

Kenngröße	Ausgewählter Speicher
Funktionsweise	Phasenwechselmaterialien anorganischer Struktur sind zur "latenten" Speicherung thermischer Energie im allgemeinen bei höherem Temperaturniveau geeignet. "Latent" bedeutet, dass sich die Temperatur des Speichermediums bei der Energiezu- oder Abfuhr nicht ändert. Im Falle der Energiezufuhr bedeutet das bei einem Reinstoff z. B. Schmelzen oder im Falle der Energieabgabe Erstarren.
TRL (Technology Readiness Level)	TRL 6
Schnelligkeit-Regel/Ansprechverhalten	mittel
Leistung	< 100 kW, max. 2,8 MW
Speicherkapazität	< 700 kWh, mobile Latentwärmespeicher bis 1.500 kWh / 55 - 120 kWh/m <sup>3</sup>
Spreizung (°C / Hoch- Mittel- Niederenthalpiespeicher)	305 °C / 100 °C / < 0°C
Leistungsdichte, volumetrische Speicherkapazität (optional)	abhängig vom Wärmeübertrager
Selbstentladung	nach Isolation, < 10 % /d
Wirkungsgrad	90 - 100 %
Kalendarische Lebensdauer	10 - 30 a
Zyklusfestigkeit	> 1.000
Investitions- und Betriebskosten	Material: 0 - 20 €/kWh, Wärmeübertrager + Peripherie: bis 1.000 €/kWh
Akzeptanz (soziale)	hoch
Ökol. Performance (CO <sub>2</sub> -Äquivalent, seltene Erden, ökol. Fußabdruck)	abhängig von Zyklenzahl, Kapazität
Recyclingfähigkeit	J: Wärmeübertrager und Material sind recyclingfähig
Absatz erwartet	30.114 TJ Wärmebedarf in Haushalten 2014: 1% entspricht 83 GWh/a
Inländische Wertschöpfung (Hersteller in Ö, Demoprojekte, Forschung)	k.A.
Rückspeisefähigkeit	N
Erzeugungsnähe (produktionsnahe)	J, Solar, Restwärme,..
Zielwert ausgewählter Kennzahlen zukünftig	Speicherdichte: > 120 kWh/m <sup>3</sup>
Temperaturbereich	-30 °C - 305 °C
Materialien	Salze werden für Hochenthalpiespeicher verwendet (> 250 °C), Salzhydrate für mittel- und niederenthalpe Speicher (< 250 °C)
Rohstoffe/Verfügbarkeit (nach Hauptelementen)	Durch die Nutzung von Salzen als PCMs sind keine Beschränkungen in der Verfügbarkeit zu erwarten.

KenngroÙe	Ausgewählter Speicher
Peripherie: (F&E Bedarf)	J, Wärmeübertrager
Infrastruktur (F&E Bedarf)	Verpackung des PCM, Korrosion, Wärmetransport vom Erzeuger zum Speicher
Problembereiche	thermische, chemische, physikalische, kinetische Materialeigenschaften, Wärmeübertragung PCM-Fluid
	<p>[1] P. Tatsidjodoung, N. Le Pierrès, and L. Luo, "A review of potential materials for thermal energy storage in building applications," <i>Renew. Sustain. Energy Rev.</i>, vol. 18, pp. 327–349, Feb. 2013.</p> <p>[2] A. Hauer and M. Reuß, <i>Wärmespeicher</i>, 5. ed. BINE Informationsbuch.</p> <p>[3] D. J. H. Dieckmann, "Latent heat storage in concrete," 2006.</p> <p>[4] J. Q. Sun, R. Y. Zhang, Z. P. Liu, and G. H. Lu, "Thermal reliability test of Al-34%Mg-6%Zn alloy as latent heat storage material and corrosion of metal with respect to thermal cycling," <i>Energy Convers. Manag.</i>, vol. 48, no. 2, pp. 619–624, 2007.</p>
Referenzen (Literaturquellen zu eingetragenen tech. Kennzahlen)	<p>[5] A. Sharma, V. V. V. Tyagi, C. R. R. Chen, and D. Buddhi, "Review on thermal energy storage with phase change materials and applications," <i>Renew. Sustain. Energy Rev.</i>, vol. 13, no. 2, pp. 318–345, 2009.</p> <p>[6] S. D. Sharma and K. Sagara, "Latent heat storage materials and systems: A review," <i>Int. J. Green Energy</i>, vol. 2, pp. 1–56, 2005.</p> <p>[7] P. Moreno, L. Miró, A. Solé, C. Barreneche, C. Solé, I. Martorell, and L. F. Cabeza, "Corrosion of metal and metal alloy containers in contact with phase change materials (PCM) for potential heating and cooling applications," <i>Appl. Energy</i>, vol. 125, pp. 238–245, 2014.</p> <p>[8] A. García-Romero, G. Diarce, J. Ibarretxe, A. Urresti, and J. M. Sala, "Influence of the experimental conditions on the subcooling of Glauber's salt when used as PCM," <i>Sol. Energy Mater. Sol. Cells</i>, vol. 102, pp. 189–195, Jul. 2012.</p>

Kenngröße	Ausgewählter Speicher
	<p>[9] G. A. Lane, Solar heat storage: Latent heat Material, Volume I: Background and Scientific Principles. 1983.</p> <p>[10] A. Abhat, "Low temperature latent heat thermal energy storage: Heat storage materials," Solar Energy, vol. 30, no. 4. pp. 313–332, 1983.</p> <p>[11] S. Hoffmann, "Numerische und experimentelle Untersuchung von Phasenübergangsmaterialien zur Reduktion hoher sommerlicher Raumtemperaturen," Bauhaus Universität weimar, 2006.</p> <p>[12] M. K. Rathod and J. Banerjee, "Thermal stability of phase change materials used in latent heat energy storage systems: A review," Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 18. pp. 246–258, 2013.</p> <p>[13] T. Nomura, N. Okinaka, and T. Akiyama, "Waste heat transportation system, using phase change material (PCM) from steelworks to chemical plant," Resour. Conserv. Recycl., vol. 54, no. 11, pp. 1000–1006, Sep. 2010.</p> <p>[14] M. Deckert, R. Scholz, S. Binder, and A. Hornung, "Economic Efficiency of Mobile Latent Heat Storages," Energy Procedia, vol. 46, pp. 171–177, 2014.</p> <p>[15] M. Kenisarin and K. Mahkamov, "Solar energy storage using phase change materials," Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 11, no. 9. pp. 1913–1965, 2007.</p> <p>[16] N. Soares, J. J. Costa, A. R. Gaspar, and P. Santos, "Review of passive PCM latent heat thermal energy storage systems towards buildings' energy efficiency," Energy Build., vol. 59, pp. 82–103, Apr. 2013.</p> <p>[17] S. E. Kalnæs and B. P. Jelle, "Phase Change Materials for Building Applications: A</p>

Kenngröße	Ausgewählter Speicher
	<p data-bbox="1025 240 2063 308">State-of-the-Art Review and Future Research Opportunities,” <i>Energy Build.</i>, vol. 94, pp. 150–176, Feb. 2015.</p> <p data-bbox="1025 352 2063 459">[18] A. Roberts, R. Brooks, and P. Shipway, “Internal combustion engine cold-start efficiency: A review of the problem, causes and potential solutions,” <i>Energy Convers. Manag.</i>, vol. 82, pp. 327–350, Jun. 2014.</p> <p data-bbox="1025 504 2063 611">[19] S. M. Shalaby, M. A. Bek, and A. A. El-Sebaili, “Solar dryers with PCM as energy storage medium: A review,” <i>Renew. Sustain. Energy Rev.</i>, vol. 33, pp. 110–116, May 2014.</p> <p data-bbox="1025 655 2063 762">[20] S. M. Shalaby and M. A. Bek, “Experimental investigation of a novel indirect solar dryer implementing PCM as energy storage medium,” <i>Energy Convers. Manag.</i>, vol. 83, pp. 1–8, Jul. 2014.</p> <p data-bbox="1025 807 2063 914">[21] H. M. Hoang, D. Leducq, R. Pérez-Masia, J. M. Lagaron, E. Gogou, P. Taoukis, and G. Alvarez, “Heat transfer study of submicro-encapsulated PCM plate for food packaging application,” <i>Int. J. Refrig.</i>, vol. 52, pp. 151–160, Apr. 2015.</p> <p data-bbox="1025 959 2063 1066">[22] W. G. Alshaer, S. A. Nada, M. A. Rady, E. P. Del Barrio, and A. Sommer, “Thermal management of electronic devices using carbon foam and PCM/nano-composite,” <i>Int. J. Therm. Sci.</i>, vol. 89, pp. 79–86, Mar. 2015.</p> <p data-bbox="1025 1110 2063 1182">[23] M. Schalles, T. Fröhlich, and J. Flügge, “PCM-shielding of precision measuring equipment by means of latent heat,” <i>Precis. Eng.</i>, vol. 42, pp. 80–84, Oct. 2015.</p> <p data-bbox="1301 1227 1794 1251">[24] <i>Protective Clothing</i>. Elsevier, 2014.</p> <p data-bbox="1025 1295 2063 1402">[25] W. Song, F. Wang, C. Zhang, and D. Lai, “On the improvement of thermal comfort of university students by using electrically and chemically heated clothing in a cold classroom environment,” <i>Build. Environ.</i>, Nov. 2015.</p>

KenngroÙe	Ausgewählter Speicher
	<p>[26] M. Aihua, L. Jie, L. Guiqing, and L. Yi, "Numerical simulation of multiscale heat and moisture transfer in the thermal smart clothing system," Appl. Math. Model., Oct. 2015.</p> <p>[27] J.-H. Budach, "Mobile Fernwärme," 2007 Kaarst, Germany. (<a href="http://www.umweltservice.graz.at/infos/geg3/budach-Mobiler-LWS_geg_V3_071023.pdf">http://www.umweltservice.graz.at/infos/geg3/budach-Mobiler-LWS_geg_V3_071023.pdf</a>)</p> <p>[28] A. Schneider, "Alfred Schneider GmbH," 1999. [Online]. Available: <a href="http://www.oocities.org/infotaxi/volksspeicher/">http://www.oocities.org/infotaxi/volksspeicher/</a>.</p> <p>[29] "Emco Bau- und Klimatechnik GmbH &amp; Co. KG." [Online]. Available: <a href="http://www.emco-klima.com/innovation-technik/emcocool-kuehldeckensysteme.html">http://www.emco-klima.com/innovation-technik/emcocool-kuehldeckensysteme.html</a>. [Accessed: 25-Nov-2015].</p> <p>[30] "BINE Informationsdienst - PCM-Konzepte für die Gebäudetechnik (Forts.)." [Online]. Available: <a href="http://www.bine.info/publikationen/themeninfos/publikation/latentwaermespeicher-in-gebaeuden/pcm-konzepte-fuer-die-gebaeudetechnik-forts/">http://www.bine.info/publikationen/themeninfos/publikation/latentwaermespeicher-in-gebaeuden/pcm-konzepte-fuer-die-gebaeudetechnik-forts/</a>.</p> <p>[31] "BINE Informationsdienst: PCM-Konzepte für die Gebäudetechnik." [Online]. Available: <a href="http://www.bine.info/publikationen/themeninfos/publikation/latentwaermespeicher-in-gebaeuden/pcm-konzepte-fuer-die-gebaeudetechnik/">http://www.bine.info/publikationen/themeninfos/publikation/latentwaermespeicher-in-gebaeuden/pcm-konzepte-fuer-die-gebaeudetechnik/</a>. [Accessed: 21-Nov-2015].</p> <p>[32] N. R. Jankowski and F. P. McCluskey, "A review of phase change materials for vehicle component thermal buffering," Appl. Energy, vol. 113, pp. 1525–1561, 2014.</p> <p>[33] "Latentwärmespeicher fürs Auto," Fa. Votex, Fa. Ritter Fahrzeugtechnik, Fa. Rubitherm. [Online]. Available: <a href="http://www.pflanzenoel-">http://www.pflanzenoel-</a></p>

Kenngröße	Ausgewählter Speicher
	<p data-bbox="1352 240 1738 268">auto.de/deutsch/node77.html.</p> <p data-bbox="1099 317 1991 381">[34] M. Kauffeld, M. J. Wang, V. Goldstein, and K. E. Kasza, "ICE SLURRY APPLICATIONS," <i>Int. J. Refrig.</i>, vol. 33, no. 8, pp. 1491–1505, Dec. 2010.</p> <p data-bbox="1068 429 2024 531">[35] "Warmhalteelemente - Rubitherm GmbH." [Online]. Available: <a href="http://www.rubitherm.eu/index.php/produktkategorie/makroverkaspelung-warmhalteelemente">http://www.rubitherm.eu/index.php/produktkategorie/makroverkaspelung-warmhalteelemente</a>.</p> <p data-bbox="1016 579 2074 681">[36] R. Kandasamy, X.-Q. Wang, and A. S. Mujumdar, "Transient cooling of electronics using phase change material (PCM)-based heat sinks," <i>Appl. Therm. Eng.</i>, vol. 28, no. 8–9, pp. 1047–1057, Jun. 2008.</p> <p data-bbox="1016 729 2074 798">[37] M. Jaworski and R. Doma, "A Novel Design of Heat Sink With Pcm for Electronics Cooling," <i>Components</i>, 2005.</p> <p data-bbox="1010 844 2074 983">[38] Y. Lu, F. Wei, D. Lai, W. Shi, F. Wang, C. Gao, and G. Song, "A novel personal cooling system (PCS) incorporated with phase change materials (PCMs) and ventilation fans: An investigation on its cooling efficiency," <i>J. Therm. Biol.</i>, vol. 52, pp. 137–46, Aug. 2015.</p> <p data-bbox="1010 1031 2074 1133">[39] Z. Kazemi and S. M. Mortazavi, "A new method of application of hydrated salts on textiles to achieve thermoregulating properties," <i>Thermochim. Acta</i>, vol. 589, pp. 56–62, Aug. 2014.</p> <p data-bbox="1025 1181 2063 1249">[40] Siegfried Lessing-Wenzel, "Energy efficiency reports: Der Latentspeicher-Tank," pp. 4–7, 2007.</p> <p data-bbox="1025 1297 2063 1324">[41] BINE Informationsdienst, "Latentwärmespeicher in Baustoffen," pp. 1–4, 2002.</p> <p data-bbox="1025 1372 2063 1399">[42] RUBITHERM and T. GmbH, "PCM-Warmhalteelemente: Gebrauchsanweisung."</p>

KenngroÙe	Ausgewählter Speicher
	<p>[43] T. Wada, R. Yamamoto, and Y. Matsuo, "Heat storage capacity of sodium acetate trihydrate during thermal cycling," Sol. Energy, vol. 33, no. 3–4, pp. 373–375, 1984.</p> <p>[44] S. Marks, "An investigation of the thermal energy storage capacity of Glauber's salt with respect to thermal cycling," Sol. Energy, vol. 25, no. 3, pp. 255–258, 1980.</p>