

F&E von der Forschung in die Anwendung

gigaTES: Großwärmespeicher aus Beton – Herausforderungen und Lösungsansätze

DI Michael Reisenbichler

AEE Intec, Gleisdorf

DI Gerald Maier

Smart Minerals GmbH, Wien

Großwärmespeicher aus Beton – Herausforderungen und Lösungsansätze

DI Gerald Maier

Smart Minerals GmbH; Franz Grill Straße 9, A-1030 Wien

maier@smartminerals.at

www.smartminerals.at

DI Michael Reisenbichler

AEE - Institut für Nachhaltige Technologien; Feldgasse 19, A-8200 Gleisdorf

m.reisenbichler@aee.at

www.aee-intec.at

Zukünftig werden Großwärmespeicher als Teil von Fernwärmenetzen zur Erreichung einer vollständigen erneuerbaren Wärmeversorgung von Städten eine zentrale Rolle einnehmen. Großwärmespeicher ermöglichen die saisonale Speicherung erneuerbarer Wärme als auch die flexible Wärmespeicherung von industrieller Abwärme oder Power2Heat-Konzepten. Kleinere Fernwärmeversorgungssysteme in Österreich benötigen Speichervolumina von rund 50.000 m³, größere städtische hingegen Volumina von einer Million Kubikmeter und mehr. Kosteneffizienz und eine effiziente Einbindung bedingen hohe Energiespeicherdichten, welche durch hohe Speichertemperaturen erreicht werden, was zu zusätzlichen Materialbelastungen führt. Dies zusammen mit gestiegenen Anforderungen an Dampfdurchlässigkeit, Wartbarkeit und Haltbarkeit verlangt nach neuen Materialien und Komponenten sowie nach verbesserten Haltbarkeitstestmethoden. Die angedachte enorme Größe der Speicher und die nötige tiefe Bauweise erfordern zudem neue Bauverfahren.

Großwärmespeicher – Ein Weg zur vollständigen erneuerbaren Wärmeversorgung von Städten

Hintergrund und Rahmenbedingungen

Eine sichere, zuverlässige und saubere Energieversorgung mit einem hohen Anteil an erneuerbaren Energieformen ist und bleibt eine der Herausforderungen unserer und zukünftiger Generationen. Da der Großteil der Bevölkerung im urbanen Bereich bzw. Städten lebt, ein Trend der sich laut Prognosen fortsetzen wird, muss die Thematik der urbanen Energieversorgung einen wesentlichen Platz in unseren energie- und umweltstrategischen Überlegungen einnehmen. In Österreich sind Fernwärmenetze ein probates Mittel, um in Städten und Siedlungsgebieten thermische Energie bereit zu stellen. Prinzipiell sind erneuerbare Quellen, wie beispielsweise Sonnen- oder Windenergie, ausreichend vorhanden. Ein Hindernis für eine direkte Integration erneuerbarer Energie in unsere Versorgungssysteme stellt jedoch die meist zeitliche Verschiebung zwischen Angebot und Nachfrage dar, dessen Überwindung ausgereifte Speicherlösungen erfordert.

Großwärmespeicher, wie beispielsweise wassergefüllte Erdbeckenspeicher, als Teil von Fernwärmesystemen, stellen eine solche Lösung dar und ermöglichen die saisonale Speicherung erneuerbarer Wärme (z.B.: Solarthermie) als auch die kurzfristige und flexible Speicherung von Wärme aus beispielsweise Power2Heat-Konzepten (Stichwort: Sektorkopplung oder industrielle Abwärme).



Abbildung 1: Bisher größter existierender Großwärmespeicher, ein wassergefüllter Erdbeckenspeicher mit einem Speichervolumen von etwa 200.000 m³ in Vojens, Dänemark (Quelle: Arcon-Sunmark)

Großwärmespeicher wurden bisher erst in wenigen Ländern, wie zum Beispiel in Deutschland und vor allem in Dänemark, realisiert. Die Volumina der für kleine bis mittelgroße Fernwärmenetze konzipierten Speicher liegen dort bei nicht mehr als 200.000 m³. In Österreich sind hingegen für größere städtische Fernwärmeversorgungssysteme, wie etwa in Wien, Graz, Salzburg oder Linz, Speichervolumina von bis zu zwei Millionen Kubikmeter, also im Giga-

Liter Bereich erforderlich. Dies ist ein Volumen, das in etwa der Kubatur des Wiener Ernst-Happel-Stadions entspricht.

Das Streben nach möglichst großen Speichervolumina kann u.a. mit den sinkenden spezifischen Kosten mit zunehmender Speichergröße begründet werden. So liegen zurzeit die Investitionskosten von dänischen Großwärmespeichern bei 0,50 € pro Kilowattstunde Speicherkapazität (30 € pro Kubikmeter Speichervolumen) und machen Großwärmespeicher somit zu einer wirtschaftlich höchst attraktiven Lösung zur Speicherung von Energie [1].

giga_TES - giga-Scale Thermal Energy Storage for Renewable Districts

Die enorme Größe, die komplexe Bauweise als auch die umfassenden hydrogeologischen Rahmenbedingungen erfordern die Entwicklung neuartiger Konstruktionsmethoden, Bauverfahren sowie innovativer Materialien. Die dabei auftretenden breiten wissenschaftlichen und technologischen Herausforderungen und das fundamentale Level einzelner Schritte der Material- und Technologieentwicklung bedürfen eines gezielten Forschungsvorhabens, an dem alle Hauptakteure der gesamten Wertschöpfungskette teilnehmen. Ein Konsortium bestehend aus Forschungs- und Industriepartnern konzentriert sich im österreichischen Leitprojekt „giga_TES“ (www.gigates.at) auf die Ent-

wicklung von derartigen Großwärmespeichern als Teil von Fernwärmenetzen zur Versorgung von Städten mit erneuerbarer Energie.

Bautechnische Herausforderungen

Neben vielen anderen technischen Herausforderungen, wie z. B. die Einbindung des Speichers in bestehende Fernwärmesysteme, spielen v.a. die bautechnischen Herausforderungen eine besondere Rolle.

- Die Einbindung des Speichers in bestehende Fernwärmenetze bedingt einen Standort in der Nähe städtischer Siedlungen. Hohe Grundstückskosten verlangen dabei nach einem geringen Flächenverbrauch des Speichers. Das Ziel ist es daher den Speicher möglichst tief zu bauen und somit den Flächenverbrauch zu minimieren. Derzeitige Konzepte zur Konstruktion des Speichers gehen von einer maximal technisch verwirklichtbaren Speichertiefe von 50 m aus.
- Die großen Volumina von bis zu 2.000.000 m³ bei gleichzeitiger Minimierung der Oberfläche und damit der Wärmeverluste des Speichers sind nur mit bestimmten Geometrien erzielbar. Derzeit wird von einer Konstruktion als Pyramidenstumpf oder als Zylinder ausgegangen.
- Die Grundwasserverhältnisse spielen bei Bau und Betrieb des Speichers eine große Rolle und bedürfen Überlegungen zur Wasserhaltung während der Bau- und Betriebsphase.
- Die hohen geplanten Temperaturen des Speichermediums Wasser von bis zu 95 °C stellen sowohl an die innenliegenden Abdichtungsebenen (z.B. PE-Liner) als auch an die Außenhülle, bestehend aus Beton und Dämmung, hohe Anforderungen bezüglich der Dauerhaftigkeit und den Alterungserscheinungen des Wandaufbaus.
- Aufgrund der Nähe zu städtischen Gebieten und zur Erhöhung der allgemeinen Akzeptanz des Bauwerks soll der wärmedämmende Deckel des Speichers für die Allgemeinheit nutzbar sein. Dies bedingt aufgrund hoher Nutzlasten eine schwere Konstruktion des schwimmenden oder freitragenden Deckels.

Beton und Wandaufbau

Das Ziel des Projektes ist es geeignete Betonsorten in Abhängigkeit des Bauteils (Bodenplatte, Wand, Deckel) unter Beachtung der notwendigen Druckfestigkeiten, der Wärmeleitfähigkeit sowie der Heißwasserundurchlässigkeit zu definieren. Werden die Anforderungen an den Beton und Wandaufbau gesamt betrachtet ergibt sich folgendes Bild:

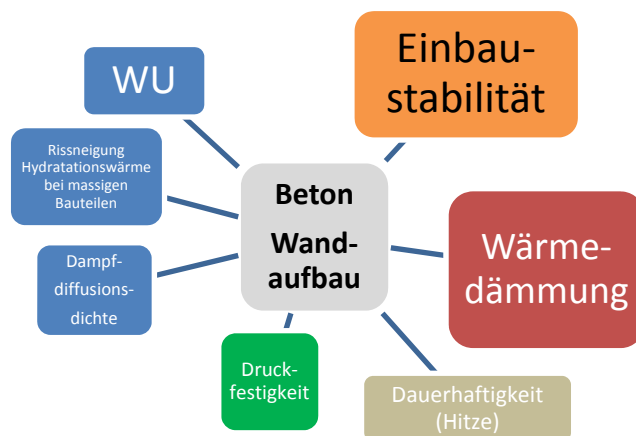


Abbildung 2: Anforderungen an Beton und Wandaufbau

Generell steigt die Wärmeleitfähigkeit eines Materials mit seiner Dichte. Da aber die Wasserundurchlässigkeit bzw. Mediumsdichtigkeit von Beton als heterogener Baustoff unter anderem über ein möglichst dichtes Gefüge der einzelnen Bestandteile erreicht wird, können wasserundurchlässige und wärmedämmende Eigenschaften nur in Form einer zweischaligen Bauweise realisiert werden.

Während die Auswirkungen von kurzfristig hohen Temperaturen auf Beton, z.B. während eines Brandes, gut untersucht sind (siehe z.B. [2]), fehlen die Erfahrungen für die Langzeiteinwirkung von Heißwasser unter hydraulischem Druck. Ziel ist es daher, in Frage kommende Betone für die Innenschale zu charakterisieren und die Langzeitauswirkungen von Heißwasser auf Beton zu untersuchen.

Zur Minimierung der Wärmeverluste muss der Behälter teilweise bzw. vollständig gedämmt werden. Im Bereich der Dämmung sind daher Weiterentwicklungen notwendig, da insbesondere im Bereich der Bodenplatte Drücke von bis zu 5 bar und Temperaturen von rund 95 °C für herkömmliche Dämmmaterialien nicht geeignet sind. Hier gilt es mit mineralischen Dämmungen (z.B. Glaschaum, Schaumbeton oder Leichtbeton) die Verbindung zwischen moderater Druckfestigkeit, guter Wärmebeständigkeit bis 95 °C, bei gleichzeitig hohen Dämmleistungen zu schaffen.

Im Rahmen des Projektes „giga_TES“ sollen für all diese Herausforderungen Lösungskonzepte entwickelt werden, damit zukünftig im Bereich Großwärmespeicher österreichische Unternehmen eine nationale sowie internationale Vorreiterrolle in Europa einnehmen können.

*** Hinweis Klima- und Energiefonds***

Das Projekt „giga_TES“ wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms „Energieforschung (e!MISSION) - 3. Ausschreibung Energieforschung 2016“ durchgeführt.



Literatur

- [1] Baerbel Epp, „Seasonal pit heat storage: Cost benchmark of 30 EUR/m³ | Solarthermalworld.org“, www.solarthermalworld.org/, 17. Mai 2019, <https://www.solarthermalworld.org/news/seasonal-pit-heat-storage-cost-benchmark-30-eurm3>
- [2] Zeiml, M. et. al.: Wissenschaftlicher Endbericht Forschungsprojekt Sicherheit von Hohlrumbauteilen unter Feuerlast (SHF1), IMWS 2010