

Die Klimadecke des surPLUShome

Phasenwechselmaterial (englisch: phase change material – PCM) kann bei nahezu konstanter Temperatur eine große Wärmemenge aufnehmen. PCM wurde in die Konstruktion der Decke des surPLUShome integriert und zur Klimatisierung des Hauses genutzt. Die Auslegung dieser Klimadecke erfolgte in interdisziplinärer Zusammenarbeit der Fachbereiche Architektur, Elektrotechnik und Maschinenbau. Im Wettbewerb konnte die Decke überzeugen und lieferte einen wichtigen Beitrag zum Gesamtsieg.

► The climate ceiling of the surPLUShome

Phase change material (PCM) can absorb a large amount of heat at an almost constant temperature. PCM was integrated into the ceiling construction of the surPLUShome and thus used for the climatisation of the house. The layout of this climate ceiling was carried out in interdisciplinary cooperation of the faculties of architecture, electrical engineering and mechanical engineering. The good performance of the ceiling in the contest made a valuable contribution to the overall victory.

Frank Dammel, Lutz Steiner, Martin Zeumer • Soll latente Wärmespeicherung bei einer technischen Anwendung genutzt werden, dann muss ein geeignetes Material, das bei der gewünschten Temperatur einen Phasenwechsel vollzieht, verfügbar sein. Für Anwendungen im Bereich einer angenehmen Raumtemperatur oder der menschlichen Körpertemperatur werden Paraffine oder Salzhydrate eingesetzt. Die auf die Masse bezogene latente Wärme ist ähnlich groß, aufgrund ihrer größeren Dichte sind Salzhydrate den Paraffinen bei der volumenbezogenen latenten Wärme jedoch überlegen. Im Gegensatz zu den Salzhydraten können Paraffine mikroverkapselt werden. Dabei entstehen Partikel mit einem Durchmesser im Mikrometerbereich, die aus dem Phasenwechselmaterial im Inneren und einer äußeren festen Hülle bestehen (siehe Abbildung 2). Unabhängig davon, ob das



Phasenwechselmaterial gerade fest oder flüssig ist, erscheinen die Partikel nach außen immer fest. Dies erweitert die Anwendungsmöglichkeiten erheblich. Bereits etabliert ist die Zugabe von mikroverkapseltem Phasenwechselmaterial zu Baustoffen und Funktionsbekleidung. Am Fachgebiet Technische Thermodynamik wird untersucht, ob sich die Eigenschaften von Wasser als Kühlflüssigkeit durch die Zugabe solcher Partikel verbessern lassen.

Konzept

Schon beim Solar Decathlon 2007 wurde im siegreichen Haus der TU Darmstadt mikroverkapseltes Phasenwechselmaterial eingesetzt, um die thermische Masse zu erhöhen. In der Weiterentwicklung

Abbildung 1
Material der Klimadecke im Detailausschnitt.



dieses Konzeptes sollte dieses Mal auch eine aktive Steuerung der Latentwärmespeicherung möglich sein. Die Grundidee war, von Luftkanälen durchzogenes Phasenwechselmaterial im konstruktiven Raum des Daches zu integrieren. Da hierzu eine Mikroverkapselung nicht notwendig ist, wurde aufgrund der höheren volumenbezogenen latenten Wärme einer Salzhydratlösung der Vorzug gegeben. Ist es tagsüber erforderlich, die Raumluft zu kühlen, dann kann diese im Umluftbetrieb durch die Kanäle in der Decke geleitet werden, wo sie Wärme auf das Phasenwechselmaterial überträgt und abgekühlt wieder in den Raum strömt. Nachts muss das Phasenwechselmaterial regeneriert werden, d.h. die tagsüber aufgenommene und latent ge-

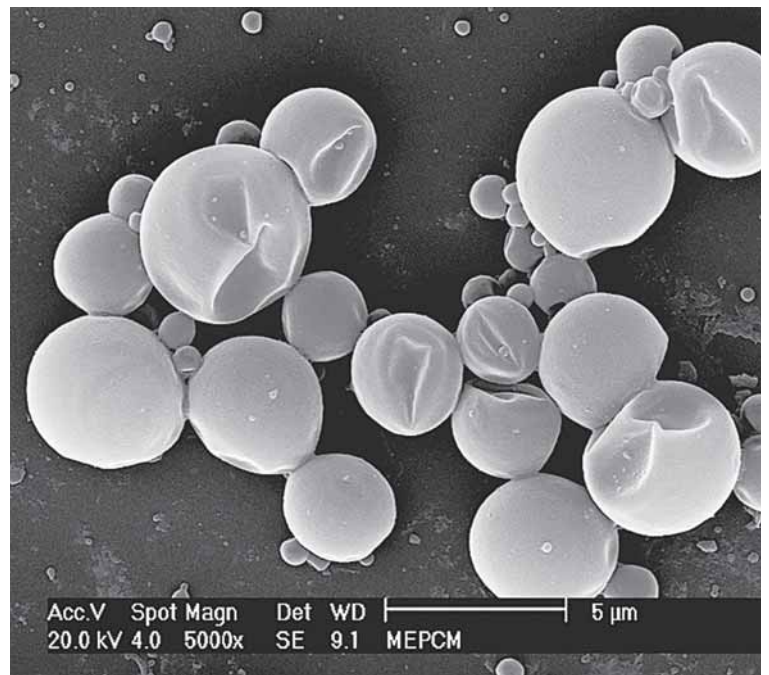
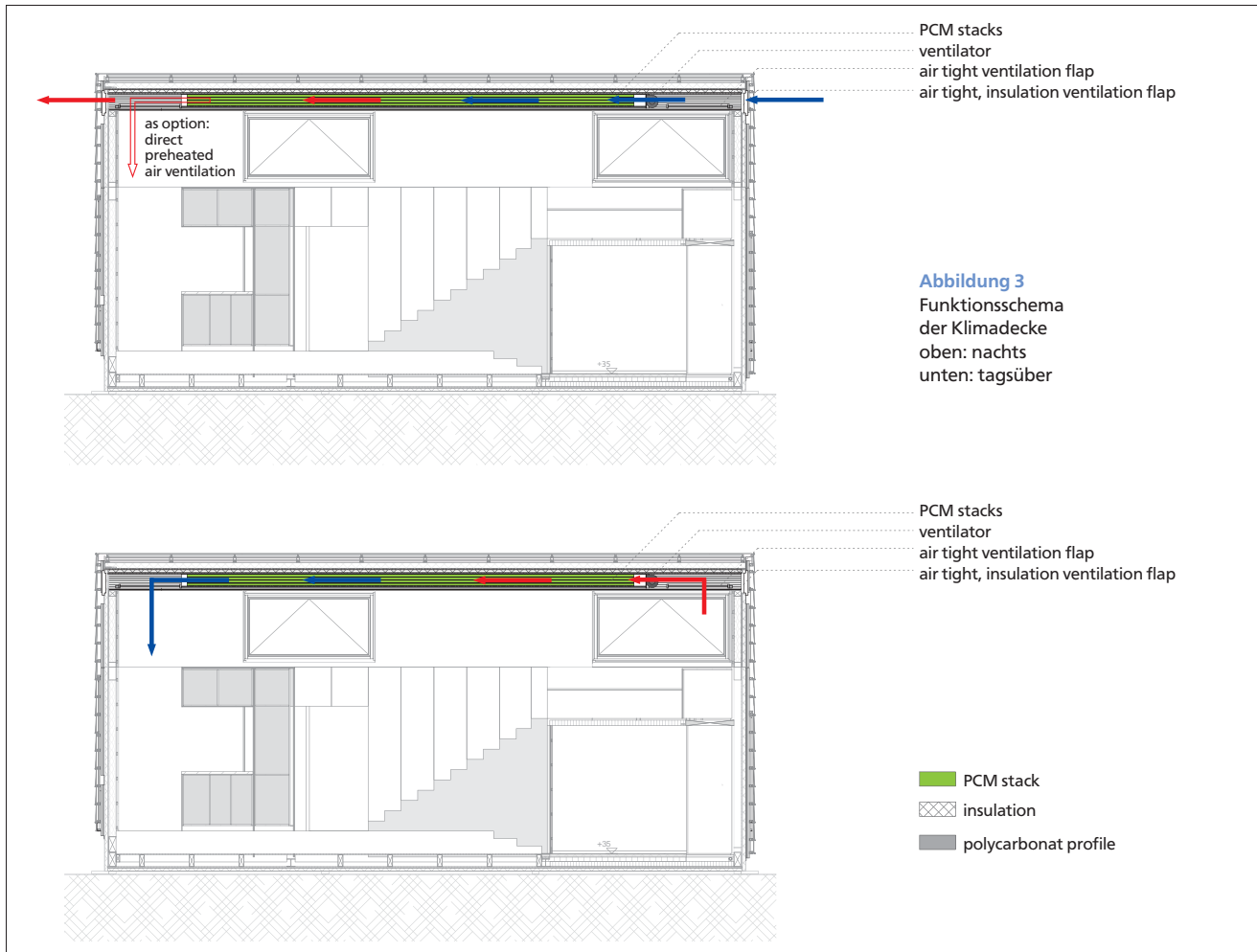


Abbildung 2
Mikroverkapseltes Phasenwechselmaterial im Rasterelektronenmikroskop.

speicherte Wärme muss wieder abgegeben werden. Dazu wird nachts kalte Umgebungsluft durch die Kanäle geleitet, die sich dabei erwärmt (siehe Abbildung 3).

Auslegung

Die Vorgaben des Wettbewerbs sahen vor, dass die Raumluft eine Temperatur zwischen 22 und 24,4°C haben sollte. Um die Temperatur konstant zu halten, muss die Wärme, die von außen oder durch innere Wärmequellen (elektrische Geräte, Personen) eingetragen wird, wieder abgeführt werden. Die Abschätzung der abzuführenden Wärme orientierte sich an Ort und Zeit des Wettbewerbs: Washington D.C. im Oktober (was dem Sommerfall in Deutschland weitgehend entspricht). Damit sich eine hohe Behaglichkeit im Innenraum einstellt, darf die Temperaturdifferenz der Luft zwischen Ein- und Austritt eine bestimmte Grenze nicht überschreiten. Daraus ergibt sich der erforderliche Luftmassenstrom. Nun war sicherzustellen, dass tatsächlich der ermittelte Wärmestrom von der Luft auf das Phasenwechselmaterial übertragen wird. Die Wärmeübertragung verbessert sich mit abneh-



mender Kanalquerschnittsfläche und steigender Strömungsgeschwindigkeit. Allerdings steigt dann auch die erforderliche Ventilatorenleistung. Außerdem mussten eine übermäßige Geräuschentwicklung sowie unangenehme Zugluft im Raum vermieden werden.

Konstruktion

Die Klimadecke befindet sich in dem statisch nicht notwendigen Raum der Hohlkastendecke des surPLUShome. Die Kanäle sind ca. 11m lang und haben eine Querschnittsfläche von 25cm x 35cm. Um einen Wärmeübergang in die Konstruktion der Decke zu verhindern, wurden die Kanäle mit 1cm starken Vakuum-Isolations-Paneele ausgekleidet. Betrieben wird die Klimadecke durch Ventilatoren, die sich vor dem PCM befinden.

Eine besondere Herausforderung war die Gestaltung der Klappen zum Innen- und zum Außenraum. Die filigrane Holzdecke des surPLUShome sollte für eine möglichst großzügige Raumwirkung möglichst nicht durch sichtbare Öffnungselemente gestört werden. Hierbei konnten die Schallschutzrippen der Decke im Bereich der Klappen als Zuluft-

öffnungen genutzt und die Decke somit unsichtbar gestaltet werden. Die dadurch entstehende Vergrößerung der Einsaug- und Auslassöffnungen hatte gleichzeitig eine Verringerung der Luftgeschwindigkeiten zur Folge, was zu einer Erhöhung der Behaglichkeit im Innenraum

Sensible und latente Wärmespeicherung

Wird einem Material Wärme zugeführt, dann erhöht sich in der Regel dessen Temperatur.

Der Temperaturanstieg, mit dem diese sogenannte sensible Wärmespeicherung einhergeht, ist häufig unerwünscht. Vollzieht das Material, dem Wärme zugeführt wird, dabei jedoch einen Phasenwechsel, dann kann es Wärme ohne nennenswerte Temperaturerhöhung aufnehmen. Dies nennt man latente Wärmespeicherung. Prinzipiell kommen hierzu die Phasenwechsel fest-flüssig oder flüssig-gasförmig in Frage. Meistens ist in letzterem Fall die umgesetzte latente Wärme deutlich größer, allerdings ist dies mit einer erheblichen Dichteänderung verbunden, die in vielen Fällen ungünstig ist.

Jeder Erfolg hat seine Geschichte.



BOSCH
Technik fürs Leben

Energie effizienter nutzen – Bosch Thermotechnik

Die Bosch Thermotechnik GmbH steht für den Geschäftsbereich Thermotechnik der Bosch-Gruppe und gehört mit einem Umsatz von insgesamt 2,98 Milliarden Euro und rund 13.000 Mitarbeitern weltweit zu den führenden Anbietern von Systemen für behagliches Raumklima und warmes Wasser. Als Systemanbieter sind wir in der Lage, die unterschiedlichsten Anforderungen der jeweiligen nationalen Märkte wie auch die anspruchsvollsten Bedürfnisse unserer Kunden zu erfüllen. In 20 Fertigungsstätten in zehn Ländern produzieren wir energieeffiziente Heiztechniklösungen und Warmwassergeräte, die wir in rund 50 Ländern weltweit vertreiben. Qualität, Innovationskraft und Kundenorientierung bestimmen das Handeln und die Entwicklung unseres Unternehmens. Mit unseren Produktlösungen leisten wir einen aktiven Beitrag zur effizienten Energienutzung und Reduzierung der CO₂-Emissionen.

Erfolg in unserem Sinne bedeutet jedoch mehr als strategisches, nachhaltiges Wachstum: Wir verbinden damit eine gesellschaftliche und ökologische Verantwortung. Diese Verantwortung spiegelt sich auch in unserer Personalpolitik wider: Als Mitarbeiter/-in fördern wir Sie individuell mit

gezielten Programmen und Weiterbildungen und übergeben Ihnen früh Verantwortung. Zusätzlich unterstützen wir den Wechsel zwischen Funktions- und Geschäftsbereichen, Stab und Linie sowie In- und Ausland, damit Sie vielfältige Erfahrungen sammeln können.

Sie sehen: Wir haben viel zu geben – und wir erwarten auch viel. Bereits bei der Einstellung achten wir auf herausragende Leistungen. Dafür bieten wir Ihnen ideale Karrierebedingungen.

Der beste Zeitpunkt für Ihren Einstieg liegt ganz bei Ihnen: Für das Praktikum oder die Abschlussarbeit, als Absolvent/-in sowohl im Junior Managers Program (Führungsnachwuchsprogramm) oder Graduate Specialist Program (Fachnachwuchsprogramm) als auch im Direkteinstieg sind Sie bei uns herzlich willkommen.

Bewerben Sie sich! Wir freuen uns darauf, Sie persönlich kennen zu lernen.

Jeder Erfolg hat seinen Anfang.

Hier und jetzt – starten Sie mit uns.

www.bosch-thermotechnik.de



Abbildung 4
Ansicht des surPLUS-home mit geöffneter Zuluft zur Klimadecke.



Frank Dammel ist Akademischer Oberrat am Fachgebiet Technische Thermodynamik, Prof. Dr. Stephan. Er untersucht die Wärmeübertragung auf Suspensionen mit mikroverkapseltem Phasenwechselmaterial.



Lutz Steiner ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Regenerative Energien, Prof. Dr. Hartkopf. Im Rahmen des SD 2009 war er Projektleiter Elektrotechnik.



Martin Zeumer ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Entwerfen und Energieeffizientes Bauen, Prof. Hegger. Im Rahmen des SD 2009 war er für Forschung und Entwicklung verantwortlich.

beiträgt. Die Klappen zum Außenraum sollten auch bei Schlechtwetter nutzbar sein. Die Fassade wurde so gestaltet, dass sie sich über die eigentlichen Öffnungselemente zieht und sich nur im Bedarfsfall öffnet. Dies bietet einerseits einen hervorragenden Regenschutz, andererseits aber auch einen geringeren Wartungsaufwand der von außen schwer zugänglichen Konstruktion.

Regelung

Um eine behagliche Steuerung des Innenraumklimas gewährleisten zu können, ist eine individuelle Temperatur- und Drehzahlregelung der vier Ventilatoren in den Kühlkanälen sowie die Steuerung der zugehörigen Klappen notwendig. Für die Regelung wird eine Speicherprogrammierbare

Steuerung (SPS) mit einer Schnittstelle zur Gebäudesteuerung (KNX Bus) eingesetzt.

Das System bedarf vielfältiger Messwerte, die, wenn sie alle über das Bus-System des Gebäudes übermittelt würden, das System verlangsamen könnten. Daher sind acht Temperatursensoren (vier am Anfang der Kanäle und vier am Ende der Kanäle) sowie Ventilatoren über Analogeingänge und -ausgänge in die SPS eingebunden. Ebenso werden die Klappen zur Regulierung der Klimadecke über die SPS gesteuert.

Die SPS kann über die KNX-Schnittstelle auf Daten des Innen- und Außenraumklimas, sowie der Raumtemperatur (Temperatursensor sowie Wetterstation) zugreifen. Dieser reduzierte und diskontinuierliche Datenaustausch beeinflusst die Leis-

Abbildung 5
Einbausituation der PCM-Stacks in der Klimadecke mit vorgelagerten Ventilatoren.



Das Beispiel Eis

Das bekannteste Beispiel für latente Wärmespeicherung beim Phasenwechsel fest-flüssig dürfte das Schmelzen von Eis sein. Bei einer konstanten Temperatur von 0°C nimmt 1 kg Eis beim Schmelzen eine Wärmemenge von 333 kJ auf. Würde man anschließend dem flüssigen Wasser von 0°C die gleiche Wärmemenge erneut zuführen, dann stiege seine Temperatur auf fast 80°C.

Zukunft mit Energie.

Mit Ideen hat engagierter Nachwuchs beim führenden Energiedienstleister in Rhein-Main beste Perspektiven. Wie Florian Neubauer, der als Praktikant und Diplomand bei uns eingestiegen ist.

Als Mainova-Mitarbeiter sorgt er heute für die effiziente Wärmeversorgung der J. W. Goethe-Universität Frankfurt und hat vielfältige Entwicklungsmöglichkeiten.



Interessiert an einer Karriere mit Energie?
www.mainova-karriere.de

—ANZEIGE

tungsfähigkeit des BUS-Systems dann nur noch wenig, lässt aber alle Steuereinheiten im Raum zur Regelung zu. Somit kann der Nutzer über das zentrale Touchpaneel auf die Klimadecke zugreifen und diese nach seinen Wünschen einsetzen.

Ergebnis im Wettbewerb

Die Klimadecke hatte im Wettbewerb Einfluss auf mehrere Teilwettbewerbe: Einerseits war sie entscheidender Gebäudetechnikbestandteil für die Temperierung im gemessenen Teilwettbewerb Comfort Zone, andererseits war die Entwicklung der Klimadecke auch Bestandteil des durch eine Jury bewerteten Engineering Contests.

Im Wettbewerb zeigte das flexible System des surPLUShome mit zwei unterschiedlichen Kühltechnologien in der Behaglichkeitsmessung von allen Gebäuden die beste Performance. Der hohe Coefficient of Performance der Klimadecke bot gleichzeitig die Möglichkeit, Energie im Betrieb einzusparen, sodass hierüber auch ein Grundstein zum Gewinn des Energiebilanzteilwettbewerbs gelegt werden konnte. Letztlich wurde die Klimadecke aufgrund ihrer Performance und des integralen Entwicklungsansatzes auch lobend von der Engineering Jury erwähnt, womit entscheidende Punkte gegenüber dem konkurrierenden Team Illinois gewonnen werden konnten.

- **FG Technische Thermodynamik**
(Fachbereich Maschinenbau)
Dr.-Ing. Frank Dammel
Tel.: 06151/16-3259
E-Mail: dammel@ttd.tu-darmstadt.de
www.ttd.tu-darmstadt.de

- **FG Regenerative Energien**
(Fachbereich Elektro- und Informationstechnik)
Prof. Dr.-Ing. Thomas Hartkopf
Tel.: 06151/16-2567
E-Mail: thomas.hartkopf@re.tu-darmstadt.de
www.re.e-technik.tu-darmstadt.de

- **FG Entwerfen und Energieeffizientes Bauen**
(Fachbereich Architektur)
Prof. Dipl.-Ing. M. Sc. Econ. Manfred Hegger
Tel.: 06151/16-2046
E-Mail: fg@ee.tu-darmstadt.de
www.ee.architektur.tu-darmstadt.de



Abbildung 6
Einbausituation der Klappen der Kühldecke zum Innenraum.