



NAOH-SPEICHER FÜR SAISONALE WÄRMESPEICHERUNG

Jahresbericht 2008

Autor und Koautoren	Robert Weber
beauftragte Institution	Empa, Abt. Gebäudetechnologien
Adresse	Überlandstrasse 129, 8600 Dübendorf
Telefon, E-mail, Internetadresse	044 823 43 38, robert.weber@empa.ch , www.empa.ch
BFE Projekt-/Vertrag-Nummer	152614
BFE-Projektleiter	Jean-Christophe Hadorn
Dauer des Projekts (von – bis)	1. März 2007 – 15. Januar 2010
Datum	16. Dezember 2008

ZUSAMMENFASSUNG

Im Projekt „NaOH Speicher für saisonale Speicherung“ soll ein Wärmespeicher entwickelt werden, welcher eine hohe Speicherdichte aufweist und dessen Speicherverluste nur beim Laden bzw. Entladen des Speichers auftreten. Dieses Ziel soll erreicht werden, indem anstelle einer sensiblen Wärmespeicherung ein Speichersystem mit Sorptionsprozess verwendet wird. Die Funktionsweise ist ähnlich der einer Sorptionswärmepumpe mit Natronlauge und Wasser als Arbeitsmedium, im Unterschied zur Wärmepumpe werden die entstehenden Zwischenprodukte aber gespeichert. Diese Speichersysteme sollen in Wohngebäuden, die nach dem Minergie bzw. Minergie-P Standard gebaut werden, eine 100% solare Wärme- und Brauchwarmwasserversorgung ermöglichen.

Vor Projektbeginn wurden theoretische Arbeiten durchgeführt, in denen die Betriebsbedingungen ermittelt und die spezifische Wärmedichte des Speichers abgeschätzt wurden. Bei einer Entnahmetemperatur von 70°C kann mit einer 3-fach höheren Speicherdichte als bei einem Wasserspeicher gerechnet werden und bei einer Entnahmetemperatur von 40°C mit einer 6-fach höheren Speicherdichte. Bei diesen Abschätzungen wurde auch eine Sicherheit mit einkalkuliert, um unbekannte Effekte zu berücksichtigen.

Ein Laborprototyp wurde aufgebaut. Im Herbst 2006 wurden erste Versuche mit dem Prototypen durchgeführt. Diese zeigten beim Ladezyklus bessere Resultate als die Berechnung mit den einkalkulierten Sicherheiten erwarten liessen. Nach diesen ersten Versuchen wurde der Prototyp geringfügig umgebaut. Es wurde die Leitungsführung geändert und zusätzliche Isolationen eingebaut. Um die Korrosion der Silikonschläuche zu umgehen, wurden solche aus Viton® eingebaut. Das Abdichten der Anlage war schwierig und zeitintensiv, da die Natronlauge nicht aus den Tanks entfernt werden konnte.

Bei weiteren Tests konnte gezeigt werden, dass die Kristallisation der Natronlauge ein nicht zu unterschätzendes Problem ist. Die betroffenen Leitungen und Ventile wurden mit zusätzlichen Heizbändern nachgerüstet und besser isoliert. Ebenso musste der Tank mit der hochkonzentrierten Lauge mit einer Bodenheizung nachgerüstet werden.

In diesem Jahr erschienen in verschiedenen Fachzeitschriften Artikel zum NaOH – Speicher.

Projektziele

Ziel dieses F+E Projektes ist die Entwicklung einer Speicherkonstruktion, welche in Passiv- und Minergiebauten zur saisonalen Speicherung von solarer Wärme eingesetzt werden kann. Obwohl der Heizbedarf in solchen Bauten vergleichsweise gering ist, benötigen konventionelle Wasserspeicher für den monovalenten Betrieb noch erhebliche Speichervolumina (bis zu 15m³ je nach geographischer Lage und Gebäudegrösse für ein Passivhaus nach PHPP 2003 [1]). Mit dem vorgeschlagenen Natronlaugenspeicher kann theoretisch für die Brauchwarmwassererwärmung eine bis zu 3fach und für die Heizwassererwärmung eine bis zu 6fach höhere Speicherdichte erreicht werden (bei einer berechneten Austreibertemperatur von ca. 150° C). Dies entspricht einem Volumen von ca. 5m³ (inklusive der benötigten Wärmetauscher). Damit ist es möglich, den gesamten Heizwärme- und Brauchwarmwasserbedarf in Passiv- und Minergiewohngebäuden solar bereitzustellen.

Ziele für das Jahr 2008:

- Demonstration der Funktionsfähigkeit der 1. Stufe des Speichersystems.
- Planen, Aufbau und Inbetriebnahme der 2. Stufe des Speichersystems.
- Entwicklung des mathematischen Speichermodells für TRNSYS - Simulationen
- Simulationen für den IEA SHC Task 32

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Leider konnten aufgrund personeller Engpässe im letzten und am Anfang von diesem Jahr nicht alle Ziele erreicht werden. Zudem dauerten die Arbeiten zur Abdichtung des Systems erheblich länger als vorgesehen.

Demonstration der Funktionsfähigkeit der 1. Stufe des Speichersystems.

Nachdem im letzten Jahr gewisse Modifikationen am Prototyp durchgeführt wurden, musste dieser wieder abgedichtet werden. Diese Aufgabe erwies sich schwieriger als erwartet. Im unbelasteten Zustand war das gesamte System brauchbar dicht (Leckrate < 1.0 E-5 mbar l/s). Die eingesetzten Viton Schläuche wurden aber undicht, sobald gekühlt wurde. Dadurch wurde dem System Kühlwasser zugeführt, welches die Resultate von den durchgeführten Versuchen unbrauchbar machte. Die weiteren Abdichtungsarbeiten waren zeitaufwändig, nicht zuletzt auch wegen der immer noch vorhandenen Natronlauge im System.

Bei diesen Versuchen wurde zudem schnell klar, dass die Probleme durch Kristallisation immer noch nicht fertig gelöst sind, trotz zusätzlicher Heizbänder an den Leitungen. Um trotzdem zu Resultaten zu kommen, wurden die weiteren Experimente mit niedrigeren Konzentrationen durchgeführt. Es wurden jeweils Teile des Lade- und Entladezyklus getestet. Prinzipiell konnte gezeigt werden, dass das System funktioniert.

Allerdings wurde noch kein gesamter Zyklus mit hohen Laugenkonzentrationen durchgeführt. Wenn Kristallisation auftritt, müssen die Leitungen meistens geöffnet und gereinigt werden. Bei diesen Arbeiten (trennen der Leitungen) wurden die Oberflächen der verwendeten Leitungsdichtungen, welche aus einer Kombination von Viton und Edelstahl bestehen, fürs Auge unsichtbar zerstört. Dies führte ebenfalls zu Dichtigkeitsproblemen. Um diese zu verhindern, wurden Dichtungen aus Teflon ausprobiert, was sich aber nicht bewährte.

An dieser Stelle darf nicht unerwähnt bleiben, dass diese Dichtigkeitsprobleme Prototyp-spezifisch sind. Diese Dichtungen werden jetzt benötigt, um einfache Änderungen am System durchführen zu können. Dies wird bei einer endgültigen Version nicht mehr nötig sein, die Leitungen können dann verschweisst werden.

Gegenwärtig werden Modifikationen vorgenommen, um die unerwünschte Kristallisation zu verhindern.

Planen, Aufbau und Inbetriebnahme der 2. Stufe des Speichersystems

Die Planung der 2. Stufe wurde praktisch abgeschlossen. Es sind noch einige Fragen zum Wärmetauscher zu klären. Bevor aber der Aufbau der 2. Stufe erfolgt, soll mit dem Prototyp ein kompletter Zyklus mit hoher Natronlaugenkonzentration durchgeführt werden. Die Erfahrung zeigt, dass es Überraschungen geben kann. Diese müssen gegebenenfalls im Aufbau der zweiten Stufe berücksichtigt werden.

Entwicklung des mathematischen Speichermodells für TRNSYS – Simulationen

Um die Anforderungen an den Speicher und die zusätzliche Komponenten wie Solarkollektoren und Erdwärmetauscher zu ermitteln, sind TRNSYS Simulationen geplant. Diese sollen auch Hinweise liefern, wo am Speicher selber noch Optimierungspotenzial vorliegt. Um diese Simulationen durchzuführen, wurde ein mathematisches Modell entwickelt werden, welches nicht nur auf Übertragungsfunktionen sondern vor allem auch auf physikalischen Überlegungen beruht. Da nicht alle Grössen mit geschlossenen Formeln errechnet werden können, sind Messreihen erforderlich (wie z.B. Verdampfungs- oder Absorptionsgeschwindigkeit von Wasserdampf von der Lauge bei verschiedenen Drücken und Temperaturen). Es konnten noch nicht alle Messungen durchgeführt werden. Bereits jetzt hat es sich aber gezeigt, dass das Modell Zustände mit hohen Temperaturen nur ungenau berechnen kann. Zudem sind dynamische Vorgänge (Zustandswechsel) zur Zeit noch sehr rudimentär berücksichtigt.

Simulationen für den IEA SHC Task 32

Da das mathematische Modell (Type) bis zum Ende von Task 32 nicht fertig gestellt werden konnte, sind auch die Simulation für den IEA Task 32 nicht durchgeführt worden. Sobald der Type mit einer genügenden Genauigkeit arbeitet, sollen diese Simulationen aber noch nachgeholt werden.

Publikationen, Vorträge

Für die Zeitschrift „Vacuum“ wurde ein Übersichtsartikel über die verschiedenen Speichermöglichkeiten von Wärme mit Hilfe von Sorptionstechnologien verfasst [2].

In der Fachpresse [3][4][5] und am Statusseminar 2008 [6] wurden die Arbeiten zum Speicher vorgestellt.

Nationale Zusammenarbeit

Zur Zeit gibt es keine engere Zusammenarbeit mit anderen nationalen Instituten.

Internationale Zusammenarbeit

Der IEA SHC Tasks 32, „Advanced Storage Concepts for Solar Buildings“ ist beendet. Unter der Leitung von ECN wurde ein Nachfolge-Task definiert. Das Definition Meeting fand am 10. - 11. April 2008 in Petten statt und wurde besucht. Der neue Task ist ein Joint Task mit IEA ECES und wurde als Task/Annex 4224 „Compact Thermal Energy Storage – Material Development and System Integration“ durch die Excos bereits bewilligt. Eine Mitarbeit in diesem Task ist vorgesehen.

Bewertung 2008 und Ausblick 2009

Der Prototyp wurde umgebaut und weitere Tests wurden absolviert. Prinzipiell konnte gezeigt werden, dass das System funktioniert. Vor allem für die Dichtheit der Anlage und für die Verhinderung von Kristallisation wurde erheblich Zeit investiert. Dies Arbeiten werden im neuen Jahr fortgesetzt werden.

Ein mathematisches Modell für TRNSYS- Simulationen wurde erstellt, ist aber noch nicht genau genug für die vorgesehenen weitergehenden Simulationen. Das Modell muss noch verfeinert und mit weiteren Messwerten kalibriert werden.

Die Planung der zweiten Stufe ist weit fortgeschritten. Im neuen Jahr soll diese aufgebaut werden.

Referenzen

- [1] Feist W. et al: **Passivhausprojektierungspaket 2003**, Passivhausinstitut Darmstadt, Juni 2003
- [2] Weber R., Dorer V.: **Long-term heat storage with NaOH**, doi:10.1016/j.vacuum.2007.10.018, Vacuum, Accepted
- [3] Wellstein J.: **Suche nach Materialien**, Erneuerbare Energien, 4/2008
- [4] Grupp R.: **Wärme thermochemisch speichern**, CCI, 09/2008
- [5] Wellstein J.: **Mit Natronlauge die Sonne speichern**, Haustech, 11/2008, Chemische Rundschau, 11/2008, Schweizer Energiefachbuch 2009. pp. 187
- [6] Weber R.: **Saisonale Wärmespeicherung mit NaOH**, 15. Statusseminar Sept. 2008, ETH Zürich, Proceeding pp. 463