

7 Anlagenplanung Auslegung der Solarkomponenten

Sicherheit

Solarsysteme stellen besondere Anforderungen an die Betriebssicherheit. Die erforderlichen Maßnahmen sind in der DIN EN 12977 festgelegt. Zusätzlich zu den üblichen Sicherheitsventilen wird hier die Eigensicherheit der Anlage gefordert. Eigensicherheit bedeutet, dass die Anlage auch nach einem Stillstand selbsttätig ohne einen zusätzlichen Bedienungsaufwand wieder in Betrieb gehen kann.

Wird beispielsweise bei hoher Sonneneinstrahlung - aufgrund von geringem Verbrauch - die Speichermaximaltemperatur erreicht, so muss der Regler den Solarkreis abschalten. Die Temperaturen im Kollektor steigen unter Umständen bis zur Stillstandstemperatur an, wobei im Kollektor Dampf entstehen kann.

In dieser Situation darf keine Solarflüssigkeit aus dem Sicherheitsventil oder aus einem Entlüfter austreten, da diese nach Abkühlung des Systems fehlen würde und von Hand nachgefüllt werden müsste.

Die geforderte Eigensicherheit wird dadurch erreicht, dass das Ausdehnungsgefäß nicht nur die durch Erwärmung entstehende Ausdehnung der Solarflüssigkeit, sondern zusätzlich das durch die Dampfbildung im Kollektor verdrängte Volumen aufnimmt. Das Ansprechen des Sicherheitsventils wird vermieden.

Auslegung des Ausdehnungsgefäßes

Hinweis:

Für übliche Anlagendimensionierungen kann die erforderliche Gefäßgröße den Tabellen Seite 127 (Flachkollektoren) bzw. Seite 128 (Röhrenkollektoren) entnommen werden.

Das notwendige Nennvolumen V_n des Ausdehnungsgefäßes wird berechnet, indem das gesamte verdrängte Volumen (Ausdehnungsvolumen V_e + Dampfvolumen V_d) zusätzlich Wasservorlage V_{wv} mit dem Druckfaktor D_f multipliziert wird.

$$V_n = (V_e + V_d + V_{wv}) \cdot D_f$$

Anzahl	Inhalt		Anzahl	Summe in l
1. Kollektoren (V_K):				
	auroTHERM plus VFK 145 H bzw. VFK 150 H	2,16l/Stück	x	=
	auroTHERM plus VFK 145 V bzw. VFK 150 V	1,85l/Stück	x	=
	auroTHERM exklusiv VTK 570/2	0,90l/Stück	x	=
	auroTHERM exklusiv VTK 1140/2	1,80l/Stück	x	=
2. Rohrleitungen (V_R):				
	Flexibles Kollektoranschlussrohr DN12, 1 m	0,145l/Stück	x	=
	Flexibles Kollektoranschlussrohr DN16, 1 m	0,265l/Stück	x	=
	Solar-Flexrohr 2 in 1 DN 16, 2x0,265l/m	0,53l/m	x	=
	Solar-Flexrohr 2 in 1 DN 20, 2x0,36l/m	0,72l/m	x	=
	Rohr Cu 12x1	0,08l/m	x	=
	Rohr Cu 15x1	0,13l/m	x	=
	Rohr Cu 18x1	0,20l/m	x	=
	Rohr Cu 22x1	0,30l/m	x	=
	Rohr Cu 28x1,5	0,50l/m	x	=
	Rohr Cu 32x1,5	0,80l/m	x	=
3. Einbauten (V_{wv} und V_{WT}):				
	V_{wv} Wasservorlage Ausdehnungsgefäß	$\geq 3l$	x	=
	V_{WT} Inhalte Solarwärmetauscher		x	=
	VIH S 300/400/500	10,7/10,7/14,2l	x	=
	auroSTOR VPS SC 700/1000	17,5l/19,2l	x	=
	weitere Einbauten (z.B. Vorschaltgefäß)		x	=
	Gesamtinhalte Kollektorkreis V_A :	Summe		=

Berechnung des Kollektorkreisinhalts V_A in Liter (entspricht der benötigten Menge Solarflüssigkeit)

Mit:

- V_n Nennvolumen MAG in Liter
- V_e Ausdehnungsvolumen in Liter
- V_d Dampfvolumen in Liter
- V_{wv} Wasservorlage in Liter
- D_f Druckfaktor (dimensionslos)

Der Berechnungsgang der Einzelgrößen ist im Folgenden schrittweise dargestellt.

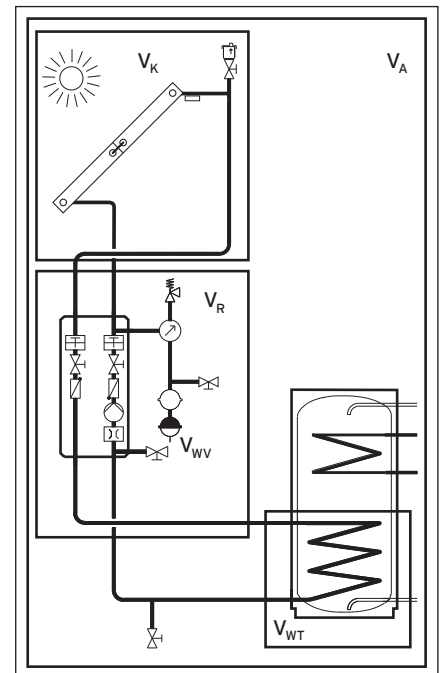
Schritt 1: Ermittlung des Anlagenvolumens V_A (siehe Abbildung)

Das gesamte Anlagenvolumen V_A des Kollektorkreises als Summe aller Komponenten berechnet sich wie folgt:

$$V_A = V_K + V_R + V_{WT} + V_{wv}$$

Mit:

- V_A Anlagenvolumen in Liter
- V_K Kollektorvolumen in Liter
- V_R Rohrleitungsvolumen inkl. Armaturen in Liter
- V_{WT} Wärmetauschervolumen in Liter
- V_{wv} Wasservorlage im MAG in Liter



Gesamtinhalte V_A , Kollektorinhalt V_K , Rohrleitungsinhalt V_R , Wärmetauschervolumen V_{WT} und Wasservorlage im MAG für die Berechnung des Ausdehnungsgefäßes

7 Anlagenplanung Auslegung der Solarkomponenten

V_A kann anhand der obenstehenden Tabelle ermittelt werden. V_A entspricht auch der benötigten Menge Solarflüssigkeit.

Schritt 1.1: Wasservorlage V_{WV}

Beim Befüllen der Anlage stellt sich in der Membran des Ausdehnungsgefäßes ein Gleichgewicht zwischen Solarflüssigkeitsdruck und Gasdruck ein, das Ausdehnungsgefäß nimmt die sog. Wasservorlage V_{WV} auf. Sie dient dazu, den während der Inbetriebnahme durch Entlüftung auftretenden Volumenverlust auszugleichen sowie bei minimalen Systemtemperaturen im Winter an den höchstgelegenen Stellen der Anlage einen Überdruck zu gewährleisten. Die Wasservorlage V_{WV} beträgt ca. 4% des Anlagenvolumens, mindestens aber 3 l.

$$V_{WV} = 0,04 \cdot V_A$$

für große Solaranlagen
 $V_{WV} = 3 \text{ l}$
 für kleine Solaranlagen mit $V_{WV} < 3 \text{ l}$

Schritt 2: Ermittlung des Ausdehnungsvolumens V_e

Das infolge der Temperaturschwankungen (typisch ca. -20°C bis 130°C) auftretende Ausdehnungsvolumen V_e beträgt bei Verwendung des Vaillant Frostschutzmittels (Fertiggemisch) ca. 8,5% des Gesamtinhaltes des Systems V_A .

$$V_e = 0,085 \cdot V_A$$

Mit:

V_e Ausdehnungsvolumen in Liter
 V_A Anlagenvolumen in Liter

Schritt 3: Ermittlung des Dampfvolumens V_d

Das vom MAG aufzunehmende Dampfvolumen V_d setzt sich aus dem Kollektorzinhalte V_K und dem Inhalt der mitverdampfenden Rohrleitung V_r zusammen.

$$V_d = V_K + V_r$$

Mit:

V_K Kollektorzinhalte (inkl. Verbindungsleitungen) in Liter
 V_r mitverdampfendes Rohrleitungsvolumen in Liter

Anzahl Flachkollektoren VFK 145 bzw. VFK 150	Statische Höhe in m								
	10			20			30		
	Rohrleitungslänge (gesamt) in m								
	30	40	50	40	50	60	60	70	80
2	18	18	18	18	18	25	35	35	35
3	25	25	25	25	25	25	50	50	50
4	25	25	25	35	35	35	50	50	50
5	35	35	35	50	50	50	80	80	80
6	50	50	50	80	80	80	100	100	100
7	80	80	80	80	80	80	118	118	118
8	80	80	80	80	80	80	118	118	118
9	80	80	80	118	118	118	180	180	180
10	100	100	100	118	118	118	180	180	180
11	100	100	100	125	125	125	200	200	200
12	118	118	118	150	150	150	218	218	218
13	118	118	118	180	180	180	235	235	235
14	125	125	125	180	180	180	250	250	250

Grundlagen der Berechnung: Bis 4 Kollektoren: Rohrleitung Cu 18x1; 5-8 Kollektoren: Cu 22x1; 9-14 Kollektoren: 28x1,5; solar WT: 2-4 Kollektoren: 10,7 l; 5-6 Kollektoren: 17,5 l; 7-11 Kollektoren: 47,2 l; 12-14 Kollektoren: 94,4 l. Verdampfungsleistung bei Anlagenstillstand im Kollektor 50 W/m²; Rohrwärmeabgabeleistung im Dampfzustand 25 W/m SI 6 bar, Fülldruck ergibt sich nach der Formel $p_a = h \cdot 0,1 + 0,5 \text{ bar}$

Tabelle zur Dimensionierung von Ausdehnungsgefäßen für Flachkollektoren VFK bei unterschiedlichen Gebäudehöhen und Rohrlängen

Beispiel zur Lesart der Tabelle

Gesucht: Nennvolumen des ADG für 8 Kollektoren auroTHERM plus VFK 150 V/H

Gegeben: Statische Höhe zwischen Kollektorfeld und ADG: 20m, Rohrleitungslänge gesamt: 50m

Vorgehen: Zeile mit 8 Kollektoren aus Tabelle und Spalte mit einer statischen Höhe von 20m sowie einer Rohrlänge von 50m auswählen. Es ist ein ADG mit einem Nennvolumen von 80l zu wählen.

Schritt 3.1: Mitverdampfende Rohrleitung V_r

Das größte Ausdehnungsvolumen benötigt die während der Stagnation auftretende Dampfmenge. Neben dem vollständig verdampften Kollektorzinhalte V_K muss auch die in der Rohrleitung befindliche Dampfmenge V_r berücksichtigt werden.

V_r wird aus der maximalen Dampfproduktionsleistung der Kollektoren DR_{max} und der Wärmeverlustleistung der Rohrleitungen \dot{q}_{Rohr} ermittelt, indem die maximale Dampfreichweite in Meter DR_{max} bestimmt wird.

Hinweis:

Die Berechnung der Dampfreichweite und des Verdampfungsvolumens der Rohrleitung sind relativ komplex. Für kleine Solaranlagen wird deswegen vereinfacht der gesamte Rohrleitungsinhalt zwischen Kollektor und Solarstation als mitverdampfendes Volumen gerechnet. Dies ist auch die Grundlage der Schnellauswahltabellen auf dieser und der nächsten Seite.

7 Anlagenplanung Auslegung der Solarkomponenten

$$DR_{\max} = \frac{DPL_{\max} \cdot A_{\text{koll}}}{\dot{q}_{\text{Rohr}}}$$

$$V_r = DR_{\max} \cdot \text{Rohrleitungsinhalt/m}$$

Mit:

DR_{\max} maximale Dampfreichweite in Meter = Länge mitverdampfende Rohrleitung

DPL_{\max} maximale Dampfproduktionsleistung der Kollektoren in W/m^2

A_{koll} Kollektoraperturfläche in m^2

\dot{q}_{Rohr} Wärmeverlustleistung der Rohrleitung in W/m

V_r Mitverdampfendes Rohrleitungsvolumen in Liter

Die Verlustleistung handelsüblicher Kupferrohrleitungen mit 100% Wärmedämmung kann mit 25-30 W/m abgeschätzt werden. Die Dampfproduktionsleistung kann je nach Kollektorbauart und Anordnung mit 100-200 W/m² abgeschätzt werden, für gut verdampfende Flachkollektoren mit beidseitigem Anschluss auch bis 60 W/m².

Je nach Kollektorbauart, Kollektoranordnung, Leitungsführung und Dampfreichweite muss für die Berechnung von V_r daher mindestens die Rohrleitung oberhalb der Kollektorebene, maximal das gesamte Rohrleitungsvolumen, berücksichtigt werden.

Schritt 4: Berechnung des Druckfaktors und korrekte Einstellung Anlagendrücke

Der Druckfaktor wird aus den Druckverhältnissen im Kollektorkreis gebildet.

$$D_f = \frac{(p_e + 1)}{(p_e - p_a)}$$

Mit:

D_f Druckfaktor (ohne Einheit)

p_e maximaler Anlagenenddruck in bar

p_a Fülldruck (Anfangsdruck) der Anlage in bar

Anzahl Röhrenkollektoren		Nettofläche in m ²	Statische Höhe in m								
VTK 570/2	VTK 1140/2		10 m			20 m			30 m		
Rohrleitungslänge (gesamt) in m											
			30	40	50	40	50	60	60	70	80
	2	4	18	18	18	25	25	25	35	35	35
1	2	5	25	25	25	25	25	25	50	50	50
	3	6	25	25	25	35	35	35	50	50	50
1	3	7	25	25	25	35	35	35	50	50	50
	4	8	35	35	35	50	50	50	80	80	80
1	4	9	35	35	35	50	50	50	80	80	80
	5	10	35	35	35	50	50	50	80	80	80
1	5	11	50	50	50	50	50	50	80	80	80
	6	12	80	80	80	80	80	80	118	118	118
1	6	13	80	80	80	80	80	100	125	125	125
	7	14	80	80	80	100	100	100	135	135	135
1	7	15	80	80	80	100	100	100	150	150	150
	8	16	80	80	80	100	100	100	150	150	150
1	8	17	80	80	80	118	118	118	180	180	180
	9	18	80	80	80	118	118	118	180	180	180
1	9	19	100	100	100	118	118	118	235	235	235
	10	20	125	125	125	180	180	180	280	280	280

Grundlagen der Berechnung: Bis 11 m²: Rohrleitung Cu 18×1; 6-19 m²: Cu 22×1; 20: 28×1,5; solar WT: 4-7 m²: 10,7 l; 8-11 m²: 17,5 l; 12-19 m²: 47,2 l; 20 m²: 94,4 l. Verdampfungsleistung bei Anlagenstillstand im Kollektor 120 W/m²; Rohrwärmeabgabeleistung im Dampfzustand 25 W/m; SI 6 bar, Fülldruck ergibt sich nach der Formel $p_a = h \cdot 0,1 + 0,5 \text{ bar}$

Tabelle zur Dimensionierung von Ausdehnungsgefäßen für Röhrenkollektoren VTK bei unterschiedlichen Gebäudehöhen und Rohrlängen

Schritt 4.1: Anlagenenddruck p_e

Der Anlagenenddruck p_e entspricht ca. 90% des Ansprechdrucks am Sicherheitsventil - bei den in Vaillant Solarstationen üblichen 6 bar Sicherheitsventilen also $p_e = 5,4 \text{ bar}$.

Schritt 4.2: Korrekter, gasseitiger Vordruck p_v des ADG

Der gasseitige Vordruck p_v des ADG von 2,5 bar (Auslieferungsdruck) muss bei der Inbetriebnahme im abgekoppelten Zustand an die statische Höhe der Anlage angepasst werden.

Der statische Druck p_{stat} entspricht in etwa der statischen Höhe h zwischen Kollektorfeld und ADG, 10 m statische Höhe entsprechen ca. 1 bar.

$$p_v = p_{\text{stat}} = h \cdot 0,1$$

Mit:

p_v gasseitiger Vordruck (Stickstoffpolster) des MAG in bar

p_{stat} statischer Druck in bar

h statische Höhe in m

Hinweis:

Alle Vaillant ADG werden mit einem gasseitigen Vordruck von 2,5 bar ausgeliefert. Eine Abweichung vom optimalen gasseitigen Vordruck des ADG hat immer eine Verkleinerung des Nutzvolumens des ADG zur Folge. Hierdurch kann es zu Betriebsstörungen kommen!

7 Anlagenplanung

Auslegung der Solarkomponenten

Schritt 4.3: Fülldruck p_a

Der Fülldruck (Anfangsdruck) p_a muss bei Inbetriebnahme auf statische Höhe + 0,5 bar (notwendiger Überdruck am Kollektor) eingestellt werden. Für kleine Solarsysteme im Ein- und Zweifamilienhaus sind jedoch mindestens 2,0 bar einzustellen. Damit wird bei Stagnation eine kontrollierte Verdampfungstemperatur von ca. 120°C erreicht.

$$p_a = p_{\text{stat}} + 0,5 \text{ bar}$$

$$p_a > 2,0 \text{ bar}$$

$$p_v \text{ an } p_{\text{stat}} \text{ angepasst}$$

Mit:

p_a Fülldruck (Anfangsdruck) der Anlage in bar
 p_{stat} statischer Druck in bar
 p_v gasseitiger Vordruck MAG in bar

Hinweis:

Wird bei einer Solaranlage (2 Kollektoren, 10 m statische Höhe) der gasseitige Vordruck p_v des MAG (2,5 bar) bei Inbetriebnahme nicht auf die statische Höhe 1,0 bar angepasst, stünde bei 2,0 bar Fülldruck p_a nicht ausreichend Wasservorlage zur Verfügung. Erst bei 3,0 bar Fülldruck würde für das eingesetzte 18-l-MAG eine Wasservorlage von ca. 2,25 l erreicht. Die Erhöhung des Fülldrucks auf 2,5 bar + Wasservorlage = mind. 3,0 bar ermöglicht zwar den störungsfreien Betrieb der Anlage, reduziert aber den Arbeitsbereich des MAG und kann zu Betriebsstörungen führen.

Wird der Vordruck des MAG nicht an die statische Höhe angepasst, muss p_a mindestens 3 bar betragen, um eine kontrollierte Verdampfungstemperatur zu erreichen und Kavitation an der Pumpe zu verhindern!

Beispielrechnung

Gegeben: Solaranlage mit 6 Kollektoren VFK 150 H, Flexrohr DN 20, 15 m sowie Kombispeicher VPS SC 700, statische Höhe: 14 m

Gesucht: Nennvolumen V_n des MAG

Schritt 1: Ermittlung Kollektorkreisinhalt $V_A = V_k + V_R + V_{WT} + V_{WV}$ (Werte aus Tabelle Seite 127 ablesen)	Kollektorvolumen $V_k = 6 \times \text{VFK 150 H} = 6 \times 2,16 \text{ l}$ Rohrleitungsvolumen $V_R = 15 \text{ m Flexrohr DN20} = 15 \times 0,72 \text{ l}$ Wärmetauschervolumen $V_{WT} = \text{auroSTOR VPS SC 700}$ Wasservorlage $V_{WV} = 3,0 \text{ l, da } V_{WV} < 0,04 \times V_A$	13,0 l + 10,8 l + 17,5 l + 3,0 l $V_A = 45,0 \text{ l}$
Schritt 2: Berechnung Ausdehnungsvolumen $V_e = 0,085 \times V_A$	$V_e = 0,085 \times 45 \text{ l}$	$V_e = 4,0 \text{ l}$
Schritt 3: Berechnung Dampfvolumen $V_d = V_k + V_r$	Kollektorvolumen $V_k = 13,0 \text{ l}$ Mitverdampfendes Rohrleitungsvolumen V_r Maximale Dampfreichweite $DR_{\text{max}} = (DPL_{\text{max}} \times A_{\text{Koll}}) / \dot{q}_{\text{Rohr}}$ $= (60 \text{ W/m}^2 \times 14,1 \text{ m}^2) / 30 \text{ W/m} = 28,2 \text{ m}$ Der gesamte Inhalt des Flexrohres 15 m DN 20 kann mitverdampfen, daher $V_r = 15 \times 0,72 \text{ l} = 10,8 \text{ l}$	13,0 l + 10,8 l $V_d = 23,8 \text{ l}$
Schritt 4: Ermittlung Druckfaktor $D_f = (p_e + 1) / (p_e - p_a)$	$p_e = 5,5 \text{ bar}$ (90% Ansprechdruck SI, aber mind. -0,5 bar) $p_v = 1,4 \text{ bar}$ (gasseitiger Vordruck MAG auf statische Höhe 14 m angepasst) $p_a = 2,0 \text{ bar}$ (0,5 bar über p_v , mindestens aber 2,0 bar) Damit: $D_f = (5,5 + 1) / (5,5 - 2) = 1,85$	$D_f = 1,85$
Schritt 5: Ermittlung Nennvolumen MAG $V_n = (V_e + V_d + V_{WV}) \cdot D_f$	$V_n = (4,0 \text{ l} + 23,8 \text{ l} + 3,0 \text{ l}) \times 1,85$ $V_n = 57,9 \text{ l}$	$V_n = 57 \text{ l}$
Wahl des geeigneten ADG	Gewählt wird ein Ausdehnungsgefäß mit $V_n = 80 \text{ l}$	
Hinweis	Wird der Vordruck des MAG nicht auf 1,4 bar abgelassen, ergäbe sich ein Mindestfülldruck von 2,5 bar + 0,5 bar = 3,0 bar. Damit würde ein Druckfaktor von 2,6 erreicht und das gewählte MAG 80 l wäre nur noch grenzwertig ausreichend! Stellen Sie immer den notwendigen Vordruck am MAG ein!	

Schritt 5: Ermittlung des Nennvolumens V_n des MAG

Aus den vorangegangenen Schritten wird schließlich das Nennvolumen des MAG ermittelt.

$$V_n = (V_e + V_d + V_{WV}) \cdot D_f$$

Mit:

V_n Nennvolumen MAG in Liter
 V_e Ausdehnungsvolumen in Liter
 V_d Dampfvolumen in Liter
 V_{WV} Wasservorlage in Liter
 D_f Druckfaktor (dimensionslos)

Hinweis:

Um die Wärmeverluste der Rohrleitung zwischen Solarstation und Ausdehnungsgefäß zu erhöhen und dadurch die Membran des ADG möglichst vor Über-temperatur zu schützen, darf diese Zuleitung nicht isoliert werden. Außerdem sollte bei wandhängenden ADGs das Ausdehnungsgefäß nur mit dem Anschluss nach oben montiert werden.

7 Anlagenplanung

Auslegung der Solarkomponenten

Notwendigkeit von Vorschaltgefäßen

Ausdehnungsgefäß-(ADG)-Membranen sind nach DIN 4807/2 für Dauertemperaturen $> 70^{\circ}\text{C}$ nicht zugelassen. Der Einbau von ADG im Solarrücklauf ist deshalb dringend vorgeschrieben. Außerdem kann die Installation eines Vorschaltgefäßes oder einer Temperaturschleife bzw. Rohrerweiterung nötig sein.

Ein Vorschaltgefäß ist immer dann erforderlich, wenn der Kollektor mehr Dampf erzeugt als in den angrenzenden Rohrleitungen bis zur Solarstation wieder kondensieren kann. Aufgrund der besseren Wärmeabgabe dürfen Vorschaltgefäße prinzipiell nicht wärmegeämmt werden.

Vaillant empfiehlt, für jedes System Vorschaltgefäße einzusetzen.

Hinweis:

Vaillant Solar Vorschaltgefäße sind in den Größen 5l, 12l und 18l erhältlich. Neu ist das Solar-Ausdehnungsgefäß plus, das ein Ausdehnungsvolumen mit einem Vorschaltgefäß vereint und für die Flachkollektoren empfohlen wird. Das Solar-Ausdehnungsgefäß plus ist in den Größen 18l, 25l + 10l und 35l + 12l erhältlich.

Der Einsatz von Vorschaltgefäßen zum Schutz der Membran des ADG ist für jedes Solarsystem zu empfehlen, insbesondere bei allen Anlagen mit sehr kurzen Leitungswegen oder sehr geringen Leitungsdimensionen oder sehr großen Kollektorflächen. In Kombination mit dem auroCOMPACT wird der Einsatz eines Vorschaltgefäßes immer empfohlen.

Je kleiner der Anlagenbetriebsdruck, je größer die Wasservorlage im ADG und je größer das Rohrleitungsvolumen insbesondere in der Rücklaufleitung zwischen Kollektor und ADG ist, desto kleiner kann das Vorschaltgefäß bemessen werden.

Beispiel:

Gesucht: Größe des Vorschaltgefäßes in Liter.

Gegeben: Dachheizzentrale mit berechnetem ADG von 20l. Das Volumen in der Rücklaufleitung betrage 2l, in der Vorlaufleitung 4l.

Vorgehen: Damit der Gesamtinhalt der Leitungslänge 50% vom Nennvolumen des Ausdehnungsgefäßes (10l) beträgt, müsste das Vorschaltgefäß $10l - 6l = 4l$ aufweisen. Eingesetzt wird das Vaillant Vorschaltgefäß 5l (Bestell-Nr. 302 405).

Hinweis:

Die im Rahmen einer Wartung mögliche Absperrung des Solarkreis-Vorlaufs kann direkte Auswirkung auf die thermische Belastbarkeit des ADG haben und bei gleichzeitigem Anlagenstillstand und hoher Einstrahlung zu einer Beschädigung der Membran führen. Grund dafür ist die Verringerung des Flüssigkeitsvolumens zwischen Kollektor und ADG, das dann lediglich aus der nicht absperzbaren Rücklaufleitung besteht.