

## AUSWIRKUNGEN DER LAGE, STÄRKE UND PHASENWECHSELTEMPERATUR VON PCM - MATERIALIEN AUF DIE THERMISCHE PERFORMANCE EINES EINFAMILIENHAUSES

Azra Korjenic<sup>1</sup>, Thomas Bednar<sup>2</sup>, Christian Cervenka<sup>3</sup>

<sup>1+2</sup> Institut für Hochbau und Technologie, Zentrum für Bauphysik und Bauakustik,  
 Technische Universität Wien, Karlsplatz 13/206-2, A – 1040, Österreich,  
 Tel.: +43/1/58801 – 20602, Fax.: +43/1/58801 – 20698

<sup>1</sup> Univ. Ass. Dipl.-Ing. Dr. techn. Azra Korjenic, Email: [azra.korjenic@tuwien.ac.at](mailto:azra.korjenic@tuwien.ac.at)

<sup>2</sup> Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Thomas Bednar, Email: [thomas.bednar@tuwien.ac.at](mailto:thomas.bednar@tuwien.ac.at)

<sup>3</sup> Dipl. Ing. Christian Cervenka, Email: [cervi.chrisi@aon.at](mailto:cervi.chrisi@aon.at)

### KURZFASSUNG

Im Zuge dieser Arbeit wurden verschiedene Untersuchungen angestellt, um die bautechnisch-bauphysikalische Zweckmäßigkeit des Einsatzes der „Phase Change Materials“ (nachfolgend mit PCM abgekürzt) zur Temperaturstabilisierung sowie die Reduktion des Heizwärme- bzw. Kühlbedarfs in Gebäuden zu überprüfen. Es wurden zunächst die temperaturabhängigen spezifischen Wärmekapazitäten für drei ausgewählte PCM-s experimentell bestimmt, um anschließend den Einfluss ihrer thermischen Eigenschaften auf Bauteile überprüfen zu können. Mit Hilfe des Simulationsprogramms „buildopt“ wurden für ein Achtzonenmodell, das ein Einfamilienhaus abbilden soll, verschiedene Varianten mit unterschiedlicher Lage, Stärke und Phasenwechseltemperatur der PCM-Füllungen im Hochlochziegel untersucht.

Bei den durchgeführten Untersuchungen konnte festgestellt werden, dass die korrekte Lage, Stärke und Phasenwechseltemperatur beim PCM Einsatz, eine deutliche Reduktion der auftretenden Temperaturspitzen bewirken und damit zu einem behaglicheren Raumklima beitragen sowie ein klares Kühl-Energieeinsparungspotential darstellen. Durch den Phasenwechsel im richtigen Temperaturbereich kann als positiver Nebeneffekt auch eine geringe Reduktion des Heizwärmebedarfs, je nach Verglasungsanteil, verzeichnet werden.

### ABSTRACT

In the course of this work different investigations were done to check the construction-physical usefulness of the application of „Phase Change materials“ (in the following with PCM-s shortened) to the temperature stabilisation as well as the reduction of the heating demand and cooling demand in buildings. The first purpose of this work was, the experimental regulation of the specific warm capacity, dependent on temperature for 3 well-chosen PCM-s, remembering to check afterwards the influence of their thermal qualities on components. In addition different variations with different

positions and strength of the PCM-fillings in the vertically perforated brick are examined with the help of the simulation program “buildopt” for an 8-zonal model, which should illustrate a single-family house.

The carried out investigations have appeared that the correct position, strength and phase change temperature by the application of PCM represent clear energy conservation potential.

Through the phase change in the right temperature area can be registered as a positive side effect a low reduction of the heating demand, depending on the glazing surface.

### KURZE EINFÜHRUNG

Baustoffe mit integrierten Phase Change Materials (PCM-s) stellen aufgrund ihrer hohen, verfügbaren thermischen Masse zukünftig eine hervorragende Lösung zur passiven Klimatisierung von Gebäuden dar. Durch den Einsatz von PCM kann eine höhere Wärmespeicherfähigkeit der Räume gewährleistet werden. Damit wird effektiv zur Verbesserung des sommerlichen Wärmeschutzes und der damit verbundenen Minimierung bzw. den Verzicht des Energiebedarfes für Klimatisierungszwecke beigetragen. Latentwärmespeicher stellen somit innovative Produkte dar, die zu einer effizienten Energieeinsparung und damit verbunden zu einer CO<sub>2</sub>-Minderung im Bausektor beitragen können. Nachfolgende Untersuchungen sollten sich mit der Applikation der PCM-Schicht im Hochlochziegel, das heißt mit der Anordnung und Optimierung der Ziegel-Hohlraumstruktur sowie deren Füllung beschäftigen. Um ein serienreifes Produkt zu erhalten, müssen natürlich auch Fragestellungen der mechanischen und thermischen Belastbarkeit sowie feuchtetechnische und schallschutztechnische Eigenschaften geklärt werden.

### UNTERSUCHUNG UND ERGEBNISSE

Für	folgende	drei	PCM-Stoffe:
•	Rubitherm		RT20
•	Rubitherm		RT27
•	BASF	Micronal	23°C

wurde experimentell die spezifische Wärmekapazität in verschiedenen Temperaturbereichen (18°C, 20°C, ..., 36°C). ermittelt. Dazu sind Versuchsreihen mit 10°C kaltem Wasser und 40°C warmen Wasser in der Thermosflasche durchgeführt worden. Abschließend wurden beide Ergebnisse grafisch dargestellt und miteinander verglichen. Für die Ermittlung der spezifischen Wärmekapazitäten kam folgender Versuchsaufbau, der in der Abbildung 1 grafisch dargestellt ist, zur Anwendung:

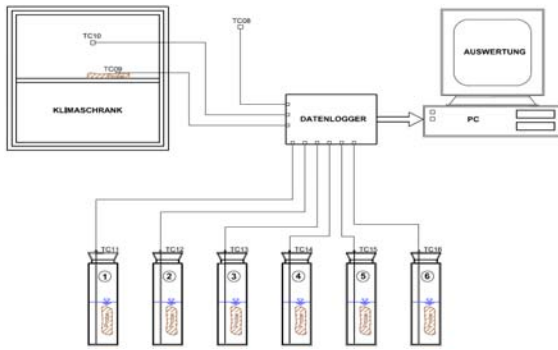


Abbildung 1: Versuchsaufbau

Durch Ermittlung der erforderlichen Massen, Temperaturen sowie der Mischtemperatur konnte durch Umformung des Energieerhaltungssatzes die spezifische Wärmekapazität der Probe ermittelt werden.

$$C \cdot (T_m - T_D) + c_{H_2O} \cdot m_{H_2O} \cdot (T_m - T_D) = c_{Probe} \cdot m_{Probe} \cdot (T_p - T_m)$$

$$c_{Probe} = \frac{1}{m_{Probe}} \cdot \frac{(C + c_{H_2O} \cdot m_{H_2O}) \cdot (T_m - T_D)}{(T_p - T_m)}$$

Um die Zuverlässigkeit und Genauigkeit des zuvor erläuterten Versuchsaufbaues sowie deren Durchführung zu überprüfen, ist zunächst ein Versuch mit einer Wasserprobe durchgeführt worden, da für das Wasser die spezifische Wärmekapazität von 4,18 J/(g.K) bekannt ist.

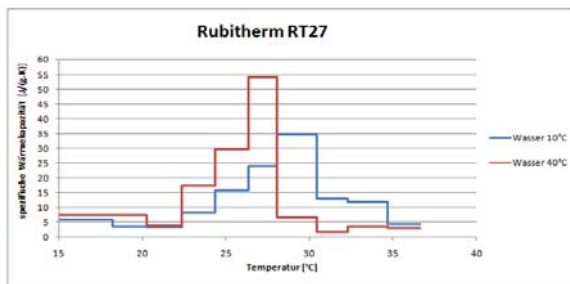


Abbildung 2: Spezifische Wärmekapazität in Abhängigkeit von der Temperatur

Abbildung 2 zeigt die Auswertung der temperaturabhängigen spezifischen Wärmekapazität für Rubitherm RT27 (auf paraffinischer Basis), zum einen für die Versuchsreihe mit 10°C kaltem Wasser (blau dargestellt) und zum anderen für 40°C warmes Wasser (rot dargestellt). Wie daraus ersichtlich ist, liegt bei diesem PCM die maximale Wärmespeicherfähigkeit im Temperaturbereich von

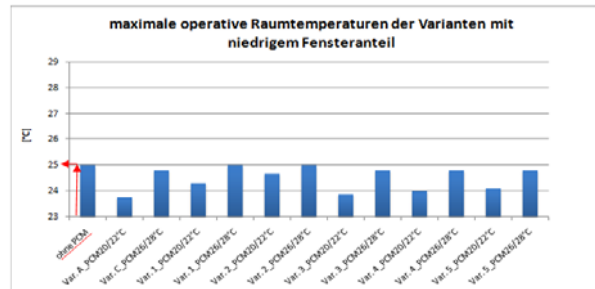
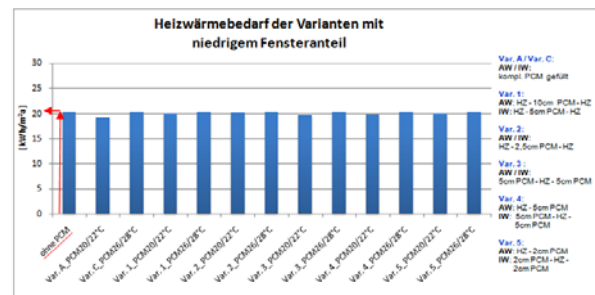
27°C bis 30°C, in dem auch der Phasenübergang von statten geht.

Die Diskrepanz zwischen der roten und der blauen Kurve lässt sich dadurch erklären, dass sich bei der Versuchsreihe mit 40°C warmen Wasser die Proben stets im flüssigen Aggregatzustand befunden haben. Dadurch ist es zu einer Verschiebung und Erhöhung der spezifischen Wärmekapazität gekommen, da im PCM-Medium noch immer thermische Energie von vorigen Versuchen zwischengespeichert war.

Es bestätigt sich daher, dass durch Latentwärmespeichermaterialien die speicherwirksame Masse von Räumen deutlich erhöht werden kann und somit sommerliche Temperaturspitzen abgepuffert werden können. So ist es möglich, durch Füllung von Ziegeln mit PCM auf paraffinischer Basis leicht eine Speicherkapazität des Ziegelblocks von 10 J/(g.K) und mehr zu erreichen.

Mit Hilfe des Simulationsprogrammes „buildopt“, das sich sowohl für thermische als auch für hygrische Gebäudesimulationen eignet und welches am Institut für Bauphysik und Bauakustik der TU Wien entwickelt worden ist, wurden für ein Achtzonenmodell, welches ein Einfamilienhaus abbilden soll, für 3 unterschiedliche Fenstervariationen (13,3%, 20% und 53,3% Verglasungsanteil) verschiedene Varianten mit unterschiedlicher Lage, Stärke und Phasenwechseltemperatur der PCM-Füllung im Hochlochziegel untersucht. Ziel dieser Simulationen war es, die temperaturstabilisierende Wirkung der PCM-s sowie deren Energieeinsparungspotential auf ein Gebäude zu untersuchen. Hierbei wurde besonderes Augenmerk auf den Heizwärme- und Kühlbedarf, die maximale Heiz- und Kühllast sowie auf die sich einstellende maximale operative Raumtemperatur gelegt.

Nachfolgend werden die ermittelten Endergebnisse der untersuchten Varianten zusammengefasst:



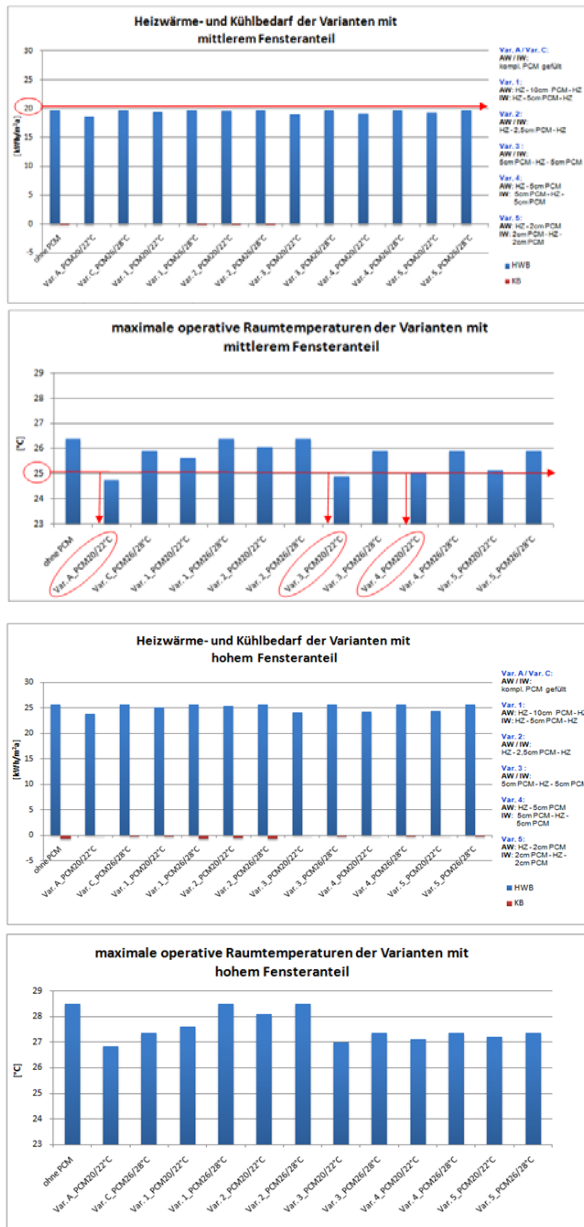


Abbildung 3: Heizwärme- und Kühlbedarf sowie maximale operative Raumtemperatur der Varianten für niedrigen, mittleren und hohen Fensteranteil

Vergleicht man die Ergebnisse miteinander so erkennt man deutlich, dass stets jenes PCM, dessen maximale Speicherkapazität im Temperaturbereich um 20/22°C liegt, bei allen Varianten besser abschneidet als jenes PCM, dessen Phasenwechsel im Temperaturbereich zwischen 26 und 28°C stattfindet. Dies rührt daher, dass bei höheren Phasenwechseltemperaturen, wie beispielsweise 26°C, der Anteil von geschmolzenem PCM über das Jahr betrachtet viel geringer ist, da es erst im unbehaglichen Temperaturbereich (Raumtemperatur >26°C) zum Phasenwechsel kommt. Bei niedrigen Phasenwechseltemperaturen wie z.B. 20/22°C ist der geschmolzene Anteil von PCM deutlich größer. Das hat zur Folge, dass mit diesen Latentwärmespeichermaterialien wesentlich rascher,

flexibler und effizienter auf Temperaturschwankungen eingegangen werden kann. Vergleicht man nun die Lage der PCM-Schicht im Hochlochziegel, so kann eindeutig der Variante mit der oberflächennahen Anordnung der Vorzug gegeben werden. Wie sich bei den vorigen Untersuchungen herausgestellt hat, kann im Außenwandziegel auf die Füllung der Ziegelhochlöcher mit PCM hinter der Außendämmung verzichtet werden. Dadurch kommt es zu einer minimalen Erhöhung der sich einstellenden operativen Raumtemperatur (ca. 0,5% für alle Varianten). Abschließend stellt sich noch die Frage, welcher der untersuchten Varianten der Vorzug zu geben ist. Die vorigen Abbildungen lassen erkennen (siehe rote Markierungen), dass Variante 4 - also jene Variante, bei der die ersten 5cm der Ziegelhochlöcher mit PCM verfüllt sind - den anderen Varianten vorzuziehen ist. Das bedeutet, dass durch Erhöhung des Fensterflächenanteils bei Verwendung dieser Variante die gleichen thermischen Eigenschaften hinsichtlich des Heizwärmebedarfs und der maximalen operativen Raumtemperatur, wie bei dem Gebäude mit niedrigem Verglasungsanteil gewährleistet werden können.

## ZUSAMMENFASSUNG

Der Einsatz von PCM in Gebäuden scheint daher eine hervorragende Lösung zu bieten, um langfristig und passiv den sommerlichen Wärmeschutz zu gewährleisten. Durch die latentwärmespeichernden Materialien kommt es zu einer deutlichen Erhöhung der Wärmespeicherkapazität des Gebäudes, die eine Reduktion der auftretenden Temperaturspitzen bewirken und damit zu einem behaglicheren Raumklima beitragen. Diese Absenkung der Raumtemperatur während der Sommermonate kann als einer der größten Vorteile des PCM-Einsatzes betrachtet werden. Wie man den zuvor durchgeführten Simulationen entnehmen kann, führt dies auch zu einer Reduktion des jährlichen Energiebedarfs. Für mitteleuropäische Klimaverhältnisse kann für die 3 untersuchten Fenstervarianten fast komplett auf eine Kühlung verzichtet werden, da lediglich bei einem über 50%igen Verglasungsanteil an der Außenwandfläche an ca. 13 Tagen im Jahr die 26°C Marke leicht überschritten wurde. Jedoch sollte für jedes Objekt die Phasenwechseltemperatur sowie die Menge des einzusetzenden PCM genau untersucht werden, damit eine ausreichende Gesamtmenge an PCM zur Verfügung steht, um ein Optimum hinsichtlich der möglichen Absenkung der operativen Raumtemperatur im Sommer zu erzielen.

## LITERATUR:

Cervenka C., „Einfluss von PCM auf das Verhalten von Bauteilen“, Diplomarbeit, TU-Wien, 2008