EnEV Baupraxis

November | Dezember 2016
6. Jahrgang, Ausgabe 32
23631 ISSN: 2509-9477
www.enev-baupraxis.de

Fachmagazin für energieeffiziente Neu- und Bestandsbauten

Einblasdämmung – Anwendungsfälle bei Bestandsbauten

Phase Change Material – Einsatzbeispiele am Objekt

LED Bewertung – Kleine Diode, große Wirkung

Heizungsfilter

Mehr Effizienz durch bessere Wasserqualität

Bild: © Visualisierung Falkeis Architects

Thermische Speicher

PCM – Einsatz am Objekt

Auf Basis der Technologie der Latentwärmespeicher oder auch Phase Change Materials (kurz: PCM) wurden in den letzten Jahren leistungsfähige Lösungen für Gebäude und in der Anlagentechnik entwickelt. Das große Potenzial wird jedoch von den Planern bisher noch unzureichend abgerufen, obwohl die normativen Randbedingungen geschaffen sind …

Wie unterscheiden sich latente Wärmespeicher von herkömmlichen? In Warmwasserspeichern wird Wärmeenergie „sensibel", also in Form von „fühlbar" steigender Temperatur gespeichert. Bei der „latenten" Wärmespeicherung erfolgt die Speicherung dagegen einzig im Phasenzustand (fest← →flüssig) bei konstanter Temperatur. Da sich der Wärmeaustausch nicht in fühlbarer Temperaturänderung niederschlägt, wird er als „latent" bezeichnet. Es ist wichtig, zwischen Temperatur und Wärmemenge zu unterscheiden. Auch große Wärmemengen können bei niedrigem Temperaturniveau gespeichert werden. Die Einheit hierfür ist die Wattsekunde (Ws) oder Joule (J). Um einen Eindruck davon zu bekommen, wie viel Energie in einem Phasenübergang von fest zu flüssig gespeichert werden kann, ist Wasser ein gutes Beispiel: Um 1 kg Eis mit 0 °C zu 1 kg Wasser mit 0 °C zu schmelzen, wird eine Wärmemenge von 333 kJ/kg (= 92 Wh/kg) benötigt. Mit derselben Wärme kann dieselbe Menge Wasser von 1 °C auf circa 80 °C sensibel erwärmt werden. Wasser ist damit eines der besten und auch das günstigste gängige Latentwärmespeichermaterial. Es speichert latent bei 0 °C, weshalb es in der Anlagentechnik z. B. in Eisspeichern genutzt wird. Für alle Anwendungen oberhalb 0 °C kommt es als Medium jedoch nicht in Frage. Stattdessen werden für den Einsatz im Bauwesen meist hochreine, organische Substanzen, wie z. B. Paraffin-Wachse oder anorganische Salzhydrate eingesetzt, deren Schmelz-

1| Aktive Kühldecke mit PCM Gipsbauplatten, auch akustisch wirksam.

punkt oberhalb 0 °C liegen kann und bedarfsgerecht einstellbar ist. Ziel bei jeder Nutzung von PCM in Gebäuden ist es immer, in einem möglichst kleinen Volumen und bei begrenzter Temperaturspreizung ein Maximum an thermischer Energie zu speichern und zeitversetzt wieder bereit zu stellen.

VDI 2164 und dynamische Simulation

Je mehr unsere Energieversorgung auf regenerative Energiequellen aufbaut, umso häufiger fallen Energiebedarf und Energieerzeugung zeitlich nicht zusammen. Gebäude müssen deshalb verstärkt selbst in der Lage sein, Energien temporär zu speichern. Hier ist der verantwortliche TGA-Planer gefordert, die Gebäudetechnik optimal auf die passiven Fähigkeiten des Gebäudes abzustimmen, um Überdimensionierung zu vermeiden und möglichst viel regenerative Umweltenergie einzubinden. Selbstverständlich braucht er dazu geeignete rechtliche und normative Grundlagen, auf denen er seine Planung aufbauen kann. Daher wurde die in 2014 erstmals im Gründruck erschienene Richtlinie VDI 2164 ins Leben gerufen. Dort werden Grundbegriffe und Definitionen für PCM-Energiespeichersysteme in der Gebäudetechnik vermittelt und die für diese Systeme erforderlichen Geräte und Verfahren sowie deren Auslegung und Leistungsparameter beschrieben. Die Richtlinie weist damit den aktuellen Stand der Technik aus. Für folgende PCM-Energiespeichersysteme werden Definitionen sowie Auslegungs- und Berechnungsgrundlagen behandelt:

- passive Flächenheiz- und -kühlsysteme (z. B. Baustoffe, Bauteile)
- aktive Flächenheiz- und -kühlsysteme (z. B. Kühldecken, Bild 1)
- dezentrale Lüftungssysteme für den Kühlbetrieb
- zentrale Lüftungssysteme für den Heiz- und Kühlbetrieb
- Energiespeicher (in Kombination mit Wasser)

Neben den Berechnungsgrundlagen in der VDI 2164 ist der Einsatz von PCM-Elementen im Gebäude oder dessen TGA nur durch dynamische Gebäudesimulation im Vorfeld realitätsnah abzubilden, denn ein Latentwärmespeicher reagiert adaptiv auf seine Umwelt und kann darum nicht ohne Weiteres mit bilanziellen Rechenprogrammen (nach EnEV) erfasst werden. Wird der Nachweis mit dynamischen Simulationsprogrammen geführt [1], schlägt sich der optimierte Energiebedarf in den Ergebnissen automatisch nieder, sobald ein PCM eingesetzt wird, da der zusätzliche Energiespeicher unmittelbar mit den Energieflüssen im Gebäude in Wechselwirkung tritt.

Eine erste Einschätzung der Klimasituation bieten die beiden kostenlosen Simulationstools „PCMexpress“ und „Micronal® PCM App“, die sich dem Effekt auf Komfort und Wirtschaftlichkeit anhand der wichtigsten Rahmenbedingungen eines Objekts annähern können [2, 3].

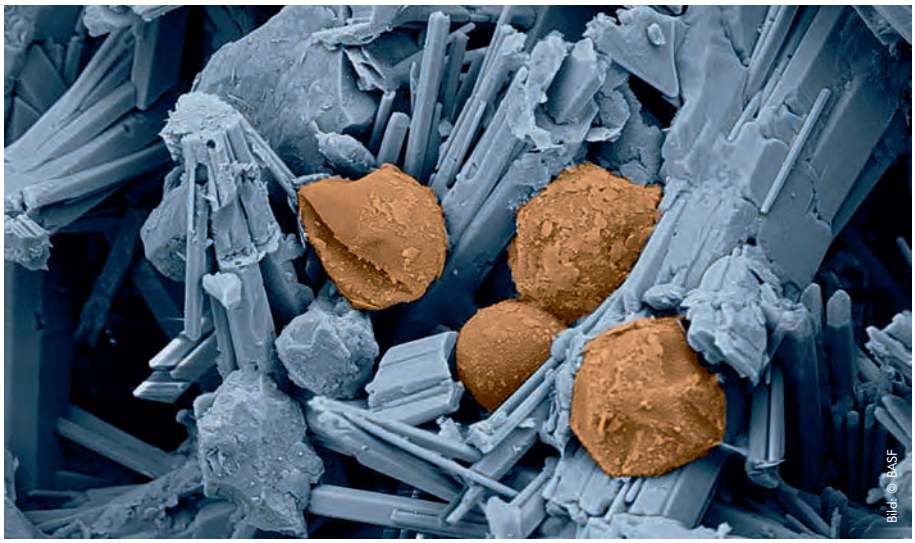
Baustoffe mit PCM

Die Bedeutung des sommerlichen Wärmeschutzes wird bei einer energetischen Sanierung und im Neubau oft unterschätzt. Insbesondere thermisch höher belastete Bereiche und Gebäude, die sich schon vor der Sanierung im Sommer stark aufheizten, können durch marktverfügbare PCM-haltige Baustoffe ohne größeren Aufwand mit dem Effekt einer latenten Wärmespeicherung ausgestattet werden. Bei diesen Baustoffen ist der Latentwärmespeicher in Form von mikroverkapselten organischen PCM direkt integriert (Bild 2). Hierdurch verhalten sich z. B. leichte Gipsbauplatten thermisch wie ein wesentlich schwererer Massivbaustoff. Insbesondere im Leichtbau ist das oft die einzige Möglichkeit, thermische Masse ins Gebäude einzubringen.

PCM-Baustoffe korrekt im Gebäudekonzept anwenden

Soll das Klima im Gebäude mithilfe von latenten Wärmespeichern optimiert werden, muss der Planer einen ganzheitlichen Konzeptansatz wählen. Die Energien, die am Tag gespeichert werden, müssen in der Nacht wieder abgetragen werden, um die Gebäudetemperatur nicht langsam „aufzuschaukeln“. Damit das PCM seine Speicherarbeit sicher ausführen kann, ist daher folgendes zu beachten:

- PCM-Flächen in den thermisch höher belasteten Bereichen nutzen, z. B. südorientierte Räume, Räume mit großen Glasflächen oder im Dachgeschoss.



2| Elektronenmikroskopaufnahme von 5µm großen PCM-Mikrokapseln eingelagert in einer Gipsbauplatte.

3| KfW85-saniertes Altstadthaus mit verbessertem sommerlichem Wärmeschutz durch PCM.

- Die Menge des PCM-Wirkstoffs bezieht sich auf die Raumgrundfläche und sollte mindestens 300 kJ/m² bzw. 3 kg/m² bereitstellen. Bei der Kalkulation sollte das technische Merkblatt des jeweiligen Produkts beachtet werden.

- Der Energieeintrag am Tag sollte so weit wie möglich begrenzt werden, insbesondere durch eine (automatisierte) Außenverschattung und energieeffiziente elektrische Verbraucher.

- Die PCM-Baustoffe sollten möglichst an der Decke oder an Wänden angeordnet werden. Dabei sollten die Flächen nicht verdeckt werden, z. B. durch Schränke.

- Ein mindestens dreifacher nächtlicher Luftwechsel ist anzustreben. Andernfalls wird nicht genügend Luftvolumen durchgeschleust, um die gesamte Wärmemenge abtragen zu können. Dies gilt übrigens für alle Gebäude gleichermaßen.

- Nach Möglichkeit sollte Querlüftung oder ein Kamineffekt genutzt werden, um die nötigen Luftwechselraten zu erreichen.

- Vorteilhaft ist eine temperaturgeregelte Fensteröffnung oder mechanische Lüftungssteuerung zur Nachtluftspülung des Gebäudes:
  Öffnen bei $T_{außen} < T_{PCM} - 2$ °C, Schließen bei $T_{innen} \leq 21$ °C.

- Außen, bspw. in einem Putz, kann PCM nicht angewendet werden, da die Heizleistung der direkten Sonne zu stark ist. Die Anwendung von PCM erfolgt grundsätzlich innen.

Mit Nachtluftkonzept und PCM Behaglichkeit erreichen

Werden die genannten Randbedingungen eingehalten und gut aufeinander abgestimmt, können behagliche Temperaturen auch im Sommer in Innenräumen relativ konstant gehalten werden. Beispielhaft soll hier ein Altstadt-Objekt von 1860 in Speyer vorgestellt werden, in dem ein Konzept mit PCM konsequent umgesetzt wurde (Bild 3). Der altersschwache und ungedämmte Dachstuhl wurde komplett durch einen neuen Dachstuhl in Passivhausqualität ersetzt, der durch PCM-Gipsbauplatten in

Kombination mit einem entsprechenden Nachtlüftungskonzept den sommerlichen Wärmeschutz optimiert (Bild 4). Die Giebelwände zu den Nachbarn und die abgehängte Decke wurden mit 25 mm-starken Vollgipsplatten in Trockenbauweise ausgeführt, in die PCM integriert ist. Sie stellen knapp 100 Wh/m² Wärmespeicherung bereit. Bei einer Gesamtfläche von 45 m² ergibt sich so eine Speicherfähigkeit von 4,5 kWh/Tag. Das entspricht etwa der Wärmemenge, die ein Fön abgibt, wenn er vier Stunden im Dauerbetrieb läuft. Die nächtliche Entladung wird durch eine Gebäudeautomation gesteuert. Sie öffnet und schließt anhand der gemessenen Außen- und Innentemperaturen das direkt unter dem First angeordnete motorische Dachflächenfenster automatisch. Weiterhin sind alle Fenster mit einer tageslichtabhängigen Verschattung versehen. Durch den Kamineffekt über drei Stockwerke entsteht eine starke nächtliche Luftspülung des Gebäudes genau dann, wenn eine sinnvolle Außentemperatur unterschritten ist. Diese wird jedoch nur so lange ausgeführt, wie es die Innentemperaturabsenkung und PCM-Entladung erfordern. Schließlich soll in der Übergangszeit nicht wegen zu langer Öffnungszeiten zusätzlich geheizt werden müssen.

4| Herkömmliche leichte Trockenbauweise, jedoch thermisch schwer im Verhalten.

Einsatz von PCM-Elementen

Neben der PCM-Einbringung im Gebäude in Form von Baustoffen, kann das PCM auch als eigenständiges System zur Temperaturregelung eingebracht werden. Der Vorteil der PCM-Elemente ist, dass eine höhere Leistung zur Verfügung gestellt werden kann, weil die Elemente aktiv angesprochen werden können. Der Nachteil besteht in dem erhöhten Installationsaufwand gegenüber Baustoffen mit PCM.

PCM-Elemente werden schon lange in anderen Anwendungen, wie bei temperierten Transporten, oder in der Gastronomie zum Wärmen oder Kühlen von Speisen eingesetzt. In der Gebäudetechnik sind typische Einsatzorte von PCM-Elementen auf abgehängten Decken oder in Klimakanälen.

PCM-Elemente korrekt im Gebäudekonzept anwenden

Das PCM kann je nach Phasenwechseltemperatur zum Heizen oder Kühlen von Gebäuden oder Räumen eingesetzt werden. Im Sommer kann Kälte regenerativ durch kalte Nächte gewonnen werden. Im Winter kann Wärme durch Solarkollektoren oder z. B. durch die Abwärme von Serverräumen gespeichert werden. Hauptkriterium für die PCM-Auswahl ist das Wechselspiel zwischen Erstarrungs- und Schmelztemperatur und den vor Ort gegebenen Temperaturverläufen. In Klimazonen mit deutlichen Tag-/Nachtunterschieden in der Temperatur ist die Nachtauskühlung der Elemente durch einen hinreichenden Luftwechsel einfach erreichbar. Optimal ist eine Außenlufttemperatur von 3 bis 5 K unter dem Schmelzpunkt des PCMs. In wärmeren Klimazonen mit vielen tropischen Nächten funktioniert die Regenerierung über die Außenluft allein nicht mehr. Hier muss zusätzliche Kälte mit einer Kälteanlage erzeugt werden. Der energetische Vorteil liegt hierbei in der Verschiebung der Kälteerzeugung vom heißen Tag zur kühleren Nacht.

Für den PCM-Einsatz zum Kühlen richtet sich die Wahl des Schmelzpunkts danach, welche Raumtemperatur erreicht werden soll. Abhängig von den Zieltemperaturen, der Systemführung und der Umgebungstemperatur wird daher meist eine Schmelztemperatur im Bereich von 20 bis 25 °C gewählt. Zum Heizen wird ein PCM oberhalb der gewünschten Raumtemperatur gewählt. Die Speichertemperatur hängt hierbei maßgeblich von der Wärmequelle (z. B. Solarkollektor) ab.

Die nötige Menge an PCM ist für jeden Raum unterschiedlich und sollte individuell über eine dynamische Kühllastberechnung auf Grundlage der VDI 2078 errechnet werden. Neben der nötigen Wärmemenge ist die zu erbringende Systemleistung wichtig. Hierzu muss zunächst die Temperaturdifferenz zwischen Schmelzpunkt und Luft definiert sein. Die Leistung hängt von Faktoren des Elements (Verkapselungsmaterial und Geometrie), des PCMs und des Systems ab. Hier spielen die Wärmeleitfähigkeit des PCMs und des Verkapselungsmaterials sowie die Dicke der PCM-Schicht eine sehr wichtige Rolle. Ist die Wärmeleitfähigkeit zu niedrig oder die Dicke zu hoch, kann die nötige Kälte nicht schnell genug aus dem Material geleitet werden. Die Leistung kann darüber hinaus durch weitere Parameter, wie dem Abstand der PCM-Elemente zueinander, und dem Volumenstrom eingestellt werden.

Dezentrale Speicherlösung

In jedem größeren Gebäude und auch vermehrt in privaten Haushalten werden zunehmend Lüftungssysteme mit Klimatisierung installiert. Durch den Einsatz von PCM kann fast jeder Lüftungskanal zugleich als Speicher dienen. Ein konkretes Beispiel für dezentrale Speicher ist der Einbau von PCM-gefüllten Lüftungskanälen in Büroräume, die in eine ehemalige Produktionshalle mit entsprechend gering ausgelegter Dämmung gegen Kälte und Wärme eingebaut wurden (Bild 5) [4]. Das Gebäude befindet sich am südlichen Stadtrand Berlins.

5| Lüftungskanal umgebaut zum dezentralen PCM-Speicher

6| Lüftungskanal mit 100 CSM-Platten

Über die Kühllastberechnung der VDI 2078 wurde errechnet, wieviel Wärme an einem normalen Arbeitstag in zwei 30 m² großen Büros entsteht. Hieraus ergab sich die notwendige PCM-Menge, um das Büro während der Arbeitszeit auf einem angenehmen Temperaturniveau zu halten. In den Lüftungskanälen befinden sich jeweils 200 kg PCM mit einer Kapazität von 10.000 Wh. Das PCM ist in Aluminiumpaneelen verkapselt. Diese werden horizontal im Lüftungskanal angeordnet (Bild 6). Über eine Außenluftansaugung kann in der Nacht kalte Außenluft angesaugt werden. Sie sorgt dafür, dass das PCM in den Aluminiumplatten erstarrt und somit die Kälte speichert. Am Tag kann die gespeicherte Kälte im Umluftbetrieb oder unter Außenluftansaugung genutzt werden, um Heizlasten wie Personen, Computer oder Sonneneinstrahlung abzupuffern. Im Diagramm (Bild 7) ist die Außenluft sowie Zuluft für einen Büroraum zu sehen. Der PCM-Speicher enthält ein Salzhydrat mit einem Schmelzpunkt von 25 °C. Das System war so geschaltet, dass zum Erstarren des PCMs zwischen Mitternacht und 8 Uhr morgens Außenluft durch den Speicher geführt wurde. Tagsüber wurde zwischen 11 und 16 Uhr warme Außenluft durch den Speicher geführt und die abgekühlte Luft in Büro 1 geleitet. Es ist deutlich zu sehen, dass das PCM die Lufttemperatur zur heißen Tageszeit signifikant absenkt. Da es sich um ein Objekt in der Versuchsphase handelt, werden verschiedene PCMs getestet. Damit soll ermittelt werden, welches PCM in der Nacht gut regeneriert werden kann und zugleich eine angenehme Temperatur im Raum schafft.

Zentrale Speicherlösung

Dezentrale Speicher sind für einen Raum oder Abschnitt ausgelegt. Zentrale Speicher hingegen dienen der Unterstützung eines gesamten Gebäudes. Es gelten aber die gleichen Prinzipien zur Auslegung. Als Beispiel gibt es im Amtsgericht Düsseldorf ein Luft-Erdregister mit zentralem PCM-Speicher. Er besteht aus 6.000 PCM-Elementen und kann bis 600.000 Wh speichern.

Active Energy Building

Ein völlig neuartiges Konzept, PCM in die Gebäudetechnik zu integrieren, wurde mit dem Active Energy Building im Zentrum der Stadt Vaduz umgesetzt. Das außergewöhnliche Mehrfamilienhaus sieht nicht nur zukunftsweisend aus, sondern ist es auch. Das gesamte Gebäude wird ausschließlich mit erneuerbarer Energie versorgt.

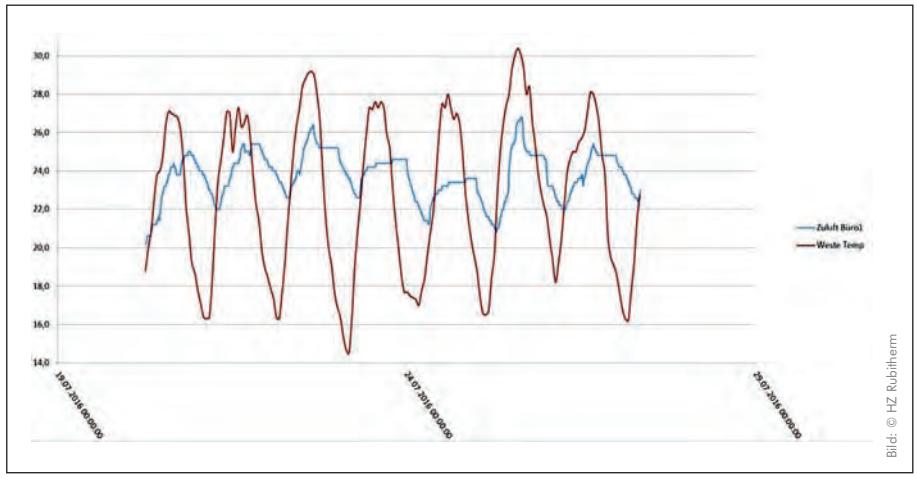
Neben der Geothermie sowie der passiven und aktiven Nutzung der Solarenergie wird PCM in einem patentierten Verfahren zur Speicherung von Wärme und Kälte eingesetzt. In einer intensiven Zusammenarbeit der Architekten Falkeis & Falkeis-Senn mit der Hochschule Luzern sind großflächige Klima-Flügel entwickelt worden, in die das PCM eingebaut ist. Die gespeicherte Energie wird dem zentralen Belüftungssystem zugeführt.

PCM Klima-Flügel

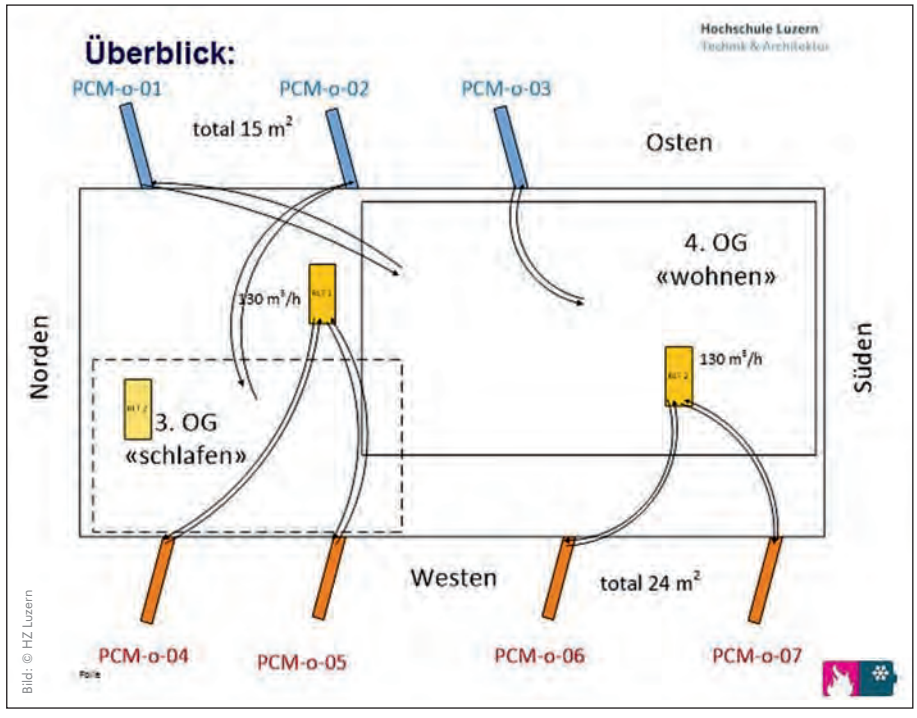
Von den insgesamt sieben Flügeln des Active Energy Buildings werden vier Flügel zur Speicherung von Wärme verwendet (Bild 9). Drei Flügel sind für die Speicherung von Kälte ausgelegt. Die Heizflügelfläche beträgt 24 m², hiermit können ca. 10 % des anfallenden Heizenergiebedarfs abgedeckt werden. Die Kühlfläche ist 15 m² groß und trägt zu etwa 16 % zum benötigten Kühlenergiebedarf bei. In Kombination mit der kontrollierten Wohnraumlüftung dienen Wärme- und Kältespeicher der unmittelbaren Regulierung des Raumklimas und stellen eine gänzliche Neuentwicklung dar. Die Heizflügel sind auf der Westseite des Gebäudes angeordnet. Im Inneren der Flügel ist das PCM in lamellenförmig angeordneten Spezialprofilen verkapselt (Anfangsbild). Die lamellenförmige Anordnung stellt sicher, dass auch im Winter hohe Energiedichten und Temperaturen erzielt werden können.

Um die Verluste gering zu halten, befindet sich – wie bei herkömmlichen Solarkollektoren – eine Glasscheibe über den Spezialprofilen. Mit der gesammelten Sonnenenergie erwärmt sich das PCM und beginnt ab einer Temperatur von 31 °C zu schmelzen. Hierbei nimmt es eine große Menge Wärme auf. Wenn die Speicher geladen sind – also das PCM vollständig flüssig ist –, legen sich die Flügel wieder an das Gebäude an. Um die Wärme nutzbar zu machen, wird Frischluft durch den Heizflügel geführt. Die so vorgeheizte Zuluft wird in die kontinuierliche Wohnraumlüftung eingebracht. Um die Heizflügel zu entlasten, gibt es eine Wärmerückgewinnung. Diese nutzt die Wärme in der Fortluft um die Außenluft vorzuwärmen – so geht keine Wärme an die Umwelt verloren. Die Kapazität der Flügel ist so ausgelegt, dass auch ohne Sonneneinstrahlung für einige Tage genug Wärme vorhanden ist. Der Einsatz der Heizflügel findet vor allem im Winter und in der gesamten Übergangsperiode (Herbst und Frühjahr) statt. Im Sommer besteht kein Heizbedarf und die Heizflügel bleiben an das Gebäude angelegt und tragen zum Schutz vor sommerlicher Überwärmung bei.

Auf der Ostseite des Gebäudes sind die drei Kühlflügel montiert. Die Phasenwechseltemperatur liegt in diesem Fall bei 21 °C. Am Tag sind die Kühlflügel an das Gebäude angelegt. Zur Nacht werden sie geöffnet und schwenken nach außen. Eine spezielle Beschichtung hilft bei der Wärmeabstrahlung in den Himmel. Die Methode ist vor allem in sternenklaren Nächten sehr effizient. Damit die gespeicherte Wärme gut abgegeben werden kann, besitzen die Kühlflügel im Gegensatz zu den Heizflügeln keine Glasscheibe. Am Tag werden die Kühlflügel an das Gebäude geklappt. In den Spezialprofilen befinden sich Rohre, durch die die Luft strömt und abgekühlt wird. Diese kalte Luft wird dann dem zentralen Belüftungssystem zugeführt.



7| Wirkung von PCM in Berlin – Sommer



8| Schema Active Energy Building (blau: Kühlflügel, rot: Heizflügel)

Literatur

[1] DIN V 18599-7:2007-02 Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung, Teil 7: Endenergiebedarf von Raumlufttechnik- und Klimakältesystemen für den Nichtwohnungsbau

[2] Die Software „PCMexpress“ wurde im Rahmen des öffentlich geförderten Entwicklungsprojektes „Aktive PCM-. Speichersysteme für Gebäude“ (FKZ 0327370K) entwickelt. Sie kann kostenlos unter www.valentin.de heruntergeladen werden.

[3] Die „Micronal® PCM App“ steht kostenlos bereit zum Download in den einschlägigen App-Stores.

[4] Installation und Monitoring im Rahmen des öffentlich geförderten Entwicklungsprojektes „PCM-Demo II“ (FKZ 03ET1240B)

Marco Schmidt, Dipl. – Ing. (FH)
BASF SE
Head of Business Management Micronal PCM, Energie-Effizienz-Experte

Felix Pawelz, M.Eng.
Rubitherm Technologies GmbH
Entwicklungsingenieur PCM

Esther Kieseritzky, Dr. rer. nat.
Rubitherm Technologies GmbH
General Manager

EnEV Baupraxis

Fachmagazin für energieeffiziente Neu- und Bestandsbauten

Profitieren Sie von interessanten Inhalten, wie:

- **Aktuelle Informationen und professionelle Fachkenntnisse**
  Egal ob Änderungen bei Förderprogrammen, neue Produkte, Normen und Gesetze oder auch aktuelle Themen zu Luftdichtheit, Lüftung, Heiztechnik, Wärme- oder Feuchteschutz: Wir halten Sie kurz und präzise auf dem Laufenden.

- **Professionelle Planung bis ins Detail**
  Ein Fenstertausch ohne Schimmelrisiko? Dauerhafte Luftdichtheit bei schwierigen Anschlüssen? Wärmepumpe, Brennwerttechnik oder Fernwärme? Und: Rechnet sich das Ganze eigentlich? Experten geben Ihnen zukunftsorientierte Lösungen und praxisnahes Fachwissen an die Hand.

- **Realisierte energieeffiziente Vorzeigeobjekte**
  Wir begleiten herausragende Bauprojekte von der Planung bis zur Fertigstellung. Profitieren Sie von den Praxiserfahrungen Ihrer Kollegen und erweitern Sie Ihr Fachwissen für Ihre eigenen Bauvorhaben!

Bildrechte: © Jörg Hempel Photodesign, Aachen

Bestellung

Anforderung per Fax: 08233-381-222

www.enev-baupraxis.de

Entscheiden Sie selbst:

Premium-Abonnement

- ✔ Zeitschrift, DIN A4, ca. 64 Seiten, 6 Ausgaben pro Jahr
- ✔ Zwei Sonderausgaben zu Spezialthemen
- ✔ Alle Ausgaben der „EnEV Baupraxis“ als E-Paper im Online-Archiv
- ✔ Rabatte und Freikarten für Veranstaltungen ausgewählter Kooperationspartner

Jahresabo für 178,- EUR (+ 11,80 EUR Versand), zzgl. MwSt.; Bestell-Nr.: 54091/1-1665/1

Standard-Abonnement

- ✔ Zeitschrift, DIN A4, ca. 64 Seiten, 6 Ausgaben pro Jahr

Jahresabo für 98,- EUR (+ 11,80 EUR Versand) zzgl. MwSt.; Bestell-Nr.: 4091/1-1665/1

Bei Bestellung erhalten Sie die nächsterreichbare Ausgabe.

Firma: _____

Vorname: _____

Nachname: _____

Straße: _____

PLZ, Ort: _____

E-Mail: _____ @ _____

(Bitte angeben. Sie können jederzeit der Verwendung Ihrer Daten für Werbezwecke zu den ortsüblichen Basistarifen widersprechen.)

Telefon: _____

Fax: _____

_____

Datum, Unterschrift, Stempel

FORUM VERLAG HERKERT GMBH · Mandichostraße 18 · 86504 Merching · Bestellannahme: 08233-381-123 · Bestellfax: 08233-381-222