Zeitschrift: Tec21
Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Band: 141 (2015)
Heft: 47: Thermische Energiespeicher

Artikel: Langzeitlösung
Autor: Fumey, Benjamin
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-595577

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

CHEMISCHE SPEICHER

Langzeitlösung

Die Sorptionswärmespeicherung, eine Unterklasse der thermochemischen Speicherung, verhindert Verluste während der Speicherdauer. Sie ist eine gute Wahl für grosse Zeiträume. Ein Team der Empa und der Hochschule Rapperswil erforscht, wie dieser Ansatz praktisch umgesetzt werden kann.

Text: Benjamin Fumey et al.

Thermochemische Speicher basierend auf dem Sorptionsprinzip haben das Potenzial zu einer hohen Energiedichte von bis zu 400 kWh/m³. Sie leiden nicht unter stetigem Wärmeverlust und haben eine deutlich höhere Formfreiheit als herkömmliche Wasserspeicher. Mögliche Einsatzbereiche beinhalten Ein- bis Mehrfamilienhäuser, aber auch ganze Areale, Wärmenetze und Energy Hubs. Dabei entsteht die Möglichkeit, einen solaren Deckungsgrad für Raumwärme und Brauchwarmwasser von bis zu 100 % zu erreichen. Der Speicherstandort im Wohngebäude oder auch ausserhalb in einem separaten Gebäude oder Keller ist frei wählbar.

An der Empa (Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt in Dübendorf) wird seit 2002 an der Forschung und Entwicklung der absorptionsbasierten Wärmespeicherung gearbeitet. In der Absorptionswärmespeicherung wird Energie im flüssigen Absorptionsmedium mittels thermischer Trennung von Absorbent und Absorbat gespeichert.[1,2] Dabei wird die Energie nicht als sensible Wärme gespeichert, sondern als ein Potenzial, mit dem Wärme zurückgewonnen wird. Anhand der Abbildungen auf der nächsten Seite soll das Funktionsprinzip visualisiert werden. Das Verfahren funktioniert ähnlich wie eine Absorptionswärmepumpe, ergänzt aber durch das Speichern des flüssigen Sorptionsmediums im getrennten (geladenen) und kombinierten (entladenen) Zustand.[3] Das an der Empa verwendete Absorptionsmedium ist flüssige Natronlauge, das Absorbat ist Wasser. Diese Art Speicher benötigt keine thermische Isolation, da keine sensible Wärme gespeichert wird. Verluste entstehen lediglich beim Lade- und Entladevorgang. Somit zeigt dieses Verfahren ein hohes Potenzial für saisonale Wärmespeicherung. Der Lade- und Entladeprozess findet in einem geschlossenen Behälter unter Wasserdampfatmosphäre bei einem Druck unterhalb des Umgebungsdrucks statt. Ein grosser Vorteil bei Absorptionsverfahren mit flüssigen Medien ist die Möglichkeit, diese zu pumpen. So sind Speicher und Lade- und Entladeeinheit unabhängig und können örtlich getrennt werden. Daraus folgt, dass auch Leistung und Speicherkapazität voneinander unabhängig sind; eine Kapazitätssteigerung benötigt lediglich weitere Speichertanks.

Nicht vernachlässigt werden dürfen die Abhängigkeiten der vom Absorptionsspeicher abgegebenen Temperatur und der Speicherwärmekapazität vom

Glossar

Thermochemische Speicher: speichern Wärme durch endotherme Reaktionen und geben sie durch exotherme Reaktionen wieder ab. Es wird keine sensible (spürbare) Wärme gespeichert.

Absorptionswärmespeicher: Unterklasse der thermochemischen Speicher, basiert auf dem Absorptionsverfahren.

Sorption: ist eine Sammelbezeichnung für Prozesse, die zu einer Anreicherung eines Stoffs innerhalb einer Phase (Absorption = Einlagerung) oder auf einer Grenzfläche zwischen zwei Phasen (Adsorption = Anlagerung) führen.

Absorption: Prozess der Anreicherung innerhalb einer Phase. Im beschriebenen Fall wird Wasser von Natronlauge absorbiert. Dabei sinkt die Laugenkonzentration zu einer wässrigen alias armen Lösung.

Desorption: Umkehrprozess der Absorption oder Adsorption. Im beschriebenen Fall wird Wasserdampf thermisch aus der Natronlauge ausgetrieben. Dabei steigt die Laugenkonzentration zu einer reichen Lösung.

Absorbent: absorbierendes Medium, nimmt Absorbat auf. Im beschriebenen Fall konzentrierte Natronlauge.

Absorbat: absorbiertes Medium, wird in den Absorbent eingelagert. Im beschriebenen Fall Wasser.

Absorptionsmedium: Absorbent und Absorbat gemischt. Im beschriebenen Fall wässrige Natronlauge.

Natronlauge: bezeichnet Lösungen von Natriumhydroxid (NaOH) in Wasser. Natronlauge ist stark alkalisch.

Wasserdampfatmosphäre: abgeschlossenes System, in dem sich ausschliesslich gasförmiger Wasserdampf befindet.

Absorber: Anlageneinheit, in der das Absorbat in den Absorbent eingelagert wird, wobei Wärme freigegeben wird.

Desorber: Anlageneinheit, in der das Absorbat aus dem Absorbent mittels zugeführter Wärme ausgetrieben (desorbiert) wird.

Kondensator: Anlageneinheit, in der Wasserdampf mittels Abgabe der Verdampfungswärme verflüssigt wird.

Verdampfer: Anlageneinheit, in der flüssiges Wasser mittels Aufnahme der Verdampfungswärme verdampft wird.

Systemumfeld.[4] Beeinflussende Parameter sind die Natronlaugenkonzentration im geladenen Zustand, die Verdampfungstemperatur und die Temperatur des aufzuheizenden Heizwassers (z. B. Heizungsrücklauf).

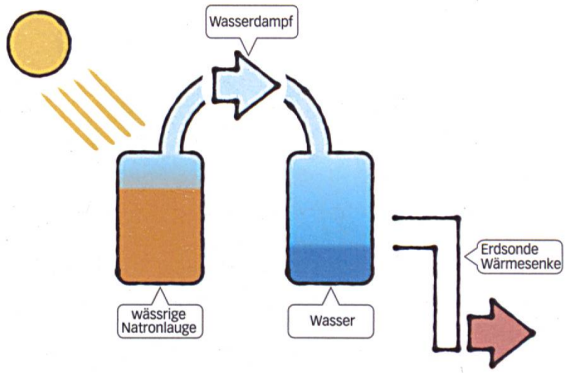
Die erreichbare Entladetemperatur wird durch die Konzentration der Natronlauge und die Verdampfungstemperatur bestimmt. Aus dem Diagramm in der Abbildung rechts unten ist ersichtlich, dass die zu erwartende Entladetemperatur von der Verdampfungstemperatur (TE_{out}), abhängig ist. So ist z. B. bei einer Verdampfungstemperatur von 10 °C und einer Laugenkonzentration von 50 % Natronhydroxid mit einer maximalen Entladetemperatur von 48 °C zu rechnen. Daraus kann abgeleitet werden, dass bei einer Laugenkonzentration von 50 % ein Temperaturhub von maximal 38 K erreicht werden kann. Da die Natronlauge bei Konzentrationen oberhalb von 50 % bei Raumtemperatur stark zur Kristallisation neigt[5], werden höhere Konzentrationen vermieden.

So gut wie fünf Wasserspeicher

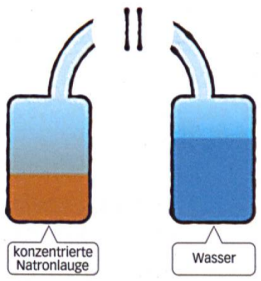
Die Speicherkapazität ist direkt abhängig von der Differenz der Natronlaugenkonzentration im geladenen bzw. entladenen Zustand. Die Energiedichte steigt, je stärker die Lauge beim Entladeprozess verdünnt werden kann. Der Verdünnungsgrad wiederum ist abhängig von der Temperaturdifferenz zwischen der Verdampfungstemperatur (TE_{out}) und der Entladetemperatur (z. B. vom Heizungsrücklauf). Liegt diese Temperaturdifferenz bei etwa 8 K, so kann die Lauge bis auf 25 % Natronhydroxid-Konzentration verdünnt werden. Bei ansteigender Temperaturdifferenz sinkt der Verdünnungsgrad und somit auch die Speicherkapazität. Bei der Verdünnung auf 25 % wird eine Energiedichte, bezogen auf das Volumen der verdünnten Lauge, von etwa 440 kWh/m³ erreicht. Das ist etwa der fünffache Energiegehalt von Wasser bei 95 °C. Es muss aber berücksichtigt werden, dass diese Angaben sich rein auf das Speichermedium beziehen und kein Volumen, das für Systemkomponenten benötigt wird, beinhalten. Die Energiedichte bezogen auf den real benötigten Raum ist dadurch um etwa 1/8 geringer.

Der Prototyp ist auch etwas sensibel

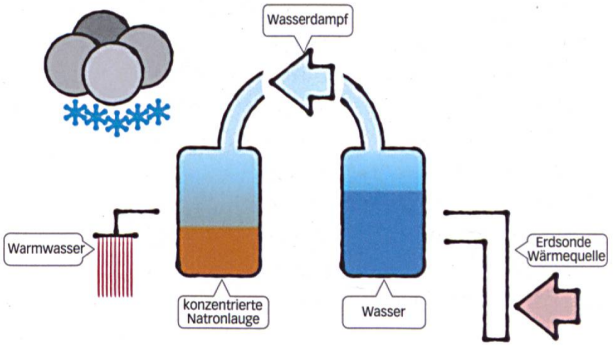
In Zusammenarbeit mit dem Institut für Solartechnik der Hochschule Rapperswil (HSR) wird an der Empa die Entwicklung solcher Speicheranlagen und deren Komponenten vorangetrieben. Dazu haben die Partner im Rahmen eines vom EU FP7[6] finanzierten Forschungsprojekts eine Prototypanlage gebaut. Die Fotos auf der nächsten Seite zeigen diese Anlage. Dabei wird ein Hybridsystemansatz verfolgt. Die Anlage verfügt über herkömmliche, sensible Warmwasserspeicher für die Tagesspeicherung und ein Sorptionsspeichersystem für die saisonale Speicherung. Der Tagesspeicher ermöglicht eine hohe Effizienz beim Laden und Entladen, hat aber auch hohe Verluste über die Speicherdauer. Der Sorptionsspeicher dagegen zeigt erhöhte Umwandlungs-



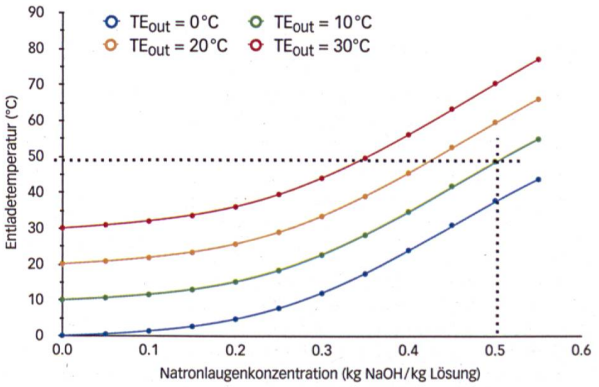
Ladevorgang: Durch solare Wärme wird Wasser aus der wässrigen Natronlauge verdampft. Der Wasserdampf wird wiederum kondensiert und die Wärme dem Erdreich mittels Erdsonde abgegeben.



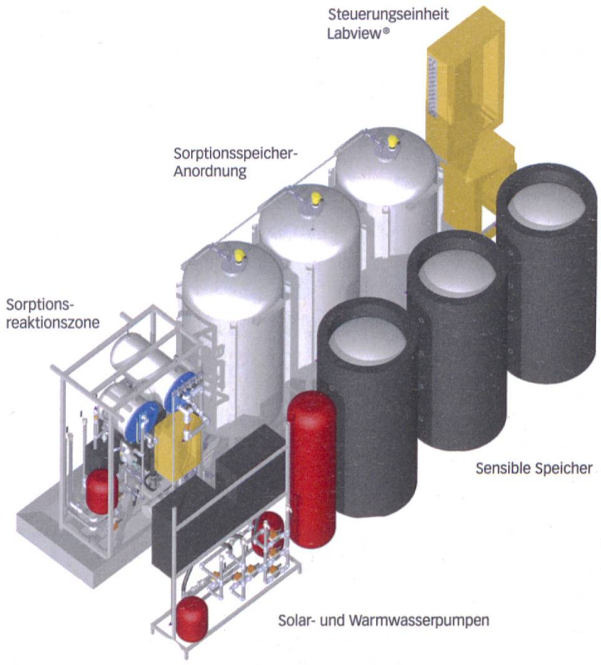
Speichersystem im geladenen Zustand: Das Vermischen von konzentrierter Natronlauge und Wasser wird verhindert.



Entladevorgang: Mittels Wärme aus der Erdsonde wird Wasser bei tiefer Temperatur verdampft. Dieser Wasserdampf wird von der Natronlauge absorbiert, wobei die Verdampfungsenthalpie freigegeben wird.



Die **Entladetemperatur** hängt von der **Verdampfungstemperatur** (Temperature Evaporator = TE_{out}) und der **Natronlaugenkonzentration** ab. Bei einer 50-%-igen Lösung und TE_{out} = 10 °C beträgt die Entladetemperatur 48 °C.



Systemaufbau: Auf dem CAD-Bild (ganz oben) und im realisierten Prototyp (oben) sind auf der linken Seite der Sorptionsspeicher und auf der rechten Seite der sensible Speicher aufgebaut.

Systemaufbau: Der Prototyp ist in einen Container eingebaut, auf dessen Dach Solarthermiekollektoren montiert sind.

verluste wegen des Temperaturabfalls vom Lade- zum Entladeprozess, dafür entstehen keine Verluste während der Speicherdauer. Der momentane Betriebsansatz ist folgender: Beim Ladevorgang wird immer zuerst der Tagesspeicher geladen. Überschüssige Wärme wird an den Sorptionswärmespeicher abgegeben. Zur Überbrückung von sonnenarmen Perioden wird auf den Sorptionswärmespeicher zurückgegriffen.

Eine technische Herausforderung bei der Entwicklung vom Sorptionsspeicher liegt in den hohen Anforderungen an die eingesetzten Komponenten und Werkstoffe. Weil sie in Kontakt mit hoch konzentrierter Natronlauge, einem stark ätzenden Medium, kommen, müssen sie chemisch stabil sein, und das bei Druckverhältnissen von 10 mbar bis 100 mbar absolut. Speziell auch der Absorptionsprozess als solcher (Wärmerückgewinnungsprozess) bietet grosse Herausforderungen. Die Absorption von Wasserdampf durch die Natronlauge findet gleichzeitig mit dem Wärmeabtransport (Erwärmen von Heizungswasser durch die warme Lauge) statt. Um eine hohe Effizienz zu erreichen, wird eine möglichst dünne, aber trotzdem gut deckende Laugenschicht auf dem Wärmetauscher angestrebt.

Die Sorptionswärmespeicherung hat das Potenzial für eine deutlich verbesserte Langzeitwärmespeicherung. In der aufgebauten Testanlage wird dieses Potenzial nun quantifiziert. Dabei werden die erreichbare Energiedichte, die Temperatur und die Energiebereitstellung der Absorptionsanlage getestet. Nächstes Ziel ist es, das optimale Zusammenspiel im Hybridsystem zu finden. •

Benjamin Fumey, El. Ing. FH, Wissenschaftlicher Mitarbeiter Empa, benjamin.fumey@empa.ch;

Anmerkungen

1 Edem N'Tsoukpoe K. et al.: A review on long-term sorption solar energy storage, Renewable and Sustainable Energy Reviews. 13 (2009) 2385–2396.

2 Hadorn J. C. et al.: Thermal energy storage for solar and low energy buildings – State of the art. IEA SHC Task 32 ISBN: 84-8409-877-X, 200

3 Weber R., Dorer V.: Long-term heat storage with NaOH. Vacuum 82 (2007), 708-716.

4 Fumey B., Weber R., Gantenbein P., Daguenet-Frick X., Hughes I., Dorer V.: Limitations imposed on energy density of sorption materials in seasonal thermal storage system. SHC 2014.

5 Liquid Caustic Soda – Solubility. PCH-1110-0007-W-EN, Solvay Chemicals International, Issue 1 October 2005.

6 Seventh Framework Programme for Research, Programm der EU zur Förderung von Forschung und Entwicklung, Laufzeit 2007–2013

Weitere am Text beteiligte Autoren:
Robert Weber, Empa, Urban Energy Systems Lab, Wissenschaftlicher Mitarbeiter; *Sascha Stoller,* Empa, NEST, Technischer Mitarbeiter; *Reto Fricker,* Empa, NEST, Technischer Mitarbeiter; *Paul Gantenbein,* Hochschule Rapperswil, Wissenschaftlicher Mitarbeiter; *Xavier Daguenet-Frick,* Hochschule Rapperswil, Wissenschaftlicher Mitarbeiter