

Auslegung von Druckausgleichsgefäßen

MHG-Information
Stand: 07.07.2006

Wichtige Hinweise
Diese vorliegende Anleitung dient der Unterstützung bei der Planung und Auslegung von Druckausgleichsgefäßen

1.1 Allgemeines

Nach DIN 4751 müssen geschlossene, thermostatisch abgesicherte Wärmeerzeugungsanlagen mit einem Ausdehnungsgefäß ausgerüstet sein. Diese Sicherheitseinrichtungen dienen der Aufnahme von Heizungswasser bei der Volumenänderung durch Aufheizen bzw. der Abgabe von Heizungswasser bei der Abkühlung der Anlage.

Ein wichtiger Aspekt bei der Planung einer Heizungsanlage ist demnach die korrekte Auslegung und Berechnung des Ausdehnungsgefäßes. Zu klein ausgelegte Gefäße verursachen Betriebsstörungen und Schäden in der Anlage, wobei der größte Schaden durch die Kontraktion bei der Abkühlung der Anlage auftritt.

Bei zu kleinen Ausdehnungsgefäßen steigt der Druck der Anlage beim Aufheizen unzulässig hoch an, so dass das Sicherheitsventil öffnet und die Anlage Wasser verliert.

Im umgekehrten Fall zieht die Anlage bei Abkühlung Luft über die Dichtungen, da aus dem Ausdehnungsgefäß kein Heizungswasser mehr nachströmen kann. Hierdurch kann es durch eingedrungene Luft (Sauerstoff) zu Korrosionsschäden und störenden Geräuschen kommen.

Unter Normaldruck (1013 Pa) und bei einer Temperatur von 4°C hat Wasser eine Dichte von 1 kg/dm³. Erwärmt man Wasser von 10°C auf 100°C, so ergibt sich eine Volumenausdehnung von 4,31%. Dies bedeutet bei einer Anlage mit 100 Liter Wasserinhalt, dass ein zusätzliches Volumen von 4,31 Liter aufgenommen werden muss. Weitere Werte können den Abb. 1 und Abb. 2 entnommen werden.

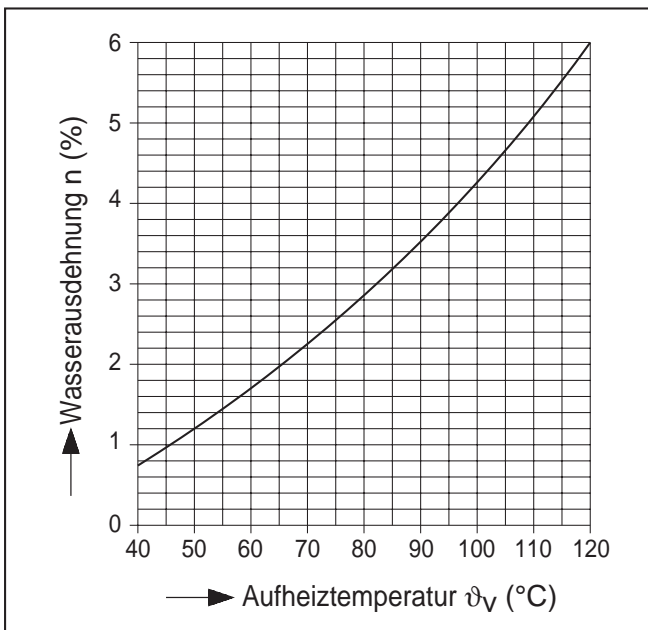


Abb. 1: Prozentuale Wasserausdehnung

Anmerkungen zu Abb. 1:

Dargestellt ist die prozentuale Wasserausdehnung in Abhängigkeit von der Wassertemperatur, bezogen auf eine Einfülltemperatur von 10°C für reines Wasser.

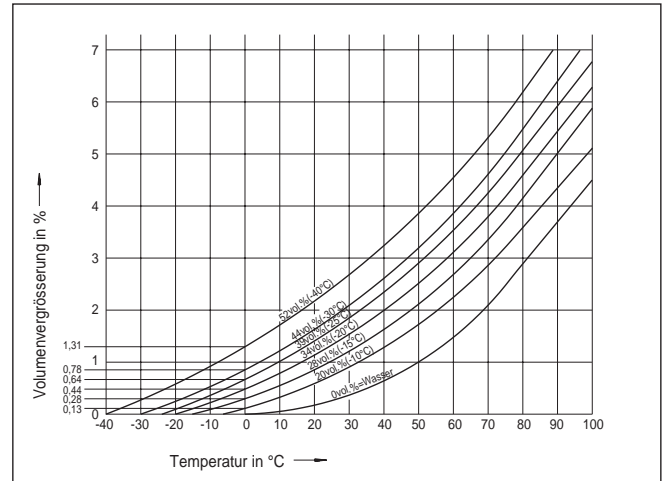


Abb. 2: Prozentuale Ausdehnung von Frostschutz-Wassermischungen

Anmerkung zu Abb. 2:

Anlagen, bei welchen das Wasser mit Frostschutzmittel versetzt ist, wie z.B. Sonnenkollektor-Systeme, weisen wesentlich höhere Ausdehnungsfaktoren auf als solche, die mit reinem Wasser gefüllt sind. In vorstehendem Diagramm finden sich Daten über die Volumenvergrößerung von reinem Wasser und von Wasser mit Frostschutzmittelzusatz. Bei der Erstellung des Diagramms wurde von Frostschutzmitteln auf Äthylen-Glykol-Basis ausgegangen.

1.2 Daten für die Größenbestimmung

Die für die Größenbestimmung benötigten Werte sind der Wasserinhalt der Anlage, die Wasservorlage des Ausdehnungsgefäßes und die herrschenden Drücke.

1.3 Wasserinhalt

Der Gesamt-Wasserinhalt einer Heizungsanlage ergibt sich aus der Summe der Inhalte des Heizkessels, der Rohrleitungen und der Heizflächen.

Die Inhalte der MHG Gas-Brennwertkessel finden sich in den jeweiligen (Planung-)Montage-Betrieb-Wartung.

Der Wasserinhalt der Rohrleitungen ist abhängig von der Rohrdimensionierung und von der Gesamtlänge des Rohrleitungssystems. Grundlage für die genaue Ermittlung des Wasserinhaltes ist der Rohrauszug nach der Rohrnetzrechnung.

Für Heizkörper ergeben sich große Unterschiede in den Wasserinhalten. Konvektoren haben relativ kleine und Radiatoren, insbesondere Stahlradiatoren, große Wasserinhalte. Überschlägig ist der Wasserinhalt einer Zentralheizungsanlage der Abb. 3 zu entnehmen. Dieses Diagramm bezieht sich auf eine übliche Gebäudeheizung und berücksichtigt ein mittleres Rohrnetzsystem für eine Pumpen-Warmwasser-Heizung.

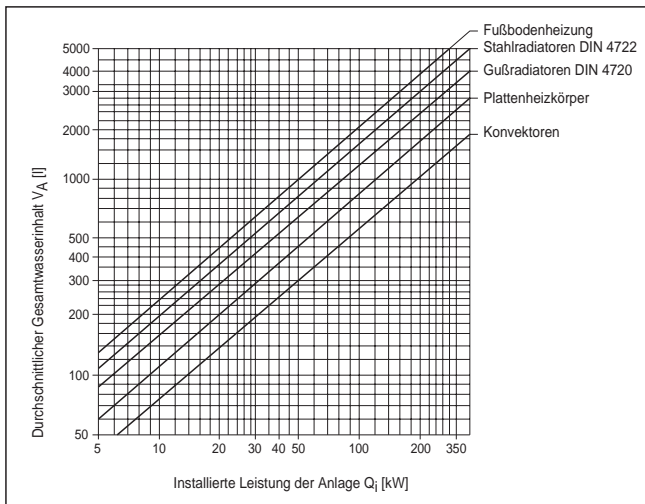


Abb. 3: Durchschnittlicher Wasserinhalt von Heizungsanlagen

Anmerkung zu Abb. 3:

Fußbodenheizungen weisen sehr große Unterschiede in ihrem Wasserinhalt auf. Die dargestellten Kurven erfassen Anlagen in der üblichen Bauart ohne Systemtrennung. Bei der Sanierung älterer, offener Zentralheizungsanlagen mit Gussradiatoren und Schwerkraftbetrieb ist bei der Umstellung auf ein geschlossenes System zu beachten, dass der Gesamtwasserinhalt größer ist als bei Pumpen-Warmwasser-Heizungsanlagen.

1.4 Wasservorlage

Die Wasservorlage VV dient dem Ausgleich von Wasserverlusten. Je nach vorhandenem System ist hierfür 0,5 - 1,0% des Gesamtwasserinhaltes der Anlage anzusetzen. Dieses Volumen ist vom Ausdehnungsgefäß zusätzlich aufzunehmen.

1.5 Drücke

• Statischer Druck p_{st}

Der statische Druck am Ausdehnungsgefäß folgt aus der Höhendifferenz zwischen dem Anschluss-Stutzen des Ausdehnungsgefäßes und dem höchsten Punkt der Heizungsanlage (s. Abb. 4).

• Vordruck p_o

Das Ausdehnungsgefäß wird mit Stickstoff vorgefüllt angeliefert. Der Druck im Anlieferungszustand wird als Vordruck p_o bezeichnet. Das Ausdehnungsgefäß sollte so ausgewählt werden, dass der Vordruck der Summe aus dem statischen Druck p_{st} und dem Dampfdruck p_D (s. Kap. Gleichungen zur Größenbestimmung, Gleichung (4)) entspricht.

• Anfangsdruck p_a

Der Anfangsdruck p_a ist der Druck am Anschluss-Stutzen des Ausdehnungsgefäßes im kalten Zustand und nach dem Befüllen der Anlage.

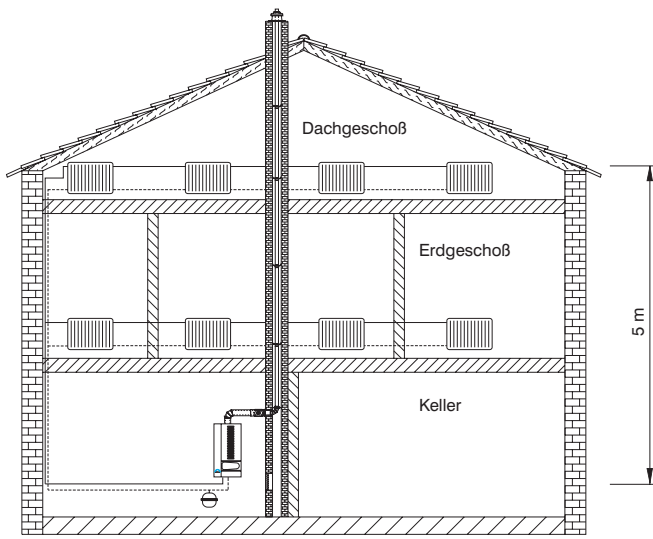
• Maximaler Arbeitsdruck (Enddruck) p_e der Anlage

Der maximale Arbeitsdruck am Ausdehnungsgefäß bei aufgeheizter Anlage entspricht dem Ansprechdruck des Sicherheitsventils p_{sv} abzüglich dessen Arbeitsdruckdifferenz d_{pA} .

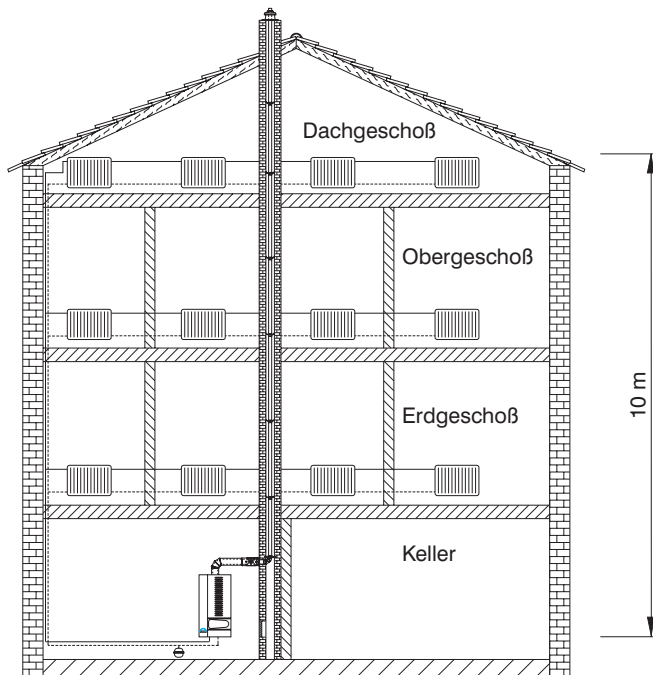
Der Einstelldruck des Sicherheitsventils p_{sv} beträgt bei Anlagen nach

DIN 4751 Teil 2 ($\vartheta_v \leq 120 \text{ °C}$) 3,0 bar

DIN 4751 Teil 3 ($\vartheta_v \leq 95 \text{ °C}$) 2,5 bar



Statischer Druck 0,5 bar



Statischer Druck 1,0 bar

Abb. 4: Statischer Druck p_{st}

1.6 Gleichungen zur Größenbestimmung

1.6.1 Wasserausdehnung und Wasservorlage

Vom Nennvolumen des Ausdehnungsgefäßes muss die Wasservorlage und das Ausdehnungsvolumen aufgenommen werden.

$$V_e = \frac{V_A \cdot n}{100} \quad (1)$$

$$V_v = \frac{V_A \cdot v}{100} \quad (2)$$

V_e	Ausdehnungsvolumen	[l]
V_A	Gesamtwasserinhalt der Anlage	[l]
n	prozentuale Wasserausdehnung (Abb. 1)	
V_v	Wasservorlage	[l]
v	prozentuale Wasservorlage (0,5 - 1,0%)	

1.6.2 Drücke

Das Aufnahmevermögen eines Druckausgleichsgefäßes ist abhängig vom Vordruck p_0 des eingebauten Gefäßes in kaltem Zustand und vom Enddruck p_e der Anlage.

Statischer Druck p_{st} :

$$p_{st} = \frac{h}{10} \quad (3)$$

p_{st}	statischer Überdruck	[bar]
h	statische Höhe	[m]

• Vordruck p_0 :

Der Vordruck ist der Gas-Überdruck, mit dem das Ausdehnungsgefäß in die Anlage eingebaut wird. Handelsübliche Abstufungen sind 0,5 bar, 1,0 bar und 1,5 bar. Der Vordruck muss mind. so groß sein wie der statische Druck am Stutzen des Ausdehnungsgefäßes. Dem Vordruck ist bei Anlagen mit Vorlauf-temperaturen $> 100^\circ\text{C}$ der Verdampfungsdruck p_D hinzuzurechnen. Er beträgt entsprechend der Vorlauf-temperatur:

$\vartheta_v \leq 100^\circ\text{C}$	$p_D = 0$
$\vartheta_v \leq 110^\circ\text{C}$	$p_D = 0,5 \text{ bar}$
$\vartheta_v \leq 120^\circ\text{C}$	$p_D = 1,0 \text{ bar}$

$$p_0 = p_{st} + p_D \quad (4)$$

• Enddruck der Anlage:

Der Enddruck der Anlage ergibt sich aus dem Ansprechdruck des Sicherheitsventils abzüglich der Arbeitsdruckdifferenz.

$$p_e = p_{sv} - d_{pA} \quad (5)$$

p_e		[bar]
p_{sv}	Ansprechdruck des Sicherheitsventils	[bar]
d_{pA}	Arbeitsdruckdifferenz	[bar]
	für $p_{sv} \leq 5 \text{ bar}$ ist $d_{pA} = 0,5 \text{ bar}$	

1.6.3 Druckfaktor

Der Druckfaktor wird aus dem Vordruck p_o und dem Enddruck p_e der Anlage ermittelt. Er dient der vereinfachten Berechnung des Nennvolumens V_n des Druckausgleichsgefäßes.

$$D_f = \frac{p_e - p_o}{p_e + 1} \quad (6)$$

1.6.4 Nennvolumen des Druckausgleichsgefäßes

• Rechnerische Größe:

$$V_n = \frac{V_e + V_v}{D_f} \quad (7)$$

V_n Nennvolumen bzw. Nutzvolumen (Bruttoinhalt des Gefäßes) [l]

• Handelsgröße $V_{n(H)}$:

Die Handelsgröße ist den Herstellerkatalogen zu entnehmen. Sie ist mindestens der rechnerischen nächstfolgenden Kataloggröße zu wählen.

1.7 Nachrechnung des ausgewählten Druckausgleichsgefäßes

Der hier ermittelte Wert für den Fülldruck p_a ist theoretisch einzustellen, erweist sich in der Praxis jedoch als kaum einstellbar. Pauschalzuschläge von ca. 0,5 bar über p_o haben sich bei der Heizungsanlagenbefüllung bewährt. Eventuelle Überfüllungen gehen über das Sicherheitsventil ab.

$$p_a = \frac{V_{n(H)} \times (p_o + 1)}{V_{n(H)} - V_v} - 1 [\text{bar}] \quad (8)$$

$V_{n(H)}$	Nennvolumen bzw. Nutzvolumen des ausgewählten Gerätes	[l]
V_v	Wasservorlage des ausgewählten Gerätes	[l]

• Beispiel 1: Daten der Anlage:

Heizungsanlage mit Stahlradiatoren

Nennleistung	$Q = 40 \text{ kW}$
Vorlauftemperatur	$\vartheta_v = 90 \text{ °C}$
statische Höhe	$h = 5 \text{ m}$
Ansprechdruck des Sicherheitsventil	$p_{sv} = 2,5 \text{ bar}$

Werte zur Größenbestimmung:

Prozentuale Wasserausdehnung aus Abb. 1	$n = 3,55\%$
prozentuale Wasservorlage gem. Kap. 1.6	$v = 0,75\%$
Gesamtwasserinhalt der Anlage aus Abb. 3	$V_A = 670 \text{ l}$

Berechnungen:

Ausdehnungsvolumen Gleichung (1)	$V_e = 24,05 \text{ l}$
Wasservorlage Gleichung (2)	$V_v = 5,025 \text{ l}$
statischer Druck Gleichung (3)	$p_{st} = 0,5 \text{ bar}$
Vordruck Gleichung (4)	$p_o = 0,5 \text{ bar}$
Enddruck Gleichung (5)	$p_e = 2,0 \text{ bar}$
Druckfaktor Gleichung (6)	$D_f = 0,5$
Nennvolumen Gleichung (7)	$V_n = 58,15 \text{ l}$
Gewähltes Gefäß	$V_{n(H)} = 80 \text{ l}$

• Beispiel 2: Daten der Anlage:

Heizungsanlage mit Stahlradiatoren

Nennleistung	$Q = 20 \text{ kW}$
Vorlauftemperatur	$\vartheta_v = 70 \text{ °C}$
statische Höhe	$h = 10 \text{ m}$
Ansprechdruck des Sicherheitsventil	$p_{sv} = 2,5 \text{ bar}$

Werte zur Größenbestimmung:

Prozentuale Wasserausdehnung aus Abb. 1	$n = 2,23\%$
prozentuale Wasservorlage gem. Kap. 1.6	$v = 0,75\%$
Gesamtwasserinhalt der Anlage aus Abb. 3	$V_A = 280 \text{ l}$

Berechnungen:

Ausdehnungsvolumen Gleichung (1)	$V_e = 6,24 \text{ l}$
Wasservorlage Gleichung (2)	$V_v = 2,1 \text{ l}$
statischer Druck Gleichung (3)	$p_{st} = 1,0 \text{ bar}$
Vordruck Gleichung (4)	$p_o = 1,0 \text{ bar}$
Enddruck Gleichung (5)	$p_e = 2,0 \text{ bar}$
Druckfaktor Gleichung (6)	$D_f = 1,0$
Nennvolumen Gleichung (7)	$V_n = 8,34 \text{ l}$
Gewähltes Gefäß	$V_{n(H)} = 12 \text{ l}$

Ihr Heizungsfachmann berät Sie gern:

Printed in Germany