



# Ausdehnungsgefäße in einer Solaranlage

## Whitepaper



## Ausdehnungsgefäße in einer Solaranlage

Wie in jedem anderen geschlossenen System, in dem sich die Temperatur einer Flüssigkeit ändert, wird auch in einer Solaranlage ein Ausdehnungsgefäß benötigt. In Bezug auf die Position des Ausdehnungsgefäßes und die Berechnung der Kapazität gibt es jedoch einige wichtige Unterschiede zwischen Systemen für Solaranlagen und Zentralheizungen. Dies hängt nicht nur mit dem verwendeten Medium zusammen, sondern auch mit der Art und Weise, wie Solaranlagen funktionieren.

In diesem Whitepaper behandeln wir die folgenden Arten von Solarboileranlagen:

- Niederdruck-Ausführungen (max. 3 bar), z. B. rücklaufgeführte Solaranlagen
- Druckgeführte Solaranlagen (Überdruck-Solarboileranlagen) mit einem Betriebsdruck zwischen 3 und 10 bar
- Solarboileranlagen mit unverglasten Kollektoren

### Rücklaufgeführte Solaranlagen

Das Rücklaufsystem entspricht in weiten Teilen dem Überdrucksystem. Der Hauptunterschied besteht darin, dass sich ein Rücklaufgefäß in der Anlage befindet, in das das Medium vom Kollektor zurückfließt, sobald die Umwälzpumpe nicht mehr läuft. Dadurch wird der Kollektor vor dem Einfrieren und Überhitzen geschützt. Aus diesem Grund ist das System sehr beliebt, es hat jedoch den Nachteil, dass ausreichend Platz zum Anbringen des Gefäßes vorhanden sein muss. Darüber hinaus wird eine leistungsstärkere Umwälzpumpe benötigt, um das Wasser wieder aus dem Rücklaufgefäß herauszupumpen. Daher muss das Rücklaufgefäß so nahe wie möglich beim Kollektor positioniert werden, jedoch unterhalb der Höhe des Kollektors. Alle Rohre müssen außerdem mit Gefälle angebracht werden, um sicherzustellen, dass beim Rücklauf kein Wasser zurückbleibt und dass die gesamte Luft effektiv aus dem System gedrückt wird, wenn es mit dem Medium gefüllt wird.

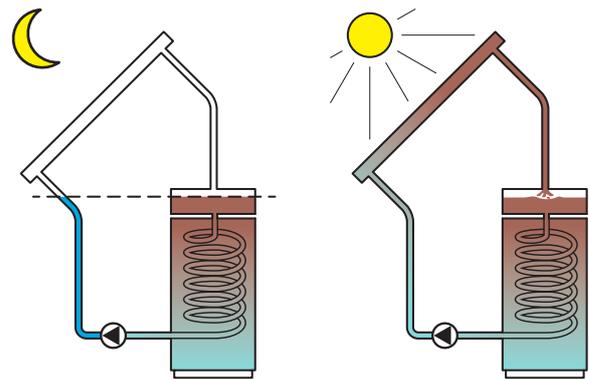


Abbildung 1.

Bei dieser Anlage ist kein oder nur ein kleines Ausdehnungsgefäß erforderlich, weil die Anlage eine Luftblase enthält, durch die Volumenänderungen innerhalb der eingestellten Druckgrenzen bleiben. Der Vorteil ist dabei, dass die Anlage gegebenenfalls mit destilliertem Wasser gefüllt werden kann, wodurch für das Erwärmen des Haushaltswassers ein einwandiger Wärmetauscher verwendet werden kann. Dies erhöht den Wirkungsgrad der Anlage.



## Druckgeführte Solaranlage

Das in Europa am häufigsten verwendete System ist die druckgeführte Solaranlage (Überdruck-Solarboileranlage), die mit einem Gemisch aus Wasser und Glykol gefüllt ist. Dieses Gemisch ist für die hohen Betriebstemperaturen in Solaranlagen geeignet, die mit einem Druck zwischen 3 und 10 bar arbeiten.

Eine Solaranlage besteht aus einer Reihe von Komponenten, die bei der Auswahl des Ausdehnungsgefäßes eine wichtige Rolle spielen:

- Kollektor
- Sicherheitsventil
- Umwälzpumpe
- Wärmespeicher/Wärmetauscher

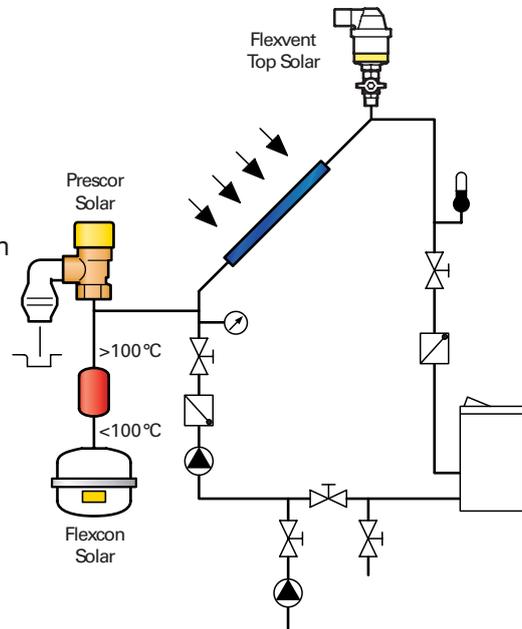


Abbildung 2.

Alle anderen Komponenten sind selbstverständlich auch wichtig, haben aber weniger Einfluss auf die Wahl des Ausdehnungsgefäßes.

## Ausdehnungsgefäß gewährleistet Druckhaltung

In diesem Whitepaper gehen wir davon aus, dass die Anlage eigensicher ist, konform DIN 4757-1. Das heißt, dass es sich um eine komplett versiegelte Anlage handelt, die unter allen logischen Betriebsbedingungen funktioniert. Das Ausdehnungsgefäß spielt in diesem Zusammenhang eine wichtige Rolle für die Druckhaltung. Der Druck darf nicht zu hoch ansteigen, wenn die Zirkulation im Kollektor stoppt; er darf aber auch nicht zu niedrig werden, wenn die Außentemperatur unter den Gefrierpunkt absinkt. Die Medien in Solaranlagen haben einen hohen Ausdehnungskoeffizienten; darüber hinaus kann die Temperatur im Laufe eines Jahres um  $150\text{ }^\circ\text{C}$  fluktuieren. Ein Ausdehnungsgefäß muss dafür ausgelegt sein.

### Das Funktionsprinzip

Die besprochene Solaranlage ist ein geschlossenes System, das komplett mit Flüssigkeit gefüllt ist. Die Wärme wird im Kollektor von der Flüssigkeit aufgenommen und an den Wärmetauscher des Boilers abgegeben. Wenn die Wärmezufuhr kleiner oder gleich dem Wärmeverbrauch ist, funktioniert das System in einem Temperaturbereich von etwa  $80 - 100\text{ }^\circ\text{C}$ . Die Ausdehnung bzw. Verdichtung der Flüssigkeit wird innerhalb des Betriebsbereichs anhand der vorhandenen Sonnenstrahlung und der Temperatur im Boiler festgelegt.

Sobald das Medium im Boiler die gewünschte Temperatur erreicht hat, stoppt die Zirkulation. Das im Kollektor vorhandene Medium erwärmt sich jetzt, bis es sich in Dampf umwandelt. Das in einer Solaranlage enthaltene Medium ist in den meisten Fällen ein Gemisch aus Wasser und Glykol. Obwohl (Propylen-)Glykol beträchtlich hohe Temperaturen aushalten kann, wird seine Struktur bei Temperaturen über  $150\text{ }^\circ\text{C}$  irreparabel beschädigt. Dies kann auch die Komponenten der Anlage auf eine aggressive Weise beeinflussen. Daher ist es wichtig, dass die Temperatur unter  $150\text{ }^\circ\text{C}$  bleibt. Dazu wird der Druck im



System so niedrig gehalten, dass sich das Medium bereits unterhalb dieser Temperatur in Dampf umwandelt. Sobald der Kollektor mit Dampf gefüllt ist, wird kaum noch Wärme übertragen und die Temperatur in der Anlage steigt nicht mehr an.

### Je niedriger der Druck ist, desto früher beginnt die Dampfphase.

Ein Wasser-/Glykolgemisch mit einem Verhältnis von 60/40 geht bei einem Kollektordruck von 5 bar und einer Temperatur von 160 °C in die Dampfphase über. Bei einem Kollektordruck von etwa 2,5 bar geht das Medium bereits bei 140 °C in die Dampfphase über.

### Einfluss des Kollektors auf die Größe des Ausdehnungssystems

Es gibt verschiedene Kollektorentwürfe, zum Beispiel Varianten, in denen die Flüssigkeit während des Phasenübergangs schnell aus dem Kollektor gedrückt wird, und andere, in denen dies extrem langsam geschieht. Rechts sehen Sie eine Reihe von Prinzipskizzen zu diesen Kollektortypen.

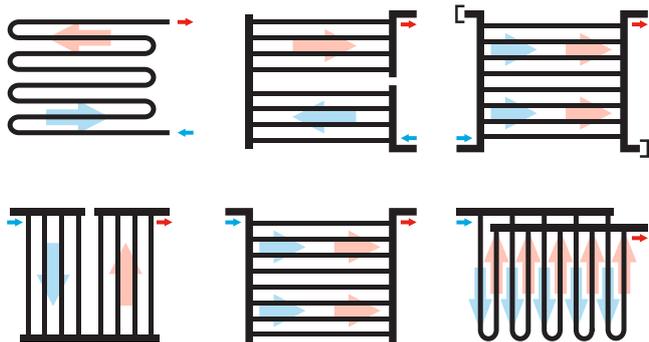


Abbildung 3.

Bei den oberen drei Kollektoren befindet sich der Rücklaufanschluss an der Unterseite und der Zulaufanschluss an der Oberseite. Während des Phasenübergangs wird die Flüssigkeit ganz einfach nach unten gedrückt, sodass nur eine kleine Menge der Flüssigkeit in Dampf umgewandelt wird.

Bei den unteren drei Kollektoren wird der Rücklauf der Flüssigkeit durch die Dampfblase verhindert, die oben im Kollektor erzeugt wird. Auf diese Weise wird eine sehr große Menge der Flüssigkeit in Dampf umgewandelt, der ein größeres Volumen als die Flüssigkeit hat. Daher muss eine Vorrichtung vorhanden sein, um dieses Volumen irgendwo aufzunehmen: ein Ausdehnungsgefäß. Diesem Aspekt wird auch auf der Berechnungsseite große Aufmerksamkeit gewidmet.



### Das Sicherheitsventil

Das Sicherheitsventil schützt die Anlage vor unzulässigem Druck. Der Öffnungsdruck des Ventils darf daher nicht höher als der zulässige Druck der anderen Komponenten sein. Das Ausdehnungsgefäß stellt sicher, dass das Sicherheitsventil immer geschlossen bleibt und dass der maximale Druck im Kollektor begrenzt wird. Auf diese Weise wird verhindert, dass die Temperatur des Wasser-/Glykolgemisches zu stark ansteigt.

### Position des Ausdehnungsgefäßes

In konventionellen Zentralheizungssystemen befindet sich das Ausdehnungsgefäß in der Rückleitung auf



## Solarboileranlagen mit unverglasten Kollektoren

Eine weitere Variante der druckgeführten Solaranlagen (Überdruck-Solarspeichersysteme) ist eine Anlage, die unverglaste Kollektoren verwendet. Unverglaste Kollektoren werden in Situationen eingesetzt, in denen keine hohen Temperaturen erforderlich oder erwünscht sind, zum Beispiel bei der Regeneration von Erdquellen für Erdwärmepumpen, das Erwärmen von Schwimmbadwasser, als Wärmequelle für Eispuffersysteme oder als Vorwärmung für warmes Haushalts- oder Prozesswasser.

### Vorteile und Nachteile

Unverglaste Kollektoren haben den Vorteil, dass sie einen besseren Ertrag bei niedrigen Temperaturen liefern, einfacher zu installieren sind, dass die Flüssigkeit im Kollektor nicht überhitzt wird und dass die Anlage zu Dach- oder Giebelkonstruktionen hinzugefügt werden kann.

Ein Nachteil ist, dass die Effizienz zunimmt, wenn die Anlage Wettereinflüssen (z. B. Wind) ausgesetzt ist, und wenn vom System verlangt wird, dass es hohe Temperaturen liefert.

### Versionen

Diese Anlagen sind in verschiedenen Versionen erhältlich. Zum Beispiel mit flexiblen Polyethylen-Rohren, Spezial-Wärmetauschern aus Polyethylen, Schläuchen unter der Dachbedeckung von Flachdächern, Schläuchen oder starren Rohren unter Aluminium- oder Zinkplatten. Schließlich ist es auch möglich, sich für Full-Flow-Edelstahlpaneele mit einer Spezialbeschichtung zu entscheiden, die das breiteste mögliche Spektrum des Sonnenlichts absorbieren und möglichst wenig Wärme abstrahlen.

Die Entscheidung für eine bestimmte Version hängt von der gewünschten Effizienz ab. Edelstahlpaneele gewährleisten zum Beispiel einen hohen Ertrag; bei Anlagen, die Polyethylen verwenden, ist der Ertrag deutlich geringer.

### Ausdehnungsvorrichtungen

Die unverglasten Kollektoren arbeiten je nach Typ und Einsatzort in einem Temperaturbereich von  $\pm 4$  bis  $50$  °C (während des Normalbetriebs).

Diese Anlagen werden wie normale Zentralheizungsanlagen berechnet, dabei werden der Unterschied zwischen der Fülltemperatur und der minimalen Außentemperatur sowie die Position des Ausdehnungsgefäßes berücksichtigt. Dieses Ausdehnungsgefäß kann stromabwärts hinter der Pumpe eingebaut werden (nachgeschaltet).

der Saugseite der Pumpe. Das Ausdehnungsgefäß in einer Solaranlage wird jedoch auf der Druckseite der Umwälzpumpe positioniert (siehe Abbildung 2). Dadurch wird möglichst weitgehend verhindert, dass Dampf in das Ausdehnungsgefäß eindringt. Dampf im Ausdehnungsgefäß ist unerwünscht, da die hohe Temperatur des Dampfes die Membran beschädigt.

## Berechnung des Ausdehnungsgefäßes

Die Größe des Ausdehnungssystems muss mithilfe einer Tabellenkalkulation festgelegt werden. Dieses sogenannte Spreadsheet ist besonders für kleine und mittelgroße Solarspeichersysteme gedacht. Diese Anlagen haben eine Kollektorfläche von etwa 20 bis 40 m<sup>2</sup>. Im Allgemeinen bedeutet das, dass das häufigste Anwendungsgebiet dieser Anlagen darin besteht, Haushaltswasser in einem Mehrfamilienhaus zu erwärmen. In großen Anlagen ist auch das Regelsystem komplett anders ausgeführt und die Größe des Ausdehnungssystems muss entsprechend angepasst werden.

In das Spreadsheet muss der Benutzer zuerst die Kapazität der Kollektoren, der Leitungen und des Wärmetauschers eingeben. Diese Werte sind wichtig für die Bestimmung der verschiedenen Volumenvergrößerungen. Anschließend wird der Benutzer nach der statischen Höhe über dem Ausdehnungsgefäß gefragt. Dies ist ebenfalls ein kritischer Wert für die Auswahl des richtigen Vordrucks im Gefäß.

Da sich das Ausdehnungsgefäß auf der Druckseite der Pumpe befindet, wird auf dem Spreadsheet nach dem dynamischen Druck der Pumpe gefragt. Wenn in der Anlage jedoch Dampf gebildet werden kann, spielt der dynamische Druck der Pumpe keine Rolle. Wenn sich tatsächlich Dampf bildet, ist das Dampfvolument immer größer als das zusätzlich berechnete Volumen, das durch den dynamischen Druck der Pumpe erzeugt wird. Dampf wird nur bei einer deaktivierten Pumpe erzeugt; es ist daher nicht notwendig, beide Faktoren in die Berechnung einzubeziehen. Anschließend muss in das Spreadsheet noch der eingestellte Öffnungsdruck des Sicherheitsventils eingegeben werden. Dieser Wert legt den maximal zulässigen Enddruck im System fest.

Der Ausdehnungskoeffizient des Mediums in der Anlage ist automatisch auf 10% eingestellt. Dieser Wert wurde in Abstimmung mit Solarpraxis AG in Berlin festgelegt. Es ist große Anzahl an standardmäßigen Glykollgemischen erhältlich, die alle einen anderen Ausdehnungskoeffizienten haben. Wenn bei der Berechnung ein Wert von 10% angenommen wird, können alle Gemische verwendet werden.

Eine Einstellung von 0,5 bar kann als Mindestdruck im höchsten Punkt der Anlage ausgewählt werden. Ein höherer Mindestdruck führt zu einem niedrigeren Nutzeffekt und erfordert daher eine größere Kapazität des Ausdehnungsgefäßes.

Da die Anlage bei Raumtemperatur gefüllt wird und die Temperatur auf -20 °C abfallen kann, kann sich das Volumen des Mediums auch verringern. Diese Abnahme des Volumens wird auf 3% geschätzt. Das



### Sizing method for expansionvessels in Solar systems

Calculate the total volume of the system:	
V1	Volume of collectors: 1.4 litre
V2	Volume of pipes between collectors: 1.5 litre
V3	Volume of other pipes: 4.3 litre
V4	Volume of heat-exchanger: 7.2 litre
<b>Vtot</b>	<b>Total volume of the system: 14.4 litre</b>
Patat	Static height above expansion-vessel in meter: 0.5
Pdyn	Dynamic pressure: 0.5 bar
	Set pressure of safety valve @ 10 bar: 6.0 bar
	Expansion of fluid between filling and maximum temperature: 10.00%
	Flamco recommends 10%, use this value? <input checked="" type="checkbox"/> yes
Pmin	Minimum required pressure at highest point (0-3 bar): 1.5 bar
	To compensate for cooling between filling temperature and minimum temperature Flamco recommends adding 3% extra to the calculated expansion volume
	Use Flamco recommendation? <input checked="" type="checkbox"/> yes
	Expansion of fluid between min. temp. and filltemp: 3%
	Can the system go (partly) into vapour? <input checked="" type="checkbox"/> yes
	- For easy-drainable collectors: choose 1
	- For difficult-to-drain collectors: choose 2
	Vapour volume from collectors: 1.4 litre

Choose your language:  
English

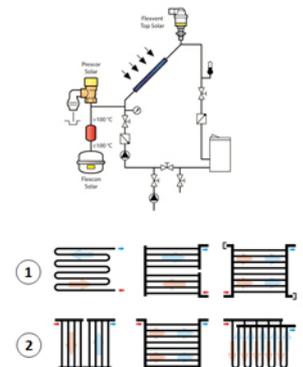


Abbildung 4.



Gefäß muss daher groß genug sein, um der Anlage dieses Wasservolumen wieder zur Verfügung zu stellen.

Schließlich muss eingegeben werden, ob in der Anlage die Möglichkeit für einen Übergang in die Dampfphase (ganz oder teilweise) besteht. Dieser Punkt muss sorgfältig kontrolliert und ausgefüllt werden. Der verwendete Kollektortyp spielt dabei eine wichtige Rolle (siehe Abbildung 3). Wenn Kollektoren verwendet werden, die schwer abzulassen sind, muss in das Spreadsheet die Art der Anlage eingetragen werden, die erwogen wird (nur Haushaltswasser, Haushaltswasser

Calculation results		Notes and warnings			
Pend	Required pressure safety buffer :	0.6 bar	10% of set pressure of safety-valve with a minimum of 0.5 bar.		
	Maximum system pressure :	5.4 bar			
Po	Pre-charge of vessel :	0.5 bar	Pstat + Pdyn		
Vtot	Total volume to be taken into the vessel:	by expansion:	0.7 litre	Vtot x expansion (%)	
		vapour-volume:	1.4 litre		
		water-reserve: 3%	0.2 litre		+ Vr
		<b>Total volume in vessel:</b>	<b>2.3 litre</b>		
Vnom	Nominal volume of expansionvessel:	8.8 litre			

Vessel selection and filling instructions		Notes and warnings	
Vrec	Recommended Expansion Vessel:	Flexcon Solar 12	12 litre
<i>When filling the system we must take into account:</i>			
	1. Minimum required pressure at highest point:	1.5 bar	6.0 litre
	2. Compensation for cooling to min. temp:		0.2 litre
			<b>6.2 litre</b>
Pf	Fillpressure Pf:		2.1 bar
	Volume in vessel at Pf:		6.2 litre
	Pressure at total volume in vessel:		3.9 bar
	Max. allowable working pressure of chosen vessel:		8.00 bar

Abbildung 4.

und Zentralheizung, Haushaltswasser und Zentralheizung auf dem Dachboden oder eine andere Art). Die für die Berechnung verwendeten Werte wurden in Abstimmung mit Solarpraxis AG festgelegt.

Das Spreadsheet zeigt nun die Ergebnisse gemeinsam mit einer kurzen Erläuterung der verwendeten Werte und einer Empfehlung des zu verwendenden Ausdehnungsgefäßes an. Das Spreadsheet ist für kleine bis mittelgroße Solarboileranlagen ausgelegt. Die Auswahltable wird bei zunehmenden Kapazitäten unzulänglich und kann dann falsche Empfehlungen anzeigen. Kontrollieren Sie daher immer unbedingt die Plausibilität der Ergebnisse.

## Wenn Sie Fragen haben, nehmen Sie bitte Kontakt auf mit:

Flamco Technischer Support & Service

T +31 33 299 78 50

E support@flamco.nl

I www.flamcogroup.com



## Flamco is wereldwijd uw betrouwbare partner

Flamco is onderdeel van Aalberts Industries N.V. en richt zich op de ontwikkeling, productie en verkoop van hoogwaardige producten voor verwarming, ventilatie, warm tapwater, airconditioning en koelsystemen. Al deze producten zijn verkrijgbaar bij technische groothandels. Met 60 jaar ervaring en circa 650

medewerkers is Flamco een wereldleider in haar bedrijfstak. Flamco heeft zeven productievestigingen en levert succesvolle en innovatieve producten voor de installatie-industrie in meer dan 60 landen. Hierbij staan onze drie basisprincipes altijd voorop: hoge kwaliteit, uitstekende service en gedegen advies.



Australia  
Austria  
Bahrain  
Belgium  
Chili  
Cyprus  
Czech Republic  
Denmark  
Estonia

Finland  
France  
Germany  
Greece  
Hungary  
Iceland  
India  
Italy

Japan  
Jordan  
Kuwait  
Latvia  
Lebanon  
Lithuania  
New Zealand  
Norway

Oman  
People's Republic  
of China  
Poland  
Portugal  
Qatar  
Romania  
Russia

Saudi Arabia  
Singapore  
Slovakia  
Slovenia  
South Africa  
Spain  
Sweden  
Switzerland

Syria  
Taiwan  
The Netherlands  
Turkey  
Ukraine  
United Arab Emirates  
United Kingdom  
United States