

Der dezentrale Einsatz von Phasenwechselmaterial (PCM) in der Gebäudetechnik

Durch den dezentralen Einsatz von PCM-Material in Räumen kann die tagsüber anfallende Wärme gespeichert und nachts an die Umgebung abgeführt werden. Ziel ist eine erhebliche Reduktion der installierten mechanischen Kälteleistung.



Dipl.-Ing. Detlef Makulla, Leiter Forschung & Entwicklung bei der Caverion Deutschland GmbH, Aachen

Die Anforderungen an die Energieeffizienz von Gebäuden und die Nutzung von regenerativen Energiequellen steigen stetig an. Maßgebend hierfür sind auf europäischer Ebene die Energy Performance of Building Directive (EPBD) mit dem Ziel von energie-neutralen Gebäuden (Nearly Zero Buildings) ab 2018 bzw. 2020 und in Deutschland die Energieeinsparverordnung EnEV, in der die europäischen Ziele national umgesetzt werden müssen.

In modernen Bürogebäuden kommen häufig Fassaden mit einem hohen Glasanteil zum Einsatz. Zwar lassen sich damit vielfältige architektonische Gestaltungswünsche realisieren, jedoch ist die solare Wärmebelastung im Gebäude sehr hoch. Durch den Einsatz von sogenannten PCM (Phase Change Materials)

lässt sich der notwendige Einsatz von Kältemaschinen zur Kühlung deutlich reduzieren.

Funktionsweise

Diese PCM bestehen entweder aus einem Paraffin oder einem Salzhydrat und haben die Eigenschaft, im Bereich von 19 bis 23 °C vom festen in den flüssigen Zustand überzugehen (Abbildung 1). Dabei nehmen sie die für den Schmelzvorgang erforderliche Wärme aus der Umgebung auf. Solange der Verflüssigungsvorgang noch nicht abgeschlossen ist, erhöht sich die Temperatur des PCM nur geringfügig, wodurch die für den Wärmeübergang erforderliche treibende Kraft der Temperaturdifferenz erhalten bleibt. Dabei lässt sich in das Phasenwechselmaterial etwa die 40-fache Menge an Wärme, verglichen mit Beton gleicher Masse, einspeichern. Somit sind PCM in der Lage, einen Temperaturanstieg im Raum stark zu dämpfen oder warme Außenluft zu kühlen, bevor diese in den Raum geleitet wird (Abbildung 2). Die Regeneration des PCM erfolgt in der Nacht bei kühlen Außenlufttemperaturen.

Materialeigenschaften

PCM werden bereits in vielen Bereichen eingesetzt und wurden in den letzten 10 Jahren auch speziell auf die Anforderungen in der Gebäudetechnik zugeschnitten. Dabei

haben sich zwei Materialgruppen ergeben, die Salzhydrate und die Paraffine. Bei den Paraffinen sind der enge Schmelzbereich und die chemische Inertheit von Vorteil. Nachteilig sind die Brennbarkeit und die geringe Wärmeleitfähigkeit. Bei den Salzhydraten ergeben sich Vorteile durch die Nichtbrennbarkeit, die höhere volumenbezogene Speicherkapazität und die im Vergleich zu den Paraffinen deutlich bessere Wärmeleitfähigkeit. Ferner ergeben sich auch Kostenvorteile insbesondere beim Leistungsvergleich, wenn die schlechtere Wärmeleitfähigkeit des Paraffins durch Zusatzstoffe wie Graphit verbessert werden muss. Salzhydrate haben jedoch den Nachteil der korrosiven Wirkung auf manche unbehandelte Metalle, was beim Einsatz dieser Materialien in der Gebäudetechnik beachtet werden muss.

Passive und aktive Systeme

Man unterscheidet aktive und passive PCM-Systeme. Bei passiven Systemen wird durch die Integration von PCM in Baustoffe oder Deckenkonstruktionen die Speicherkapazität der Gebäudestruktur erhöht. PCM werden z. B. in einer mikroverkapselten Form als Pulver dem Putz oder Gipskartonplatten im Volumenbereich von ca. 20 % beigemischt. Man bezeichnet diese Systeme als „passiv“, wenn es keine Möglichkeit zur gezielten re-

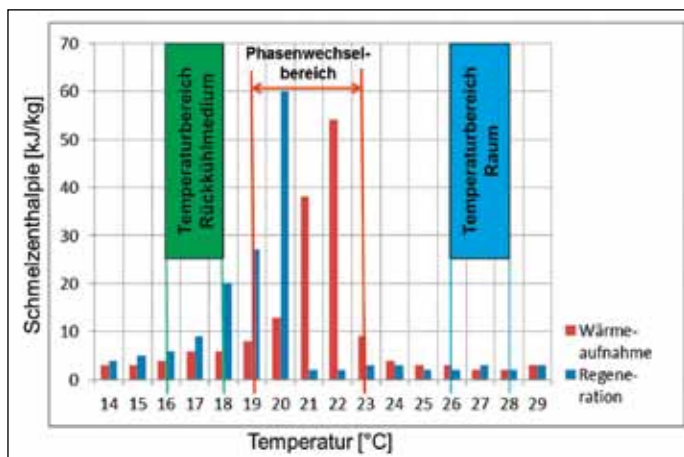


Abbildung 1: Typischer Phasenübergangsbereich eines PCM.

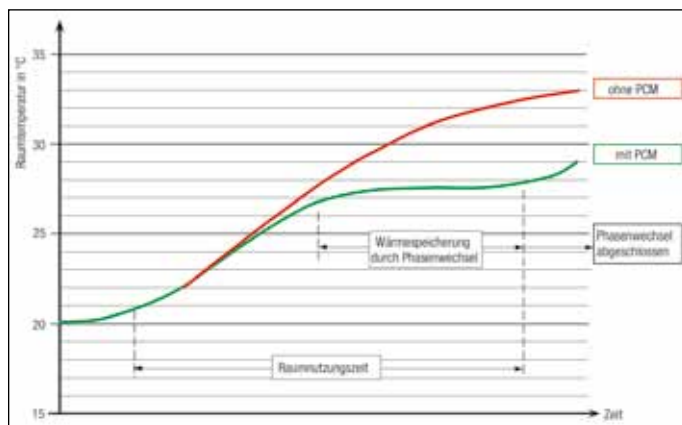


Abbildung 2: Schematischer Raumtemperaturverlauf eines Büroraumes mit bzw. ohne PCM.



180
FACHAUSSTELLUNGEN FÜR
STILVOLLE BADLÖSUNGEN
Ø ERREICHBAR IN 15 MINUTEN



9.000
PRODUKTE DES
TÄGLICHEN BEDARFS
IM ABEX



70.000
MAL WISSENSTRANSFER
PRO JAHR DURCH
SCHULUNGEN



200.000
ARTIKEL INNERHALB VON 24 STUNDEN
ÜBER DAS GC24-LAGER



1.500
HOCHMODERNE LKW
FÜR DIE PERFEKTE LOGISTIK



1.900
AUSZUBILDENDE
FÜR DIE ZUKUNFT



3
STUFIGER VERTRIEBSWEG
FÜR DAS PROFESSIONELLSTE
ERGEBNIS

ABEX

> 850
ABEXE FÜR DEN TÄGLICHEN BEDARF
DES FACHHANDWERKS
Ø ERREICHBAR IN 7 MINUTEN



600.000
REALISIERTE BÄDER PRO JAHR



>100
MITTELSTÄNDISCHE
FAMILIENUNTERNEHMEN



15.000
HOCHSPEZIALISIERTE
MITARBEITER MIT IDEEN
UND LEIDENSCHAFT



1.900.000
ARTIKEL IM GC ONLINE PLUS SHOP
UND PER DATA NORM



115.000
HEIZKESSEL PRO JAHR
FÜR MEHR UMWELTSCHUTZ



1.500
GC-PROFIS IM AUßENDIENST – NAH AM
FACHHANDWERK UND STARK IM VERTRIEB

NUTZEN SIE IHRE CHANCE, GEMEINSAM MIT UNS ERFOLGREICHER ZU SEIN!

Als marktführender Großhandel für Haustechnik übernimmt die GC-GRUPPE die Verantwortung, um im dreistufigen Vertrieb neue Chancen für gemeinsames Wachstum zu schaffen.

Dafür hören wir all unseren Partnern zu, schaffen einfache und unkomplizierte Möglichkeiten sowie moderne Tools für mehr Umsatz. Damit sind wir die verlässlichsten Ansprechpartner und Impulsgeber unserer Branche.

**WIR FREUEN UNS AUF DIE NOCH ENGERE PARTNERSCHAFT MIT IHNEN IM JAHR 2014!
SCHREIBEN SIE UNS: CHANCENNUTZEN@GC-GRUPPE.DE**

produzierbaren Regeneration gibt. Auch ist es durch die Ankoppelung an den Baukörper sehr schwierig, die für den Raum tatsächlich verfügbare Leistung anzugeben.

Bei den aktiven Systemen gibt es diesen Nachteil nicht. Diese Systeme können für den Anwendungsfall konkret dimensioniert werden. Seriöse Hersteller haben hierzu eigene Labormessungen durchgeführt. Einsatzmöglichkeiten gibt es als PCM-Kühldecke oder als PCM-Fassadengerät. Die Leistungen von solchen aktiven Systemen sind um den Faktor 4-5 höher als bei passiven Systemen, unter der Voraussetzung, dass das passive System in der Nacht, z.B. durch geöffnete Fenster, auch regeneriert werden kann.

Systemauslegung

Die Auslegung von PCM-Systemen weicht etwas von der üblichen Vorgehensweise im TGA-Bereich ab. Es wird nicht - wie beispielsweise bei einer Kältemaschine - eine Kühlleistung quasi auf Knopfdruck bereitgestellt. Das PCM „kühlt“, in dem es Wärme aus dem Raum zur Verflüssigung nutzt und somit einspeichert. Dazu muss die Umgebung, also die Raumluft oder die zu kühlende Außenluft, zuerst einmal eine höhere Temperatur aufweisen als der Schmelzbereich des verwendeten PCM-Materials. Damit dies auch effektiv erfolgen kann, muss das PCM

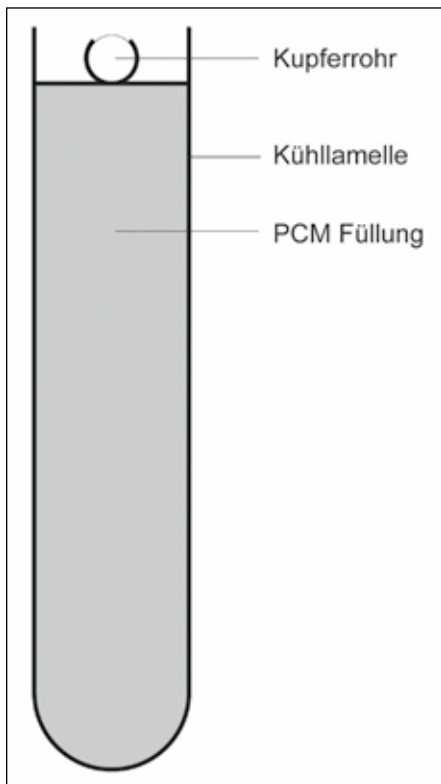


Abbildung 4: Querschnitt PCM-Kühlkammer, Quelle: Krantz Komponenten.



Abbildung 3: PCM-Hybridkühldecke in einem Büroraum, Quelle: Krantz Komponenten.

eine große Oberfläche aufweisen, welche für den Wärmeaustausch zur Verfügung steht.

Die Kühlleistung wird in der Regel als statischer Wert angegeben, der sich aus der eingebauten PCM-Masse, deren Speicher- bzw. Schmelzenthalpie und der Nutzungszeit ergibt. Wenn beispielsweise 10 kg PCM pro m² Bodenfläche mit einer Speicherenthalpie von 40 Wh/kg eingebaut werden, beträgt die aufnehmbare Wärmemenge 400 Wh/m² oder 50 W/m² über 8 Stunden. Diese Werte müssen natürlich labortechnisch nachgewiesen werden.

Für TGA-Planer wird die etwa zeitgleich mit diesem Artikel erscheinende VDI-Richtlinie 2164 eine gute Hilfe bei der Auslegung sein.

PCM-Kühldecke

Bei der PCM-Kühldecke (Abbildung 3) wird vorzugsweise eine Lamellenstruktur verwendet, da diese gegenüber einer geschlossenen Decke den Vorteil einer deutlich höheren aktiven Fläche aufweist. Die einzelnen Lamellen sind hohl und mit PCM gefüllt (Abbildung 4). An der Oberseite der Lamelle befindet sich ein Kupferrohr, welches wie bei einer normalen Kühldecke gut wärmeleitend mit der im Wärmeaustausch mit dem Raum stehenden Lamellenoberfläche verbunden ist. Die Lamellen können in unterschiedlichen Abständen montiert und so an die Anforderungen des Projektes angepasst werden. Dadurch ergibt sich eine Wärme-



Abbildung 5: Bauvorhaben LVM 5 („Kristall“), Quelle: Duk-Kyu Ryang + HHP-Architekten.

speicherkapazität von 600 Wh pro m² installierter Kühldeckenfläche (Projektionsfläche). Bei statischer Betrachtung sind das 75 W/m² über 8 Stunden. Bei einer Belegungsdichte mit PCM-Kühlelementen von 70 % ergibt sich pro m² Bodenfläche eine Leistung von ca. 50 W/m².

In Abhängigkeit der Raumkühllast über den Tag kann es vorkommen, dass bei hoher Wärmebelastung die PCM-Kühldecke vor dem Ende der Bürozeit erschöpft ist. In diesem Fall kann, da es sich um ein hybrides System handelt, in den verbleibenden Nachmittagsstunden der Kaltwasserdurchfluss aktiviert werden, um eine Überwärmung der Räume zu vermeiden. Zwar geht ein Anteil von ca. 30 % der Kühlleistung in die PCM-Regeneration, jedoch steht der überwiegende Teil der Kühlleistung für den Raum zur Kühlung zur Verfügung. Ein aktuelles Projekt zeigt Abbildung 5, wobei die PCM-Kühldecke hier in Konferenzräumen eingesetzt wird.

Die Regeneration erfolgt nachts mittels Wasser, welches über einen Kühlturm auch unter die Außenlufttemperatur bis zur Kühlgrenztemperatur abgekühlt werden kann. Ein Temperaturniveau von ca. 18 °C ist hier ausreichend, so dass auch andere Quellen wie das Erdreich oder Grundwasser genutzt werden könnten. Aufgrund der guten wärmetechnischen Ankopplung des Wasserkreislaufs an das PCM reichen Regenerationszeiten von 3-4 Stunden aus.

Akustische Anforderungen in Bezug auf die Raumdämpfung können ferner durch die Integration von schallabsorbierenden Lamellen zwischen den Kühllamellen in senkrechter oder waagerechter Anordnung realisiert werden.

PCM-Fassadengerät

Werden Bürogebäude ohne zentrale RLT-Anlage geplant, so bietet sich der Einsatz von PCM in dezentralen Fassadengeräten an. Diese können in der Brüstung, im Doppelboden oder als schlanke raumhohe Einheiten (Abbildung 6) zwischen Flächen raumhoher Verglasung angeordnet werden. Die Geräte weisen neben Außen- und Umluftklappen mit Stellantrieben des Weiteren Filter, einen dem PCM nachgeschalteten Wärmeaustauscher zum Heizen und Kühlen sowie verstellbare Luftdurchlässe auf. Der eingebaute EC-Ventilator benötigt bei einem Zuluftvolumenstrom von 120 m³/h nur 12 W Antriebsleistung.

Die Leistungsfähigkeit wurde im Projekt InHaus2 in Duisburg untersucht¹⁾ (Abbildung 7). Durch das PCM wird die angesaugte Außenluft um bis zu ca. 8 K abgekühlt, so dass der nachgeschaltete Luftkühler mit einer erheblich geringeren Leistung betrieben

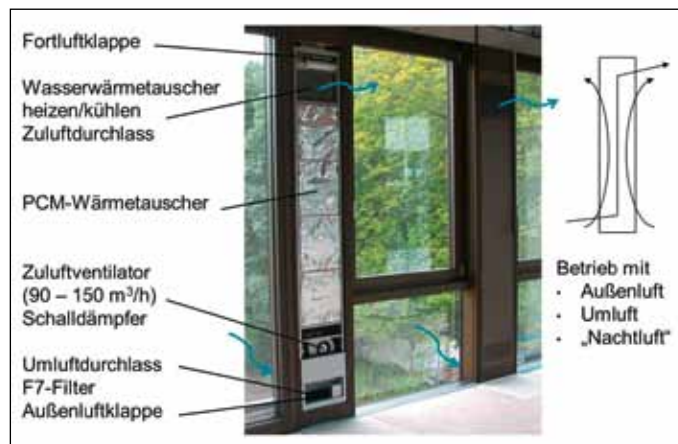


Abbildung 6: Dezentrales Fassadengerät im Projekt InHaus 2, Quelle: Krantz Komponenten.

werden kann (Abbildung 8). Geht man für den Auslegungsfall von einer Außenluft- bzw. Ansaugtemperatur von 32 °C aus, so reduziert sich diese durch das PCM auf 24 °C. Beträgt die benötigte Zulufttemperatur 18 °C, so wer-

den durch das PCM ca. 60% und den mit Kaltwasser betriebenen Luftkühler ca. 40% der Gesamtkühlleistung erbracht. Entsprechend kann die zentrale Kälteerzeugung wesentlich kleiner dimensioniert werden.



Abbildung 7: PCM in dezentralen Fassadengeräten im Projekt InHaus 2, Duisburg.

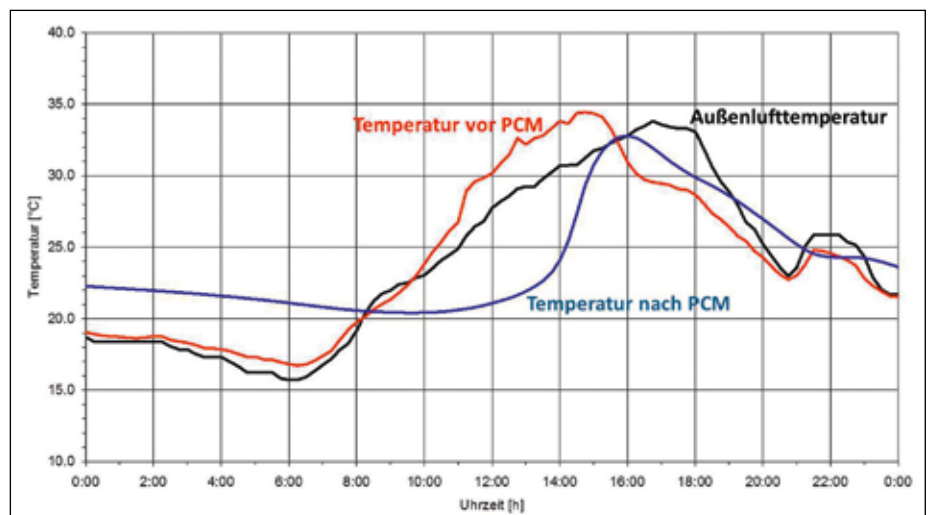


Abbildung 8: Verhalten des PCM an einem sehr heißen Sommertag.

Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit wird im Wesentlichen durch die Reduktion der Anlagengröße seitens der Kälteerzeugung und die Reduktion der Stromkosten beeinflusst. Aufgrund der Förderung der erneuerbaren Energien werden diese immer stärker durch Abgaben belastet, wodurch sich der finanzielle Vorteil der PCM-Nutzung in der Zukunft verstärken dürfte. Eine Bewertung der Reduktion von CO²-Emissionen ist in diesem Zusammenhang ebenfalls erforderlich.

Eine Wirtschaftlichkeit ist immer projektbezogen zu betrachten, da die Voraussetzungen und Randbedingungen selten identisch sind. Wenn beispielsweise in einem Projekt eine Kühldecke geplant ist, wäre die Entscheidung für eine PCM-Hybridkühldecke leichter zu fällen als bei einem Systemwechsel gegenüber der Planung. Wenn dabei die Mehrkosten für die PCM-Kühldecke gegenüber der herkömmlichen Kühldecke über die Leistungsreduktion der Kälteanlage kompensiert würden, wäre durch die Energieeinsparung vom ersten Tag an eine Wirtschaftlichkeit gegeben.

Ferner wird durch einen geringen Energieverbrauch die Nachhaltigkeit eines Gebäudes gestärkt, wodurch bei Invest-Objekten die Vermietbarkeit und entsprechend die Rendite verbessert werden.

Zusammenfassung und Ausblick

Der dezentrale Einsatz von PCM in Kühldecken und Fassadengeräten (Abbildung 9) bietet die Möglichkeit, die Größe der Kälteanlage für das Gebäude etwa zu halbieren. Durch die hybride Gestaltung der Systeme ist auch im Falle von extremen Außenlufttemperaturen und vorzeitiger Erschöpfung des PCM-Speichers die Möglichkeit gegeben, die Kühlung des Gebäudes aufrecht zu erhalten.

Unter den PCM bieten Salzhydrate aufgrund der Nichtbrennbarkeit und der besseren Wärmeleitung Vorteile gegenüber den Paraffinen.

Zukünftig sind weitere Variationen möglich, wie beispielsweise die Integration in

Deckensegeln (Abbildung 10). Diese bieten den Vorteil einer modularen Bauweise und eines hohen Vorfertigungsgrades. Neben dem PCM könnten die Beleuchtung, die Außenluftversorgung, die Beheizung und bei der Hybridvariante eine Nachkühlfunktion integriert werden. ◀

1) Gschwander, S./ Heusler, I./ Makulla, D./ Scholz, Ch./ Sinnesbichler, H.: Dezentrale Fassadengeräte mit Phasenwechselmaterial, HLH, 8/2012, S. 35-40.

| | PCM-Kühldecke | PCM-Fassadengerät |
|---|---------------|-------------------|
| Außenluftversorgung integriert | nein | ja |
| Ventilator erforderlich | nein | ja, dezentral |
| Kühlturm erforderlich | Ja | nein |
| Direkte Außenluftnutzung zur Regeneration | nein | ja |
| Nutzbare Kühlpotential der Außenluft | hoch | mittel |
| Leistungsfähigkeit | hoch | mittel |
| Kühlung bei erschöpftem PCM-Speicher mit Kaltwasser möglich | ja | ja |
| Wärmeübertragung durch Strahlungsanteile | ja | nein |
| Behaglichkeit im Raum | hoch | mittel |
| Nachrüstbarkeit | ja | ja |

Abbildung 9: Vergleich der PCM-Systeme.



Abbildung 10: Multifunktionales Deckensegel als Ausgangsbasis für eine PCM-Integration, Quelle: Krantz Komponenten.

The logo for ISH, with 'I' in yellow, 'S' in blue, and 'H' in red.

Weltleitmesse Erlebniswelt Bad
Gebäude-, Energie-, Klimatechnik
Erneuerbare Energien

Frankfurt am Main
10. – 14. 3. 2015

The logo for light+building, with 'light' in yellow and '+building' in white.

Weltgrößte Messe für Licht und Gebäudetechnik

Frankfurt am Main
30. 3. – 4. 4. 2014

Die Hot Spots für die technische Gebäudeausrüstung!

ISH und Light + Building sind die bedeutendsten Leistungsschauen für effiziente Gebäude- und Energietechnik in Verbindung mit erneuerbaren Energien. Nutzen Sie diese jährlich wechselnden Branchen-Highlights, um sich über die Innovationen und Trends in der technischen Gebäudeausrüstung zu informieren.

www.ish.messefrankfurt.com
www.light-building.com



messe frankfurt