

Forum Solarpraxis:
Dimensionierung des Ausdehnungsgefäßes

Die richtige Größe ist entscheidend

Dr. Sonne*

Immer wieder heißt es in der Praxis „Solaranlagen blasen im Sommer ab“. Gemeint ist damit der Austritt der Solarflüssigkeit aus dem Sicherheitsventil des Kollektorkreises. Dieses befindet sich meist im Keller und wird meist nicht – wie in den Bauartzulassungen gefordert – in einen Auffangbehälter abgeleitet. Als Resultat erhält man eine schmierige Glykol-Wasserbrühe auf dem sauberen Kellerboden und verärgerte Kunden.

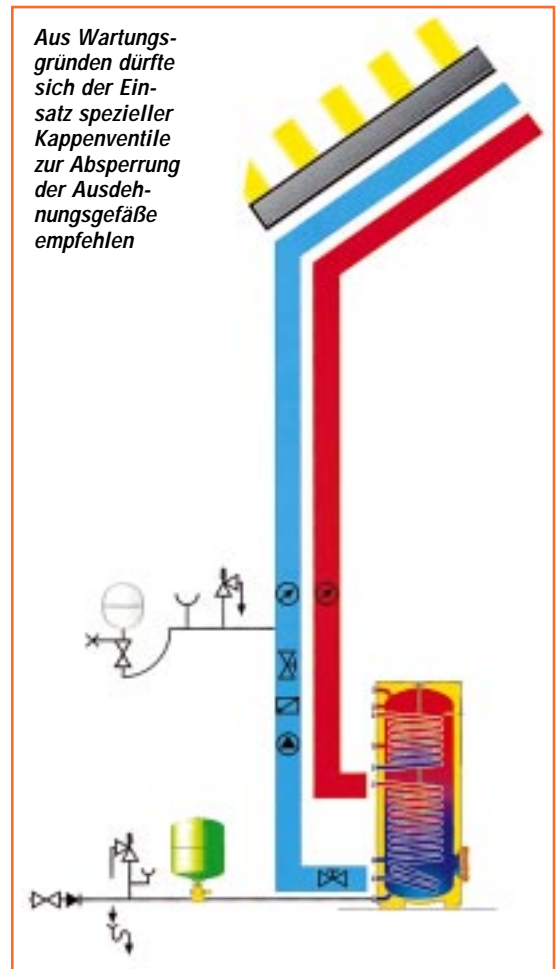


Bild: Reflex

Die Ursache für das Ansprechen des Sicherheitsventils und das Austreten der Solarflüssigkeit ist einfach. Entweder ist das Zusammenspiel zwischen Sicherheitsventil und Ausdehnungsgefäß nicht richtig dimensioniert oder die Anlage wird bewußt auf einen Flüssigkeitsaustritt im Stillstand der Solaranlage ausgelegt – was im Grunde unsinnig ist. Befindet sich die Solaranlage im Anlagenstillstand – weil der Speicher bereits voll mit solarer Wärme beladen ist oder weil der Strom für die Kollektorpumpe ausgefallen ist – bildet sich in den Kollektoren Dampf. Der Dampf ersetzt das Flüssigkeitsvolumen, wobei in der Regel der gesamte Kollektorinhalt und etwas Flüssigkeit in den Anschlußleitungen verdampft.

Um Austritt von Flüssigkeit zu vermeiden, werden eigensichere Solaranlagen nach DIN 4757 T1 wie folgt definiert: „Absicherung und Schaltung der Sonnenhei-

zungsanlage sind so ausgeführt, daß anhaltende Wärmeaufnahme ohne Wärmeverbrauch nicht zu einem Störfall führt, dessen Behebung über den üblichen Bedienungsanfang hinausgeht.“

Richtige Auslegung des Ausdehnungsgefäßes

Eine eigensichere Solaranlage bläst auch bei Anlagenstillstand nicht über das Sicherheitsventil ab. Um eine eigensichere Anlage zu errichten, wird meist das Ausdehnungsgefäß für die Aufnahme der Ausdeh-

nung der Solarflüssigkeit plus Dampfvolumen der Kollektoren ausgelegt.

Berechnungsschritte

Das Mindestvolumen $V_{n, \min}$ des Kollektorkreisausdehnungsgefäßes in Liter bestimmt sich aus den folgenden Formeln. Das Anlagenvolumen (V_a) ergibt sich aus der Addition der Inhalte in den Kollektoren, den Rohrleitungen, dem Wärmetauscher und den Armaturen. Dieses Anlagenvolumen dehnt sich durch die Erwärmung im Kollektorkreis aus. Dies wird über Ausdehnungskoeffizienten beschrieben. Für ein

Nennweite	Stahlrohr DIN 2448	Cu-Rohr DIN 1786
1.0		0,079
1.3		0,133
1.6		0,201
2.0		0,314
2.5		0,491
3.2	0,84	0,804
39 / 40	1,21 (44,5 × 2,6 Rohr)	1,195
5.0	2,06 (57 × 2,9 Rohr)	1,963
65 / 60	3,88 (76,1 × 2,9 Rohr)	2,827
80 / 72	5,35	4,083

Anhaltswerte für die Volumina verschiedener Rohrdimensionen in l/m

* Solarexperte Karl-Heinz-Remmers, alias Dr. Sonne, und sein Expertenteam freuen sich im Rahmen des SBZ-Forums „Solarpraxis“ über Anregungen, Fragen und Erfahrungen zum Themenbereich (Stralauer Allee 20, 10245 Berlin, Telefon 0 30/29 49 08 17, Telefax 0 30/29 49 08 19).

40% / 60%-Glykol-Wassergemisch betragen die Koeffizienten

$$n_1 (10\text{ °C}) = 0,489$$

$$n_2 (140\text{ °C}) = 8,979$$

das bedeutet für den Ausdehnungskoeffizient $n = n_2 - n_1 = 8,49$
 Der Ausdehnungskoeffizient (n) ergibt sich aus der Subtraktion der prozentualen Ausdehnung des Glykol-Wasser-Gemisches bei 10 °C (Einfülltemperatur) und 140 °C (maximale Mischtemperatur im Kollektorkreis).

Das Anlagenvolumen berechnet sich aus den Inhalten der Kollektoren, der Rohrleitungen, Armaturen und Wärmetauscher im Kollektorkreis. Die Tabelle bietet Anhaltswerte für die Volumina verschiedener Rohrdimensionen in l/m (siehe Tabelle).

Das Ausdehnungsvolumen = Wärmedehnung (V_e) errechnet sich nach

$$V_e = \frac{V_a \cdot n}{100}$$

Um einen Unterdruck in der Anlage zu vermeiden und zum Ausgleich möglicher Flüssigkeitsverluste wird eine sogenannte Wasservorlage (V_V) im Ausdehnungsgefäß geschaffen.

$$V_V = \frac{V_a \cdot 0,5}{100}, \text{ bei einem Ergebnis}$$

$V_V < 3\text{ l}$, wird $V_V = 3\text{ l}$ gesetzt

Das Dampfvolumen (V_D) ist der gesamte Kollektorerhalt plus dem Inhalt des jeweils ersten Meters der Anschlußleitungen der einzelnen Kollektorfelder in Liter.

Der Anlagenenddruck (p_e) entspricht dem Ansprechdruck des Sicherheitsventils in bar abzüglich der Arbeitsdruckdifferenz (p_{da}) von 10% bzw. 0,5 bar bis 5 bar des Ansprechdrucks des Sicherheitsventils ($p_e = p_{sv} - p_{da}$).

Der Fülldruck (p_0) der Anlage entspricht der statischen Höhe der Anlage plus mindestens 0,5–0,8 bar, um auch am höchsten Punkt der Anlage einen Überdruck zur Vermeidung von Lufteintritt zu halten. Die statische Höhe ist der Höhenabstand zwischen

Empfehlenswertes Arbeitsmittel SolarDachFibel

Immer wieder stehen Architekten, Planer bei der Planung von Solaranlagen vor der Frage, wie die Befestigung der Kollektoren am Dach einfach und sicher ausgeführt werden kann. Auch Handwerksbetriebe und Handel kennen dieses Problem. In den Unterlagen der Kollektorhersteller finden sich meist nur zur Indach- und Aufdachmontage der Kollektoren auf Pfannendächern detaillierte Angaben. Lösungen zur Dachmontage außerhalb der üblichen Pfannendächer werden vergeblich gesucht. Die neu erschienene SolarDachFibel schließt jetzt diese Lücke. Sie beschreibt die (Solar-) Dachaufbauten von Frankfurter Pfanne über Blech bis zur Schieferdeckung. Die wichtigsten Flachdachkonstruktionen werden erläutert, die Grundlagen der Kollektorstatik beschrieben. Ausgeführte Beispiele, Dachmontagen namhafter Hersteller, Angaben zum Arbeits- und Blitzschutz sowie umfangreiche Produktinformationen und Bezugsquellen runden das Werk ab.

Buch + CD-ROM:

Die SolarDachFibel umfaßt ca. 140 (DIN A4) Seiten mit 70 CAD-Zeichnungen, ausgeführte Beispiele mit Zeichnungen



und Photos.

Zusätzlich werden die Anschlußdetails der Kollektoren namhafter Hersteller dargestellt. Zusätzlich werden alle Zeichnungen in den Formaten dwg, dxf und tif auf CD ROM zur weiteren Verwendung angeboten.

Der Einzelpreis der SolarDachFibel beträgt 58,- DM, der Einzelpreis der CD ROM 99,- DM (inkl. MwSt.)

Herausgeber der SolarDachFibel ist die Ingenieurgesellschaft Solarpraxis in Zusammenarbeit mit der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie LV Berlin-Brandenburg.

Bestellungen:

Solarpraxis, K.-H. Remmers
Stralauer Allee 20

10245 Berlin

Telefax (0 30) 29 49 08 19

Internet: <http://www.solarpraxis.de>

dem Aufstellort des Ausdehnungsgefäßes und den Sonnenkollektoren. Der Fülldruck wird ebenfalls in bar angegeben.

Das Mindestvolumen folgt aus den errechneten Volumina und dem Druckfaktor.

$$V_{n \min} = (V_e + V_V + V_D) \cdot \frac{p_e + 1}{p_e - p_0}$$

Entsprechend der Herstellerunterlagen wird ein Ausdehnungsgefäß mit einem Nennvolumen $V_h \geq V_n$ ausgewählt und der Anlagenbetriebsdruck p_a daraus errechnet.

$$p_a \min = \frac{V_h (p_e + 1)}{V_h - V_V} - 1$$

Beispiel

Solaranlagen mit 100 m² Kollektorfeld mit je 0,6 l Inhalt pro m² (Inhalt = 100 · 0,6 l = 60 l)

Der Inhalt der Rohrleitungen und des Wärmetauschers beträgt 150 l.

$$V_a = 60\text{ l} + 150\text{ l} = 210\text{ l}, \text{ daher ist}$$

$$V_e = 210\text{ l} \cdot 8,49/100 = 17,83\text{ l}$$

$$V_V = 210\text{ l} \cdot 0,5/100 = 1,05\text{ l};$$

daher $V_V = 3\text{ l}$ (nach Vorgabe gewählt)



Bild: Reflex

Die Membran des „reflex-solar“-Ausdehnungsgefäßes ist für alle Frostschutzmittel auf Glykol-Basis bis max. 343 K (70 °C) belastbar

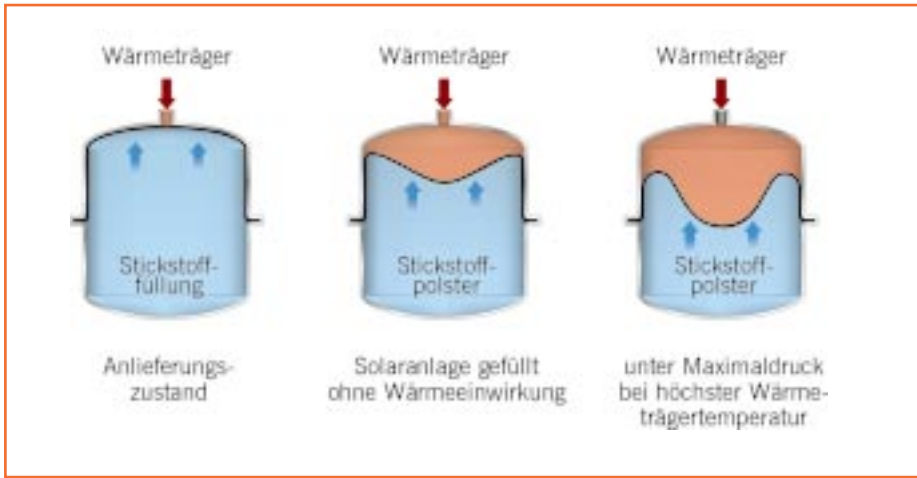


Bild: Solarpraxis

Verschiedene Betriebszustände am Membran-Ausdehnungsgefäß

- Wird das Ausdehnungsgefäß zur Umgehung von Absperrungen im Kollektorkreisvorlauf eingebaut, ist unbedingt auf die Temperaturen an der Membran zu achten. Gemäß DIN 4807 bzw. gemäß den Bestimmungen in den Bauartzulassungen der Kollektoren kann die erforderliche Temperaturbegrenzung durch nicht isolierte Anschlußleitungen oder sogenannte Vorschaltgeräte erfolgen.
- Beim Einbau in den Kollektorkreisvorlauf muß zudem ein Sicherheitsabstand zum

Zusätzlich zum Inhalt des Kollektorfeldes (60 l) können 4 l in den Rohrleitungen verdampfen; daraus ist $V_d = 64$ l
 Die Anlage ist mit einem Sicherheitsventil von 6 bar absichert und auf einem Miethaus mit einer Höhe von 20 m installiert.
 Der statische Vordruck = $20 \text{ (m)}/10 = 2$ bar; zur Vermeidung von Lufteintritt wird der Fülldruck auf 2,5 bar erhöht.

Für p_e ergibt sich $5,4 \text{ bar} = 6 \text{ bar} - 10\%$;
 $p_0 = 2,5 \text{ bar}$.

$$V_{n \text{ min}} = 187 \text{ l} = 17,83 \text{ l} + 3 \text{ l} + 64 \text{ l}$$

$$\times \frac{5,4 \text{ bar} + 1}{5,4 \text{ bar} - 2,5 \text{ bar}}$$

Es wird ein Ausdehnungsgefäß mit $V_h = 200$ l gewählt und der erforderliche Anlagenbetriebsdruck errechnet.

$$p_{a \text{ min}} = 2,55 \text{ bar} = \frac{200 \text{ l} (2,5 \text{ bar} + 1)}{200 \text{ l} - 3 \text{ l}} - 1$$

Tips für die Praxis

Für die Größendimensionierung des Ausdehnungsgefäßes sind das Dampfvolumen des Kollektorfeldes und die Größe des Druckfaktor hauptauschlaggebend. Je kleiner die Differenz zwischen dem Fülldruck und dem Enddruck der Anlage, desto größer wird das erforderliche Ausdehnungsgefäß. Bei der Festlegung des Enddrucks der Anlage sollten die folgenden Punkte beachtet werden:

- Je höher Enddruck und Fülldruck, desto später verdampft das Glykol-Wasser-Gemisch im Kollektorfeld; das Glykol ist in diesem Fall temperaturbeständig zu wählen
- Je höher der Enddruck, desto teurer ist das Ausdehnungsgefäß



Bild: Solarpraxis

Einbau von Ausdehnungsgefäßen (vor der Pumpe mit Rohren); im Vorlauf mit Vorschaltgerät

Bei größeren Volumina des Ausdehnungsgefäßes und bei schlechten Druckfaktoren empfiehlt es sich, den Einsatz einer Druckhaltung mit Fremddruckerzeugung zu prüfen. Diese Variante ist gegebenenfalls kostengünstiger.

Einbau des Ausdehnungsgefäßes

Folgende Hinweise sollten beim Einbau des Ausdehnungsgefäßes berücksichtigt werden:

- Das Ausdehnungsgefäß muß vor Dauertemperaturen > 70 °C und Dampfschlägen geschützt eingebaut werden. Der Einbauort sollte vorzugsweise im Kollektorkreisrücklauf in Strömungsrichtung vor der Pumpe liegen. Ein Einbau hinter der Pumpe sollte aufgrund der Druckverhältnisse unterbleiben.
- Das Ausdehnungsgefäß darf zum Kollektor nicht absperrbar sein; alternativ sind Kappenventile einzusetzen.

Kollektor eingehalten werden, um den Eintrag von Dampf in das Ausdehnungsgefäß zu vermeiden. Der Sicherheitsabstand ist von der Art der Kollektoren (Flach- oder Röhrenkollektor), der Verlegung der Rohre und deren Dämmung abhängig. Ein Abstand von mind. 10 m sollte daher keinesfalls unterschritten werden.

- Beim Einbau des Ausdehnungsgefäßes sollte dessen Vordruck geprüft werden. Der gemessene oder abgelesene Vordruck darf den aus der statischen Höhe resultierenden Druck am Einbauort nicht überschreiten, da sonst das Nutzvolumen des Ausdehnungsgefäßes erheblich geringer wird. Als Folge kann die Anlage trotz ansonsten korrekter Dimensionierung abblasen. □