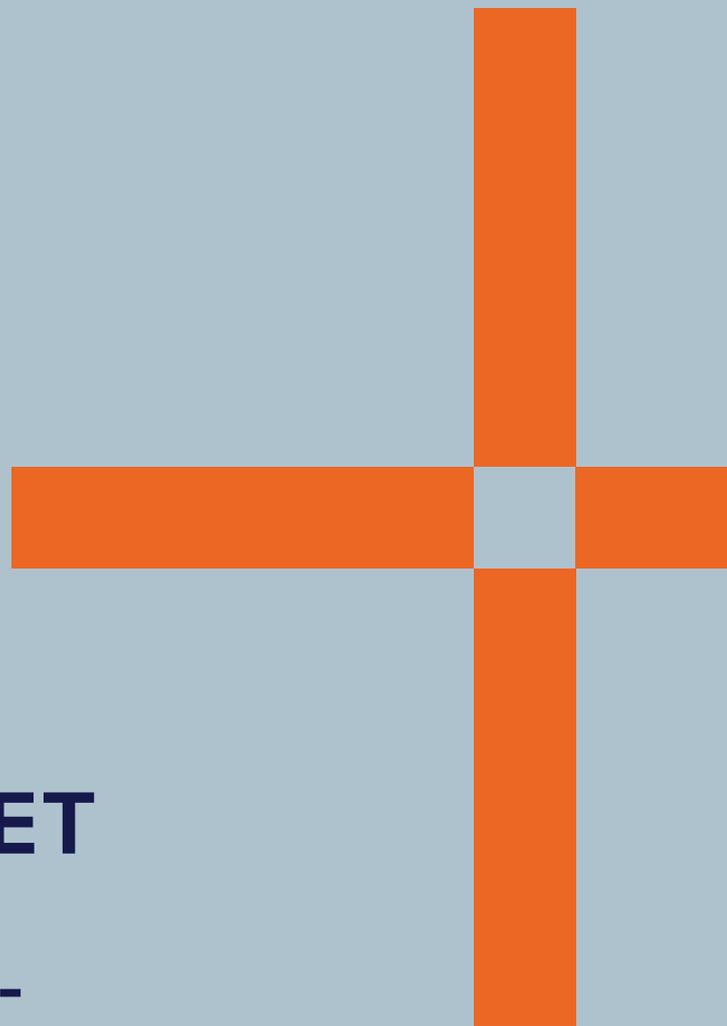


BVES FACTSHEET

HOCHTEMPERATUR- LATENTWÄRMESPEICHER

STAND JUNI 2021



1. ALLGEMEINE BESCHREIBUNG

1.1 FORM DER ENERGIEAUFNAHME UND -ABGABE:

Wärme zu Wärme

1.2 KURZBESCHREIBUNG DES SPEICHERPROZESSES

Latentwärmespeicher basieren auf der Änderung der inneren Energie, die bei einem Phasenwechsel des Speichermaterials innerhalb eines schmalen Temperaturintervalls auftritt. Dabei wird in der Regel der Übergang zwischen dem festen und dem flüssigen Zustand genutzt.

Ein Anwendungsschwerpunkt für Latentwärmespeicher für höhere Temperaturen sind Systeme, bei denen Wasserdampf als Arbeitsmedium eingesetzt wird und für die Ein- bzw. Ausspeicherung von Wärme Kondensations- bzw. Verdampfungsprozesse genutzt werden. Das Speichermaterial wird so gewählt,



Abbildung 1 Latentspeichermodule mit 700 kW Leistung, Speicherkapazität 1h. NaNO_3 als Speichermaterial, Phasenwechsel bei 305 °C

das der Phasenwechsel im Bereich der Siedetemperatur des Wasserdampfes liegt. In Abhängigkeit vom Arbeitsdruck werden daher Speichermaterialien mit Schmelztemperaturen im Bereich zwischen 150 °C bis etwa 330 °C benötigt. Aufgrund von Kostenaspekten werden häufig Nitratsalze bzw. eutektische Mischungen von Nitratsalzen in diesem Temperaturbereich als Latentspeichermaterialien gewählt. Bei der Entwicklung von Speichersystemen muss die niedrige Wärmeleitfähigkeit der Nitratsalze berücksichtigt werden. Hier wurden verschiedene Konzepte zur Gewährleistung einer ausreichend hohen Leistungsdichte betrachtet. Neben der Kapselung des Speichermaterials wurde auch die Einbettung in poröse Strukturen untersucht. Beim heutigen Stand der Technik wird ein Wärmeübertrager in das Speichermaterial eingebettet.

Während der Beladung strömt kondensierender Dampf durch den Wärmeübertrager, dessen Temperatur 5-10 K oberhalb der Schmelztemperatur des Speichermaterials liegt. Durch die Kondensationswärme wird das Speichermaterial aufgeschmolzen. Bei der Entladung wird der Druck des Wassers so abgesenkt, dass die Siedetemperatur etwa 5- 10 K unterhalb der Phasenwechseltemperatur des Speichermaterials liegt, die Erstarrungswärme wird für die Verdampfung genutzt. Bei der Entladung bildet das feste Speichermaterial eine stetig wachsende Schicht auf den wärmeübertragenden Flächen. Aufgrund der niedrigen Wärmeleitfähigkeit der Nitratsalze werden Wärmeübertrager mit flächenvergrößernden Strukturen eingesetzt, um eine ausreichend hohe Leistung des Speichersystems zu gewährleisten.

1.3 FOKUS AUF LEISTUNGS- ODER ENERGIEBEREITSTELLUNG

Hochtemperatur-Latentwärmespeicher werden häufig für die Bereitstellung von Energie ausgelegt. Bei Anwendung, in denen der Speicher die kurzfristige Verfügbarkeit von Reservekapazität gewährleisten soll, steht die Leistungsbereitstellung im Vordergrund.

1.4 GEEIGNETE ANWENDUNGSGEBIETE

Latentwärmespeicher eignen sich für die Integration in unterkritische Dampfkreisläufe. Für solarthermische Kraftwerke, bei denen im Absorbersystem Wasserdampf als Wärmeübertragungsmedium genutzt wird, wurden Latentwärmespeicher entwickelt, um eine zeitliche Entkopplung von der Solarstrahlung zu ermöglichen. Allgemein können Latentwärmespeicher für die Verbesserung der Dynamik von Dampfkraftwerken eingesetzt werden, Teillast- und Anfahrverluste können reduziert werden. In der Prozessindustrie ermöglichen Latentwärmespeicher eine Steigerung der Energieeffizienz durch eine verbesserte Nutzung von Abwärme. Hier können zeitliche Abweichungen zwischen der Verfügbarkeit und dem Bedarf an Abwärme ausgeglichen werden, Speicher können Schwankungen kompensieren und vereinfachen damit die Nutzung von Abwärme in Umwandlungsprozessen zur Erzeugung von Strom oder Kälte.

1.5 STAND DER ENTWICKLUNG / KOMMERZIELL VERFÜGBAR

Latentwärmespeicher mit integrierten Rippenrohrwärmeübertragern wurden mit unterschiedlichen Phasenwechseltemperaturen zwischen 140 °C und 305 °C aufgebaut und betrieben, der Leistungsbereich lag dabei zwischen 1-700 kW, die Kapazitäten im Stundenbereich. Die Technologie hat TRL7 erreicht.

1.6 FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

Nach der Demonstration der Funktionsfähigkeit liegt ein Schwerpunkt der aktuellen Entwicklungsarbeiten auf der wirtschaftlichen Optimierung der Latentwärmespeicher. Dabei steht die Optimierung der Geometrie des integrierten Wärmeübertragers in Abhängigkeit von anwendungsspezifischen Randbedingungen im Vordergrund. Daneben werden alternative Fertigungskonzepte für die Rippenrohre betrachtet. Außerdem werden weitere Materialien im Hinblick auf eine Eignung als PCM untersucht, um eine bessere Anpassung der Phasenwechseltemperatur an spezifische Anwendungen zu ermöglichen.

Aktive Latentwärmespeicher bilden einen weiteren Entwicklungsschwerpunkt. Ziel ist dabei die mechanische Entkopplung von Speichermaterial und Wärmeübertrager. Bei derartigen Systemen hängt die Größe des Wärmeübertragers nur von der Leistung ab, nicht jedoch von der Kapazität. Es ist die Abgabe einer konstanten Leistung möglich, die in einem weiten Bereich geregelt werden kann. Thermomechanische Spannung aufgrund der Volumenänderung werden vermieden, ein weiteres Ziel ist eine Kostensenkung gegenüber dem heutigen Stand der Technik. Für Anwendungen mit Speicherkapazitäten unterhalb von 1 MWh und Phasenwechseltemperaturen im Bereich von 500 °C werden auch metallische PCM wie beispielsweise Legierungen von Aluminium und Silizium betrachtet.

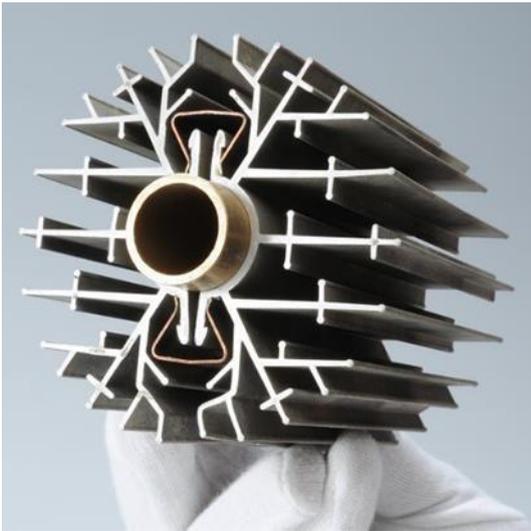


Abbildung 2: Rohrsegment mit axialen Rippelementen



Abbildung 3: Latentspeichermodul mit 100 kW, Beladung mit solar erzeugtem Dampf. Binäre Nitratsalzmischung als Speichermedium, Phasenwechsel bei 220 °C

2. RELEVANTE TECHNISCHE SPEZIFIKATIONEN

Spezifische Energiedichte	kWh/m³	kWh/t
	95,5	49
Spezifische Leistungsdichte	kW/m³	kW/t
	15-80	7,5-41
typische / realisierbare Speichergröße	kWh_{out}	kW_{out}
	100-500.000	100-100.000
Speicherdauer	1-8h	
Reaktionszeit	2-8 min	
Lebensdauer (maximal)	10.000 Zyklen	
Systemwirkungsgrad in %	/	
Speicherwirkungsgrad in %	98	
Verluste pro Zeit	0,5-2,5% pro Tag	

3. ÖKONOMISCHE SPEZIFIKATIONEN

Investitionskosten pro kW: 50 - 100 €

Investitionskosten pro kWh: 40 - 80 €

Betriebs- und Instandhaltungskosten (bezogen auf Invest /kW und kWh): <1% Investitionskosten Kosten für bereitgestellte Energie in konkreter Anwendung: Bisher nur F&E.

3.1 WEITERE INFORMATIONEN UNTER:

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., www.dlr.de