

# 14

## Solarspeicher

- Anforderungen an Solarspeicher
- Speicherbauartausführungen

### 14.1 Anforderungen an Solarspeicher

Die diskontinuierliche Energiebereitstellung vom Kollektorfeld, die aus dem Wetterverlauf resultiert, bedarf einer effizienten Wärmespeicherung, um warmes Brauchwasser auch zu Zeiten bereitzustellen, wenn keine solare Einstrahlung vorliegt. Zu diesem Zweck wurden in den letzten Jahren eine Vielzahl von Solarspeichertypen entwickelt die je nach Verwendungszweck in nachstehend ausgeführte Kategorien eingeordnet werden:

- Brauchwasserspeicher,
- Kombispeicher,
- Pufferspeicher,
- Pufferschichtenspeicher,
- Thermosiphonspeicher.

Ausführungsvarianten zu den Kategorien mit Maßbildern, technischen Daten von Anbietern sind unter dem Sammelbegriff Solarspeicher auf der CD-ROM einsehbar ☺.

Welche Art der solaren Wärmespeicherung der Vorrang zu geben ist, hängt von der Wärmenutzung, der Kollektorfeldgröße sowie der Anlagenkonfiguration der Solaranlage (Brauchwasserbereitstellung mit oder ohne Heizungseinbindung) ab. Kriterien hierfür sind:

- Art der Speicherung (Brauchwasser-, Puffer-, Langzeit-, Erdspeicher),
- Dauer der Wärmespeicherung (Kurzzeit-, saisonale Speicherung),
- Menge der Wärmeenergie, die zu speichern ist (Speichertemperatur, Speichermedium),
- maximal zulässige Wärmeverluste in Abhängigkeit von Speichertemperatur und Zeitdauer.

☺\Solarthermie\  
Solarspeicher

Projektierungshinweis

## 14.1.1 Wärmeschichtung

Die Beladung des Solarspeichers erfolgt in seinem unteren Bereich. Die Wärme steigt nach oben, so dass im oberen Solarbereich die Temperatur ansteigt. Die eintretende Wärmeschichtung, resultierend aus dem Dichteunterschied zwischen warmem und kaltem Wasser, soll möglichst von Turbulenzen frei sein. Verwirbelungen der Temperaturschichten beim Be- bzw. Entladen des Speichers führen zu einer Durchmischung des Speicherinhaltes mit der Folge, dass an der Abnahmestelle Brauchwasser mit geringer Temperatur bereitsteht, was ein unerwünschtes Nachheizen über die installierte Heizung nach sich zieht.

**Solarkreiswärmetauscher**

Durch eine gut ausgeprägte Wärmeschichtung, die mit der Temperaturschichtung im Speicher einher geht, werden im unteren Speicherbereich niedrige Temperaturen beibehalten. Hier befindet sich i. Allg. der Solarkreiswärmetauscher, der gleichzeitig die angestrebten Betriebsbedingungen für das Kollektorfeld erfüllt, um bereits bei geringen Einstrahlungsbedingungen solare Wärme dem Speicher zuzuführen.

**Dichtedifferenzen**

Moderne Solarspeicher laden daher die Solarwärme temperaturorientiert in die Schicht des Speichers ein, in der das solar erwärmte Wasser weder aufsteigt bzw. abfällt, da Dichtedifferenzen vermieden werden.

### Beispiel

Unter der Annahme gleicher Aufheizleistung ist nachzuweisen, dass der in Schichten nach Bild 14.1 geladene Speicher Brauchwasser mit einer höheren Zapftemperatur bereitstellt.

Der Schichtenladespeicher mit einem Füllvolumen von 350 l soll 100 l Brauchwasser mit einer mittleren Zapftemperatur  $T_{Zm}$  von 60 °C bereitstellen. Die sich weiter einstellenden Temperaturschichten werden mit 100 l bei 40 °C und 150 l bei 20 °C angenommen. Die Zuflusstemperatur  $T_E$  beträgt 12 °C. Wärmeverluste des Speichers werden vernachlässigt.

Unter Anwendung der allgemeinen Wärmegleichung erfolgt die Ermittlung der Aufheizleistung für den schichtweise beladenen Solarspeicher:

$$\begin{aligned} Q &= m \cdot c \cdot \Delta_T = c \cdot (m_1 \cdot \Delta_T + m_2 \cdot \Delta_T + m_3 \cdot \Delta_T) \text{ [W]} \\ &= 1,16 \cdot [100 \cdot (60 - 12) + 100 \cdot (40 - 12) + 150 \cdot (20 - 12)] / 1000 \\ Q &= \underline{10,2 \text{ kW}} \end{aligned}$$

Beim turbulent geladenen Speicher beträgt die mittlere Zapftemperatur mit 10,2 kW Aufheizleistung:

$$\begin{aligned} T_{Zm} &= T_E + Q \cdot 1000 / (m \cdot c) \\ &= 12 + 10,2 \cdot 1000 / (350 \cdot 1,16) \\ T_{Zm} &= \underline{37 \text{ °C}} \end{aligned}$$

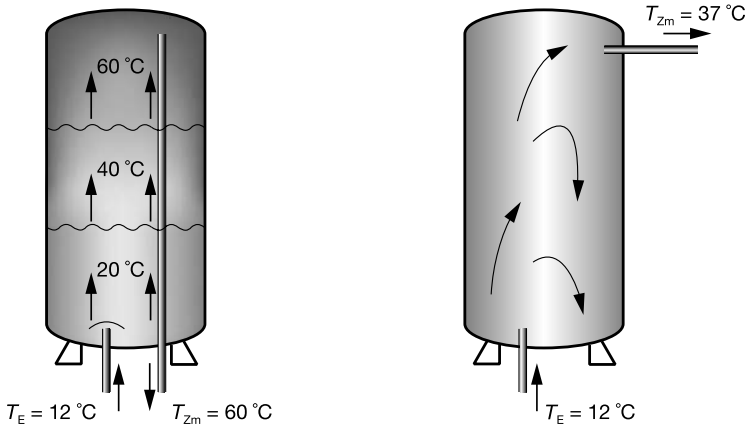


Bild 14.1  
Zapftemperatur des  
Brauchwassers bei  
turbulenter und schicht-  
weiser Beladung des  
Speichers

### 14.1.2 Opferanode

Solarspeicher bestehen aus druckbeständigen ( $\geq 6$  bar) emaillierten Stahlblech- oder Edelstahlbehältern, die auf dem Markt angeboten werden. Emaillebeschichtete Stahlspeicher müssen zur Vermeidung einer Kontaktkorrosion an Fehlstellen der Beschichtung mit einer Opferanode ausgestattet sein. Edelstahlspeicher bedingen  $\approx 2$ fach höhere Investitionskosten, sind dafür aber wartungsfrei. Neben der allgemein ausgeführten Emaillierung des Stahlbehälters werden vereinzelt teflonbeschichtete Solarspeicherbehälter angeboten. Diese Behälter benötigen ebenfalls eine Opferanode. Diese verhindert, dass an Fehlstellen der Behälterbeschichtung (Haarrisse durch Transport, Druckschwankungen, thermische Belastungen) Kupferionen aus den Rohrleitungen oder von den Wärmetauscheroberflächen eine Kontaktkorrosion (Lochfraß) einleiten, die zur Zerstörung des Behälters führt.

Die Opferanode besteht aus einem Magnesiumstab, der elektrisch leitend mit der Speichererdung verbunden ist. Vorhandene Fehlstellen in der Behälterbeschichtung werden durch die leichter löslichen Magnesiumionen als Magnesiumablagerung geschützt. Je nach Größe vorhandener Fehlstellen verbraucht sich die Opferanode, und es ist deshalb nach je 2 Jahren eine Funktionsüberprüfung vorzunehmen. Opferanoden werden elektrisch isoliert in den Speicherbehälter montiert. Dadurch besteht die Möglichkeit den Schutzstrom durch Zwischenschalten eines Amperemeters zu messen. Bei weniger als  $0,5$  mA muss die Anode gewechselt werden.

Statt der Opferanode, die gewöhnlich in Solarspeichern zur Anwendung gelangt, besteht die Möglichkeit eine wartungsfreie Fremdstromanode einzusetzen, die jedoch höhere Anschaffungskosten bedingt.

Wenn das Kollektorfeld – insbesondere in Zeiten mit geringer Einstrahlung – keine ausreichende Wärme zur Brauchwasseraufheizung im

Fehlstellen

☉Solarthermie\  
Solarspeicher\Zubehör

Solarspeicher bereitstellen kann, muss fehlende Wärme über eine Nachheizung in dem Solarspeicher abgesichert werden, z.B. über eine Boilervorrangschaltung aus der konventionellen Heizungsanlage.

Auf den Nachheizwärmetauscher kann verzichtet werden, wenn die Wassererwärmung über einen dem Solarspeicher nachgeschalteten thermisch gesteuerten Gasdurchlauferhitzer erfolgt.

### 14.1.3 Reduzierung von Wärmeverlusten durch Wärmedämmung

Die energetische Qualität eines Speichers hängt im Wesentlichen von der Wärmedämmung ab. Es ist deshalb erforderlich, den gesamten Speicher wärmebrückenfrei mit Wärmedämmstoffen wie: PU-Weichschaum (möglichst FCKW-frei) mit aufkaschierter Kunststoffolie (100...150 mm dick), PU-Hartschaum (60...90 mm dick) bzw. Mineralfaser zu umgeben.

Damit die Wärmedämmschicht nicht zu stark dimensioniert werden muss, sollte die Wärmeleitfähigkeit des Dämmmaterials  $\leq 0,04 \text{ W/(m K)}$  betragen. Wärmeverluste des Speichers werden begünstigt, wenn die Wärmedämmung nicht spaltfrei an der Speicherwandung anliegt. Vorhandene Hohlräume führen zum Kamineffekt, und erwärmte Luft entweicht an Verbindungsstellen der Dämmschicht. Evtl. vorhandene Durchbrüche in der Dämmschicht für Temperaturfühler, Rohrleitungsanschlüsse erhöhen die Wärmeverluste des Speichers. Letztere können ausgeschlossen werden, wenn sämtliche Zu- und Abgangsleitungen des Speichers sich am kalten Bodenbereich des Speichers befinden.

**k-Wert**

Der  $k$ -Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) berechnet sich:

$$k = 1/(d/\lambda) = 1/d[\text{W}/(\text{m}^2 \text{ K})] \quad (\text{Gl. 14.1})$$

mit:

$k$  Wärmedurchgangskoeffizient [ $\text{W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ ]

$\lambda$  Wärmeleitfähigkeit [ $\text{W}/(\text{m K})$ ]

$d$  Dämmschichtdicke [m]

**Wärmeverlustwert**

Ein Indikator zur qualitativen energetischen Einschätzung eines Speichers ist die Größe seines spezifischen Wärmeverlustwertes  $q_v$  [ $\text{W}/\text{K}$ ], der aus dem Produkt seiner äußeren Umhüllungsfläche  $A_{OS}$  [ $\text{m}^2$ ] und dem Wärmedurchgangskoeffizient [ $\text{W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ ] nach Gl. 14.2 berechnet wird.

$$q_v = A_{OS} \cdot k [\text{W}/\text{K}] \quad (\text{Gl. 14.2})$$

mit:

$q_v$  Wärmeverlustwert [W/K]

$A_{OS}$  Speicheroberfläche [m<sup>2</sup>]

$k$  Wärmedurchgangskoeffizient [W/(m<sup>2</sup> K)]

Der spezifische Wärmeverlustwert  $q_v$  kann auf das Doppelte ansteigen, wenn Wärmebrücken vorliegen und durch Öffnungen an der Ummantelung Wärmelecks auftreten. Zur Beurteilung eines Speichers können folgende Werte herangezogen werden:

**Wärmebrücken**

- sehr guter Speicher  $q_v < 1,7$  [W/K],
- guter Speicher  $1,7 = q_v = 2,5$  [W/K],
- ausreichender Speicher  $2,5 = q_v = 3,0$  [W/K],
- schlechter Speicher  $3,0 = q_v$  [W/K].

Beim Vergleich von energetischen Werten verschiedener Speicher ist darauf zu achten, dass gleiche Bezugsgrößen wie Speichervolumen und Temperaturdifferenz zwischen Speicher- und Umgebungstemperatur herangezogen werden.

### 14.1.4 Begrenzung der Speichertemperatur

Temperaturen über 60 °C führen zu einem wesentlichen Anstieg von Kalkablagerungen, die durch die vorhandene Wasserhärte beeinflusst wird. Bei Wasserhärten oberhalb 8 °dH treten Kalkablagerungen verstärkt auf. Nach DIN entspricht eine deutsche Härte (1 °dH) 10 mg CaO/l. Es gilt die Bereichseinteilung:

**Wasserhärte**

- 0... 4 °dH → sehr weich
- 4... 8 °dH → weich
- 8...12 °dH → mittelhart
- 12...18 °dH → ziemlich hart
- 18...30 °dH → hart
- über 30 °dH → sehr hart

Kalkablagerungen, insbesondere an Wärmetauschern, beeinträchtigen ihre Wärmeübertragungsleistung. Eine 2-mm-Kalkschicht verringert die Wärmeübertragung um 20 %. Schichtdicken mit 5 mm bedingen Wärmeübertragungsverluste von 40 %. Die Temperatur im Bereitschaftsteil zur Regelung der Nachheizung sollte deshalb auf 50...60 °C begrenzt werden.

**Kalkablagerungen**

Aus Sicherheitsgründen muss die Wärmezufuhr aus dem Kollektorfeld unterbrochen werden, wenn die Temperatur im oberen Teil des Speichers 90 °C wegen fehlender Warmwasserentnahme übersteigt und

**Unterbrechung der Wärmezufuhr**

keine anderweitigen Maßnahmen zur Temperaturbegrenzung reglungs-  
technisch vorgesehen sind.

## 14.2 Speicherbauartausführungen

### 14.2.1 Brauchwasserspeicher

©\Solarthermie\  
Solarspeicher\Zubehör

Brauchwasserspeicher gelangen bei Solaranlagen zur Anwendung, wo ausschließlich solar erwärmtes Trinkwasser bereitgestellt werden soll. Die Nachheizung des Brauchwassers kann über E-Heizstab ☉, internen oder externen Wärmetauscher auf Endtemperatur gebracht werden, insbesondere in Zeiten eines geringen solaren Wärmeertrags. Das Angebot der konstruktiven Ausführungen ist sehr umfangreich. Aus der Vielzahl wird der Thermosiphonspeicher Logalux SL 300-1 gewählt. ☉

©\Solarthermie\  
Solarspeicher\  
Brauchwasserspeicher

Thermosiphon

Die unterschiedliche Dichte von warmem und kaltem Wasser bildet im Speicher eine Schichtenladung aus, die im Heizungsbau als Schwerkraftprinzip und bei Solaranlagen Thermosiphon bezeichnet wird. Unter Zuhilfenahme von Bild 14.2 soll das Funktionsprinzip erläutert werden.

Wird bei geringer Sonneneinstrahlung das Wasser z.B. nur auf 30 °C erwärmt, steigt es nur bis zur Schicht mit dieser Temperatur. Das Wasser strömt durch die geöffneten Schwerkraftklappen in den Speicher (Pos. X).

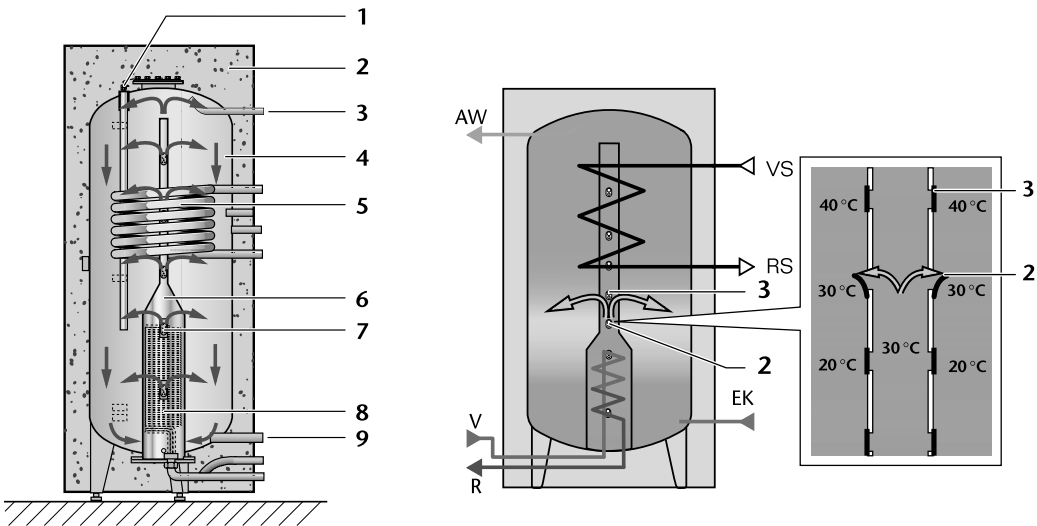


Bild 14.2 Thermosiphonspeicher Logalux SL 300-1...500-2 [11.3]

Der Austritt aus den Schwerkraftklappen stoppt das weitere Aufsteigen des Wassers im Wärmeleitrohr und verhindert ein Vermischen mit Wasser aus Schichten mit höheren Temperaturen (Pos. Y).

### 14.2.2 Kombispeicher

Bei dieser Bauart befindet sich im Pufferspeicher für die Heizung im oberen Bereich ein geschlossener 2. Speicher für das Brauchwasser. Der Wärmetauscher für den Solarkreislauf kann intern oder extern je nach Typ angeordnet sein. Bild 14.3 zeigt den Kombispeicher mit Top-Sol-Integralboiler ☉.

Kombispeicher werden auch nach dem Thermosiphonprinzip angeboten ☉, wo ebenfalls zur Brauchwassererwärmung eine mögliche solare Heizungsunterstützung hinzukommt.

**Weitere Bauartausführungen:** ☉\ Solarthermie\ Solarspeicher\ Kombispeicher

☉\ Solarthermie\ Solarspeicher\ Kombispeicher\ Firmenschrift Buderus

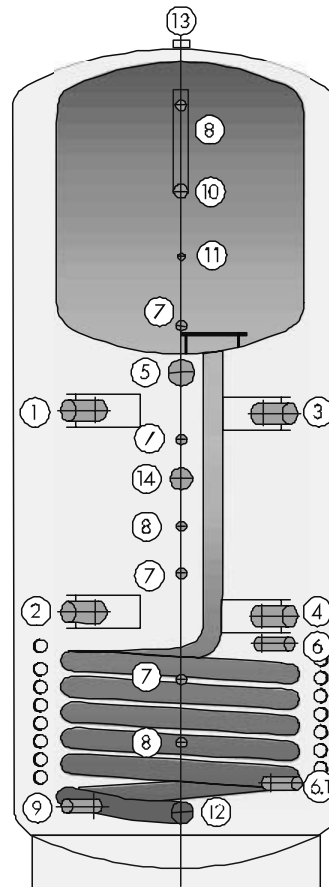


Bild 14.3  
Kombispeicher mit  
Top-Sol-Integralboiler  
[14.1]