



BVES FACTSHEET SENSIBLER (WÄRME-) WASSERSPEICHER

STAND JUNI 2021

1. ALLGEMEINE BESCHREIBUNG

1.1 FORM DER ENERGIEAUFNAHME UND -ABGABE:

Wärme zu Wärme

1.2 KURZBESCHREIBUNG DES SPEICHERPROZESSES

Beim Laden des Speichers (Energiezufuhr) wird die Bewegungsenergie der Moleküle des Speichermaterials erhöht. Dies führt zu einer Temperaturerhöhung des Speicherinhaltes, bei der jedoch



kein Phasenübergang (z.B. fest-flüssig) stattfindet. Als Speichermaterial geeignet sind ungiftige und preiswerte Materialien mit einer hohen spezifischen Wärmekapazität c in $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$, bei der bereits eine geringe Temperaturerhöhung zu einer großen gespeicherten Wärmemenge Q in kJ oder Wh führt. Bei Wasser sind es mit $c_{20^\circ\text{C}} = 4,2 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ pro 1 Kilogramm Wasser und 1 Grad Celsius Temperaturerhöhung 4,2 kJ bzw. 1,17 Wh. Für einen 500 Liter Wasserspeicher und einer Temperaturerhöhung von 70 Grad Celsius (z. B. von 20 auf 90 °C) sind das 41 kWh gespeicherte Wärme bei 90 °C. Das Entladen (Energieentnahme) führt zum Abkühlen des Speicherinhaltes. Für Flüssigkeiten besteht eine temperaturabhängige Dichteänderung. Heißes Wasser ist leichter als kaltes. Somit bildet sich durch Auftriebskräfte eine thermische Schichtung im Speicher. Diese natürliche Schichtung sollte beim Laden und Entladen nicht durch Durchmischung zerstört werden, da sich ansonsten im Speicher eine tiefere Mitteltemperatur einstellt, die oft nicht ohne zusätzliche Nachheizung genutzt werden kann.

Abbildung 1: Am ZAE Bayern (BMU gefördertes Projekt 0325964 A) entwickelter bivalenter sensibler VSI-Wasserpufferspeicher (2-50 m³, vakuumpufferspeicher.de) der Fa. Hummelsberger mit patentiertem Schichtenlader und externen Wärmetauschern (nicht abgebildet).

1.3 SPEICHERSYSTEM

Grundsätzlich sind die Speichersysteme dahingehend zu unterscheiden, ob Heizungswasser oder direkt Brauchwarmwasser gespeichert werden soll. Eine Kombination daraus ist jedoch ebenfalls möglich siehe Abbildung 2. Bei Speichern für Brauchwarmwasser erfolgt das Be- und Entladen indirekt über einen im Speicher integrierten Wärmeübertrager. Diese meist aus Stahl gefertigten Wendelrohre erwärmen so über den Heizkreis oder die thermische Solaranlage das benötigte Brauchwarmwasser. Da das Warmwasser direkt bevorratet ist, sind aus Hygienegründen die Speicher aus Edelstahl oder nachträglich emailliertem Stahl gefertigt. Zudem muss aus Schutzgründen vor Legionellen der Speicherinhalt einmal am Tag auf min. 60 °C erwärmt werden.

Bei Speichern, die in das Heizsystem eingegliedert sind, kommen meist direkt Be- und Entladesysteme zum Einsatz. Typische Anwendungen sind Pufferspeicher in Holzheizsystemen, die mit einem zusätzlichen Wärmeübertrager für die thermische Solaranlage ausgestattet sind, siehe Abbildung 2 „Heizungspuffer“.

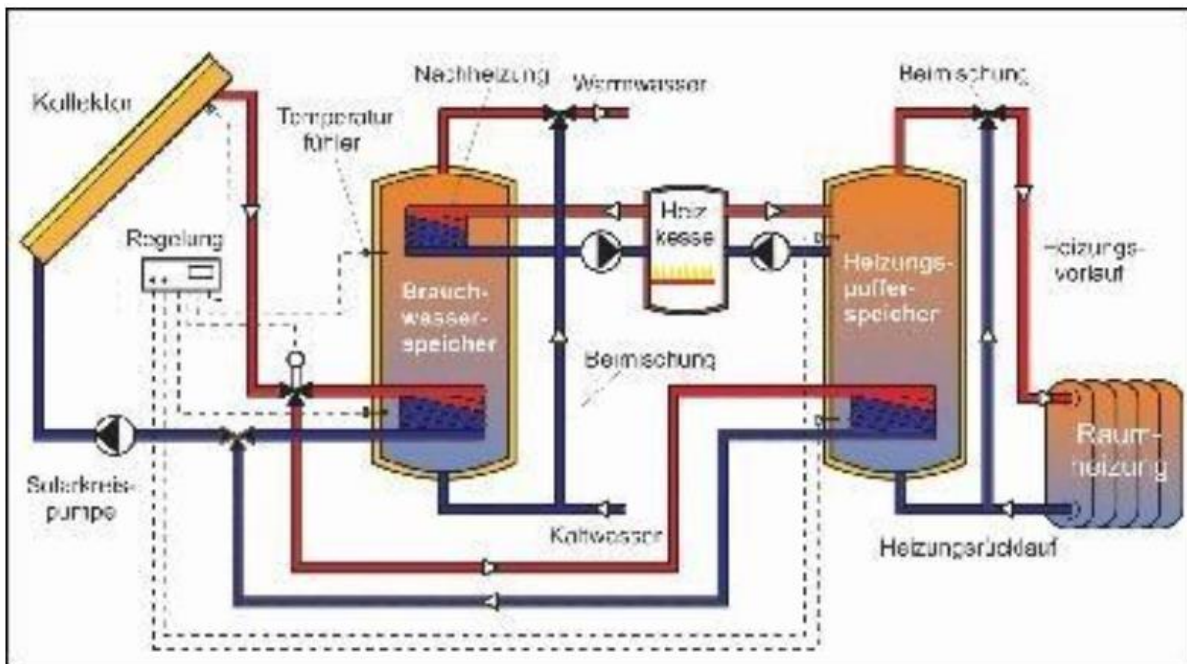


Abbildung 2 Bivalente sensible Zweiseicheranlage im Wohnbereich. Der Brauchwasserspeicher ist aus Edelstahl (typisch 200 l) und kleiner als der Pufferspeicher (typisch 1000 l). Beide Speicher werden indirekt beladen über Wärmetauscher, die durch metallische Rohrschlangen im Speicher-inneren realisiert sind. Grafik: Institut für Wärmetechnik und Thermodynamik (ITW) der Universität Stuttgart.

Es ist somit eine Beladung des Speichers aus mehreren Wärmequellen möglich. Der Brauchwarmwasserspeicher wird dann wieder indirekt über einen Wärmeübertrager versorgt. Da hier eine stoffliche Trennung zwischen Brauch- und Heizungswasser stattfindet, können die Pufferspeicher aus günstigerem Stahlblech gefertigt werden. Bei neueren Systemen entfällt meist der große Brauchwasserspeicher und wird durch kleinere Systeme wie Frischwasserstation, Kombispeicher (kleiner Brauchwasserspeicher im Heizungsspeicher) oder Hygienewendeln im Pufferspeicher ersetzt. Diese Systeme haben den Vorteil, dass das Brauchwasser nach Bedarf erzeugt wird und somit die Legionellen-Problematik umgangen wird. Bei diesen Systemen ist jedoch eine Aufrechterhaltung der thermischen Schichtung zwingend nötig, um immer genügend Energie im Speicher zu bevorraten. Sogenannte Schichtladeeinrichtungen sorgen dafür, dass das warme Heizungswasser an die benötigten Zonen im Speicher geleitet und durch die verringerten Strömungsgeschwindigkeiten eine Vermischung der thermischen Schichten so gut wie möglich vermieden wird. Damit wird verhindert, dass z. B. 70 °C heißes Wasser aus der Solaranlage mit 90 °C heißem Wasser im obersten Bereich des Speichers auf z. B. 80 °C vermischt wird.

Zur Erhaltung der Speichertemperatur, Temperaturschichtung und somit zur Reduktion von Wärmeverlusten sind sensible Speicher wärmedämmend. Dies geschieht bei kleineren Speichern im EFH (500-3000 Liter) durch 10-20 cm PU-Schaum oder Mineralwolle entsprechender Dicke. Bei großen saisonalen Nahwärmespeichern mit mehreren Tausend Kubikmetern Speichervolumen, die eine ganze Siedlung versorgen können (siehe Abbildung 3), erfolgt die Dämmung durch eine ca. 1 m dicke Schicht aus geeignetem Schüttmaterial, z. B. Perlit.



Abbildung 3: Vom ZAE Bayern entwickelter (BMU gefördertes Projekt 0329607G) saisonaler Nahwärmespeicher (6000 m³). Ladung durch Solarwärme mit 48% Deckungsgrad (3000 m² Kollektoren).

Typische Auskühlraten des Speichers im EFH-Bereich liegen bei einigen Grad Celsius pro Tag. Diese wird verringert, je größer die Wärmekapazität des Speichermediums und je kleiner das Oberflächen-zu-Volumenverhältnis sowie der Dämmwert (Wärmeleitfähigkeit im Verhältnis zur Dicke der Dämmung) ist. Am besten dämmen daher große und Vakuum-Super-Isolierte (VSI-) Speicher (vakuumpufferspeicher.de), siehe Abbildung 1. Die Temperatur fällt ca. 5-mal langsamer ab als bei konventionell gedämmten Speichern und ist somit ideal für eine langfristige Speicherung geeignet. Bei Dämmstoffen wie Mineralwolle kann Alterung und somit eine Verschlechterung der Dämmwirkung auftreten. Auf gute Montage und Vermeidung von Durchfeuchtung und Wärmebrücken ist zu achten. Kältespeicher sind aus diesem Grund meist mit einem geschlossen-porigen Dämmschaum thermisch isoliert, um bei einer Taupunktunterschreitung des Speichermediums keine Durchfeuchtung durch Kondensation an der Speicheroberfläche zuzulassen.

1.4 STANDORTVORAUSSETZUNGEN

Keine

1.5 FOKUS AUF LEISTUNGS- ODER ENERGIEBEREITSTELLUNG

Energie

1.6 GEEIGNETE ANWENDUNGSGEBIETE

mit Wasser bis 100°C (150°C bei Druckbeaufschlagung) Mit unterschiedlichem Speichermedium (z.B. Thermoöl bis 400°C, Dampf) universell geeignet.

1.7 STAND DER ENTWICKLUNG / KOMERZIELL VERFÜGBAR

mit Wasser als Speichermedium: fertige Produkte, kommerziell verfügbar. TRL: 9

2. RELEVANTE TECHNISCHE SPEZIFIKATIONEN

Spezifische Energiedichte	kWh/m³	kWh/t
	60-100	60-100
Spezifische Leistungsdichte	kW/m³	kW/t
	30-500	30-500
typische / realisierbare Speichergröße	MWh_{out,th}	MW_{out,th}
	0,03-1000	0,015-1
Speicherdauer	Std. - Monate	
Reaktionszeit	Minuten	
Lebensdauer (maximal)	20 - 4.000 Zyklen	
Systemwirkungsgrad in %	/	
Speicherwirkungsgrad in %	50-90	
Verluste pro Zeit	0,5% – 2,5% pro Tag	

3. ÖKONOMISCHE SPEZIFIKATIONEN

Investitionskosten pro kW: 1–15 €

Investitionskosten pro kWh: 0,4–10 €

3.1 ERLÄUTERUNGEN

Aufgrund der zahlreichen und stark unterschiedlichen technischen Ausführungen der Speichersysteme und im Hinblick auf die Anforderungen der verschiedenen Anwendungsbereiche ergibt sich eine starke Schwankung bei den Kosten bezogen auf Leistung und Energie. Die günstigsten sensiblen Wärmespeicher sind derzeit in Dänemark zur saisonalen Speicherung im Betrieb. Die extrem einfache Ausführung sehr großer Speicher (mit Folie abgedecktes Erdbecken im Freien) kann die Kosten auf 0,35 €/kWh installierte Speicherkapazität senken. Wenn nicht Wasser als Speichermedium eingesetzt werden kann und hoch-effiziente Dämmtechnologien erforderlich sind, fallen die Kosten entsprechend höher aus.

3.2 WEITERE INFORMATIONEN UNTER:

ZAE Bayern, <http://www.zae-bayern.de>