

AKTUELL

BTB-Praxistipp
„Fahrpersonal“ erschienen

MAGAZIN

Concrete Design Competition
entschieden

MARKT

Entwicklung des Baustoff-
absatzes im Hochbau

20. Jahrgang | Nr. 77 | Dezember 2019 | 4. Quartal | 6 €

TB | iNFO

Das Transportbeton-Magazin

Energie

Hochleistungsbeton als Wärmespeicher

Thermische Batterie aus Beton

Energie | **Wärmespeicher**

Das norwegische Technologieunternehmen EnergyNest entwickelte eine Thermische Batterie. Speichermedium ist der Hochleistungsbeton Heatcrete, entwickelt von HeidelbergCement. Die Thermische Batterie wurde in einer Pilotanlage in der Zukunftsstadt Masdar City, Abu Dhabi, erfolgreich getestet und steht nun vor der Markteinführung.



Die als Thermal Energy Storage (TES) bezeichnete Thermische Batterie von EnergyNest ist so groß wie ein 20-Fuß-Container (6 x 2,4 x 2,4 Meter). Wie bei einem Legobausatz lassen sich diese Thermolemente miteinander verbinden, so dass die gewünschte Speicherenergie nach Bedarf vervielfacht werden kann.

Mit der anstehenden Energiewende ist ein Umstieg von grundlastfähigen konventionellen Kraftwerken hin zu mehrheitlich fluktuierenden erneuerbaren Energien verbunden. Um aus Solar- und Windkraftanlagen gewonnene erneuerbare Energien jederzeit – also auch nachts und bei Windstille – verfügbar machen zu können, bedarf es sog. Energiespeicher, in denen die gewonnene Energie zwischengespeichert und bei Bedarf zur Aufrechterhaltung der Grundlastversorgung abgerufen werden kann. Derzeit wird weltweit danach geforscht, welche Art von Speichern sich für diese Zwischenlagerung von Energie besonders eignen, also sowohl effizient als auch kostengünstig, umweltfreundlich und weltweit herstellbar und einsetzbar sind. Diskutiert werden zwei Lösungsansätze: Die Speicherung über elektrochemische, wie Lithium-Ionen-Batterien, und die Speicherung über sog. Thermische Batterien. Elektrochemische Batterien werden mit Strom, Thermische Batterien werden mit Wärme aufgeladen. Wärmespeicher sind Speicher für thermische Energie. Unterschieden werden Speicher für sensible Wärme, Latentwärmespeicher und thermochemische Wärmespeicher. Wärmespeicher können in unterschiedlichen Größen errichtet werden, die von dezentralen Kleinanlagen bis zu großen zentralen Speichern reichen. Sie können je nach Bauart Niedertemperaturwärme zur Raumheizung oder Hochtemperaturwärme für industrielle Anwendungen aufnehmen und wieder abgeben.

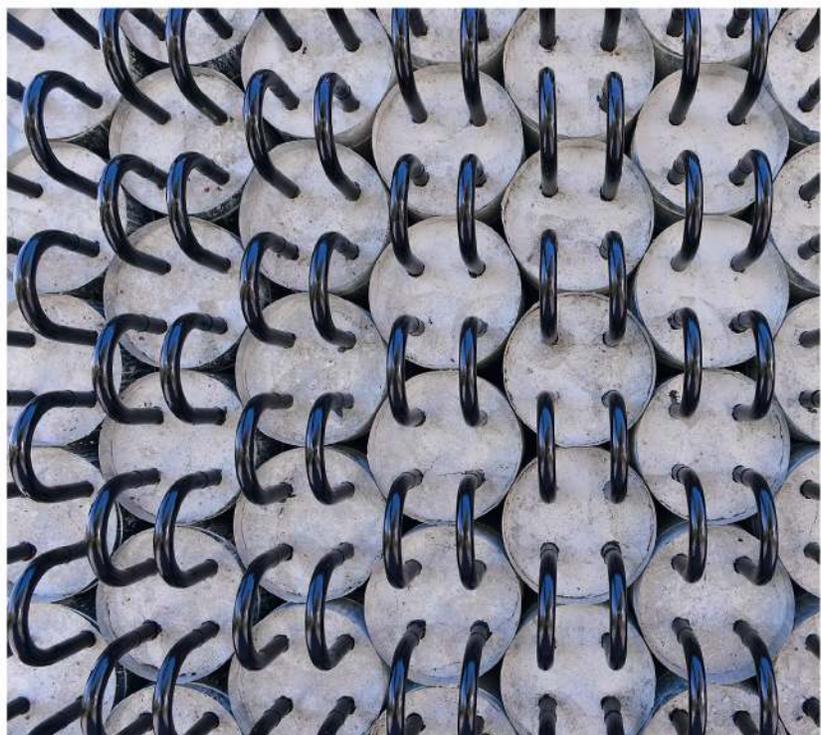
Hochtemperatur-Wärmespeicher

Die heute zur Verfügung stehenden Nieder-, Mittel- und Hochtemperaturspeicher basieren auf unterschiedlichen Speichertechnologien. Niedertemperaturspeicher können Temperaturen bis ca. 130 °C, Mitteltemperaturspeicher bis 250 °C und Hochtemperaturspeicher ab 400 °C aufwärts aufnehmen. Hochtemperatur-Wärmespeicher, auch als HTS (High Temperature Storage) oder HTES (High Temperature Energy Storage) bezeichnet, können bei der Speicherung thermischer Energie aus Industrieprozessen zu einer Verbesserung der Effizienz führen und bei der Stabilisierung von industriellen

Hochtemperaturprozessen eingesetzt werden. Ebenso können sie in Gas- und Dampfturbinen-Kraftwerken (GuD) für eine zeitliche Entkopplung der Strom- und Wärmebereitstellung sorgen. So ermöglicht das Verfahren etwa, dass die über den Kundenbedarf hinaus produzierte Wärme tagsüber im Speicher „geparkt“ wird und nachts – bei abgeschalteter Gasturbine – zur Verfügung gestellt werden kann. Nicht zuletzt können Hochtemperatur-Wärmespeicher in der Sektorenkopplung eingesetzt werden. Hier wird überschüssiger Solar- oder Windstrom in Wärme umgewandelt und im Feststoff-Wärmespeicher gespeichert. Die nahezu verlustfreie Speicherung mit Temperaturen von 400 bis 750 °C ermöglicht eine Rückverstromung per Dampfturbine, wenn entsprechende Stromnachfrage herrscht. Feststoff-Hochtemperatur-Speicher können nahezu verlustfrei Wärme speichern. Heute kommen neben großvolumigen und fest verbauten mehr und mehr mobile Wärmespeicher zum Einsatz. Für Hochtemperaturwärmespeicher werden klassische Speichersalze, Speichergranulate, Schotter oder Kies, insbesondere bei mobilen ▶

Text | Norbert Fiebig

Jede einzelne Thermische Batterie enthält eine Konstruktion aus U-förmigen Wärmetauscherrohren aus Kohlenstoffstahl, die in den Hochleistungsbeton Heatcrete eingelassen sind.





Betonage der Thermischen Batterie mit dem Hochleistungsbeton Heatcrete

Wärmespeichern werden Speichergranulate oder Beton eingesetzt. Solche mobilen Thermischen Batterien weisen deutliche Vorteile gegenüber elektrochemischen Batterien auf: So können Thermische Batterien z. B. auch im Bereich der Kraft-Wärme-Kopplung eingesetzt werden, was mit elektrochemischen Batterien physikalisch nicht möglich ist. Und schließlich verfügt die Thermobatterie über eine deutlich längere Lebensdauer, eine Leistungsabnahme nahe null und kann aus vollständig recycelbaren Materialien hergestellt werden – wie z. B. Beton.



„Im Prinzip funktioniert das System ähnlich wie bei heißen Steinen in der Sauna.“

Nutzung der Wärmespeicherfähigkeit des Betons

Beton verfügt über eine sehr hohe Wärmespeicherfähigkeit. So wird bei der Betonkernaktivierung die thermische Energie der Decken und Wände im Gebäude dazu genutzt, Räume zu heizen oder zu kühlen. Diese Wärmespeicherfähigkeit des Betons wird auch bei der von dem

norwegischen Technologieunternehmen EnergyNest entwickelten Thermischen Batterie genutzt. Idee des Unternehmens war es, einen containergroßen Kasten mit Wärmetauschermodulen zu bestücken und diese Module dann mit einem Beton als Wärmespeichermasse zu ummanteln, der über eine besonders große Wärmespeicherfähigkeit verfügt. Da es einen solchen Beton noch nicht auf dem Markt gab, trat EnergyNest zunächst an die schwedische Niederlassung von HeidelbergCement heran. Schließlich wurde dieser spezielle Beton von HeidelbergCement in Deutschland entwickelt: Heatcrete. Die von EnergyNest entwickelte Thermische Batterie ist durchzogen von einem Geflecht aus Stahlrohren, in das unter enormem Druck Thermoöl oder Wasserdampf mit einer Temperatur von bis zu 450 Grad Celsius eingeleitet wird. Die Stahlrohre sind in Heatcrete eingebettet. Dank der guten Wärmeleitfähigkeit der Stahlrohre und des Spezialbetons geht die Wärme innerhalb weniger Stunden auf den Beton über, der sich dadurch auf mehrere hundert Grad Celsius aufheizt. Später können dann wieder Thermoöl oder Wasserdampf – abgekühlt auf niedrigere Temperaturen – durch die Röhren geleitet werden.

„Im Prinzip funktioniert das System ähnlich wie bei heißen Steinen in der Sauna“, erklärt Dr. Volker Klapperich, Produktmanager Spezialtiefbau bei HeidelbergCement. „Wärme wird ein- und wieder ausgeleitet. Dabei gibt der erhitzte Spezialbeton seine gespeicherte Wärme an das Wärmemedium ab und heizt es auf“, so Volker Klapperich weiter. „Der Beton Heatcrete bleibt auch bei hohen Temperaturen bis zu 450 Grad Celsius chemisch stabil. Sein Vorteil ist die hohe Biege- und Zugfestigkeit, mit der das Material den wiederkehrenden Spannungen durch ständige Erhitzung und Abkühlung standhält, und seine ausgesprochen hohe Wärmekapazität, wodurch viel Wärme gespeichert werden kann.“

Langjährige Forschungsarbeiten für den neuen Beton

Die zentrale Anforderung, die bei der Entwicklung des Spezialbetons für den EnergyNest-Wärmespeicher erfüllt werden musste, war das Erreichen einer deutlich erhöhten Wärmeleitfähigkeit gegenüber herkömmlichen Betonen. Je höher die Wärmeleitfähigkeit des Wärmespeicherbetons ist, desto größer ist das Beton-

volumen, in das pro Ladezyklus Wärme eingespeichert werden kann, und desto größer ist die Effizienz bzw. die Wirtschaftlichkeit des Speichers. Die Wärmeleitfähigkeit von trockenem Normalbeton beträgt bei Raumtemperatur ca. 1 W/m·K. Die Wärmeleitfähigkeit des vom Deutschen Zentrum für Luft und Raumfahrt (DLR) als Referenz geltenden Betons mit hoher Wärmeleitfähigkeit beträgt ca. 1,4 W/m·K. Im Zuge der Entwicklung des Spezialbetons Heatcrete konnte dieser Wert auf ca. 2,5 W/m·K gesteigert werden. Um auch bei hohen Gebrauchstemperaturen eine gute Wärmeleitfähigkeit erreichen zu können, muss der Wasseranteil des Frischbetons möglichst gering gehalten werden. Andernfalls bleiben nach dem Aufheizen des erhärteten Heatcrete-Körpers und dem damit verbundenen Verdunsten des Wasseranteils luftgefüllte Kapillarporen zurück, die stark isolierend wirken würden. Im Zuge der Produktentwicklung wurde daher durch entsprechende Optimierungsversuche die Zusammensetzung des Wärmespeicherbetons so eingestellt, dass auch bei geringen Wassergehalten eine gut pumpfähige Konsistenz ($\geq F3$) erreicht werden konnte.

Der erhärtete und getrocknete Heatcrete-Körper muss im Betriebszustand gegenüber Temperaturen zwischen 200 °C und 450 °C stabil sein. Um die Wärmebeständigkeit des Materials zu untersuchen, wurden umfangreiche Temperaturversuche mit Heatcrete-Probekörpern durchgeführt. Nach Abschluss der Entwicklungsarbeit im Labormaßstab wurde im Rahmen eines Technikumsversuches sowie eines Feldversuches im Transportbetonwerk Stockstadt der Heidelberger Beton GmbH die erreichbare Verfüllqualität untersucht. Durch diesen Feldversuch konnte u. a. nachgewiesen werden, dass sich Heatcrete mit der in Transportbetonwerken standardmäßig vorhandenen Mischtechnik problemlos herstellen lässt. Inzwischen wurde Heatcrete durch unabhängige Labore geprüft und zertifiziert, so durch das SP Technical Research Institut of Sweden, die Norwegian University of Science & Technology (NTNU) und das Masdar Institut in Abu Dhabi. Der Spezialbeton Heatcrete, der in einem Zeitraum von mehr als zwei Jahren entwickelt und erforscht wurde, ist, so betont Dr. Volker Klapperich, einzig auf seine erhöhte Wärmeleitfähigkeit ▶



DRIVEN BY INNOVATION

67 METER, 6 AXSEN, CARBON-VERTEILERMAST.
CIFA SETZT NEUE MAßSTÄBE.

K67H: Erneut setzt CIFA einen Meilenstein. Erstmals wird ein 67 m langer Carbon-Verteilermast - ausgestattet mit dem elektronischen Pumpenmanagement-System Smartronic Gold - auf ein 6-Achs-Fahrgestell montiert, um die Bedienung vor Ort zu erleichtern. Ein technologischer Vorsprung, der sich zu einem neuen Marktstandard entwickelt.

CIFA 
A ZOOMLION COMPANY

www.cifa.com

2014 wurde mit dem Bau einer Technologie-Pilotanlage des EnergyNest-Wärmespeichers aus Beton in der weltweit ersten CO₂-neutralen Stadt Masdar City im Rahmen eines solarthermischen Forschungskraftwerks begonnen, 2015 erfolgte der Technologie-Pilotbetrieb und eine erste Validierung.



und Hitzekapazität hin ausgelegt. „Mit einem ‚normalen‘ Beton, mit dem beispielsweise Gebäude und Infrastrukturgebäude gebaut werden, hat dieser Beton nichts gemein. Bauen im klassischen Sinne könnte man damit nicht.“



„Mit einem ‚normalen‘ Beton, mit dem beispielsweise Gebäude und Infrastrukturgebäude gebaut werden, hat dieser Beton nichts gemein. Bauen im klassischen Sinne könnte man damit nicht.“

Neu entwickelte Speicher in Modulbauweise

Die von EnergyNest entwickelte Thermische Batterie, genannt Thermal Energy Storage (TES), ist so groß wie ein 20-Fuß-Container (6 x 2,4 x 2,4 Meter). Wie bei einem Legobausatz lassen sich diese Thermolemente miteinander verbinden und kann so die gewünschte Speicherenergie nach Bedarf vervielfacht werden. In einem Modul kann eine Megawattstunde (MWh) Energie gespeichert werden. Jedes Modul wiegt 43 Tonnen.

Die Energieeffizienz der Thermobatterie liegt bei 90 Prozent und ist um bis zu 50 Prozent günstiger als andere Speicheralternativen wie beispielsweise elektrochemische Batterien oder Flüssigsalz-Speicher. Wärmeverluste werden bei Großprojekten innerhalb von 24 Stunden auf weniger als 2 % eingeschätzt, bei kleineren Projekten wird mit zunehmendem Oberflächen-Volumen-Verhältnis mit etwas höheren Verlusten gerechnet. Bei täglichem Zyklus würde eine Thermobatterie in 50 Jahren Betrieb weniger als 20.000 Zyklen durchlaufen. Da die dabei auftretenden Spannungswerte weit von den Bruchwerten für Beton entfernt sind, stellen Spannungen und Ermüdungen für das Thermobatteriesystem über 10.000–20.000 Zyklen kein Problem dar. Die Batterie hat während des Betriebs keine Leistungseinbußen. Die Reaktionszeiten der Thermobatterie können von kurzfristigen Frequenzgängen (30 min Laden/Entladen) bis hin zu längeren Zyklen über mehrere Tage reichen. Die Module, so Christian Thiel, Unternehmenschef von EnergyNest, seien einfach zu installieren, wartungsarm, günstig im Betrieb, können recycelt werden, halten mindestens 50 Jahre und sind vielfältig einsetzbar: „Diese Flexibilität ist neu und leistet einen aktiven Beitrag zur CO₂-Reduktion.“

Erste Projekteinsätze

2014 wurde mit dem Bau einer Technologie-Pilotanlage in der weltweit ersten CO₂-neutralen Stadt Masdar City im Emirat Abu Dhabi im Rahmen eines solarthermischen Forschungskraftwerks begonnen, 2015 erfolgte der Technologie-Pilotbetrieb und eine erste Validierung durch Dritte. Im November 2018 stellte EnergyNest sein erstes thermisches Batteriemodul vor, das im neuen Fertigungszentrum in Europoort, Rotterdam, auf dem Gelände des Partners Mebin, einem Tochterunternehmen von HeidelbergCement, produziert wurde. Von hier aus werden die Module künftig fertig montiert, mit dem Spezialbeton Heatcrete gefüllt und vor Ort direkt anschließbar verschickt. Für die Zukunft ist vorgesehen, auch noch nicht mit Heatcrete gefüllte Module zu verschicken, die dann erst am Einsatzort mit dort hergestelltem Beton verfüllt werden. In Kooperation mit dem italienischen Energiekonzern Enel werden in Kürze die ersten Thermischen Batterien aus Be-



Im November 2018 stellte das Team von EnergyNest das erste thermische Batteriemodul vor, das im neuen Fertigungszentrum in Europoort, Rotterdam, auf dem Gelände des Partners Mebin, eines Tochterunternehmens von HeidelbergCement, produziert wurde.

ton von EnergyNest bei einem kleineren Solar- kraftwerk in der sizilianischen Kleinstadt Gela für die CO₂-freie industrielle Stromproduktion zum Einsatz kommen. Hier wird die Thermische Batterie zwischen eine bestehende solarthermische Anlage und eine Dampfturbine zur Stromerzeugung geschaltet werden. Die Anlage wird während des Tages Solarwärme erzeugen und in der Thermischen Batterie von EnergyNest speichern. In den Nachtstunden gibt die

Thermische Batterie von EnergyNest diese Wärme für die Erzeugung von Dampfstrom ab, der bis dato durch die Verbrennung fossiler Kraftstoffe gewonnen wurde. Das verringert den CO₂-Schuhabdruck des Stromherstellers deutlich. Die speicherbetriebene Anlage soll in der zweiten Jahreshälfte 2020 in Betrieb gehen und 60 Tonnen CO₂ pro Jahr einsparen. Folgeprojekte sind geplant. •

H A member of
LafargeHolcim

**WER HOCH
HINAUS WILL,**

**BRAUCHT
MEHR ALS
NUR DAS
RICHTIGE
MATERIAL.**

Lösungen liefern. Zukunft bauen.

Wenn Architekten und Ingenieure Herausragendes planen und umsetzen, steht ihnen Holcim als Lösungsanbieter engagiert und ideenreich zur Seite. Denn großen Herausforderungen begegnen wir mit großem Engagement – und als eines der führenden Unternehmen der Baustoffindustrie auch mit einem kompetenten und hochmotivierten Team.