

## ■ Wärmepuffer in der Wand

Phasenwechselmaterialien in Baustoffen helfen beim Energiesparen. Sie nutzen das Prinzip der latenten Wärme.

**D**er diesjährige Sommer ist zwar praktisch ausgefallen, doch an den wenigen heißen Tagen haben die Mitarbeiter des Energieversorgers Badenova in Offenburg trotz fehlender Klimaanlage nicht schwitzen müssen. Denn in diesem 2003 fertig gestellten Gebäude halten Jalousien und eine Dämmung die sommerliche Tageshitze aus dem Gebäude fern, zusätzlich sorgt ein Gipsputz mit einem integrierten Latentwärmespeicher für angenehme Raumtemperaturen. Möglich wird dieser Putz dank Phasenwechselmaterialien.

Das Vorbild für diese Materialien liefert die Natur: Wechselt Wasser seinen Aggregatzustand, so ist dafür sehr viel Energie erforderlich bzw. wird sehr viel Energie frei. Bei Eiswürfeln in einem Getränk macht man sich dieses Phänomen der latenten Wärme zunutze. Speichert ein Material Wärme, ist dies gewöhnlich mit einer Temperaturerhöhung verbunden, die der gespeicherten Wärmemenge proportional ist. Ändert ein Phasenwechselmaterial dagegen seinen Aggregatzustand durch die Wärmezufuhr, z. B. von fest nach flüssig, erwärmt es sich nach Erreichen der Phasenübergangstemperatur nicht mehr, solange das Material noch nicht vollständig geschmolzen ist.



PhotoDisc/Getty Images

Dank der latenten Wärme bleibt das Getränk angenehm kühl, solange die

Eiswürfel nicht vollständig geschmolzen sind.

Diese latente Wärme ist charakteristisch für einen Phasenübergang erster Ordnung, also fürs Verdampfen/Kondensieren, Schmelzen/Erstarren oder Sublimieren/Resublimieren. Die Energiemengen, um die es dabei geht, sind beachtlich: Ein Kilogramm Eis nimmt bei einer konstanten Temperatur von 0 °C beim Schmelzen eine Wärmemenge von 333 Kilojoule auf. Führt man anschließend dem flüssigen Wasser bei 0 °C dieselbe Wärmemenge wieder zu, stiege seine Temperatur auf 80 °C an!

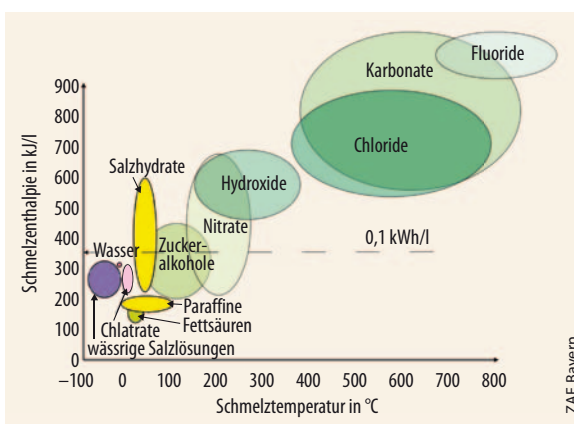
Die latente Wärme hat ihren Ursprung in der Struktur des Materials. Beginnt z. B. eine kristalline Substanz zu schmelzen, strebt sie einem Zustand mit maximal vielen Möglichkeiten entgegen, die zunehmend frei beweglichen Teilchen anzuordnen. Mit anderen Worten: Die Entropie des Systems wird maximal und damit dieser Zustand am wahrscheinlichsten. Die zugeführte (Wärme-)Energie wandelt sich während des Schmelzens zunächst in potentielle um, weil sich immer mehr Möglichkeiten ergeben, die Teilchen anzuordnen. Da sich nur Stöße zwischen den Teilchen als Temperaturerhöhung manifestieren, bleibt die Temperatur währenddessen konstant. Erst wenn das Material seine durch das Schmel-

zen maximal mögliche Entropie erreicht hat, steigt die kinetische Energie der Teilchen und damit die Temperatur.

Die „Enthalpie“ ist ein praktischer Parameter, um ein Phasenwechselmaterial zu charakterisieren. Sie ist ein Maß für den Energieinhalt eines thermodynamischen Systems. Physikalisch gesehen besitzt ein Phasenwechselmaterial vier wünschenswerte Eigenschaften:

- eine Phasenübergangstemperatur, die zum Temperaturbereich einer gegebenen Anwendung passt;
- eine große Phasenübergangsenthalpie für eine hohe Speicherdichte für latente Wärme;
- eine hohe Zyklenstabilität, um oft genug Wärme speichern und wieder abgeben zu können – auch wenn das Material aus mehreren Komponenten besteht;
- eine gute Wärmeleitfähigkeit, um die latente Wärme ausreichend schnell aufzunehmen bzw. abzugeben.

Darüber hinaus gibt es eine Reihe von technischen und wirtschaftlichen Anforderungen an Phasenwechselmaterialien, die von geringen Volumenänderungen (wegen der mechanischen Stabilität) über Sicherheitsbestimmungen (nicht toxisch, nicht entzündlich...) bis zu wettbewerbsfähigen Herstellungs-



**Abb. 1** Die zahlreichen Klassen von Phasenwechselmaterialien eignen sich für unterschiedliche Anwendungen. Mit hoher Schmelztemperatur können sie als Wärmespeicher in thermischen Solarkraftwerken dienen, mit Schmelztemperaturen um 0 °C oder darunter sind sie interessant zum Kühlen im industriellen Umfeld.

kosten reichen. Inzwischen kennt man eine Fülle von Stoffgruppen, die sich eignen (Abb. 1). Im Bereich Heizen und Klimatisieren gibt es Mischungen von Wasser mit Salzen, deren Schmelzpunkte weit unter dem Gefrierpunkt von reinem Wasser liegen, sowie Salzhydrate mit Schmelzpunkten zwischen 5 °C und 130 °C. Sie haben vergleichsweise hohe Speicherdichten und kosten wenig. Paraffine und Fettsäuren, die im Vergleich zu Salzhydraten geringere Speicherdichten aufweisen und teurer sind, lassen sich technisch leichter handhaben – ein Aspekt, der gerade in der Baustoffindustrie wichtig ist.

### Verkapselt eingebaut

Im Vergleich zu Gips, Holz, Zement oder Steinen, die pro Grad Temperaturanstieg zwischen 0,8 und 1,5 Kilojoule Wärme pro Kilogramm Material speichern, liegt die Wärmespeicherfähigkeit von Phasenwechselmaterialien um ein Vielfaches höher. In Gebäuden lassen sich Phasenwechselmaterialien daher zur passiven Kühlung einsetzen (Abb. 2). Da die gängigen Materialien im Einsatz flüssig werden, müssen sie in einem Behältnis stecken. Die Branche spricht von „verkapseln“ und unterscheidet zwischen Makroverkapselungen mit Dimensionen jenseits von Zentimetern und Mikroverkapselungen mit Dimensionen unter 100 Mikrometer.

Makroverkapselte Phasenwechselmaterialien lassen sich z. B. einfach in abgehängte Decken integrieren, kommen also immer dort

zum Einsatz, wo es nicht primär auf das Volumen ankommt oder keine Nachbearbeitung mehr stattfindet. Steigt die Raumtemperatur, nehmen diese Phasenwechselmaterialien einen Teil der Wärme auf und geben ihn bei sinkenden Temperaturen – also wenn es sich im Lauf der Nacht genügend abkühlt – wieder ab. Gängige Produkte erreichen eine Kühlleistung zwischen 25 und 40 Watt pro Quadratmeter.

Mikroverkapselte Phasenwechselmaterialien lassen sich sogar in Gipsbauplatten, Porenbeton oder pumpbaren Putz einbringen. So gibt es seit etwa einem Jahrzehnt mikroverkapselte Paraffine für die Baustoffindustrie. Die Kügelchen von rund fünf Mikrometer Durchmesser sind von einer Kunststoffhülle umschlossen, haben eine Schmelztemperatur von etwa 26 °C und eine Phasenübergangsenthalpie von 110 Kilojoule pro Kilogramm. Sie lassen sich bereits bei der Herstellung des Baustoffs beimischen und genauso handhaben wie konventionelle Baustoffe.

Ein Quadratmeter einer gängigen Gipsbauplatte enthält etwa drei Kilogramm des Phasenwechselmaterials. Eine zehn Quadratmeter große Fläche aus solchen Platten verfügt über eine Speicherleistung von rund einer Kilowattstunde – wobei sie Wärme deutlich schneller aufnimmt und abgibt als Ziegeln oder Beton. Die Wärmespeicherkapazität einer solchen 1,5 Zentimeter dicken Gipsbauplatte entspricht der einer 14 Zentimeter dicken Betonwand beziehungsweise der von



Abb. 2 Phasenwechselmaterialien lassen sich in eine Deckenabhangung integrieren. Hier kommen Salzhydrate mit einer Kristallisationstemperatur von 22 °C zum Einsatz.

36,5 Zentimeter dicken Hohlziegeln. Gerade bei Gewerbeimmobilien, bei denen die Leichtbauweise eine zunehmend größere Rolle spielt, können Phasenwechselmaterialien für eine willkommene Pufferung der Raumtemperatur sorgen. Klimaanlage lassen sich dann manchmal einsparen oder zumindest in ihrer Spitzenleistung kleiner dimensionieren.

Ob der Einsatz von Phasenwechselmaterialien sinnvoll ist, hängt immer vom konkreten Fall ab. Da bislang noch zu wenig gesicherte Erfahrungswerte vorliegen, ist es erforderlich, den Nutzen der Phasenwechselmaterialien jedes Mal im Detail zu prüfen. Die Ergebnisse aus Demonstrationsprojekten sind jedoch ermutigend: Bei richtiger Dimensionierung lassen sich höhere Wirkungsgrade im Gesamtsystem und spürbare Energieeinsparungen erreichen.

Michael Vogel

Michael Vogel,  
vogel\_m@gmx.de