



## **10.000-Häuser-Programm – Frage zum Programmteil EnergieSystemHaus**

**Wie kann die geforderte nutzbare thermische Speicherkapazität der Technikvarianten T3.1 und T3.3 in ein reales Speichervolumen umgerechnet werden?**

### **Mögliche Typen von Wärmespeichern**

Die Bereitstellung von mindestens 12 kWh (T3.1) bzw. 8,5 kWh (T3.3) effektiver thermischer Speicherkapazität kann mit einem Heizwasser-Pufferspeicher oder einem Kombispeicher erfolgen. Reine Brauchwarmwasserspeicher sind aufgrund des meist geringen zur Verfügung stehenden Temperaturhubes nur schlecht für die thermische Einspeicherung von PV-Überschüssen geeignet und dürfen deshalb ab dem Antragsjahr 2018 im Rahmen der T3.1- oder T3.3-Förderung nicht mehr alleine, sondern nur als Ergänzung zu einem Pufferspeicher eingesetzt werden. Das notwendige Speichervolumen hängt von der Maximaltemperatur des Speichers im Standardbetrieb, dem eingesetzten elektrischen Zusatzerhitzer zur Netzeinspeisekappung (diese bestimmt die maximal erreichbare Speichertemperatur), sowie der Einhaltung der anerkannten Regeln der Technik im Zusammenhang mit Hygiene und Sicherheit bei der Brauchwarmwasserbereitung und -verteilung ab. Die effektive thermische Speicherkapazität für Netzeinspeisekappung muss immer zur Verfügung stehen, auch wenn der Speicher zuvor im regulären Betrieb aufgeheizt wurde. Das kann z. B. dann vorkommen, wenn keine Regelung eingesetzt wird, die mit einer PV-Ertragsprognose arbeitet oder wenn die Prognose ungenügend war.

### **Wärmespeicherung und Warmwasserbereitung**

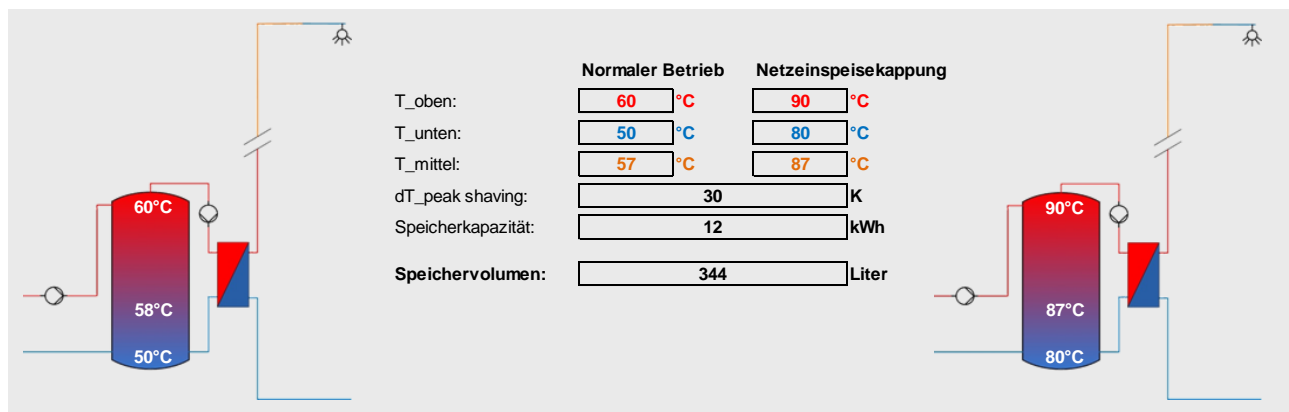
Eine hydraulische Entkopplung von Wärmespeicherung und Brauchwarmwasserbereitung vereinfacht die technische Umsetzung einer für Netzeinspeisekappung konzipierten Anlagentechnik. In Brauchwarmwasserspeichern muss einerseits aus hygienischen Gründen eine Mindesttemperatur von rund 60 °C sichergestellt werden, um Legionellenwachstum zu verhindern. Andererseits darf die Speichertemperatur auch nicht zu hoch sein, um Verbrühen zu verhindern. Ohne thermostatische Mischventile zwischen Speicher und Verteilsystem oder an den Entnahmestellen sollten 70 °C Speichertemperatur nicht überschritten werden. Weiterhin stellt übermäßiger Kalkausfall bei hohen Speichertemperaturen ein Problem dar. Deshalb wird der Einsatz eines Heizwasser-Pufferspeichers mit elektrischem Heizstab und Frischwasserstation empfohlen. Das ermöglicht die Einspeicherung überschüssigen PV-Stroms in einen Wärmespeicher mit geringem Speichervolumen, da diese Technik eine große Temperaturerhöhung erlaubt.

## Beispiel 1: Heizwasser-Pufferspeicher mit Frischwasserstation und elektrischem Heizstab

Bei Verwendung eines Heizwasser-Pufferspeichers (s. Beispiel 1), der im normalen Heizbetrieb auf eine Speichertemperatur von 60 °C (oben) beladen wird und im Falle der Netzeinspeisekappung mit einem elektrischen Heizstab auf maximal 90 °C (oben) erwärmt werden kann, berechnet sich das minimal notwendige effektive Speichervolumen zur Darstellung von 12 kWh effektiver Speicherkapazität gemäß dem nachfolgenden Zusammenhang.

$$V_{eff,min} = \frac{E_{PeakShaving}}{c_w \Delta T_{PeakShaving}} = \frac{12 \text{ kWh} * 3600 \frac{\text{kJ}}{\text{kWh}}}{4.10 \frac{\text{kJ}}{\text{lK}} * (87 - 57)\text{K}} \approx 350 \text{ l}$$

In die Formel werden die mittleren Speichertemperaturen eingesetzt, da sich durch Temperaturschichtung im Speicher typischerweise eine von der Spitztemperatur abweichende Mischtemperatur einstellt. Unter den beschriebenen Bedingungen beträgt das minimal notwendige effektive Speichervolumen dann rund 350 Liter.

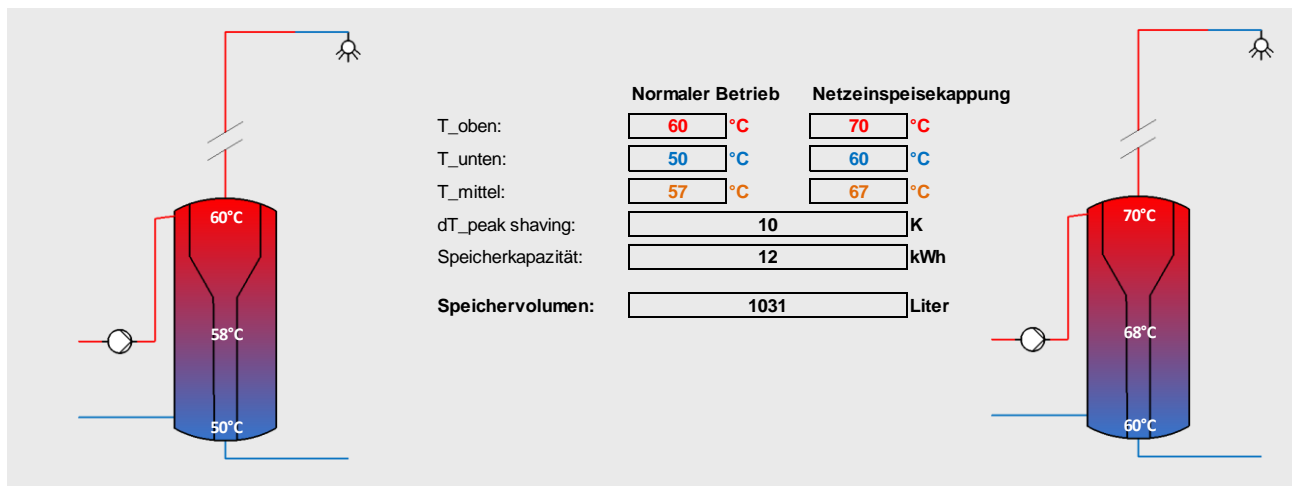


Beispiel 1: System mit Heizwasser-Pufferspeicher, Frischwasserstation zur Brauchwarmwasserbereitung und 12 kWh Speicherkapazität bei verminderter Netzeinspeisung. Die dargestellte Systemkonfiguration ist nur beispielhaft und soll die Funktion des thermischen Speichers veranschaulichen.

Die verfügbare effektive Speicherkapazität ist dabei im Wesentlichen von der Differenz der Speichertemperatur im normalen Betrieb, der zulässigen Spitztemperatur des Heiz-Speicher-Systems sowie von der Einbauhöhe des Heizstabes abhängig. Im Allgemeinen kann ein elektrischer Heizstab nur das Volumen oberhalb seiner Einbauposition erwärmen. Es empfiehlt sich deshalb den Heizstab möglichst weit unten im Speicher einzubauen. Alternativ zu einem elektrischen Heizstab kann auch ein elektrischer Durchlauferhitzer an den Heizwasser-Pufferspeicher oder Kombispeicher angeschlossen werden. Dieser muss hydraulisch im Erzeugerkreis oder parallel zum Erzeugerkreis des Hauptwärmeerzeugers in das Heiz-Speicher-System eingebunden werden.

## Beispiel 2: Kombispeicher mit elektrischem Heizstab oder Wärmepumpe

Wird statt dem Heizwasser-Pufferspeicher ein Kombispeicher verwendet, kann der Speicher i. d. R. nicht auf 90 °C, sondern nur auf ca. 70 °C (zur Vermeidung von übermäßigem Kalkausfall und Sicherstellung des Verbrühschutzes) aufgeheizt werden. In diesem Fall liegt die mittlere Speichertemperatur bei 58 °C bzw. 68 °C (s. Beispiel 2). Für die verminderte Netzeinspeisung steht eine Temperaturdifferenz von 10 K zur Verfügung. Für die Realisierung der geforderten effektiven Speicherkapazität von 12 kWh, muss dann ein Speichervolumen von ca. 1.050 Litern vorhanden sein.



Beispiel 2: System mit Kombispeicher und 12 kWh thermischer Speicherkapazität bei verminderteter Netzeinspeisung. Die dargestellte Systemkonfiguration und die Ausführung des Kombispeichers ist nur beispielhaft und soll die Funktion des thermischen Speichers veranschaulichen.

Wird im Beispiel 2 eine Wärmepumpe anstelle des Heizstabes als elektrische Wassererwärmung eingesetzt, kann der Speicher i. d. R. mit der Wärmepumpe nur bis auf max. 65 °C aufgeheizt werden. Für höhere Temperaturen ist i. d. R. eine elektrische Zusatzheizung notwendig. Der Speicher aus Beispiel 1 müsste dann ca. 2.100 Liter effektives Volumen aufweisen, um die Vorgaben hinsichtlich der effektiven Speicherkapazität zu erfüllen. Hier stehen nur ca. 5 K Temperaturdifferenz zur thermischen Speicherung von PV-Überschüssen zur Verfügung.



## Minimal notwendiges Volumen des Wärmespeichers in Abhängigkeit des verfügbaren Temperaturhubes

Sind die maximal mögliche Speichertemperatur sowie die Speichertemperatur im regulären Betrieb und damit die zur Verfügung stehende Temperaturdifferenz bekannt, kann das notwendige Volumen des thermischen Speichers aus der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

Tab. 1: Minimales effektives Speichervolumen (gerundet) der Fördertatbestände T3.1 und T3.3 in Abhängigkeit der möglichen Speichertemperaturerhöhung im Fall der Netzeinspeisekappung

<b>Temperaturdifferenz</b>	<b>Mindestspeichervolumen T3.1 (12 kWh)</b>	<b>Mindestspeichervolumen T3.3 (8,5 kWh)</b>
5 K	2100 Liter	1500 Liter
10 K	1050 Liter	750 Liter
15 K	700 Liter	500 Liter
20 K	550 Liter	400 Liter
25 K	450 Liter	300 Liter
30 K	350 Liter	250 Liter
35 K	300 Liter	210 Liter
40 K	260 Liter	185 Liter

Stand: 21.08.2018

Bearbeitung: Bayerisches Zentrum für angewandte Energieforschung (ZAE Bayern)