

Institut für Solartechnik SPF  
OST Ostschweizer Fachhochschule  
Oberseestrasse 10, CH-8640 Rapperswil  
Tel. +41 55 222 48 21, Fax +41 55 222 48 44  
www.spf.ch

SOLTOP Energie AG  
St. Gallerstrasse 3  
CH-8353 Elgg  
[www.soltop-energie.ch](http://www.soltop-energie.ch)

# Warmwasserspeicher Vergleichsmessungen

*Autoren:*  
Robert Haberl, SPF

*Datum:* 19. Juli 2023

## Ausgangslage

Die thermische Schichtung ist ein wichtiger Parameter bei der energetischen Bewertung von Speichern. Der elektrische Energieverbrauch in einem Wärmepumpensystem kann mit einem gut schichtenden Speicher um bis zu 40 % tiefer ausfallen als bei einem schlecht schichtenden Speicher[1,2]. Gleichzeitig gilt es auch hygienische Anforderungen bei der Speicherung von warmem Wasser zu erfüllen. Idealerweise ist der Speicher entweder vollständig beladen, so dass ein Aufwachsen von Keimen verhindert wird, oder das Wasser ist im unteren Bereich kalt.

Im Auftrag der SOLTOP Energie AG wurden am SPF zwei Speicher nach einer dynamischen Testmethode zur Beurteilung der Schichtungseffizienz geprüft: Ein Speicher mit zwei seriell angeordneten Spiralrohrwärmetauschern und ein Speicher mit Flachregistern.

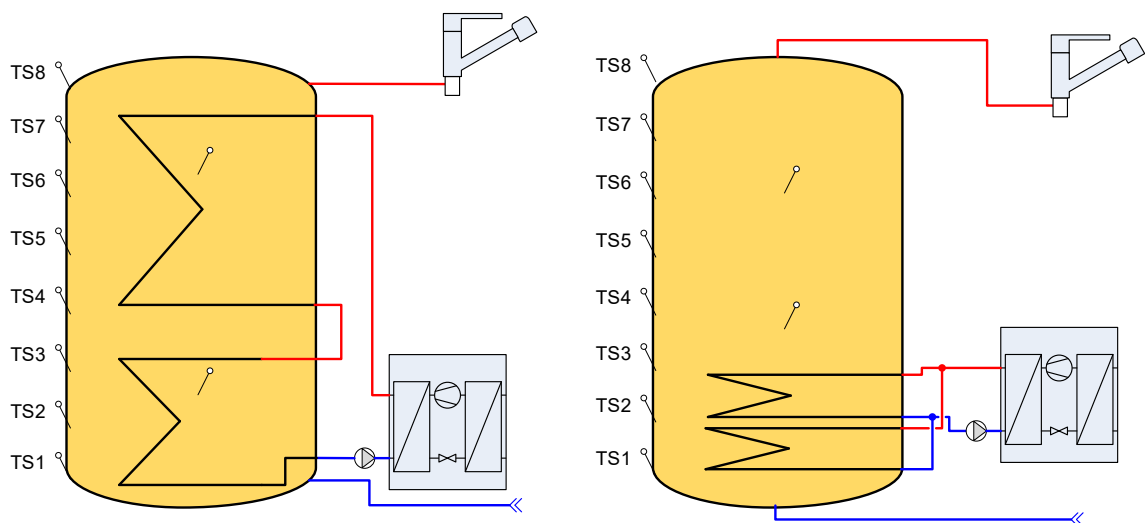


Abbildung 1: Die beiden geprüften Speicher mit Spiralrohr-Wärmetauscher (links) und Flachregister (rechts). Die Sensoren an der Speicherwand dienen der Visualisierung der Temperaturverteilung im realitätsnahen Betrieb.

## Messung #1: 15 kW Wärmeezeuger mit 50 °C / 55 °C

Die erste Messung der beiden 800 l Speicher erfolgte mit einem XXL-Zapfprofil. Die Beladung der Speicher mit einer 15 kW Wärmepumpe wurde jeweils über zwei Temperatursensoren im Speicher oben und unten geregelt. Die Solltemperaturen waren 50 °C / 55 °C. Die Abbildung 2 zeigt jeweils einen Ausschnitt der Messungen mit einer Speicherladung. Auffällig dabei ist die grosse Differenz zwischen den Temperaturen im Speicher bei der Ladung per Spiralrohr mit dem Temperatureinbruch bis zur Position TS7, während mit der Ladung per Flachregister die Speicherladung stufenweise von unten nach oben erfolgt.

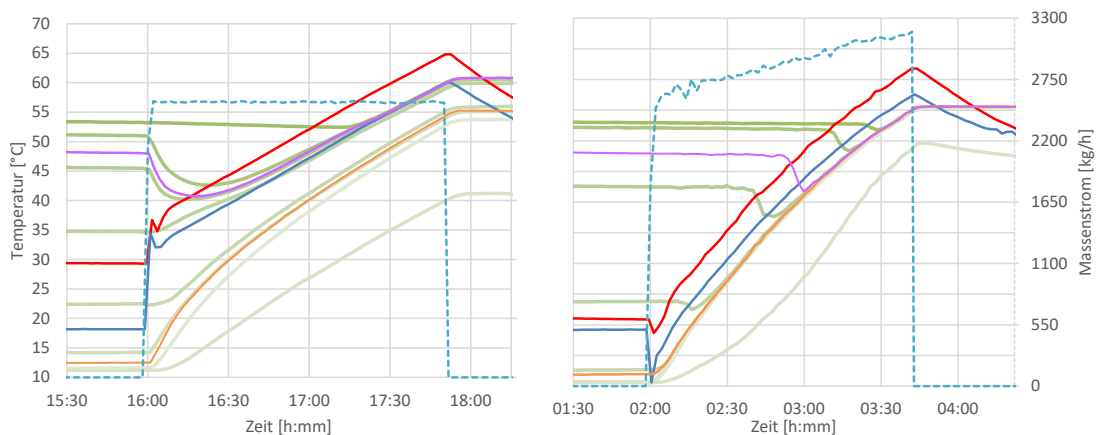
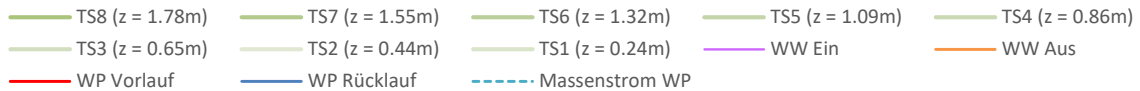


Abbildung 2: Detail zu einem Ladezyklus aus dem Test des Speichers mit Spiralrohrwärmetauscher (links) und mit Flachregister (rechts). Es werden die Speichertemperaturen (TS8 = Speicher oben, TS1 = Speicher unten), die Sensoren zur Regelung (WW Ein/Aus), die Vor- und Rücklauftemperaturen und der Massenstrom der WP gezeigt.

## Messung #2: 20 kW mit max. 60 °C WP-Vorlauf

Aus der Testmethode des SPF ist eine maximale Vorlauftemperatur der Wärmepumpe von 60 °C definiert. Im zweiten Vergleichstest war diese Begrenzung der Beladung aktiv. In Abbildung 3 ist ein Energie-Temperatur-Diagramme der Tests gezeigt. Dazu wurde die durch die Wärmepumpe gelieferte Energie sowie die durch Warmwasser bezogene Energie jeweils nach der Vorlauftemperatur geordnet.

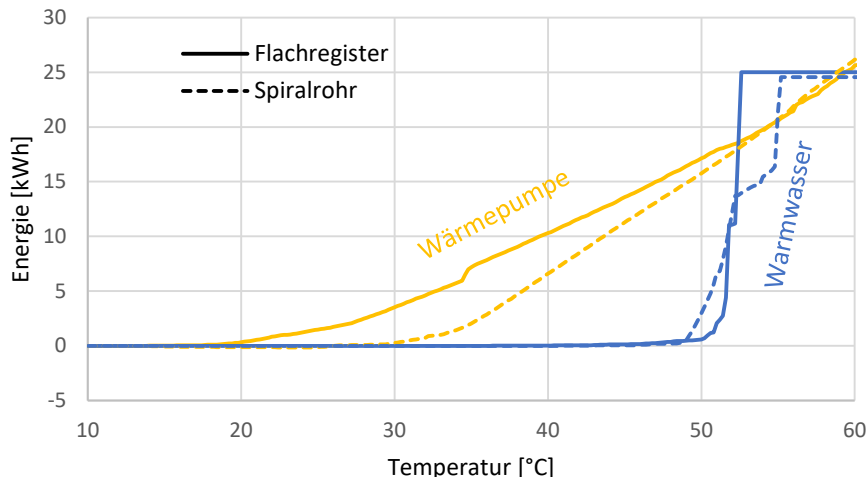


Abbildung 3: Energie-Temperatur Diagramm der Messungen mit 20 kW Wärmepumpe.

Mit Vorteil erfolgt die Beladung des Speichers zu einem möglichst grossen Teil bei niedrigen Temperaturen. Dies ist in der Grafik über eine nach «links», hin zu tieferen Temperaturen, verschobene Kurve bei der Beladung zu sehen.

## Resultate

In der Tabelle 1 ist eine Übersicht der Resultate aus den Vergleichstests der beiden Speicher zu sehen. Besonders hervorzuheben ist die deutlich höhere Schichtungseffizienz des Speichers mit Flachregister in beiden Test-Setups.

Tabelle 1: Randbedingungen und Resultate der Vergleichstests.

		Spiralrohrwärmetauscher		Flachregister	
		Test #1	Test #2	Test #1	Test #2
Leistung der WP	[kW]	15	20	15	20
Temperaturbegrenzung der WP	[°C]	70	60	70	60
Ein/Aus Temperatur	[°C]	50/55	45/49	50/55	47/52
Wärmelieferung (WP)	[kWh]	26.4	26.2	25.5	25.4
Wärmebezug (WW)	[kWh]	24.5	24.5	24.5	24.5
Verluste	[kWh]	1.9	1.9	1.1	0.9
Mittlere VL-Temperatur der WP	[°C]	51.6	47.0	43.7	43.2
Mittlere WW-Temperatur	[°C]	58.7	52.5	54.5	51.9
Max. VL-Temperatur der WP	[°C]	64.8	60.0	61.8	60.0
Schichtungseffizienz	[%]	55.4	59.6	71.7	69.6

## Zusammenfassung

### Vorteil Hygiene

Für WW-Speicher mit Frischwasser ist Beladung bis hin zu zur untersten Zone des Speichers anzustreben. Dies wird durch das tief angeordnete Flachregister sehr gut umgesetzt.

### Vorteil Komfort

Bei einer schichtenden Beladung wird zuerst das kalte Wasser im Speicher unten aufgewärmt, wobei im Speicher oben genügend heisses Wasser zur Aufrechterhaltung des Komforts erhalten bleibt. Dies wird mit dem Flachregister sehr gut umgesetzt. Dagegen bricht bei der Beladung mit Spiralrohr die Temperatur im Speicher oben ein. Dies führt zu Komforteinbussen, wenn ein WW-Bezug zeitgleich zu einer Beladung stattfindet.

### Vorteil Ladetemperatur

Der COP einer Wärmepumpe hängt nicht nur von der Quelltemperatur ab, sondern in hohem Masse auch von der zu liefernden Vorlauftemperatur. Jedes Grad weniger Vorlauftemperatur ergibt dabei eine Einsparung von bis zu 2,5 % beim Stromverbrauch der Wärmepumpenanlage. Der Speicher mit Flachregister benötigt bei der Beladung, je nach Randbedingungen und Solltemperaturen, bis zu 8 K tiefere Temperaturen!

## **Bibliografie**

- [1] Haller MY, Haberl R, Persdorf P, Reber A. StorEx – Theoretische und experimentelle Untersuchungen zur Schichtungseffizienz von Wärmespeichern. Rapperswil: SPF Institut für Solartechnik; 2015.
- [2] Haberl R, Türk O, Bohren A, Haller MY. DHWStrat - Methode zur Bestimmung der Schichtungseffizienz von Warmwasserspeichern. Bundesamt für Energie BFE; 2021.