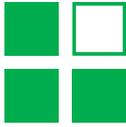


# Thermische Energiespeicher

## Chancen durch Phasenwechselmaterialien



Das nachhaltige Bauen und Betreiben von Immobilien trägt maßgeblich dazu bei, den Ressourcenverbrauch und Klimawandel einzudämmen. Dabei sind wiederum Energiespeicher eine Voraussetzung für die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien und der Kraft-Wärme-Kopplung: Verschiedene Anwendungen können beispielsweise durch Solaranlagen und Langzeit-Wärmespeicher lokal und effizient mit Energie versorgt werden. Ein Speicher mit Phasenwechselmaterialien kann hier Angebot und Nachfrage innovativ anpassen, wie das folgende Pilotprojekt zeigt.

Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting<sup>1</sup>,  
Dipl.-Ing. Architektur  
Bettina Gehbauer-  
Schumacher<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fachbereich Energie-  
Gebäude-Umwelt, FH Münster

<sup>2</sup>Smart Skript – Fachkommunikation  
für Architektur und Energie,  
Griesheim

### Das Haus der Zukunft, das „Futurium“

Der skulpturale Stahlbetonbau des „Futurium“ entsteht im Herzen Berlins. Er greift städtebauliche Achsen auf und formiert neue, überdachte Kommunikationszonen im öffentlichen Raum. Seine rund 3.200 m<sup>2</sup> großen Ausstellungsflächen im Inneren sollen aktuelle Projekte der Forschung, Entwicklung sowie Technik erlebbar machen – ergänzt um Veranstaltungs- und Konferenzräume, ein Café und Restaurant, einen Shop sowie Büros. Träger des „Futurium“ ist eine gemeinnützige GmbH, an der Politik, Wissenschaft und Wirtschaft beteiligt sind.

Um seinem Namen gerecht zu werden, ist das Haus der Zukunft als barrierefreies „Niedrigstenergiegebäude“ konzipiert. Denn laut EU-Gebäuderichtlinie sollen ab 2021 ausschließlich solche Immobilien errichtet werden, die ihren sehr geringen Energiebedarf überwiegend

selbst decken. Dementsprechend besitzt das „Futurium“ eine hochwärmegedämmte Hülle (Primärenergiebedarf geringer als 60 kWh/(m<sup>2</sup>a)) und sieht die Nutzung regenerativer Energien vor: Auf dem Dach befindet sich ein Kollektorfeld für Photovoltaik und Solarthermie, um Teile des jährlichen Eigenbedarfs an Strom von rund 200.000 kWh und rund 85.000 kWh Wärme liefern zu können. Das Energiekonzept sieht auch Aufladestationen für Elektromobilität vor.

Ein hauseigenes BHKW versorgt das Gebäude mit Wärme und Strom. Im „Futurium“ ist eine zentral angeordnete Energiespeichersäule geplant. Sie enthält einen Speicher mit PCM (Phase-Change-Material) sowie einen Batteriespeicher, in denen die solaren Energiegewinne des Gebäudes zwischengelagert werden. Die Energiespeichersäule erhält eine beispielbare Verkleidung, um Funktionsweise und Ladezustände der Speicherkomponenten für den Besucher anschaulich zu machen. Der PCM-Speicher wird bedarfsorientiert als Kälte- nicht als Wärmespeicher im klassischen Sinn ausgelegt.

### Novum: Paraffin-Latentwärmespeicher

Das hier gewählte Verfahren zur thermischen Energiespeicherung setzt Erkenntnisse anderer zentraler Speichersysteme in Raumlufttechnischen Anlagen konsequent um. Dabei wird in einem hydraulischen System, das unterschiedliche Energiewandler und -verbraucher koppelt, thermische Energie gespeichert. Eine zeitlich versetzte Erzeugung von Energie und deren Bedarf wird dabei durch die Größe des Speichers von fünfmal 9.150 l überbrückt. Gleichzeitig kann auch die momentane Leistung durch den variablen Massenstrom primär- und sekundärseitig geregelt werden: So ist es möglich, dem Speicher temporär eine größere Leistung zu entnehmen, als ihm primärseitig eingespeist wurde.

Latentspeichersysteme erreichen nur dann eine sinnvolle Integration in komplexe Systeme der Technischen Gebäudeausrüstung, wenn neben ihrer Kapazität die Entnahme- und Beladeleistung in einem weiten Bereich regelbar sind und in einem möglichst definierten Temperaturbereich erfolgen können. Dazu sind die inneren Wärmeübertragungsvorgänge von großer Bedeutung. Im Speicher des „Futurium“ werden makroverkapselte organische PCM (Bild 2) verwendet. Sie werden nachträglich in den Speicher eingebracht. Dabei wurden konstruktive Vorkehrungen getroffen, um die jeweils pro Speicher eingebrachten 9.500 Paraffin-Elemente optimal mit Wasser umströmen zu können. Voruntersuchungen zeigen, dass die hier gewählte Form der PCM-Makroverkapselungen sowohl eine bauseitig gute Einbringbarkeit als auch einen guten Wärmeübergang zwischen PCM und Wasser erlauben. Dadurch kann über einen weiten Bereich eine Systemtemperatur nahe des geplanten Phasenübergangs bei etwa 12 °C erreicht werden.

Zentrale hydraulische Latentspeichersysteme müssen regelungstechnisch eingebunden werden, um – neben optimalen Laufzeiten

Gewinnerentwurf des Architekturbüros Jan Musikowski Architekten in  
Gemeinschaftsarbeit mit Landschaftsarchitektin Judith Brücker – Außen-  
ansicht „Das Haus der Zukunft“, „Futurium“



Bild: Jan Musikowski Architekten

# Herausragend Energiesparend

Entdecken Sie jetzt die neue  
CoolStream **S·T·A·R** Serie



## Adiabatische Kühl- und Lüftungssysteme von Colt

Der CoolStream zeichnet sich durch niedrige Investitions- und äußerst geringe Betriebskosten aus. Verdunstungskühlung ist bis zu siebenmal günstiger wie herkömmliche Systeme.

Unser Beitrag für energieeffiziente und nachhaltige Gebäudetechnik.

Erfahren Sie hier mehr über den Colt „CoolStream S-T-A-R“ und Colt:  
[www.colt-info.de](http://www.colt-info.de)

**COLT**



Das eingesetzte PCM-Element „Axiotherm Makroverkapselung für Hybridspeicher“ (Innenvolumen: 335 cm<sup>3</sup>, Durchmesser 180 mm, thermische Speicherkapazität im geplanten Temperaturbereich etwa 13 Wh pro Element) befüllt mit dem eigens entwickelten „Paraffin ATP 12“.

Bild: Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting, Fachbereich Energie-Gebäude-Umwelt, FH Münster

der Energiewandler und Systemtemperaturen – das Speichern und Nutzen regenerativer Energien zuzulassen, die nur volatil zur Verfügung stehen. Die dafür notwendigen konstruktions- und betriebsspezifischen Erfordernisse sind zukünftig vorausberechenbar, wenn bekannte Bilanzierungsverfahren durch Messungen angepasst und validiert werden. An der Fachhochschule Münster wurden dazu, begleitend zum Realisierungsprojekt in Berlin, entsprechende Versuchsstände gebaut und empirische Ansätze entwickelt, die Leistungsuntersuchungen an Latentspeichern und die Entwicklung von Berechnungsansätzen möglich machen. Bild 3 zeigt ein Hydraulikmodul, mit dem beliebige Speicherelemente definiert be-/entladen sowie Randbedingungen und Durchströmungsrichtungen verändert werden können.

Frühere Arbeiten legten bereits die theoretisch erreichbaren Austrittstemperaturen eines Energiespeichers mit PCM-Granulaten dar (Bild 4c).

Im Haus der Zukunft wird allerdings primär der Kühlbetrieb thematisiert. Denn hier gilt es, die benötigten Energiemengen zur Kühlung abgeben/aufnehmen zu können. Dazu sind die Phasenübergangstemperaturen der organischen PCM speziell auf die Systemtemperaturen der Gebäudetechnik abgestimmt, um bei möglichst konstanten Vorlauftemperaturen deren Funktion zu ermöglichen – ohne zusätzlichen Einsatz konventioneller Kühltechnik.

Das „Futurium“ strebt den Goldstandard des Bewertungssystems „Nachhaltiges Bauen“ an. Das Haus wird in öffentlich-privater Partnerschaft realisiert: Bauherren sind die Bundesanstalt für Immobilienaufgaben und die BAM Deutschland AG. Die Fertigstellung des Hauses der Zukunft ist im ersten Halbjahr 2017 geplant.

### Info

#### Phase Change Materials

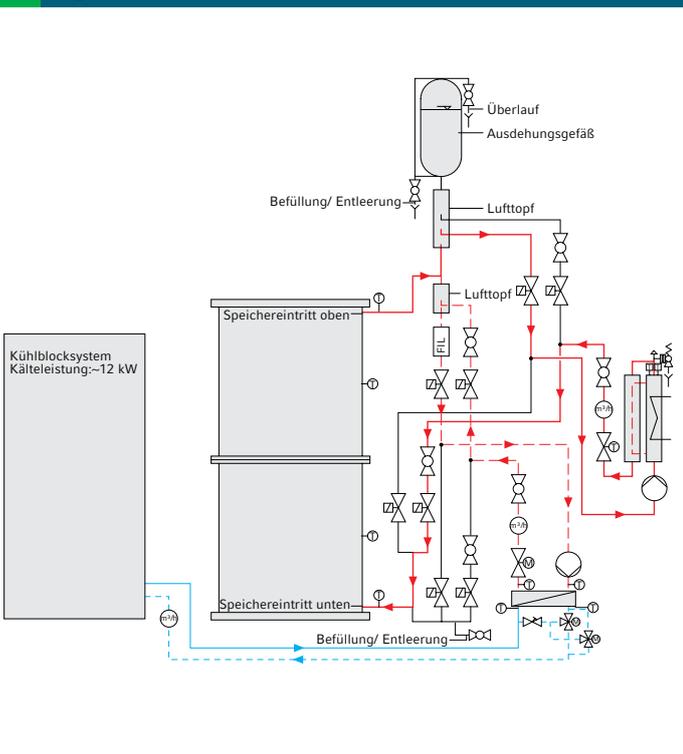
Phase Change Materials – PCM, Phasenwechselmaterialien [www.pcm-ral.de](http://www.pcm-ral.de) – sind Materialien, die durch äußeren, meist thermischen, Energieein-/austrag, ihren Aggregatzustand reversibel wechseln können. Wenn diese von fest zu flüssig wechseln, nehmen sie sehr viel thermische Energie bei einer konstanten Temperatur auf und geben diese „latent“ eingespeicherte Energie bei der Kristallisation auf dem gleichen Temperaturniveau wieder ab. So kann auf kleinerem Raum und gleichbleibender Temperatur viel thermische Energie eingelagert werden.

PCM-Speicher sind daher eine effizientere Technologie gegenüber herkömmlichen Wasserspeichern. Gleichzeitig steigern sie aufgrund der kleinen Arbeitstemperaturdifferenzen die Wirkungsgrade thermischer Heiz- und Kühlprozesse.

Projektkennndaten

**Brutto-Grundfläche (BGF):** 13.660 m<sup>2</sup>  
**Brutto-Rauminhalt (BRI):** 87.117 m<sup>3</sup>  
**Bauzeit:** September 2014 bis erstes Halbjahr 2017

3 Hydraulikmodul



Versuchsaufbau zur Leistungsmessung an thermischen Energiespeichern

Quelle: Bachelorarbeit „Konzeptionierung und Bau eines Prüfstandes zur Leistungsmessung von thermischen Energiespeichern auf der Basis von PCM“, V. Linnemann, bei Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting, Fachbereich Energie-Gebäude-Umwelt, FH Münster

PCM-Energiespeichersysteme bieten Flexibilität

Thermische Speicher auf Basis von PCM sind vergleichsweise platzsparend und erlauben eine effiziente Be- und Entladung: Thermische Energien können auf dem Temperaturniveau gespeichert und abgegeben werden, bei denen die vorgeschalteten Energiewandler effizient arbeiten und angeschlossene Systeme optimal funktionieren. Gleichzeitig können sie das Stromnetz entlasten, wenn mit ihrer Hilfe der Energieverbrauch im Gebäude gesenkt und zeitlich verstetigt wird. So können Laufzeiten der Energiewandler verschoben oder verlängert werden, wodurch die Effizienz der Systeme steigt und die Größe der Energiewandler sinkt. Thermische Speicher sind deshalb auch im Zusammenhang mit dem „Smart Grid“ interessant, um die Möglichkeit größerer „virtueller“ Speichereinheiten nutzen zu können.

Regenerativ erzeugter Strom kann über Widerstandsheizungen in Wärme gewandelt werden – über Kompressionskältemaschinen wahlweise effizienter in Wärme oder Kälte. Da Nichtwohngebäude hauptsächlich und Wohnungen zunehmend gekühlt werden müssen, wäre der CO<sub>2</sub>-neutrale Komfortgewinn ein Vorteil für Bauherren und Nutzer. So könnte auch der selbst erzeugte Strom ausschließlich vor Ort und zu der jeweils gewünschten Zeit genutzt werden. Denn bei einem modernen Haus müssen Konstruktion, Anlagentechnik und Ausstattung optimal zusammenspielen. Die VDI-Richtlinie 2164 legt hier erstmals Grundlagen für die Planung der Technischen Gebäudeausrüstung mit PCM fest.

Info

„CEGA – Congress für Experten der TGA“ mit begleitender Fachausstellung

Die 2016 erstmals durchgeführte CEGA ([www.cega-kongress.de](http://www.cega-kongress.de)) versteht sich als forschungs- und industrieübergreifende Plattform für Planer, Ingenieure, Anwender und technische Entscheider der TGA-Branche. Die Energieeinsparverordnung (EnEV) 2020 und das Building Information Modeling (BIM) bilden die Highlights am 29. und 30. November 2016 in Baden-Baden.

Darüber hinaus setzen mehr als 50 Vorträge zu Heizung, Lüftung, Trinkwasser, Gebäudeautomation sowie Energiekonzepten neue Impulse. Die CEGA ist eine gemeinsame Initiative des VDI Wissensforums und Recknagel, einer Marke des DIV Deutscher Industrieverlags.



Versuchs-/Messstand (links), PCM-Granulat PK 52 (oben), theoretisch erreichbare Austrittstemperaturen eines Energiespeichers auf PCM-Basis (rechts)

Quelle: Bachelorarbeit „Messtechnische Untersuchung eines Latentwärmespeichers unter Berücksichtigung einer Integration in eine solarthermische Anlage“, J. Giesbrecht, bei Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting, Fachbereich Energie-Gebäude-Umwelt, FH Münster

