

Wasservorlage – Dampfvolumen – Vorschaltgefäße

Ausdehnungsgefäße in Solaranlagen



Das Ausdehnungsgefäß ist eine der sensibelsten Komponenten im Solarkreis

Ein kompetenter Umgang mit der Druckhaltung in Solaranlagen bedeutet, sowohl Planungs- und Anlagenfehler zu vermeiden als auch Anlagenkosten zu reduzieren. Der folgende Beitrag vermittelt aktuelle Ansätze zur Dimensionierung von Ausdehnungsgefäßen in Solaranlagen. Dazu gehören folgende Fragen: Wie wird die Wasservorlage ermittelt? Wie lässt sich das mitverdampfende Volumen in der Rohrleitung berechnen? Wann braucht man ein Vorschaltgefäß?

Die Solar- und insbesondere die Kollektortechnik hat sich in den letzten Jahren enorm weiterentwickelt. Die Kollektor-Stillstandstemperaturen wurden durch fragwürdiges Qualitätsstreben in die Höhe getrieben. Gleichzeitig liegen Anlagen zur Heizungsunterstützung im Trend, wodurch im Sommer immer mehr Wärme auf immer höherem Temperaturniveau „vernichtet“ werden muss. Verständlicherweise kann die Normung nicht die neuesten Details der Technik berücksichtigen. Gerade diese haben es aber in sich und können bei Nichtbeachtung zu planerischen Fehlleistungen führen.

Sensible Komponente im Solarkreis

Neben relativ klar definierten Größen wie dem Flüssigkeitsinhalt der Anlage, dem Kollektorvolumen (flüssig und dampfförmig) oder auch der statischen Höhe, taucht bei der Anlagendimensionierung immer wieder

die Forderung nach einer Wasservorlage auf. An anderen Stellen wird darauf hingewiesen, dass beim Dampfvolumen des Kollektors auch das mitverdampfende Volumen in den Rohren zu berücksichtigen ist. Um diese, in der Solartechnik mehr oder weniger diffus verwendeten Begriffe soll es im folgenden Beitrag gehen.

Das Ausdehnungsgefäß (ADG) ist eine der sensibelsten Komponenten im Solarkreis. Gleichzeitig ist es sehr wichtig für den eigensicheren Betrieb einer Anlage. Eigensicher meint hierbei sinngemäß nach DIN 4757 T1 oder auch EN 12977 T1, dass anhaltende Wärmeaufnahme ohne Wärmeverbrauch (z. B. Urlaub oder Stromausfall) nicht zu einem Störfall führt, dessen Behebung über den üblichen Bedienungsaufwand hinausgeht. Ein solcher Störfall wäre z. B. das Ansprechen des Sicherheitsventils. Die folgenden Anmerkungen sollen einen Beitrag leisten, Solar-ADG richtig auszulegen. So können Kosten gespart und Anlagenfehler vermieden werden. Ein Solar-Ausdehnungsgefäß wird nach folgender Formel berechnet:

$$V_n = \Delta V \cdot \frac{p_e + 1}{p_e - p_a}$$

Die allgemeine Berechnung eines ADG wird umfangreich in Normen und speziell für Solaranlagen in einschlägiger Literatur ([6], [7]) erläutert. Auf dort erklärte bzw. allgemein bekannte Zusammenhänge soll hier nicht näher eingegangen werden (Bild 1).

Die Bedeutung der Wasservorlage?

Die Wasservorlage in Solaranlagen sollte einzig und allein dem Zweck dienen, zu verhindern, dass am höchsten Punkt der Anlage zu irgendeinem Zeitpunkt ein Unterdruck auftreten und deshalb Luft „eingeschnüffelt“ werden kann. Im verdeckten Fall würde diese Luft zur beschleunigten Zersetzung des Frostschutzmittels mit der Folge von Korrosionsschäden in der Anlage führen und im auffälligsten Fall zum erzwungenen Anlagenstillstand.

1. Fehler: Wasservorlage, um das Verdampfen zu „verhindern“

Es ist nicht zu tolerieren, wenn eine Wasservorlage dazu benutzt wird, ein Verdampfen der Flüssigkeit im Kollektor zu verhindern bzw. diese zu verzögern. Denn bei den Stillstandstemperaturen um die 200 °C wird das Frostschutzmittel in Kollektoren thermisch überlastet und muss innerhalb



Bilder 1-4: Solarpraxis

Bild 1 Solar-Ausdehnungsgefäß mit Schlauchanschluss und Schnellkupplung

viel zu kurzer Zeit erneuert werden. Es sollte klar sein, dass die Verdampfung in modernen Flachkollektoren durch Druckerhöhung nicht zu verhindern ist, da bei den auftretenden Stillstandstemperaturen von 200 °C (und mehr) Verdampfungsdrücke von 10 bar und höher auftreten. Derzeitig verfügbare Solarkomponenten halten diesen Drücken nicht (mehr) stand. Wird nun versucht, durch eine Druckvorlage die Verdampfung zu verzögern, kann es durch Cracken (Zersetzung in klebrige, nicht lösliche Bestandteile) des Frostschutzmittels zu irreparablen Schäden am Kollektor oder auch durch thermisch bedingte Säuerung zu Korrosion in der Anlage kommen.

Es gilt somit heute als erklärte Forderung von Frostschutzmittelherstellern im Solarbereich, dass die Verdampfung im Kollektor möglichst frühzeitig zu erfolgen hat, um die Frostschutzmittelmenge – die der Überhitzung im Stillstandsfall innerhalb des Kollektors ausgesetzt ist – möglichst gering zu halten [8].

2. Fehler: Wasservorlage als Kompensation der Entgasung

Die Wasservorlage dafür zu nutzen, die im Anfangsstadium der Inbetriebnahme ausgasende Luft und den damit einhergehenden Volumenverlust – besonders in großen Anlagen – zu ersetzen, macht we-

nig Sinn. Denn das ADG müsste nur wegen dieser Anfangsphase wesentlich größer dimensioniert werden und wäre damit für den Rest des Anlagenlebens überdimensioniert.

3. Fehler: Wasservorlage als „Kompensation“ von Undichtigkeiten

Die Wasservorlage für diverse Flüssigkeitsverluste durch Undichtigkeiten („Wie sie in jeder Anlage auftreten . . .“) nutzen zu wollen, hieße, ein Auto mit sechs Rädern und einem stärkeren Motor auszurüsten, um einen platten Reifen nicht reparieren zu müssen.

Die Wasservorlage im Solarbereich dient also ausschließlich der Kompensation der Volumenverringerung bei Kälte. Der Ausdehnungskoeffizient (es handelt sich eigentlich um einen Schrumpfkoeffizienten) für Wasser-Frostschutzgemische mit etwa 50 % Wasser beträgt ansatzweise 0,03 (3 % des Flüssigkeitsinhaltes der Anlage) [11]. Durch den Vorlagendruck (das sog. Druckäquivalent der Wasservorlage, siehe folgender Abschnitt) sollten also diese 3 % im ADG bevorratet werden.

Beispiel:

Bei einem Anlageninhalt von 60 Litern müssten 1,8 Liter (3 % von 60) im ADG vorgehalten werden. Die Frage ist also, welcher Fülldruck auf ein gewähltes ADG mit einem Nenn-Volumen von 140 Litern gegeben werden muss, um 1,8 Liter (für kalte Zeiten) zu bevorraten.

Annahme: Das Sicherheitsventil arbeitet in einem Bereich vom statischen Druck bzw. Anlagenfülldruck (ohne Wasservorlage!) bis Enddruck. Im Falle eines 6-bar-Sicher-

heitsventils (Arbeitsdifferenz 10 %, also minimaler Ansprechdruck 5,4 bar) in einem 10 m hohen Haus also von 1 bar bis 5,4 bar = 4,4 bar.

Lösung:

$$1,8 \text{ l}/140 \text{ l} = X/4,4 \text{ bar, d.h. } X = 4,4 \times 1,8/140 = 0,05 \text{ bar}$$

Wäre in diesem Fall – wie in der Literatur z. T. pauschal empfohlen – mit der anfänglichen Annahme von 0,5 bar Wasservorlage gerechnet worden, läge man bei der Dimensionierung des ADG sehr daneben. Die ADG-Dimensionierung ist auf Grund der vom Ergebnis beeinflussten Wasservorlage damit immer eine Interpolation. Dementsprechend trägt man nun beim Wert für die Wasservorlage 0,05 bar ein und rechnet noch einmal. In diesem Beispiel reicht dadurch sogar ein ADG mit lediglich 100 Litern Nennvolumen.

Das mitverdampfende Rohrvolumen

In diversen Literaturangaben (z. B. [6], [7]) werden sinnvolle Empfehlungen gegeben, das mitverdampfende Rohrvolumen abzuschätzen. Neueste Untersuchungen ermöglichen nun zusätzlich die genaue Berechnung [8]. So wie in der Dimensionierung häufig die Extremfälle der Belastung von Interesse sind, geht es auch hier um die Frage, ob man von 100 % mitver-

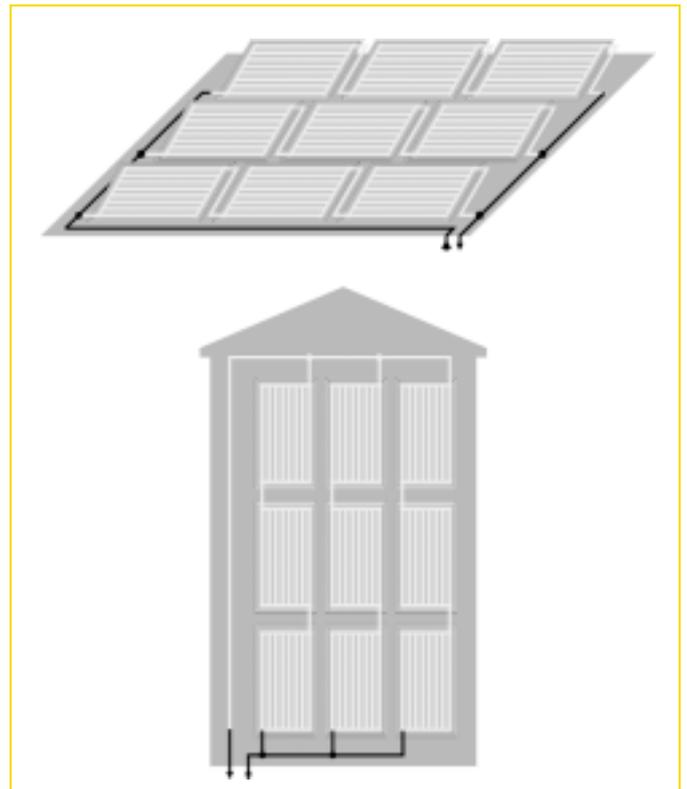
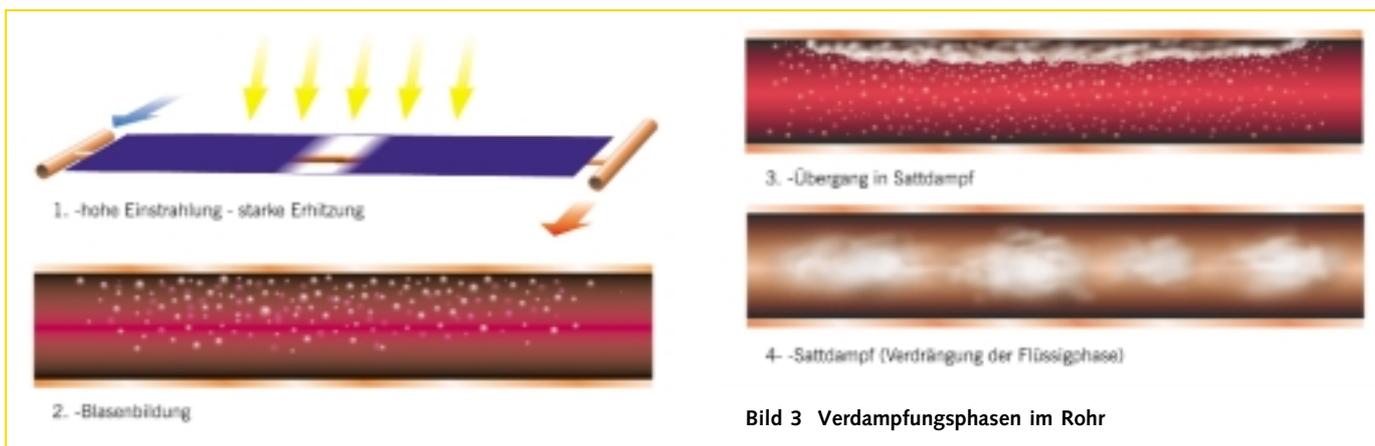


Bild 2 Rohre, in denen Wärmeträger durch Dampf ersetzt wird (oben: Flachdachinstallation; unten: Fassadeninstallation; bei aufgeteilttem Kollektorfeld auf Schrägdach ähnlich)



dampfendem Rohrvolumen ausgehen kann. Dies kann in der Praxis eintreten, muss aber nicht. Auch die europäische Normung EN 12977 T1 ([10]) geht wohl eher davon aus, dass es nicht passiert, denn sie fordert lediglich einen Aufschlag für mitverdampfende Rohre von 10 % des Kollektor-Dampfvolumens.

Entscheidend für das mitverdampfende Rohrvolumen sind:

- die Dauer des Anlagenstillstands
- die Güte der Rohrisolierung
- die Lage der Verrohrung zum Kollektor
- die Größe des ADG.

Der Fall eines zu kleinen ADG soll hier nicht weiter interessieren, da durch diesen Umstand i. d. R. das Sicherheitsventil ausgelöst wird und damit keine eigensichere Anlage (Stand der Technik) mehr vorliegt.

Gut und schlecht entleerende Kollektoren

Das nachfolgende Beispiel stellt den möglichen Extremfall einer 100 % Verdampfung dar:

Befindet sich die Anlagenverrohrung (Steigstränge) wie im Beispiel einer Dachzentrale u. U. oberhalb des Kollektorfeldes, kann das gesamte Rohrvolumen im Anlagenstillstand in die Kollektoren fließen und muss dort (mit-)verdampfen. Nach [8] lässt sich nun die Dampfleistung des Kollektors und die mitverdampfende Rohrstrecke berechnen. Hier wird zunächst zwischen gut und schlecht entleerenden Kollektoren unterschieden. Während man unter ersteren alle Kollektoren mit mindestens einem Anschluss nach unten abgehend versteht, werden schlecht entleerende Kollektoren dadurch gekennzeichnet, dass beide Anschlüsse nach oben herausgeführt werden. Im Falle einer Verdampfung muss hier das gesamte Kollektorvolumen verdampft werden (ca. 1 Liter Flüssigkeit kann somit mehrere hundert Liter Dampf erzeugen). Ein sich gut entleerer Kollektor dagegen erzeugt lediglich sein eigenes Flüssigkeitsvolumen als Dampf, bevor die Verdampfung (mangels Flüssigkeit) zum Er-

liegen kommt. Am deutschen Markt ist der schlecht entleerende Kollektortyp sehr weit verbreitet.

ADG durch Vorschaltgefäß schützen

Die in [8] veröffentlichten Ergebnisse lassen sich in wenigen Werten zusammenfassen:

- Verdampferleistung Flachkollektor (schlecht entleerend): 120 W/m²
- Verdampferleistung Röhrenkollektor (schlecht entleerend): 140 W/m²
- Wärmeabgabeleistung eines Rohres (100 % isoliert) bei Sattdampf Temperatur: 20–30 W/m.

Für die beschriebene Dachheizzentrale mit angenommenen 10 m² Kollektorfläche (schlecht entleerend) zur Heizungsunterstützung ergibt sich eine Verdampferleistung von 1200 W (Flachkollektoren) bzw. 1400 W für Röhrenkollektoren. Damit lässt sich eine Rohrstrecke von $1200/25 = 48$ m (Flachkollektor) und $1400/25 = 56$ m für Röhrenkollektoren berechnen. Das Ergebnis zeigt, dass für eine Dachheizzentrale mit einfachen Rohrlängen um die 10 m auch die Hälfte der Kollektorfläche bereits zur 100 %igen Verdampfung gereicht hätte. In Konsequenz einer solchen Erkenntnis sollte das ADG durch ein Vorschaltgefäß geschützt werden.

Vorschaltgefäße dimensionieren

Die meisten ADG-Membranen sind für Dauertemperaturen >70 °C nicht zugelassen (nach DIN 4807/2). Der Einbau von ADG's im Solarrücklauf ist deshalb vorgeschrieben. Außerdem kann die Installation eines Vorschaltgefäßes oder eine Temperaturschleife bzw. Rohrerweiterung nötig sein. In der aktuellen Normung EN 12977-T1 (/10/) werden Vorschaltgefäße unter bestimmten Bedingungen gefordert, auch wenn sie nicht so bezeichnet werden. Es

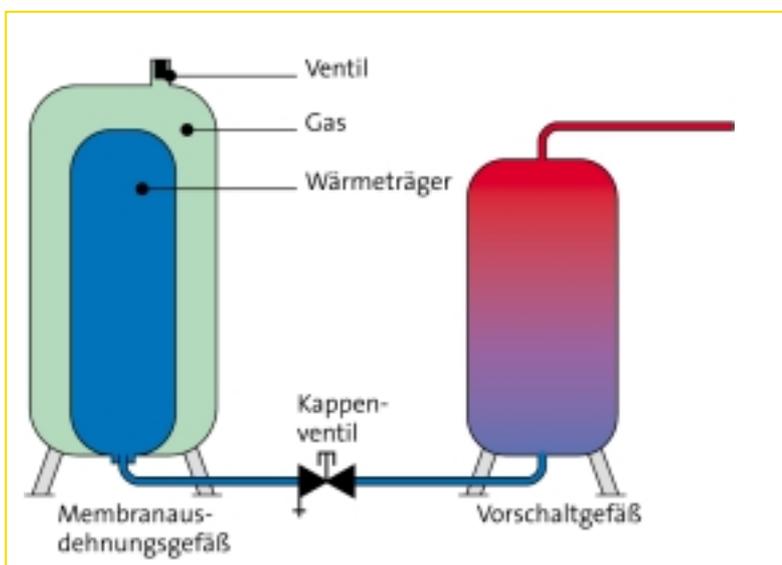


Bild 4
Einbau von Ausdehnungsgefäßen mit Vorschaltgefäß

heißt dort, dass „. . . zwischen ADG und Hauptrohr des Kollektorkreislaufs ein Zwischenzylinder mit vertikaler Temperaturschichtung . . .“ anzuordnen ist (Bild 4).

Zur Dimensionierung von Vorschaltgefäßen liegen noch keine allgemeinverbindlichen Auslegungsrichtlinien vor. Behelfsweise kann man sich an der Nebenbestimmung der Kollektorbauartzulassung einiger Kollektoren (z. B. [5]) orientieren: Diese sehen vor, dass „. . . der Wasserinhalt der Leitungen zwischen den Kollektoren und dem Ausdehnungsgefäß mindestens 50 % der Wasseraufnahmefähigkeit des richtig bemessenden Ausdehnungsgefäßes . . .“ beitragen muss. Andernfalls ist „. . . zum Schutz der Membrane ein Vorschaltgefäß einzubauen.“

Als Interpretation dieser Vorgabe wäre also das Vorschaltgefäß so zu dimensionieren, dass der oben beschriebene Wasserinhalt von mindestens 50 % der Wasseraufnahmefähigkeit des Ausdehnungsgefäßes durch die Volumina der o. g. Rohrleitungen und des Vorschaltgefäßes erreicht wird. Es ist allerdings nicht klar definiert, welche Leitungen hier gemeint sind: das Volumen der Leitungen mit der kürzesten Verbindung zum Kollektorfeld (i. d. R. der Kollektorrücklauf) oder die Summe aller Leitungen (Kollektorvor- und -rücklauf zzgl. vorhandener Bypassstrecken).

Beispiel: Die Dimensionierung des ADG ergab ein Nennvolumen von 25 Litern. Der Inhalt von Vor- und Rücklaufleitungen einer im Dachboden aufgestellten Solaranlage beträgt insgesamt 5 Liter. Das Ausdehnungsgefäß sitzt im Kollektorrücklauf. Das Volumen des Rücklaufs vom Ausdehnungsgefäß bis zum Kollektorfeld beträgt nur 2 Liter.

Damit der Gesamtinhalt 50 % von 25 Liter, also 12,5 Liter, erreicht wird, müsste das Vorschaltgefäß für den Fall, dass der gesamte Inhalt der Kollektorkreis-Verrohrung angesetzt wird, ein Volumen von $12,5 - 5 = 7,5$ Liter aufweisen.

Wird hingegen nur der Inhalt der kürzeren Rohrverbindung (i. d. R. der Rücklauf) zu den Kollektoren eingesetzt, so ist ein Vorschaltvolumen von $12,5 - 2 = 10,5$ Liter erforderlich. Zu beachten ist hierbei jedoch, dass zum einen der Inhalt des Vorlaufs in der Regel absperribar zum Ausdehnungsgefäß ausgeführt wird (z. B. Pumpenabspernungen im Rücklauf). Zum anderen kann im Falle einer geschlossenen Absperzung somit grundsätzlich immer nur das Volumen des nicht-absperribaren Rücklaufes (ab ADG bis zu den Kollektoren) als Leitungsinhalt angesetzt werden. Indirekt ist

damit vorgegeben, diesen kleineren Wert für das Rohrvolumen grundsätzlich zu benutzen.

Ein kompetenter Umgang mit der Thematik „Druckhaltung in Solaranlagen“ lässt neben dem Vermeiden von Planungsfehlern auch eine Kostenreduktion bzw. eine finanzielle Entlastung des Bauherren erwarten. Mit den in Bezug auf Kollektorfläche und Flüssigkeitsinhalt tendenziell immer größer werdenden Anlagen dürfte beides zunehmend an Bedeutung gewinnen.

Literatur

- [1] Recknagel, Sprenger, Höhnmann: Lehrbuch der Heizungs- u. Klimatechnik
- [2] Fa. Reflex Winkelmann + Pannhoff GmbH: Planungsunterlagen und Werkschriften
- [3] Tyforop GmbH, Produktunterlagen Tyfocor
- [4] Fa. Zilmet, Produktunterlagen
- [5] Nebenbestimmung zur Kollektorbauartzulassung Euro C18, Regierungspräsidium Darmstadt, Anlage zur Bauartzulassungsbescheinigung des Kollektors Euro C18 der Fa. Wagner & Co. vom 1. Juli 1995.
- [6] Peuser, Schnauss, Remmers: Langzeiterfahrungen Solarthermie; Solarpraxis Verlag; www.solarpraxis.de
- [7] Remmers: Große Solaranlagen; Solarpraxis Verlag, www.solarpraxis.de
- [8] Hausner, Robert: Arge Erneuerbare Energie (AEE), Gleisdorf: Quantifizierung des Stagnationsverhaltens von Thermischen Solarsystemen, Ostbayerisches Technologie-Transfer-Institut e.V. (Otti), Regensburg; 13. Symposium Thermische Solarenergie, Mai 2003
- [9] Hillerns, Dr. Frank: Untersuchung zur Wärmebelastung von Solarfluiden im Rahmen des Projektes „Entwicklung von Solaranlagen mit unproblematischem Stillstandsverhalten“; Ostbayerisches Technologie-Transfer-Institut e.V. (Otti), Regensburg; 13. Symposium Thermische Solarenergie, Mai 2003
- [10] DIN EN 12977-1, Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile: Kundenspezifisch gefertigte Anlagen, Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- [11] Berechnung des Verfassers



Autor Dipl.-Ing. **Falk Antony** (36) war bis 2000 bei einem Kollektorhersteller und Systemanbieter u. a. in den Bereichen Planung, Forschung und Entwicklung tätig. Bei der Solarpraxis AG, Berlin, ist er heute Bereichsleiter Bildung und Projektleiter sowie Mitautor von Solarbüchern. Telefon (0 30) 72 62 96-4 02, E-Mail: antony@solarpraxis.de, www.solarpraxis.de