sog. 3-Liter-Haus befindet sich im Ludwigshafener Brunnenviertel. An dem Altbau soll untersucht werden, was im Rahmen von Sanierungsmaßnahmen technisch machbar und wirtschaftlich sinnvoll ist, um den Heizenergiebedarf zu senken. Nach der Sanierung des Mehrfamilienhauses beträgt der

Heizwärmebedarf weniger als 30 kWh/m²a.

In zwei Wohnzimmern des Hauses wurden auch PCM-haltige Baustoffe eingebracht. Analog zum Neubau des Fraunhofer-ISE handelt es sich dabei um einen Gipsputz sowie um eine Spachtelmasse mit einem mikroverkapselten Paraffin als PCM. Es konnten jedoch keine signifikanten Effekte bezüglich der Raum- und Wandtemperaturen registriert werden: Einerseits, da es sich um ein massives Gebäude handelt und andererseits, da aufgrund der guten Wärmedämmung nur geringe Schwankungen der Innentemperaturen vorliegen.

► Fassadenteststand mit Leichtbauzelle

Um die Auswirkungen PCM-haltiger Baustoffe in Gebäuden in Leichtbauweise zu simulieren, wurden am Fraunhofer-ISE an einem Fassadenteststand zwei identische Testzellen eingerichtet (Abb 5). Diese besitzen

Abb 5: Fassadenteststand des Fraunhofer-ISE: außen links übereinander die beiden Testzellen in Leichtbauweise



zen eine typische Leichtbaukonstruktion aus Lattung und Gipskartonplatten und sind innen mit 14 cm PU-Schaum gedämmt. In einer der Zellen wurden 6 mm einer PCM-haltigen Spachtelmasse auf Dispersionsbasis mit 25 Gewichtsprozent eines mikroverkapselten Paraffins aufgetragen. Die zweite wurde für Referenzmessungen mit der gleichen Spachtelmasse ohne PCM ausgestattet. Abb 6 zeigt den Verlauf der Luft- und Wandtemperaturen in beiden Testzellen an drei aufeinander folgenden

heißen Sommertagen. Die sog. Empfindungstemperatur ergibt sich definitionsgemäß aus dem Mittel beider Temperaturen.

Der Schmelzbereich des verwendeten Paraffins beträgt 24 bis 26 °C. Am ersten der drei Tage zeigte sich daher erwartungsgemäß in der mit PCM ausgestatteten Testzelle gegenüber den Referenzmessungen ein stark verlangsamter Temperaturanstieg bis zum Erreichen von ca. 27 °C. Sowohl Luft- als auch Wandtemperatur waren um bis zu 4 K niedriger als in der Referenzzelle. Über 27 °C ist in beiden Zellen ein paralleler Anstieg der Temperaturkurven zu erkennen. Dies gilt insbesondere für den Verlauf der Wandtemperaturen. Das Paraffin war vollständig geschmolzen und zeigte solange keinen Einfluss mehr, bis es wieder abgekühlt und erstarrt war. Ein zusätzlich positiver Effekt ist die Verschiebung des Tagesmaximums um mehr als eine Stunde auf nach 18.00 Uhr.

Da die Versuche bei sonnigem Wetter ohne jede Verschattung durchgeführt wurden, ist an den darauffolgenden beiden Tagen eine Abnahme des PCM-Kühleffekts zu beobachten. Dies entsprach jedoch nicht realen Bedingungen – das PCM sollte bewusst überlastet werden. Versuche unter realen Bedin-

► Einsatzbereich Bürogebäude

In Bürogebäuden mit einer hohen Wärmekapazität, d.h. mit massiven, freiliegenden Gebäudeteilen, wird der Baukörper im Sommer manchmal gezielt als Wärmepuffer eingesetzt. Die tagsüber in den Wänden und Decken gespeicherte Wärme wird nachts durch eine verstärkte, kontrollierte Lüftung abgegeben – außerhalb der regulären Nutzungszeiten. Diese Form der Gebäudekühlung ist im Wohnungsbau nur schwer zu verwirklichen, da keine festen Nutzungszeiten bestehen. PCM in Baustoffen müssen ebenso von der tagsüber gespeicherten Wärme entlastet werden, damit ein Kühleffekt erzielt wird. Ihr Einsatzbereich sind daher vor allem Bürogebäude.

gungen mit automatischer Verschattung zeigen, dass durch den Einsatz des PCM deutlich niedrigere Temperaturen über einen längeren Zeitraum auftreten. Abb 7 zeigt einen solchen Verlauf der Wandtemperaturen in den beiden Testzellen über 14 Tage. Temperaturen über 28 °C traten in der Referenzzelle in den zwei Wochen in ca. 50 Stunden auf, in der mit PCM ausgestatteten Zelle nur in ca. 5 Stunden.

Abb 6: Luft- und Wandtemperaturverlauf in den Leichtbauzellen an drei Tagen ohne Verschattung

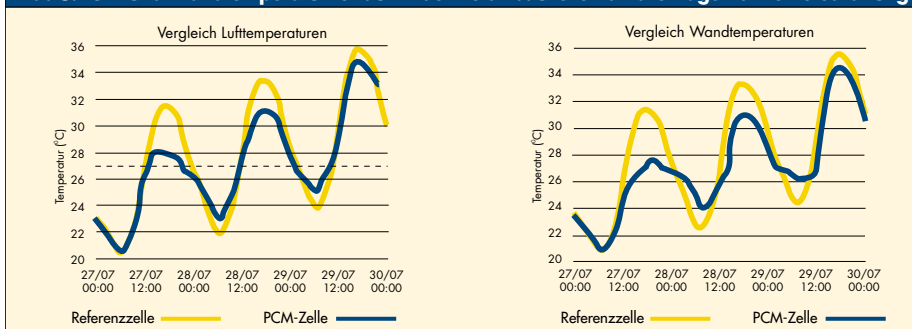
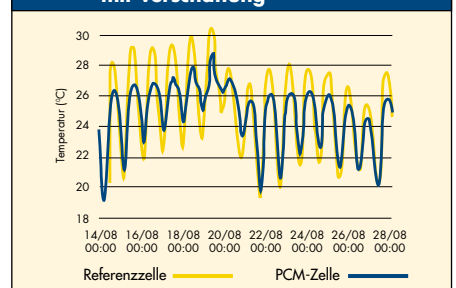


Abb 7: Wandtemperaturverlauf in den Leichtbauzellen über zwei Wochen mit Verschattung



► Fazit

Durch den Einsatz mikroverkapselter Paraffine als PCM ist es technisch machbar, zusätzliche Speichermasse in die Bausubstanz eines Gebäudes bzw. von Gebäudeteilen – auch nachträglich – einzubringen. Eine Gebäudekühlung durch kontrollierte Nachtlüftung, wie sie z.T. in Gebäuden mit freiliegender, massiver Bausubstanz anzutreffen ist, erscheint somit auch in anderen Bereichen möglich. Beispiele sind Gebäude in Leichtbauweise sowie Bürogebäude mit einer bislang unzureichenden Wärmekapazität. In letzteren können auch einzelne Bauteile wie Zwischenwände mit PCM-haltigen Putzen bzw. Spachtelmassen versehen werden. Gipskartonplatten mit integrierten PCM sind in der Erprobung.

Nach derzeitigem Erkenntnisstand besitzt 1 cm eines PCM-haltigen Baustoffes die gleiche Wärmekapazität wie eine 5 cm dicke Ziegelwand. Bezogen auf die Wandstärke bedeutet das eine Zunahme der Wärmekapazität um den Faktor 5 – angestrebt wird mittelfristig der Faktor 10.

Bei den bisherigen Pilotanwendungen, dem Neubau des Fraunhofer-Instituts in Freiburg und dem 3-Liter-Haus in Ludwigshafen, handelt es sich um (relativ) schwere Gebäude. Daher sind die Auswirkungen aufgrund des Einsatzes PCM-haltiger Baustoffe nicht sehr groß. Untersuchungen des Fraunhofer-ISE an zwei Testzellen in Leichtbauweise zeigen aber, dass der Kühleffekt PCM-haltiger Baustoffe beträchtlich sein kann. Die mit einer PCM-haltigen Spachtelmasse ausgestattete Testzelle wies bei Temperaturen von über 30 °C gegenüber der Referenzzelle bis zu 4 K geringere Luft- und Wandtemperaturen auf. Bei Versuchen unter realen Bedingungen – mit automatischer Verschattung – traten über einen längeren Zeitraum in der mit PCM ausgestatteten Testzelle vermehrt Temperaturen zwischen 20 und 26 °C auf. In der Referenzzelle lag die Temperatur im selben Zeitraum im Mittel um ca. 2 K höher.

PCM-haltige Baustoffe mit mikroverkapselten Paraffinen sollen ab Frühjahr 2003 im Bauhandel erhältlich sein. Im Rahmen weiterer Forschungsvorhaben wird auch an der Makroverkapselung von PCM gearbeitet, die den Einsatz von Salzhydraten ermöglichen soll.

PROJEKTORGANISATION

■ Förderung

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi)
11019 Berlin

Projekträger Jülich (PTJ) des BMWi
Forschungszentrum Jülich GmbH
Dr. Hans-Georg Bertram
52425 Jülich

■ Förderkennzeichen

0329840 A-D

IMPRESSUM

■ ISSN

0937 – 8367

■ Herausgeber

Fachinformationszentrum Karlsruhe,
Gesellschaft für wissenschaftlich-technische
Information mbH
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

■ Nachdruck

Nachdruck des Textes nur zulässig bei
vollständiger Quellenangabe und gegen
Zusendung eines Belegexemplares;
Nachdruck der Abbildungen nur mit
Zustimmung der jeweils Berechtigten.

■ Autoren

Martin Kruse, Uwe Friedrich

BINE – INFORMATIONEN UND IDEEN ZU ENERGIE & UMWELT

BINE ist ein vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderter Informationsdienst.

BINE informiert über neue Energietechniken und deren Anwendung in Wohnungsbau, Industrie, Gewerbe und Kommunen.

BINE bietet Ihnen folgende kostenfreie Informationsreihen

- Projekt-Infos
- Themen-Infos
- basisEnergie

Nehmen Sie mit uns Kontakt auf, wenn Sie vertiefende Informationen, spezielle Auskünfte, Adressen etc. benötigen, oder wenn Sie allgemeine Informationen über neue Energietechniken wünschen



BINE

Informationsdienst

Fachinformationszentrum Karlsruhe
Büro Bonn
Mechenstr. 57
53129 Bonn

Fon: 0228 / 9 23 79-0
Fax: 0228 / 9 23 79-29

eMail: bine@fiz-karlsruhe.de
Internet: www.bine.info

► PROJEKTADRESSEN

- Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE
Peter Schossig
Heidenhofstraße 2
79110 Freiburg
- BASF AG
Dr. Ekkehard Jahns
GKD / B-B1
Carl-Bosch-Straße 38
67056 Ludwigshafen
- Sto AG
Dr. Peter Grochal
Ehrenbachstraße 1
79780 Stühlingen
- Heidelberger maxit GmbH
Bruno Reisch
Kettengasse 7a
79206 Breisach
- DAW GmbH & Co. KG
Dr. Erhard Bister
Roßdörfer Straße 50
64372 Ober-Ramstadt

► ERGÄNZENDE INFORMATIONEN

Literatur

- Schossig, P.; Henning, H.-M.; Raicu, A.: Mikroverkapselte Phasenwechselmaterialien in Wandverbundsystemen.
In: 11. Symposium Thermische Solarenergie 09. bis 11. Mai 2001, Ostbayerisches Technologie-Transfer-Institut e.V. (OTTI), Regensburg 2001, S. 287-292.
ISBN 3-934681-14-X.

Service

- Ergänzende Informationen wie Literatur, Adressen, Ansprechpartner und Internet-Links sind unter www.bine.info, „Service/InfoPlus“ abrufbar.