

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEUREDruckhaltung, Entlüftung, Entgasung
Druckhaltung
Pressure maintenance, venting,
deaeration
Pressure maintenance

VDI 4708

Blatt 1 / Part 1

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English*Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.**The German version of this guideline shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.*

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung	2	Preliminary note	2
Einleitung	2	Introduction	2
1 Anwendungsbereich	3	1 Scope	3
2 Normative Verweise	4	2 Normative references	4
3 Begriffe	5	3 Terms and definitions	5
4 Formelzeichen und Abkürzungen	9	4 Symbols and abbreviations	9
5 Druckhaltung	11	5 Pressure maintenance	11
5.1 Aufgaben der Druckhaltung.	11	5.1 Tasks of pressure maintenance	11
5.2 Arten der Druckhaltung.	11	5.2 Types of pressure maintenance	11
5.3 Hydraulische Einbindung	12	5.3 Types of hydraulic integration	12
5.4 Allgemeine Auslegungsparameter und Berechnungen	15	5.4 General design parameters and calculations	15
5.5 Einsatzkriterien und -empfehlungen	17	5.5 Application criteria and recommendations	17
5.6 Membran-Druckausdehnungsgefäß	21	5.6 Membrane expansion vessel	21
5.7 Pumpendruckhaltung	28	5.7 Pump-controlled pressure maintenance system.	28
5.8 Kompressor-/Fremdluftdruckhaltung	36	5.8 Pressure maintenance system controlled by compressor/external air	36
5.9 Systemeinbindung.	44	5.9 System integration	44
Anhang A Beispiele für marktübliche MAG- Größen in Anlagen ohne Puffer- speicher für verschiedene Auslegungs- temperaturen und Heizflächen.	47	Annex A Examples of customary MEV sizes in systems without buffer tank of various design temperatures and heating surfaces.	47
Anhang B Beispiele für Auslegungstemperaturen der Druckhaltung	50	Annex B Examples of design temperatures of the pressure maintenance system.	51
Anhang C Dichte, Siededruck und Siedeüber- druck von Wasser für Temperaturen von 10 °C bis 200 °C.	52	Annex C Density, boiling pressure and boiling overpressure of water for temperatures between 10 °C and 200 °C	52
Anhang D Ausdehnungsfaktor für Wasser bezo- gen auf eine Temperatur von 10 °C	53	Annex D Expansion factor for water, referred to a temperature of 10 °C	53

VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik (GBG)

Fachbereich Technische Gebäudeausrüstung

VDI-Handbuch Wärme-/Heiztechnik

Anhang E	Vereinfachtes Verfahren zur Ermittlung des Fülldrucks im Betrieb bei Anlagen mit MAG.	54
Anhang F	Vereinfachtes Verfahren zur Ermittlung des Füllstands von Ausdehnungsgefäßen von Pumpen- und Kompressordruckhaltungen im Betrieb . . .	59
Anhang G	Installationsbeispiele	61
G1	Membran-Druckausdehnungsgefäß (MAG)	
G2	Pumpendruckhaltung	
G3	Kompressor-/Fremdluftdruckhaltung. . . .	
Anhang H	Heizleistungsspezifischer Ausgleichsvolumenstrom	64
Schrifttum		66

Annex E	Simplified method for determining the fill pressure in operation for systems with MEV	54
Annex F	Simplified method for determining the level in operation for expansion vessels of pump- and compressor-controlled pressure maintenance systems	59
Annex G	Installation examples	61
G1	Membrane expansion vessel (MEV)	61
G2	Pump-controlled pressure maintenance system	62
G3	Pressure maintenance system controlled by compressor/external air	63
Annex H	Heating-output-specific compensation volume flow	64
Bibliography		66

Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser VDI-Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen (www.vdi-richtlinien.de), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erstellung dieser Richtlinie mitgewirkt haben, sei auf diesem Wege gedankt.

Einleitung

Die Druckhaltung hat eine zentrale Bedeutung für den bestimmungsgemäßen Betrieb von Heiz-, Kaltwasser- und Kühlkreisläufen. Die Komplexität moderner Anlagentechnik und der zunehmende Einsatz von Flüssigkeitskreisläufen zur Bauteilaktivierung erfordern darüber hinaus die Auswahl geeigneter Methoden der Entlüftung und Entgasung.

Während für die Konstruktion, Fertigung und Prüfung der Druckhalte-, Entlüftungs- und Entgasungsanlagen bzw. ihrer Systemkomponenten entsprechende Regelwerke vorliegen, fehlen für die thermohydraulische Integration in die Flüssigkeitskreisläufe

Preliminary note

The content of this guideline has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the guideline VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this guideline without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions specified in the VDI Notices (www.vdi-richtlinien.de).

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this guideline.

Introduction

Pressure maintenance is pivotal to the normal operation of heating, chilled-water and cooling circuits. Furthermore, the complexity of modern installations and the increased use of fluid systems for thermoactive building components requires the selection of suitable venting and deaeration techniques.

Whereas pertinent rules and regulations are available for the design, manufacture and testing of pressure maintenance, venting and deaeration systems and their components, recommendations and design guidelines for the thermohydraulic integration into

Empfehlungen und Auslegungsrichtlinien fast vollständig.

Dem zentralen Stellenwert der Druckhaltung für die Vermeidung wasserseitiger Korrosionsschäden folgend, waren bisher Grundzüge der Auslegung, des Betriebs sowie der Instandhaltung von statischen Druckhalteverfahren in der Richtlinie VDI 2035 Blatt 2 vom September 1998 verankert. Die Notwendigkeit der Integration moderner Verfahren der dynamischen Druckhaltung sowie der Erweiterung um die Problematik der Entlüftung und Entgasung erforderte die Erstellung einer eigenen Richtlinie.

Die Aufteilung der Richtlinienreihe VDI 4708 erfolgt vorerst in zwei Blätter:

Blatt 1 Druckhaltung

Blatt 2 Entlüftung, Entgasung

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter www.vdi.de/4708.

1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie gilt für Flüssigkeitskreisläufe von Heizanlagen, für die eine Unterbrechung der Beheizung bzw. der Umwälzung (z.B. im Sommer oder zur Nachtabsenkung) einen regulären Betriebsfall darstellen. Sie dient der Auslegung von Druckhalteanlagen sowie deren Überprüfung im Betriebs- und Wartungsfall.

Für Wasserkreisläufe von Wärmeversorgungsanlagen, die mit Ausnahme von Störfällen sowie Reparatur- und Instandhaltungsmaßnahmen ständig beheizt und umgewälzt werden (z.B. Fernwärmenetze) gilt Arbeitsblatt AGFW FW 442.

Die Richtlinie betrachtet keine Störfälle und Rohrbrüche und nur begrenzt Einflüsse der Druckhaltung auf die Wasserqualität (siehe hierzu VDI 2035 bzw. Arbeitsblatt AGFW FW 510).

Die Druckabsicherung und die sicherheitstechnische Ausrüstung sind nicht Gegenstand dieser Richtlinie.

Die Grundsätze dieser Richtlinie können auch für Druckhalteanlagen in Flüssigkeitskreisläufen von Kühl- und Kälteanlagen sowie Solarthermie-Anlagen herangezogen werden.

the fluid circuits are almost non-existent.

In view of the pivotal significance of pressure maintenance to the avoidance of water-side corrosion damage, basic principles of design, operation and maintenance of static pressure maintenance systems have so far been laid down in the guideline VDI 2035 Part 2 of September 1998. The necessity of incorporating modern techniques of dynamic pressure maintenance as well as venting and deaeration issues have called for the preparation of a dedicated guideline.

For the time being, the VDI 4708 series of guidelines consists of two parts:

Part 1 Pressure maintenance

Part 2 Venting, deaeration

A catalogue of all available parts of this series of guidelines can be accessed on the internet at www.vdi.de/4708.

1 Scope

This guideline applies to fluid circuits of heating systems where there is interruption of heating or recirculation (such as in summer or for night setback) represents a regular operating condition. The guideline is intended to assist in the design of pressure maintenance systems and in checking these systems during operation and preventive maintenance.

Worksheet AGFW FW 442 applies to water circuits of heat supply systems where heating and recirculation are uninterrupted except in the event of fault or repair and maintenance activities (such as district-heat networks).

The guideline does not deal with faults and pipe bursts and gives limited consideration to effects of pressure maintenance on water quality (in this context, see VDI 2035 or worksheet AGFW FW 510).

Pressure safety systems and safety devices are not included in the scope of this guideline.

The principles of this guideline are also applicable to pressure maintenance systems in fluid circuits of cooling systems and chillers as well as solar heating systems.

2 Normative Verweise / Normative references

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieser Richtlinie erforderlich: /

The following referenced documents are indispensable for the application of this guideline:

Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes (Betriebssicherheitsverordnung – **BetrSichV**) vom 27. September 2002

AGFW FW 442:2010-06 (Entwurf) Druckhaltung in Heizwasser-Fernwärmenetzen (Pressure stabilization in heating water networks)

AGFW FW 510:2011-06 Anforderungen an das Kreislaufwasser von Industrie- und Fernwärmeheizanlagen sowie Hinweise für deren Betrieb (Requirements for circulation water in industrial and district heating systems and recommendations for their operation)

DIN EN 1717:2011-08 Schutz des Trinkwassers vor Verunreinigungen in Trinkwasser-Installationen und allgemeine Anforderungen an Sicherungseinrichtungen zur Verhütung von Trinkwasserverunreinigungen durch Rückfließen; Deutsche Fassung EN 1717:2000; Technische Regel des DVGW (Protection against pollution of potable water installations and general requirements of devices to prevent pollution by backflow; German version EN 1717:2000; Technical rule of the DVGW)

DIN EN 12828:2003-06 Heizungssysteme in Gebäuden; Planung von Warmwasser-Heizungsanlagen; Deutsche Fassung EN 12828:2003 (Heating systems in buildings; Design of water-based heating systems; German version EN 12828:2003). Berlin: Beuth Verlag

DIN EN 13831:2007-12 Ausdehnungsgefäße mit eingebauter Membrane für den Einbau in Wassersystemen; Deutsche Fassung EN 13831:2007 (Closed expansion vessels with built in diaphragm for installation in water; German version EN 13831:2007)

DIN EN 60730-2-9*VDE 0631-2-9:2011-07 Automatische elektrische Regel- und Steuergeräte für

den Hausgebrauch und ähnliche Anwendungen; Teil 2-9: Besondere Anforderungen an temperaturabhängige Regel- und Steuergeräte (IEC 60730-2-9:2008, modifiziert); Deutsche Fassung EN 60730-2-9:2010 (Automatic electrical controls for household and similar use; Part 2-9: Particular requirements for temperature sensing controls (IEC 60730-2-9:2008, modified); German version EN 60730-2-9:2010)

TRD 721:1997-08 Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung; Sicherheitsventile für Dampfkessel der Gruppe II (Safety devices against exceeding pressure; Safety valves for steam boilers of the group II)

TRWI DIN 1988 Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen (TRWI), Sonderdruck; Technische Regel des DVGW, 2005

VDI 2035 Blatt 1:2005-12 Vermeidung von Schäden in Warmwasser-Heizungsanlagen; Steinbildung in Trinkwassererwärmungs- und Warmwasser-Heizungsanlagen (Prevention of damage in water heating installations; Scale formation in domestic hot water supply installations and water heating installations)

VDI 2035 Blatt 2:2009-08 Vermeidung von Schäden in Warmwasser-Heizungsanlagen; Wasserseitige Korrosion (Prevention of damage in water heating installations; Water-side corrosion)

VDI 6002 Blatt 1:2004-09 Solare Trinkwassererwärmung; Allgemeine Grundlagen, Systemtechnik und Anwendung im Wohnungsbau (Solar heating for domestic water; General principles, system technology and use in residential building)

VDI 6002 Blatt 2:2009-01 Solare Trinkwassererwärmung; Anwendungen in Studentenwohnheimen, Seniorenheimen, Krankenhäusern, Hallenbädern und auf Campingplätzen (Solar heating for domestic water; Application in students accommodations, senior citizens residence, hospitals, swimming baths and camping sites)

Anmerkung: Beim Inverkehrbringen von Druckhalteanlagen und deren Komponenten sind darüber hinaus z.B. zu beachten: Richtlinie **2004/108/EG**, Richtlinie **2006/95/EG**, Richtlinie **97/23/EG**, Richtlinie **2006/42/EG** (Maschinenrichtlinie). /

Note: When pressure maintenance systems and their components are to be placed into circulation, the following documents also have to be observed among others: Directive **2004/108/EC**, Directive **2006/95/EC**, Directive **97/23/EC**, Directive **2006/42/EC** (Machinery Directive).

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Richtlinie gelten die folgenden Begriffe:

Anmerkung: Sämtliche Drücke werden im Folgenden als Überdrücke angegeben und beziehen sich, falls nicht anders beschrieben, auf den Referenzpunkt der Druckhaltung (z.B. Punkt (I) in Bild 2 bis Bild 4 in Abschnitt 5.3).

Absicherungstemperatur (t_{TAZ+})

Die am Sicherheitstempurbegrenzer nach DIN EN 60730-2-9 eingestellte Abschalttemperatur.

Anfangsdruck (p_a)

Der untere Wert des →Arbeitsbereichs der Druckhaltung.

Anlagendruck (Referenzdruck, p_{Anl})

Der am Referenzpunkt der Druckhaltung gemessene Druck.

Anmerkung 1: Referenzpunkt ist z.B. Punkt (I) in Bild 2 bis Bild 4 in Abschnitt 5.3 und Anhang G.

Anmerkung 2: Er ist gleichzeitig Referenzpunkt für den Druckverlauf in der Anlage in allen Betriebszuständen und im Stillstand.

Anlagenwasser (Wasser)

Alle üblicherweise in Heizungsanlagen, Kalt- und Kühlwasserkreisläufen sowie thermischen Solaranlagen als Wärmeträgermedium verwendeten Flüssigkeiten.

Arbeitsbereich ($p_e - p_a$)

Druckbereich, in dem die Druckhaltung arbeitet.

Arbeitsdruck

Druck an einem beliebigen Punkt des Systems, bei laufender Umwälzpumpe.

Anmerkung: Berücksichtigt statische und dynamische Anteile.

Ausdehnungsgefäß (AG)

Ein Behälter, der mit einer flüssigkeitsgefüllten Anlage in Verbindung steht und eine oder mehrere Funktionen der nachfolgenden Art erfüllt:

- Ausgleich von Volumenänderungen
- Speicherung der →Wasservorlage, Ausgleich von Wasserverlusten
- Aufrechterhaltung eines Mindestüberdrucks im System

Ausdehnungsleitung

Verbindungsleitung zwischen Druckhaltung und abzusichernder Anlage.

Ausdehnungsvolumen (V_e)

Volumenänderung, die durch Temperaturänderung zwischen →minimaler und →maximaler Anlagentemperatur des →Wasserinhalts V_A entsteht.

3 Terms and definitions

For the purposes of this guideline, the following terms and definitions apply:

Note: Any and all pressures given below are overpressures referring, unless otherwise described, to the reference point of the pressure maintenance system (e.g. point (I) in Figure 2 through Figure 4, Section 5.3).

Safety temperature (t_{TAZ+})

Cutoff temperature set on the safety temperature limiter as per DIN EN 60730-2-9.

Initial pressure (p_a)

Lower limit of the →operating range of the pressure maintenance system.

System pressure (reference pressure, p_{Anl})

Pressure measured at the reference point of the pressure maintenance system.

Note 1: Point (I) in Figure 2 through Figure 4, Section 5.3 and in Annex G, is an example of a reference point.

Note 2: At the same time, it is the reference point for the pressure characteristic in the system in all operating states and at standstill.

System water (water)

Any liquid commonly used as heat transfer fluid in heating systems, chilled-water and cooling-water circuits and solar heating systems.

Operating range ($p_e - p_a$)

Pressure range within which the pressure maintenance system operates.

Operating pressure

Pressure at any point of the system, with the circulation pump running.

Note: Including static and dynamic components.

Expansion vessel (EV)

Container connected to a fluid-filled system and fulfilling one or several of the following functions:

- compensation of volume changes
- storage of the →water reserve, making up for water losses
- maintenance of minimum overpressure in the system

Expansion pipe

Connecting line between pressure maintenance system and system to be protected.

Expansion volume (V_e)

Volume change due to temperature change between →minimum and →maximum system temperature of the →water content, V_A .

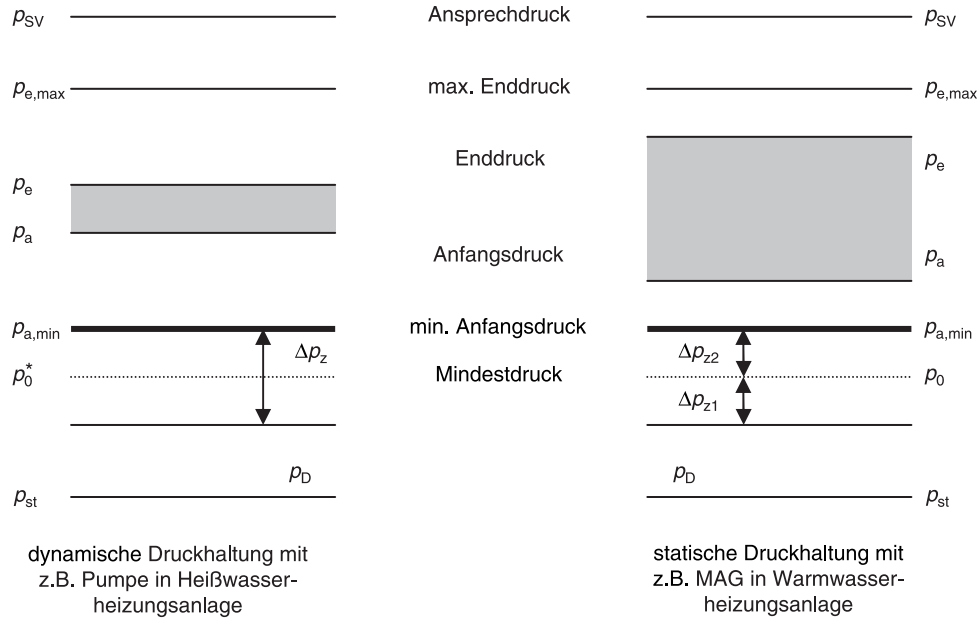


Bild 1. Übersicht zu den Drücken am Beispiel der Saugdruckhaltung

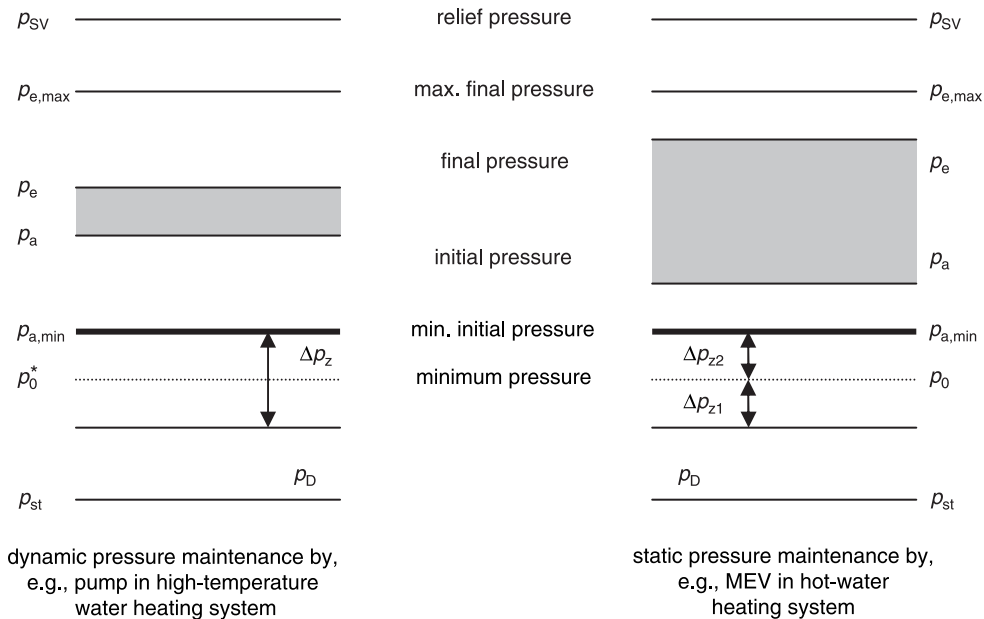


Figure 1. Overview of pressures for the example of suction side connection

Dampfüberdruck (p_D)

Zu berücksichtigender Siedeüberdruck bei Flüssigkeiten mit einem Siededruck von $p_S > 1 \text{ bar}_{\text{abs}}$ bei der →Absicherungstemperatur $t_{\text{TAAZ+}}$
($p_D = p_S (t_{\text{TAAZ+}} - 1)$).

Differenzdruck der Umwälzpumpe (Δp_{Pumpe})

Differenzdruck der Pumpe bei Nennvolumenstrom in der Anlage.

Vapour overpressure (p_D)

Boiling overpressure to be considered in fluids having a boiling pressure of $p_S > 1 \text{ bar}_{\text{abs}}$ at the →safety temperature $t_{\text{TAAZ+}}$
($p_D = p_S (t_{\text{TAAZ+}} - 1)$).

Differential pressure of the circulation pump (Δp_{Pumpe})

Differential pressure of the pump at nominal volume flow in the system.

Druckzuschlag (Δp_z)

Wert zur Sicherung eines Überdrucks in allen Betriebszuständen und an jedem Punkt einer Anlage zur Vermeidung von Lufteintrag in das System.

Anmerkung: Bei statischer Druckhaltung wird der Druckzuschlag durch die Summe aus Δp_{z1} und Δp_{z2} realisiert.

Druckzuschlag 1 (Δp_{z1})

Wert für den Gasvordruck bei statischer Druckhaltung.

Druckzuschlag 2 (Δp_{z2})

Wert zur Realisierung der Wasservorlage V_V im Membran-Druckausdehnungsgefäß (\rightarrow MAG) bei statischer Druckhaltung.

Anmerkung: Bei dynamischen Druckhaltungen ist der Druckzuschlag 2 der Betrag für regelungstechnische Maßnahmen und die Überwachung.

Einbindepunkt

Ort des hydraulischen Anschlusses der \rightarrow Ausdehnungsleitung der Druckhaltung an den Flüssigkeitskreislauf.

Enddruck (p_e)

Der obere Wert des \rightarrow Arbeitsbereichs der Druckhaltung.

Fülldruck (p_F)

Der bei Befüllung der Anlage am Referenzpunkt der Druckhaltung einzustellende \rightarrow Anlagendruck.

Füllwassertemperatur (t_F)

Temperatur des Wassers, mit der die Anlage gefüllt wird.

Anmerkung: Als Bezugstemperatur für alle Berechnungen der Richtlinie wird eine Füllwassertemperatur von 10 °C angenommen.

Gefäßnutzungsgrad (η_G)

Verhältnis vom \rightarrow Nutzvolumen zum \rightarrow Nennvolumen bei Ausdehnungsgefäßen.

Gesamtheizleistung ($Q_{N,ges}$)

Summe der Heizleistungen aller Wärmeerzeuger einer Warmwasser-Heizungsanlage.

Geschlossenes System

System, in dem das \rightarrow Anlagenwasser an keiner Stelle in direkter Verbindung zur Atmosphäre steht.

Heizleistung (Q_N)

Größe vom Hersteller angegebene Nennwärmeleistung des Wärmeerzeugers.

MAG (Membran-Druckausdehnungsgefäß)

Geschlossenes \rightarrow Ausdehnungsgefäß, dessen Gasraum vom Flüssigkeitsraum durch eine \rightarrow Membran getrennt ist.

Pressure allowance (Δp_z)

Value for ensuring an overpressure in all operating states and at any point in a system in order to prevent air from being introduced into the system.

Note: In case of static pressure maintenance, the pressure allowance is the sum total of Δp_{z1} and Δp_{z2} .

Pressure allowance 1 (Δp_{z1})

Value for the gas preset pressure in case of static pressure maintenance.

Pressure allowance 2 (Δp_{z2})

Value for realising the water reserve, V_V , in the membrane expansion vessel (\rightarrow MEV) in case of static pressure maintenance.

Note: In dynamic pressure maintenance systems, the pressure allowance 2 is the value allowing for control measures and for monitoring.

Integration point

Point of hydraulic connection of the \rightarrow expansion pipe of the pressure maintenance system to the fluid circuit.

Final pressure (p_e)

Upper limit of the \rightarrow operating range of the pressure maintenance system.

Fill pressure (p_F)

\rightarrow System pressure to be set at the reference point of the pressure maintenance system when filling the system.

Fill water temperature (t_F)

Temperature of water used to fill the system.

Note: A fill water temperature of 10 °C is assumed as reference temperature for all calculations in this guideline.

Vessel efficiency (η_G)

Ratio of \rightarrow useful volume to \rightarrow nominal volume of expansion vessels.

Total heating output ($Q_{N,ges}$)

Sum total of heating outputs of all heat generators of a hot-water heating system.

Sealed system

System in which \rightarrow system water does not at any point open to contact with the atmosphere.

Heating output (Q_N)

Maximum nominal heat output of the heat generator as stated by the manufacturer.

MEV (membrane expansion vessel)

Sealed \rightarrow expansion vessel the gas chamber of which is separated from the fluid chamber by means of a \rightarrow membrane.

Anmerkung: Der Gasraum ist vorzugsweise mit einem geeigneten Inertgas (z.B. Stickstoff) gefüllt; die Membran verhindert weitgehend den Übergang des Gases in das →Anlagenwasser.

Maximale Anlagentemperatur (t_{\max})

Für die Auslegung der Druckhaltung anzusetzende maximale Temperatur des →Anlagenwassers.

Membran

Flexibles Bauteil, das in einem →Ausdehnungsgefäß den Wasserraum von dem Gasraum oder der Atmosphäre trennt.

Mindestdruck

Der minimal erforderliche Überdruck, der bei allen Betriebszuständen und an jedem Punkt der Anlage Unterdruck, Verdampfung und Kavitation vermeidet.

Anmerkung: Er entspricht beim Membran-Druckausdehnungsgefäß (→MAG) dem →Vordruck p_0 .

Minimale Anlagentemperatur (t_{\min})

Für die Auslegung der Druckhaltung anzusetzende minimale Temperatur des →Anlagenwassers.

Nennvolumen (V_N)

Das gesamte innere Volumen des →Ausdehnungsgefäßes.

Nutzvolumen (V_{Nutz})

Maximales Volumen, das das Ausdehnungsgefäß wasserseitig aufnehmen kann.

Anmerkung: Das Nutzvolumen kann nie größer als das →Nennvolumen sein.

Offenes System

System, in dem das →Anlagenwasser an mindestens einer Stelle in direkter Verbindung zur Atmosphäre steht.

Rücklauf Temperatur (t_R)

Temperatur im Anlagenrücklauf im Auslegungsfall.

Ruhedruck

Druck am Referenzpunkt der Druckhaltung, der sich bei Stillstand der Umwälzung in der Anlage einstellt.

Statischer Druck (p_{st})

Der auf dem Referenzpunkt lastende Druck einer Wassersäule mit der Höhe H_{st} , wobei H_{st} die geodätische Höhe des höchstgelegenen Anlagenteils ist.

Note: The gas chamber is preferably filled with a suitable inert gas (such as nitrogen); the membrane largely prevents the transfer of gas into the →system water.

Maximum system temperature (t_{\max})

Maximum temperature of →system water to be assumed for designing the pressure maintenance system.

Membrane

Flexible component separating the water chamber of an →expansion vessel from the gas chamber or from atmosphere.

Minimum pressure

Minimum overpressure required for avoiding negative pressure, evaporation and cavitation in all operating states and at any point in the system.

Note: In a membrane expansion vessel (→MEV), it corresponds to the →preset pressure p_0 .

Minimum system temperature (t_{\min})

Minimum temperature of →system water to be assumed for designing the pressure maintenance system.

Nominal volume (V_N)

Total internal volume of the →expansion vessel.

Useful volume (V_{Nutz})

Maximum volume of water that the expansion vessel can receive.

Note: The useful volume can never exceed the →nominal volume.

Open system

System in which →system water open to the atmosphere at at least one point.

Return temperature (t_R)

Temperature in the system return line in the design case.

Pressure at rest

Pressure at the reference point of the pressure maintenance system, occurring in the system with the circulation at standstill.

Static pressure (p_{st})

Pressure on the reference point of a water column with the height H_{st} , with H_{st} being the geodetic height of the highest part of the system.

Vordruck (p_0)

Der am wasserseitig entleerten Membran-Druckausdehnungsgefäß (→MAG) einzustellende Gasüberdruck.

Wasserinhalt der Anlage (V_A)

Das gesamte in einem Kreislauf einer Anlage vorhandene Wasservolumen, das an der Volumenausdehnung beteiligt ist.

Wasservorlage (V_V)

Das Wasservolumen, das bei minimaler Temperatur t_{\min} der Anlage im →Ausdehnungsgefäß gespeichert wird.

Anmerkung: Die Wasservorlage dient der Kompensation von Wasserverlusten (z. B. über Wasserdampfdiffusion, Leckagen).

4 Formelzeichen und Abkürzungen**Formelzeichen**

In dieser Richtlinie werden die nachfolgend aufgeführten Formelzeichen verwendet:

Formelzeichen	Benennung	Einheit
D_F	Druckfaktor	–
f_V	heizleistungsspezifischer Ausgleichsvolumenstrom	$\ell/(\text{kW} \cdot \text{h})$
H_{st}	statische Höhe/geodätische Höhendifferenz	m
l_F	Füllstand bei Erstinbetriebnahme	%
l_{\max}	maximal zulässiger Füllstand im Behälter	%
l_{\min}	minimal zulässiger Füllstand im Behälter	%
n	Ausdehnungsfaktor	–
n_V	Wasservorlage	%
p	Druck	Pa
p_0	Vordruck bei MAG	$\text{Pa}^{1)}$
p_0^*	Mindestdruck bei dynamischer Druckhaltung	$\text{Pa}^{1)}$
p_a	Anfangsdruck	$\text{Pa}^{1)}$
$p_{a,\min}$	minimaler Anfangsdruck	$\text{Pa}^{1)}$
p_{Anl}	Anlagendruck	$\text{Pa}^{1)}$
p_{Betrieb}	Anlagendruck im Betrieb	$\text{Pa}^{1)}$
p_c	Druckzuschlag Kontraktion	$\text{Pa}^{1)}$
p_D	Dampfüberdruck	$\text{Pa}^{1)}$
p_e	Enddruck	$\text{Pa}^{1)}$
$p_{e,\max}$	maximaler Enddruck	$\text{Pa}^{1)}$

Preset pressure (p_0)

Gas overpressure to be set on the membrane expansion vessel (→MEV) with the water chamber empty.

Water content of system (V_A)

Total water volume contained in a circuit of a system and involved in volume expansion.

Water reserve (V_V)

Water volume stored in the →expansion vessel at minimum temperature, t_{\min} , of the system.

Note: The water reserve serves to make up for water losses (due to, e.g., water vapour diffusion, leakages).

4 Symbols and abbreviations**Symbols**

The following symbols are used throughout this guideline:

Symbol	Term	Unit
D_F	pressure factor	–
f_V	heating-output-specific compensation volume flow	$\ell/(\text{kW} \cdot \text{h})$
H_{st}	static height/system static head	m
l_F	level at initial startup	%
l_{\max}	maximum allowable level in vessel	%
l_{\min}	minimum allowable level in vessel	%
n	expansion factor	–
n_V	water reserve	%
p	pressure	$\text{Pa}^{1)}$
p_0	preset pressure, for MEVs	$\text{Pa}^{1)}$
p_0^*	minimum pressure, for dynamic pressure maintenance	$\text{Pa}^{1)}$
p_a	initial pressure	$\text{Pa}^{1)}$
$p_{a,\min}$	minimum initial pressure	$\text{Pa}^{1)}$
p_{Anl}	system pressure	$\text{Pa}^{1)}$
p_{Betrieb}	system pressure in operation	$\text{Pa}^{1)}$
p_c	pressure allowance for contraction	$\text{Pa}^{1)}$
p_D	vapour overpressure	$\text{Pa}^{1)}$
p_e	final pressure	$\text{Pa}^{1)}$
$p_{e,\max}$	maximum final pressure	$\text{Pa}^{1)}$

Formelzeichen	Benennung	Einheit
p_F	Fülldruck	Pa ¹⁾
Δp_{Pumpe}	Differenzdruck der Umwälzpumpe	Pa ¹⁾
p_S	Siededruck	Pa ¹⁾
p_{st}	statischer Druck	Pa ¹⁾
p_{SV}	Einstelldruck des Sicherheitsventils	Pa ¹⁾
Δp_{SV}	Schließdruckdifferenz des Sicherheitsventils	Pa ¹⁾
p_U	Umgebungsdruck	Pa ¹⁾
Δp_z	Druckzuschlag	Pa ¹⁾
Δp_{z1}	Druckteilzuschlag 1	Pa ¹⁾
Δp_{z2}	Druckteilzuschlag 2	Pa ¹⁾
$Q_{N,\text{ges}}$	Gesamtheizleistung	kW
Q_N	Heizleistung	kW
T	Temperatur	K
t_F	Füllwassertemperatur	°C
t_{max}	maximale Anlagentemperatur/maximale Betriebstemperatur	°C
t_{min}	minimale Anlagentemperatur	°C
t_R	Rücklauftemperatur	°C
$t_{R,\text{max}}$	maximale Rücklauftemperatur	°C
$t_{\text{TAZ+}}$	Absicherungstemperatur	°C
t_{TR}	maximale Sollwerteinstellung des Sicherheitstemperaturbegrenzers	°C
t_V	Vorlauftemperatur	°C
V_A	Wasserinhalt der Anlage	m ³ ; ℓ
V_c	Kontraktionsvolumen	m ³ ; ℓ
\dot{V}_{DH}	Ausgleichsvolumenstrom	m ³ /h; ℓ/s
V_e	Ausdehnungsvolumen	m ³ ; ℓ
V_N	Nennvolumen von Ausdehnungsgefäßen	m ³ ; ℓ
$V_{N,\text{min}}$	Mindestnennvolumen von Ausdehnungsgefäßen	m ³ ; ℓ
V_{Nutz}	Nutzvolumen von Ausdehnungsgefäßen	m ³ ; ℓ
$V_{\text{Nutz,min}}$	Mindestnutzvolumen von Ausdehnungsgefäßen	m ³ ; ℓ
V_V	Wasservorlage	m ³ ; ℓ
V_Z	Summe der Prozess- und Verdampfungsvolumen	m ³ ; ℓ

Symbol	Term	Unit
p_F	fill pressure	Pa ¹⁾
Δp_{Pumpe}	differential pressure of circulation pump	Pa ¹⁾
p_S	boiling pressure	Pa ¹⁾
p_{st}	static pressure	Pa ¹⁾
p_{SV}	safety valve set pressure	Pa ¹⁾
Δp_{SV}	reseating pressure difference of the safety valve	Pa ¹⁾
p_U	ambient pressure	Pa ¹⁾
Δp_z	pressure allowance	Pa ¹⁾
Δp_{z1}	pressure allowance 1	Pa ¹⁾
Δp_{z2}	pressure allowance 2	Pa ¹⁾
$Q_{N,\text{ges}}$	total heating output	kW
Q_N	heating output	kW
T	temperature	K
t_F	fill water temperature	°C
t_{max}	maximum system temperature/maximum operating temperature	°C
t_{min}	minimum system temperature	°C
t_R	return temperature	°C
$t_{R,\text{max}}$	maximum return temperature	°C
$t_{\text{TAZ+}}$	safety temperature	°C
t_{TR}	maximum setpoint adjustment of safety temperature limiter	°C
t_V	flow temperature	°C
V_A	water content of system	m ³ ; ℓ
V_c	contraction volume	m ³ ; ℓ
\dot{V}_{DH}	compensation volume flow	m ³ /h; ℓ/s
V_e	expansion volume	m ³ ; ℓ
V_N	nominal volume of expansion vessels	m ³ ; ℓ
$V_{N,\text{min}}$	minimum nominal volume of expansion vessels	m ³ ; ℓ
V_{Nutz}	useful volume of expansion vessels	m ³ ; ℓ
$V_{\text{Nutz,min}}$	minimum useful volume expansion vessels	m ³ ; ℓ
V_V	water reserve	m ³ ; ℓ
V_Z	sum total of process and evaporation volumes	m ³ ; ℓ

Formelzeichen	Benennung	Einheit
x	Füllgrad bzw. -stand von Ausdehnungsgefäßen	–
η_G	Gefäßnutzungsgrad	–
$\rho_{t,\text{Betrieb}}$	Dichte bei Betriebstemperatur	kg/m ³
$\rho_{t,\text{max}}$	Dichte bei maximaler Anlagentemperatur	kg/m ³
$\rho_{t,\text{min}}$	Dichte bei minimaler Anlagentemperatur	kg/m ³
$\rho_{t,\text{Füll}}$	Dichte bei Fülltemperatur	kg/m ³

¹⁾ In der Richtlinie wird zur Vereinfachung der Berechnungen abweichend von den SI-Einheiten grundsätzlich in der Einheit bar_Ü gerechnet.

Abkürzungen

In dieser Richtlinie werden die nachfolgend aufgeführten Abkürzungen verwendet:

AG	Ausdehnungsgefäß
DH	Druckhaltung allgemein
MAG	Membran-Druckausdehnungsgefäß
(I)	Referenzpunkt oder Einbindepunkt

5 Druckhaltung

5.1 Aufgaben der Druckhaltung

Druckhaltungssysteme haben drei wesentliche Aufgaben zu erfüllen:

- den Druck an jeder Stelle der Anlage und in jedem Betriebszustand in den zulässigen Grenzen zu halten, das heißt keine Überschreitung des zulässigen Anlagendrucks, aber auch Sicherstellung eines Mindestdrucks zur Vermeidung von Unterdruck, Kavitation und Verdampfung
- Kompensation von Volumenänderungen (Ausdehnung und Kontraktion) des Anlagenwassers infolge von Temperaturveränderungen
- Vorhalten von systembedingten Wasserverlusten in Form einer Wasservorlage V_V

5.2 Arten der Druckhaltung

Relevante Arten der statischen bzw. dynamischen Druckhaltung (siehe auch Tabelle 1) sind

- Membran-Druckausdehnungsgefäß (MAG),
- Pumpendruckhaltung und
- Kompressor-/Fremdluftdruckhaltung.

Vereinzelt kommen noch offene, oben liegende Ausdehnungsgefäße (AG) zum Einsatz.

Symbol	Designation	Unit
x	filling degree of, or level in, expansion vessels	–
η_G	vessel efficiency	–
$\rho_{t,\text{Betrieb}}$	density at operating temperature	kg/m ³
$\rho_{t,\text{max}}$	density at maximum system temperature	kg/m ³
$\rho_{t,\text{min}}$	density at minimum system temperature	kg/m ³
$\rho_{t,\text{Füll}}$	density at fill temperature	kg/m ³

¹⁾ In this guideline, the calculations are basically dealt with the unit bar_Ü – deviant from the SI units – for the sake of simplification.

Abbreviations

The following abbreviations are used throughout this guideline:

EV	expansion vessel
DH	pressure maintenance, general
MEV	membrane expansion vessel
(I)	reference point or integration point

5 Pressure maintenance

5.1 Tasks of pressure maintenance

Pressure maintenance systems have to fulfil three essential tasks:

- maintaining the pressure within the allowable limits at any point in the system and in all operating states; this means preventing the allowable system pressure from being exceeded but also ensuring a minimum pressure in order to avoid negative pressure, cavitation and evaporation
- compensation of temperature-induced volume changes (expansion and contraction) of the system water
- storage of a water reserve, V_V , to make up for any system-inherent water losses

5.2 Types of pressure maintenance

Relevant types of static and dynamic pressure maintenance systems (see also Table 1) are

- membrane expansion vessel (MEV),
- pump-controlled pressure maintenance system and
- pressure maintenance system controlled by compressor/external air.

Open, overhead expansion vessels (EV) are still sporadically in use.

Tabelle 1. Arten der Druckhaltung

Statische Druckhaltung		
	zur Atmosphäre offenes, am Hochpunkt liegendes, druckloses Ausdehnungsgefäß ohne Membran ^{a)}	Membran-Druckausdehnungsgefäß
Dynamische Druckhaltung		
Pumpendruckhaltung	zur Atmosphäre offenes Ausdehnungsgefäß ohne Membran ^{a)}	Ausdehnungsgefäß mit Membran
Kompressor- oder Fremdluftdruckhaltung	Druckausdehnungsgefäß ohne Membran ^{a)}	Druckausdehnungsgefäß mit Membran

^{a)} Der Einsatz dieser Arten der Druckhaltung ist aufgrund der Korrosionsgefahr nach VDI 2035 Blatt 2 und Arbeitsblatt AGFW FW 510 nicht zu empfehlen.

Table 1. Types of pressure maintenance

Static pressure maintenance		
	pressureless expansion vessel open to atmosphere, lying at the highest point, without membrane ^{a)}	membrane expansion vessel
Dynamic pressure maintenance		
pump-controlled pressure maintenance	expansion vessel open to atmosphere, without membrane ^{a)}	expansion vessel with membrane
pressure maintenance controlled by compressor or external air	expansion vessel without membrane ^{a)}	expansion vessel with membrane

^{a)} According to VDI 2035 Part 2 and worksheet AGFW FW 510, these types of pressure maintenance are not recommended due to risk of corrosion.

Entscheidend für die heizwasserseitige Korrosion ist die Ausführung des Ausdehnungsgefäßes.

Druckhaltesysteme mit Dampf- bzw. Inertgasauf-las-tung sind nicht Gegenstand dieser Richtlinie (siehe hierzu z.B. AGFW FW 442, DIN EN 12952 bzw. DIN EN 12953).

5.3 Hydraulische Einbindung

Auf die Auslegung und Betriebsführung von Druck-haltungen hat der Ort der hydraulischen Einbindung bezogen auf die Umwälzpumpe entscheidenden Ein-fluss.

Es werden drei Arten von hydraulischer Einbindung unterschieden:

- Saugdruckhaltung
- Nachdruckhaltung
- Mitteldruckhaltung

Nach den hydraulischen Verhältnissen im System wird die sinnvollste Einbindung ausgewählt. Generell ist über detaillierte Druckverlaufsberechnungen nachzuweisen, dass an jeder Stelle der Anlage in je-dem Betriebszustand unter Berücksichtigung der geodätischen und hydraulischen Verhältnisse zuläs-sige Druckverhältnisse ($p_{a,min} < p < p_{e,max}$) herrschen.

The design of the expansion vessel is the decisive fac-tor for heating-water-side corrosion.

Pressure maintenance systems with steam or inert gas pressurisation are not included in the scope of this guideline (see, e.g., AGFW FW 442, DIN EN 12952 or DIN EN 12953).

5.3 Types of hydraulic integration

The point of hydraulic integration in relation to the circulation pump is crucial to the design and opera-tion of pressure maintenance systems.

A distinction is made between three types of hydrau-lic integration:

- suction-side connection
- pressure-side connection
- medium pressure maintenance

The point of integration most convenient in view of the hydraulic conditions in the system shall be cho-sen. As a general rule, proof shall be furnished by means of detailed pressure characteristic calculations that allowable pressure conditions ($p_{a,min} < p < p_{e,max}$) prevail at any point in the system in each operating state, taking into account the geodetic and hydraulic conditions.

Bei Ausdehnungsgefäßen mit Membran dürfen die maximal zulässigen Temperaturen an der Membran (Herstellerangaben beachten) nicht überschritten werden. Gegebenenfalls sind entsprechende Maßnahmen zum Schutz der Membran zu treffen. Siehe auch Abschnitt 5.9.2.

5.3.1 Saugdruckhaltung (Bild 2)

Die Druckhaltung wird auf der Saugseite der Umwälzpumpe eingebunden. Wird im Ruhefall (Stillstand der Pumpe) $p_{a,min}$ an keiner Stelle des Netzes unterschritten, so gilt dies auch für den Betriebsfall, da im laufenden Betrieb der Differenzdruck der Pumpe hinzukommt.

Sie ist die am meisten eingesetzte Art der hydraulischen Einbindung.

5.3.2 Nachdruckhaltung (Bild 3)

Die Druckhaltung wird auf der Druckseite der Umwälzpumpe eingebunden.

In expansion vessels with membranes, the maximum allowable temperatures at the membrane (observe manufacturer's data) must not be exceeded. Suitable measures for protecting the membrane shall be taken, when required. See also Section 5.9.2.

5.3.1 Suction-side connection (Figure 2)

The pressure maintenance system is connected to the suction side of the circulation pump. If in the at-rest case (pump standstill), the pressure is not at any point of the system less than $p_{a,min}$, this will also hold during operation as the differential pressure of the pump is then added.

This is the most preferred used type of hydraulic integration.

5.3.2 Pressure-side connection (Figure 3)

The pressure maintenance system is connected to the pressure side of the circulation pump.

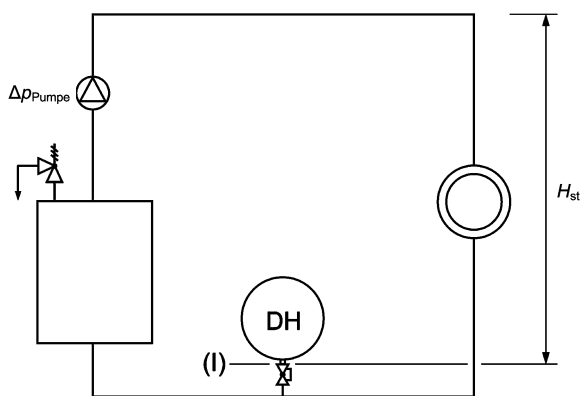


Bild 2. Saugdruckhaltungen
Figure 2. Suction-side connections

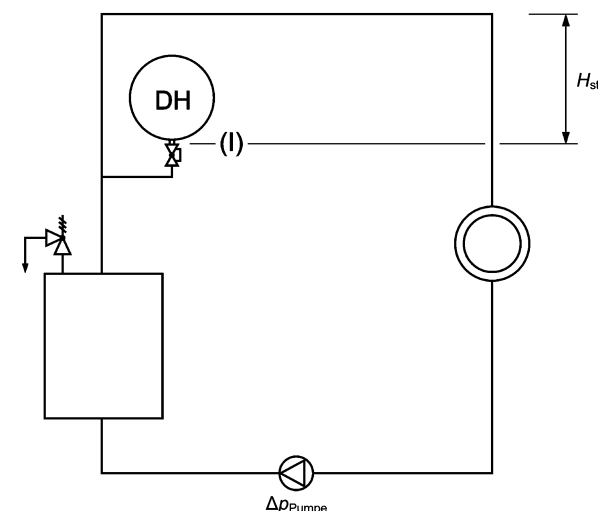
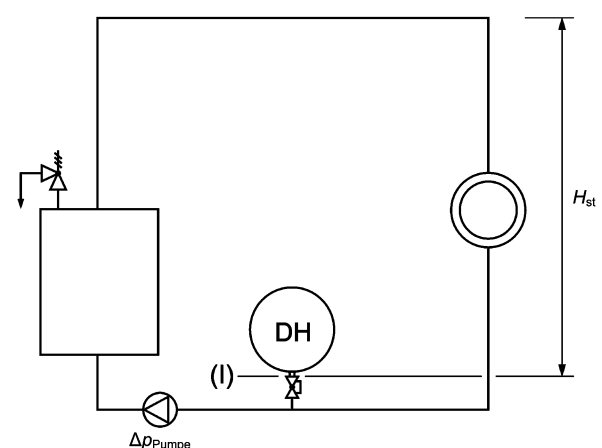


Bild 3. Nachdruckhaltungen
Figure 3. Pressure-side connections

Mit der Nachdruckhaltung kann die Druckbelastung der Anlage geringer als bei der Saugdruckhaltung gehalten werden, wenn nicht der gesamte Umwälzpumpendruck aufgelastet werden muss. Bei bestimmten Anlagenkonfigurationen (z. B. hoher statischer Druck, hohe Temperaturen) kann durch die Nachdruckhaltung der Übergang zu einer höheren Nenndruckstufe der Anlage vermieden werden. Dafür ist eine detaillierte Druckverlaufsrechnung unter Berücksichtigung der geodätischen Höhen erforderlich. Mit dieser Berechnung ist nachzuweisen, dass die Bedingung $p \geq p_D + \Delta p_z$ an jeder Stelle des Netzes und in jedem Betriebszustand eingehalten wird.

Diese Art der Druckhaltung kann systemtechnisch erforderlich sein, wenn für Solaranlagen die Forderung einer direkten Verbindung zwischen Druckhaltung und Wärmeerzeuger erfüllt werden soll.

Anmerkung: Der Vorteil dieser Druckhaltung kann nur bei Anlagen mit ausreichend großen statischen Drücken genutzt werden. Für Dachzentralen und Flachbauten ergeben sich keine Vorteile.

5.3.3 Mitteldruckhaltung (Bild 4)

Die Mitteldruckhaltung wird nur in hydraulisch komplexen Systemen realisiert und ist objektbezogen zu betrachten. Bezugspunkt ist ein ausgewählter Druck in der Anlage, der meist über eine Analogiemessstrecke über die Umwälzpumpe messtechnisch realisiert wird. Das Ruhe- und Arbeitsdruckniveau kann optimal aufeinander abgestimmt und variabel gestaltet werden (symmetrische oder asymmetrische Mitteldruckhaltung).

Anmerkung: Die in AGFW FW 442 als „Mitteldruckhaltungen“ definierten Druckhaltungen sind Mitteldruckhaltungen im Sinne der VDI 4708.

Die Auslegung der Mitteldruckhaltung ist von einer Vielzahl anlagenspezifischer Faktoren abhängig. Aus diesem Grund ist die Auslegung von Mitteldruckhaltungen durch Fachplaner vorzunehmen und wird in dieser Richtlinie nicht näher betrachtet. Mitteldruck-

Compared with the suction-side connection, the pressure-side connection allows keeping the pressure load on the system lower where not all of the circulation pump pressure needs to be charged. In certain system configurations (e.g. high static pressure, high temperatures), a pressure-side connection may prevent the need for choosing a higher nominal pressure level for the system. This requires a detailed pressure characteristic calculation taking into account the geodetic heights. By means of this calculation, proof shall be furnished that the condition $p \geq p_D + \Delta p_z$ is fulfilled at any point in the system and in each operating state.

This type of pressure maintenance may be required for system reasons where solar heating systems call for a direct connection between pressure maintenance and heat generation.

Note: Only systems with sufficiently high static pressures can fully exploit the advantage of this type of pressure maintenance. No advantages ensue for rooftop systems and low-rise buildings.

5.3.3 Medium pressure maintenance (Figure 4)

Medium pressure maintenance is only implemented in hydraulically complex systems, and shall be considered in relation to the specific facility. The reference point is a selected pressure in the system, measured in most cases using an analogous measuring section via the circulation pump. The pressure at rest and the operating pressure can be optimally matched with each other and can be variable (symmetric or asymmetric medium pressure maintenance).

Note: Relevant to the German version only.

The design of medium pressure maintenance systems depends on a multitude of system-specific factors. For this reason, medium pressure maintenance systems shall be designed by specialised planners, and they are not dealt with in greater detail in this guide-

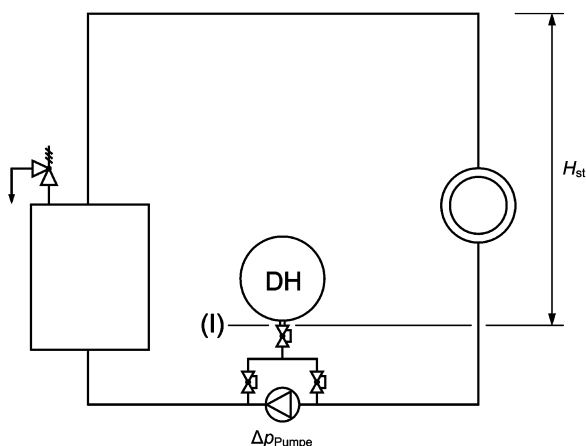
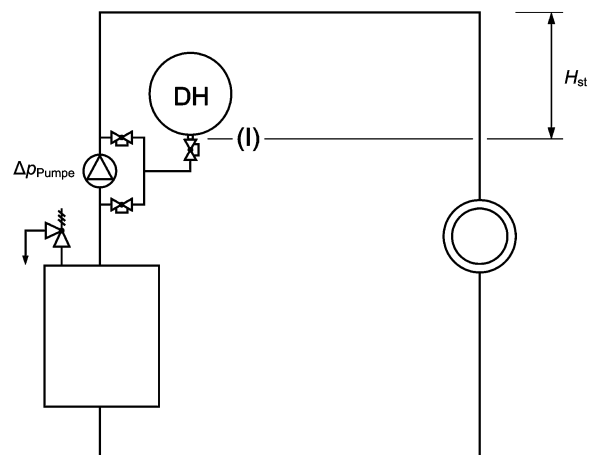


Bild 4. Mitteldruckhaltung mit Analogiemessstrecken

Figure 4. Medium pressure maintenance using an analogous measuring sections



haltungen sind in AGFW FW 442 beschrieben.

5.4 Allgemeine Auslegungsparameter und Berechnungen

5.4.1 Erforderliche Anlagenparameter

Für die Auslegung der Druckhaltung werden mindestens folgende Parameter benötigt:

- Anlagenvolumen V_A in m³
- Gesamtheizleistung $Q_{N,ges}$ in kW
- maximale Anlagentemperatur t_{max} in °C
- maximale Rücklauftemperatur $t_{R,max}$ in °C
- geodätische Höhendifferenz H_{st} in m
- minimale Anlagentemperatur t_{min} in °C
- maximale Sollwerteinstellung des Temperaturreglers t_{TR} in °C
- Absicherungstemperatur des Sicherheitstemperaturbegrenzers t_{TAZ+} in °C

5.4.2 Ausdehnungsfaktor

Für die Berechnung des Auslegungsvolumens ist der Ausdehnungsfaktor nach Gleichung (1) zu bestimmen.

$$n = 1 - \frac{\rho_{t,max}}{\rho_{t,min}} \quad (1)$$

Als Orientierung für die bei unterschiedlichen Anlagenarten zu wählenden Temperaturen t_{max} , t_{min} kann die Tabellensammlung in Anhang A dienen.

Die Dichte von Wasser in Abhängigkeit der Temperatur kann den Tabellen in Anhang C entnommen werden. Bei Wasser-Glykol-Gemischen sind die Herstellerwerte zu verwenden.

5.4.3 Aufnahmeverolumina

5.4.3.1 Ausdehnungsvolumen V_e

Das Ausdehnungsvolumen V_e wird berechnet nach:

$$V_e = V_A \cdot n \quad (2)$$

Für Anlagen, bei denen nicht alle Bereiche (z.B. Fußbodenheizung, Speicher) den Temperaturen t_{max} und t_{min} ausgesetzt werden, kann zur Vermeidung unwirtschaftlich großer Druckhalteanlagen auch eine detaillierte Berechnung von V_e nach den folgenden Gleichungen erfolgen:

mit

$$V_e = \sum_{i=1}^k V_{A,i} \cdot n_i \quad (3)$$

unter Einhaltung der Bedingung

$$V_A = \sum_{i=1}^k V_{A,i} \quad (4)$$

line. Medium pressure maintenance systems are described in AGFW FW 442.

5.4 General design parameters and calculations

5.4.1 Required system parameters

For designing the pressure maintenance system, at least the following parameters are required:

- system volume V_A in m³
- total heating output $Q_{N,ges}$ in kW
- maximum system temperature t_{max} in °C
- maximum return temperature $t_{R,max}$ in °C
- system static head H_{st} in m
- minimum system temperature t_{min} in °C
- maximum setpoint adjustment of temperature controller t_{TR} in °C
- safety temperature of safety temperature limiter t_{TAZ+} in °C

5.4.2 Expansion factor

For calculating the design volume, the expansion factor shall be determined using Equation (1).

$$n = 1 - \frac{\rho_{t,max}}{\rho_{t,min}} \quad (1)$$

Regarding the temperatures t_{max} , t_{min} to be selected for different system types, the compilation of tables in Annex A may serve for reference.

The density of water as a function of temperature can be taken from the tables in Annex C. Use the manufacturer's data in case of water/glycol mixtures.

5.4.3 Volumes to be received

5.4.3.1 Expansion volume V_e

The expansion volume V_e is calculated as per:

$$V_e = V_A \cdot n \quad (2)$$

For systems in which not all subsystems (e.g. floor heating, storage tank) are exposed to the temperatures t_{max} and t_{min} , a detailed calculation of V_e using the equations below is permissible in order to avoid inefficiently large pressure maintenance systems:

with

$$V_e = \sum_{i=1}^k V_{A,i} \cdot n_i \quad (3)$$

while observing the condition

$$V_A = \sum_{i=1}^k V_{A,i} \quad (4)$$

Beispiele für detailliert errechnete Ausdehnungsvolumina

1. System besteht aus $k = 4$ Teilbereichen:

Nr.	Teilbereich Anlage	Inhalt in ℓ	t_{\max} in $^{\circ}\text{C}$	t_{\min} in $^{\circ}\text{C}$	$n^{a)}$
1	Wärmeerzeuger inkl. Verteilung	250	90	10	0,0360
2	Pufferspeicher	1000	90	10	0,0360
3	Fußbodenheizung	2000	40	10	0,0072
4	Plattenheizkörper	350	70	10	0,0224

a) nach Gleichung (1)

$$V_e = (250 \ell + 1000 \ell) \cdot 0,036 + 2000 \ell \cdot 0,0072 + 350 \ell \cdot 0,0224 = 67,2 \ell$$

Konventionelle Berechnung zum Vergleich:

$$\begin{aligned} V_{\text{e,konv}} &= (250 \ell + 1000 \ell + 2000 \ell + 350 \ell) \cdot 0,036 \\ &= 129,6 \ell \end{aligned}$$

Das Ausdehnungsvolumen ist bei detaillierter Berechnung um 62,4 ℓ geringer.

2. System besteht aus $k = 3$ Teilbereichen:

Nr.	Teilbereich Anlage	Inhalt in ℓ	t_{\max} in $^{\circ}\text{C}$	t_{\min} in $^{\circ}\text{C}$	$n^{\text{a)}$
1	Wärmeerzeuger inkl. Verteiler	1500	90	10	0,0360
2	RLT-Anlagen	2700	90	10	0,0360
3	Flächenheizung	7000	40	10	0,0072

a) nach Gleichung (1)

$$V_e = (1500 \ell + 2700 \ell) \cdot 0,036 + 7000 \ell \cdot 0,0072 = 201,6 \ell$$

Konventionelle Berechnung zum Vergleich:

$$V_e = (1500 \ell + 2700 \ell + 7000 \ell) \cdot 0,036 = 403,2 \ell$$

Das Ausdehnungsvolumen ist bei detaillierter Berechnung um 201,6 l geringer.

5.4.3.2 Prozess- und Verdampfungsvolumina V_7

Unabhängig von der Volumenausdehnung des Anlagenwassers können bei Betrieb der Anlage Prozess- und Verdampfungsvolumina V_Z auftreten, die vollständig von der Druckhaltung aufgenommen werden müssen. Dazu gehören z.B.:

- Verdampfungsvolumina Solarkollektoren (ist auch Volumen der Kollektoren multipliziert mit einem Faktor für die Dampfreichweite); bei Solaranlagen nach DIN V ENV 12977-1: Volumen, das bei Stillstand verdampfen kann
- prozessbedingte Volumina (z.B. Vakuumentgaser)

5.4.3.3 Wasservorlage V_v

Die Wasservorlage V_V dient dem Ausgleich von Wasserverlusten. Bei Anlagenvolumina bis 600ℓ sind mindestens 3ℓ Wasservorlage notwendig. Bei $V_A > 600 \ell$ muss sie mindestens $0,5 \%$ des Anlagenvolumens betragen.

Examples of expansion volumes calculated in detail

1. System consisting of $k = 4$ subsystems:

No.	Subsystem	Content in ℓ	t_{\max} in $^{\circ}\text{C}$	t_{\min} in $^{\circ}\text{C}$	$n^{\text{a})}$
1	Heat generator incl. distribution	250	90	10	0,0360
2	Buffer storage	1000	90	10	0,0360
3	Floor heating	2000	40	10	0,0072
4	Panel radiators	350	70	10	0,0224

a) as per Equation (1)

$$V_e = (250 \ell + 1000 \ell) \cdot 0,036 + 2000 \ell \cdot 0,0072 + 350 \ell \cdot 0,0224 = 67,2 \ell$$

Conventional calculation for comparison:

$$\begin{aligned} V_{\text{e,konv}} &= (250 \ell + 1000 \ell + 2000 \ell + 350 \ell) \cdot 0,036 \\ &= 129,6 \ell \end{aligned}$$

The expansion volume resulting from a detailed calculation is less by 62,4 ℓ .

2. System consisting of $k = 3$ subsystems:

No.	Subsystem	Content in ℓ	t_{\max} in $^{\circ}\text{C}$	t_{\min} in $^{\circ}\text{C}$	$n^{\text{a})}$
1	Heat generator incl. distribution	1500	90	10	0,0360
2	Ventilation and air conditioning systems	2700	90	10	0,0360
3	Panel heating	7000	40	10	0,0072

a) as per Equation (1)

$$V_e = (1500 \ell + 2700 \ell) \cdot 0,036 + 7000 \ell \cdot 0,0072 = 201,6 \ell$$

Conventional calculation for comparison

$$V_e = (1500 \ell + 2700 \ell + 7000 \ell) \cdot 0,036 = 403,2 \ell$$

The expansion volume resulting from a detailed calculation is less by 201,6 ℓ .

5.4.3.2 Process and evaporation volumes, V_7

Irrespective of the volume expansion of the system water, process and evaporation volumes, V_Z , may occur during system operation, which must be received by the pressure maintenance system to their full extent. They include, e.g.:

- evaporation volumes of solar collectors (also the volume of the collectors multiplied by a factor for the steam range); in solar heating systems to DIN V ENV 12977-1: volume that can evaporate at standstill
- process-related volumes (e.g. vacuum deaerator)

5.4.3.3 Water reserve V_v

The water reserve V_V serves to make up for water losses. A water reserve of at least 3 ℓ is required for system volumes up to 600 ℓ . Where $V_A > 600 \ell$, it shall be no less than 0.5 % of the system volume.

$$V_V = \frac{V_A \cdot n_V}{100 \%} \quad (5)$$

Dabei ist

n_V Wasservorlage in %

5.4.4 Anfangsdruck p_a

Der Anfangsdruck berechnet sich nach Gleichung (6) bzw. Gleichung (7). Der Druckzuschlag Δp_z muss mindestens 0,5 bar betragen.

Saugdruckhaltung

$$p_a \geq p_{a,\min} = p_{st} + p_D + \Delta p_z \quad (6)$$

Nachdruckhaltung

$$p_a \geq p_{a,\min} = p_{st} + p_D + \Delta p_z + \Delta p_{Pumpe} \quad (7)$$

Dabei ist

Δp_{Pumpe} maximal im Betrieb auftretender Differenzdruck der Umwälzpumpe

Anmerkung: $p_{a,\min}$ kann reduziert werden, wenn durch die Aufstellung eines detaillierten Druckverlaufsdiagramms nachgewiesen wird, dass die Bedingung $p \geq p_D + \Delta p_z$ an jeder Stelle des Netzes und in jedem Betriebszustand eingehalten wird.

5.4.5 Enddruck p_e

Der Enddruck berechnet sich aus dem Einstelldruck des Sicherheitsventils p_{SV} abzüglich der Schließdruckdifferenz Δp_{SV} nach:

$$p_e \leq p_{e,\max} = p_{SV} - \Delta p_{SV} \quad (8)$$

Die Schließdruckdifferenz Δp_{SV} ist den Herstellerunterlagen zu entnehmen.

Für Sicherheitsventile nach TRD 721 gilt z.B.:

DGH-Ventile:

$$\begin{aligned} \text{für } p_{SV} \leq 3 \text{ bar:} & \quad \Delta p_{SV} = 0,3 \text{ bar} \\ \text{für } p_{SV} > 3 \text{ bar:} & \quad \Delta p_{SV} = 0,1 \cdot p_{SV} \end{aligned}$$

H-Ventile:

$$p_{SV} \leq 3 \text{ bar:} \quad \Delta p_{SV} = 0,5 \text{ bar}$$

5.5 Einsatzkriterien und -empfehlungen

5.5.1 Allgemeines

Die Lösungsmöglichkeiten bei der Wahl eines Druckhaltesystems sind vielfältig. Dieser Abschnitt soll als Entscheidungshilfe bei der Wahl der für die betrachtete Anlage am besten geeigneten Art der Druckhaltung dienen.

Zur Vermeidung wasserseitiger Korrosion sind die Anforderungen der VDI 2035 Blatt 2 sowie des Arbeitsblatts AGFW FW 510 zu beachten.

$$V_V = \frac{V_A \cdot n_V}{100 \%} \quad (5)$$

where

n_V water reserve, in %

5.4.4 Initial pressure p_a

The initial pressure is calculated as per Equation (6) or Equation (7). The pressure allowance Δp_z shall be no less than 0,5 bar.

Suction-side connection

$$p_a \geq p_{a,\min} = p_{st} + p_D + \Delta p_z \quad (6)$$

Pressure-side connection

$$p_a \geq p_{a,\min} = p_{st} + p_D + \Delta p_z + \Delta p_{Pumpe} \quad (7)$$

where

Δp_{Pumpe} maximum differential pressure of circulation pump occurring during operation

Note: $p_{a,\min}$ can be reduced if proof is furnished, through a detailed pressure chart, that the condition $p \geq p_D + \Delta p_z$ is fulfilled at any point in the system and in each operating state.

5.4.5 Final pressure p_e

The final pressure is calculated from the safety valve set pressure, p_{SV} , minus the reseating pressure difference, Δp_{SV} , as per:

$$p_e \leq p_{e,\max} = p_{SV} - \Delta p_{SV} \quad (8)$$

Refer to the manufacturer's documentation for the reseating pressure difference, Δp_{SV} .

The following holds, e.g., for safety valves according to TRD 721:

DGH valves:

$$\begin{aligned} \text{for } p_{SV} \leq 3 \text{ bar:} & \quad \Delta p_{SV} = 0,3 \text{ bar} \\ \text{for } p_{SV} > 3 \text{ bar:} & \quad \Delta p_{SV} = 0,1 \cdot p_{SV} \end{aligned}$$

H valves:

$$p_{SV} \leq 3 \text{ bar:} \quad \Delta p_{SV} = 0,5 \text{ bar}$$

5.5 Application criteria and recommendations

5.5.1 General

Many solutions are possible when selecting a pressure maintenance system. This section is intended as a decision aid for selecting the type of pressure maintenance best suited to the system under consideration.

The requirements of VDI 2035 Part 2 and worksheet AGFW FW 510 shall be observed to prevent water-side corrosion.

Bei Anlagen mit großen Ausdehnungsvolumina und hohen Rücklauftemperaturen können Ausdehnungsgefäße mit Membran nicht mehr wirtschaftlich sein, sodass Ausdehnungsgefäße mit Druckauflastung von Dampf oder Inertgas erforderlich werden. Für die Auslegung derartiger Systeme sind die Empfehlungen des Arbeitsblatts AGFW FW 442 zu beachten.

Die in Druckhalteanlagen eingesetzten Druckgeräte müssen der europäischen Richtlinie 97/23/EG entsprechen. Bei Vorhandensein von elektrischen Einrichtungen gelten die Richtlinien 2006/95/EG und 2004/108/EG mit.

In Deutschland sind nach der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) Montage und Betrieb nach dem Stand der Technik durch Fachpersonal oder speziell eingewiesenes Personal durchzuführen. Erforderliche Prüfungen vor Inbetriebnahme, nach wesentlichen Veränderungen der Anlage und wiederkehrende Prüfungen sind vom Betreiber gemäß den Anforderungen der Betriebssicherheitsverordnung zu veranlassen.

5.5.2 Einflussfaktoren

Die Auswahl der Art der Druckhaltung wird von den nachfolgend aufgeführten Faktoren wesentlich beeinflusst.

Möglicher Arbeitsbereich ($p_e - p_a$)

Der mögliche Arbeitsbereich kann aus den in Abschnitt 5.4.4 und Abschnitt 5.4.5 berechneten anlagenspezifischen Größen berechnet werden.

Bei MAG liegt der anzustrebende Arbeitsbereich bei $\geq 0,5$ bar. Bei $p_e - p_a < 0,5$ bar wird ein MAG in der Regel zunehmend unwirtschaftlich.

Pumpengesteuerte Systeme arbeiten in der Regel bei $p_e - p_a \geq 0,4$ bar. Kompressor- oder fremddruckluftgesteuerte Druckhaltungen können auch in extrem engen Arbeitsbereichen (z.B. $p_e - p_a \leq 0,2$ bar) eingesetzt werden.

Temperatur am Einbindepunkt der Druckhaltung

Überschreitet die Temperatur am Einbindepunkt der Druckhaltung die maximal zulässige Membrantemperatur (üblicherweise 70 °C, Herstellerangaben beachten), so sind zum Schutz der Membran Vorschaltgefäße einzuplanen oder andere geeignete Maßnahmen zu ergreifen (siehe auch Abschnitt 5.9).

Anmerkung: In diesen Fällen ist der Einsatz von Verfahren der Entgasung im AG von Pumpendruckhaltungen nicht zu empfehlen und bei Gefahr der Überschreitung der Richtwerte nach VDI 2035 Blatt 2 nicht zulässig.

Kann die Temperatur am Einbindepunkt der Druckhaltung die minimal zulässige Membrantemperatur

In systems featuring large expansion volumes and high return temperatures, membrane expansion vessels can no longer operate efficiently, so that expansion vessels with steam or inert gas pressurisation is required. Observe the recommendations of worksheet AGFW FW 442 for the design of such systems.

The pressure equipment used in pressure maintenance systems shall conform to the European Directive 97/23/EC. Where any electrical equipment is present, the Directives 2006/95/EC and 2004/108/EC also apply.

The German Operational Safety Ordinance (BetrSichV) stipulates that installation and operation shall be performed in accordance with the state of the art by specialised, or specially instructed personnel. Any tests required before startup, after substantial modifications to the system and recurrent checks shall be arranged for by the operator in accordance with the requirements specified in the Operational Safety Ordinance.

5.5.2 Influencing factors

The selection of the type of pressure maintenance is influenced essentially by the factors listed below.

Possible operating range ($p_e - p_a$)

The possible operating range can be calculated from the system-specific quantities calculated in Section 5.4.4 and Section 5.4.5.

For MEVs, the operating range should be $\geq 0,5$ bar. With $p_e - p_a < 0,5$ bar, an MEV will usually become increasingly inefficient.

Pump-controlled systems usually operate at $p_e - p_a \geq 0,4$ bar. Pressure maintenance systems controlled by compressor or external compressed air can also be used in extremely narrow operating ranges (e.g. $p_e - p_a \leq 0,2$ bar).

Temperature at the pressure maintenance integration point

If the temperature at the integration point of the pressure maintenance system exceeds the maximum allowable membrane temperature (usually 70 °C, observe manufacturer's data), intermediate vessels shall be included in planning or other suitable measures be taken to protect the membrane (see also Section 5.9).

Note: Using deaeration techniques in the EV of pump-controlled pressure maintenance systems is not recommended in such cases, and is not allowable if there is risk of exceeding the guide values given in VDI 2035 Part 2.

Where the temperature at the integration point of the pressure maintenance system may fall below the min-

(üblicherweise -10°C , Herstellerangaben beachten) unterschreiten, so sind zur Vermeidung des Einfrierens des Kondensats auf der Gasseite und zum Schutz der Membran der Ausdehnungsgefäße Vorschaltgefäße einzuplanen oder andere geeignete Maßnahmen zu treffen.

Anlagenleistung und -volumen

Bei Anlagen mit Leistungen $> 200\text{ kW}$ bzw. Anlagenvolumen (inklusive Speicher) $> 2000\text{ l}$ ist der Einsatz von dynamischen Druckhaltesystemen neben der klassischen Variante des statisch arbeitenden MAG vergleichend zu betrachten. Unterhalb dieser Grenzen sind MAG in der Regel die bessere technische und wirtschaftliche Lösung.

Räumliche Verhältnisse

Die zur Verfügung stehende Aufstellfläche, die Raumhöhe und die maximalen Einbringmaße (z.B. Türen) sind für die Erstinstallation, die Wartung und den Tausch von Anlagenteilen zu beachten.

Geräuschentwicklung

Bei dynamischen Druckhaltesystemen ist bei der Wahl des Aufstellungsorts und der Integration in das System die Geräuschentwicklung zu berücksichtigen (z.B. Schalldruckpegel und Körperschall).

Verbundbetrieb (z. B. Heiz-/Kühlsysteme)

Für Anlagen, die sowohl hydraulisch getrennt als auch im Verbundbetrieb arbeiten können, sind die Druckhaltungen aufeinander abzustimmen. Die Steuerung von dynamischen Druckhaltesystemen muss einen Datenaustausch ermöglichen.

Wird die Druckhaltung mit MAG realisiert, erfordert eine stabile Druckhaltefunktion die hydraulische Verbindung in allen Betriebsfällen.

Verfügbarkeit/Redundanz

Zur Erhöhung der Verfügbarkeit können alle Druckhaltearten mit Zusatzaggregaten oder auch doppelt (redundant) ausgeführt werden.

Sicherheitstechnische Anforderungen

Die sicherheitstechnische Ausrüstung ist gemäß den für die konkrete Anlagenkonfiguration geltenden Normen, Richtlinien, Verordnungen und den örtlichen Anforderungen vorzunehmen.

Zusatzfunktionen

Automatische Nachspeisung

Diese Zusatzfunktion kann bei MAG grundsätzlich nur über ein Zusatzgerät realisiert werden. Bei Kompressor-/Fremdluftdruckhaltungen ist zwar die An-

imum allowable membrane temperature (usually -10°C , observe manufacturer's data), intermediate vessels shall be included in planning or other suitable measures be taken to prevent condensate from freezing on the gas side and to protect the expansion vessel membrane.

System output and volume

With system outputs $> 200\text{ kW}$ or system volumes (including storage tank) $> 2000\text{ l}$, the use of dynamic pressure maintenance systems is to be considered in comparison to the classical, static, option of MEVs. Below these limits, MEVs are usually the better option, both in technical and economic terms.

Spatial conditions

The available floor space, room height and maximum clearances for installation (e.g. doors) shall be observed with a view to initial installation, preventive maintenance and replacement of system parts.

Noise emission

In the case of dynamic pressure maintenance systems, the noise emission (e.g. sound pressure level and structure-borne sound) shall be taken into account in the selection of the installation site and the integration into the system.

Interconnected operation (e.g. heating/cooling)

In the case of systems which can operate hydraulically separated as well as interconnected, their pressure maintenance systems need to be matched with each other. The control of dynamic pressure maintenance systems shall allow data exchange.

If pressure maintenance is by means of MEVs, the hydraulic connection is required in all operating cases to ensure a stable pressure maintenance function.

Availability/redundancy

All types of pressure maintenance systems can be provided with additional units or as redundant double systems in order to increase availability.

Safety requirements

The safety equipment shall conform to the standards, guidelines, directives, ordinances and local requirements valid for the specific system configuration.

Additional functions

Automatic make-up function

As a matter of principle, with MEVs, this additional function can only be realised by means of an additional unit. Pressure maintenance systems controlled

steuerung der Zusatzfunktion Nachspeisung möglich, jedoch muss in Abhängigkeit von den lokalen Druckverhältnissen der Umfang des erforderlichen Zusatzgeräts beachtet werden. Bei Pumpendruckhaltungen ist ebenfalls die Ansteuerung der Zusatzfunktion möglich. Aufgrund des atmosphärischen Drucks im Ausdehnungsgefäß ist der gerätetechnische Aufwand zur Realisierung gering.

Zur Einhaltung der Forderungen der VDI 2035 Blatt 2 ist eine Überwachung und Dokumentation der Nachspeisemenge erforderlich (siehe auch Abschnitt 5.9.3).

Entgasung

Konstruktionsbedingt ist bei Pumpendruckhaltungen die Integration einer atmosphärischen Entgasungsfunktion mit geringem Geräteaufwand möglich. Grundsätzlich sind alle Druckhaltungen mit Geräten zur Entgasung kombinierbar. Details sind der Richtlinie VDI 4708 Blatt 2 zu entnehmen.

Datenschnittstellen

Datenschnittstellen (z.B. potenzialfreie Ausgänge) sind in der Regel bei dynamischen Druckhaltungen integriert.

5.5.3 Mehrkesselanlagen

In Anlagen mit mehreren parallel arbeitenden Wärmeerzeugern ist die Sicherstellung der Druckhaltung für jeden Wärmeerzeuger in allen Betriebsfällen zwingend erforderlich.

Die sogenannte „Wärmeerzeuger-Einzelabsicherung“ (siehe auch Bild 5) ist bei allen Hydraulikkonzepten anwendbar. Hierbei wird jeder Wärmeerzeuger mit einer separaten Druckhaltung ausgestattet.

by compressor/external air allow activation of the additional make-up function; however, the size of the additional unit required must be considered in connection with the local pressure conditions. Pump-controlled pressure maintenance systems also allow activation of the additional function. Because of the atmospheric pressure in the expansion vessel, the implementation effort in terms of equipment is low.

Monitoring and documentation of the make-up quantity is required to meet the requirements of VDI 2035 Part 2 (see also Section 5.9.3).

Deaeration

Thanks to their design, pump-controlled pressure maintenance systems allow the integration of an atmospheric deaeration function with little effort in terms of equipment. Basically, all pressure maintenance systems can be combined with deaeration units. Details are provided in the guideline VDI 4708 Part 2.

Data interfaces

Data interfaces (e.g. isolated outputs) are usually integrated in dynamic pressure maintenance systems.

5.5.3 Multiple-boiler plants

In systems with several heat generators in parallel, ensuring pressure maintenance for each heat generator in all operating cases is mandatory.

Individual protection of each heat generator (see also Figure 5) can be applied to all hydraulic concepts. Each heat generator is then equipped with a dedicated pressure maintenance system. At the same time, the

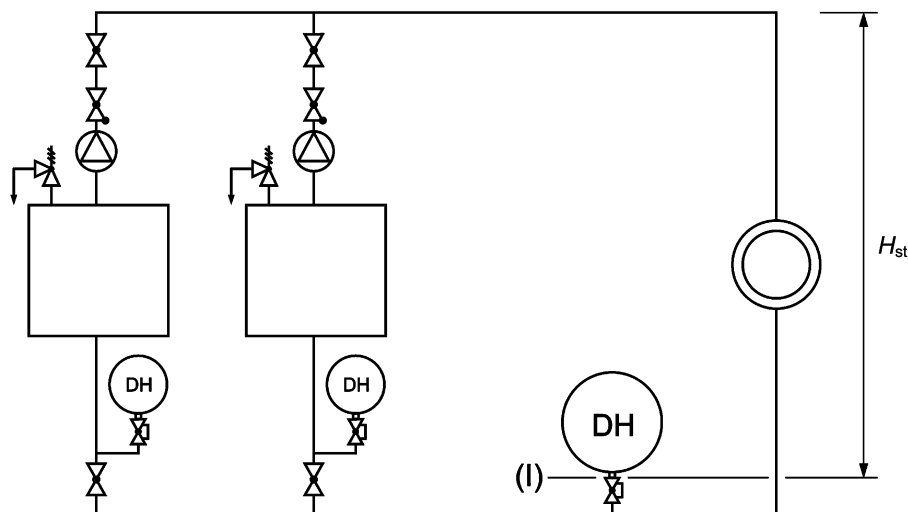


Bild 5. Beispiel für Zweikesselanlage mit Einzelabsicherung der Wärmeerzeuger

Figure 5. Example of two-boiler plant with individual protection of heat generators

tet. Das Rohrnetz und die Verbraucher werden gleichzeitig mit einer eigenen Druckhaltung versorgt. Verwendet man ein gemeinsames Druckhaltungssystem für die Absicherung von Wärmeerzeugern und Netz (z.B. bei extrem großen Wärmeerzeuger-Wasserinhalten) ist bei der hydraulischen Anbindung sicherzustellen, dass die Wärmeerzeuger im Stand-by-Betrieb nicht doch über die Ausdehnungsleitung durchströmt werden.

5.6 Membran-Druckausdehnungsgefäß

5.6.1 Aufbau und Funktion

Das Membran-Druckausdehnungsgefäß (MAG) ist ein Druckbehälter, in dem über eine elastische Membran der Gasraum vom Wasserraum getrennt wird. DIN EN 13831 und VDI 2035 Blatt 2 beschreiben die geforderten Qualitäten der Membran.

Abhängig von Anforderung und Einsatz des MAG ist die aus elastischen Werkstoffen hergestellte Membran als Halb- oder Vollmembran ausgeführt. Die Halbmembran (Bild 6) ist fest in das Gefäß eingebunden (nicht tauschbar). Bei der Vollmembran (Bild 7) befindet sich in der Regel das Wasser innerhalb und das Gas außerhalb der Membran. Die Vollmembran kann tauschbar sein.

Der Gasraum ist mit einem Gasfüllventil ausgestattet und soll vorzugsweise mit Inertgas (z.B. Stickstoff) aufgefüllt werden. Zwischen Wasserraum und Anlage sind eine gegen unbeabsichtigtes Bedienen gesicherte Absperrarmatur sowie eine MAG-seitige Ent-

pipeline network and the consumers are provided with their own pressure maintenance system.

Where one joint pressure maintenance system is used to protect heat generators and network (e.g. in the case of extremely large heat generator water contents), the hydraulic connection must be such as to reliably prevent any flow via the expansion pipe through the heat generators while in stand-by mode.

5.6 Membrane expansion vessel

5.6.1 Construction and function

The membrane expansion vessel (MEV) is a pressure vessel in which an elastic membrane separates a gas chamber from a water chamber. DIN EN 13831 and VDI 2035 Part 2 describe the membrane quality requirements.

Depending on the specification and application of the MEV, the membrane made of elastic materials is fixed in the vessel in a non-exchangeable way (Figure 6) or is designed as bladder (Figure 7), with the water usually contained inside and the gas outside the membrane. Bladder membranes can be exchangeable.

The gas chamber is equipped with a gas fill valve, and shall preferably be filled with inert gas (such as nitrogen). Between the water chamber and the system, a shutoff valve protected against accidental operation and an MEV-side drain shall be provided. Said de-

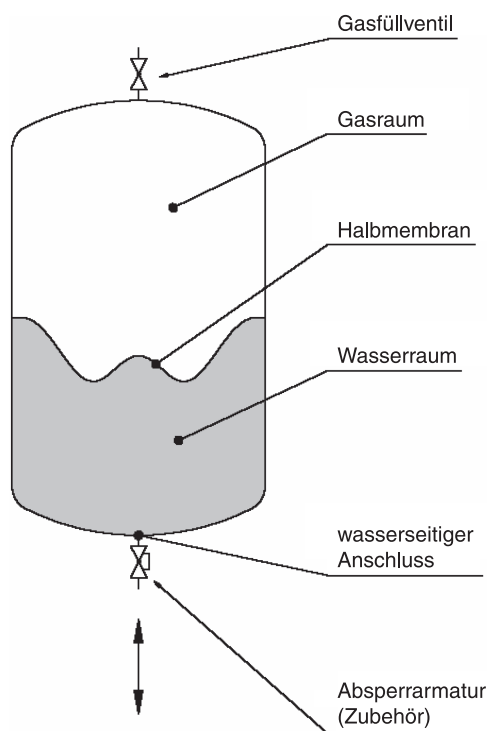


Bild 6. Halbmembran

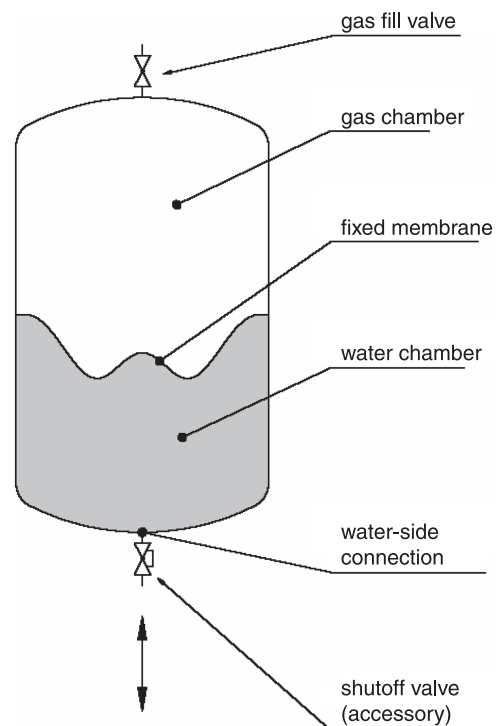


Figure 6. Fixed membrane

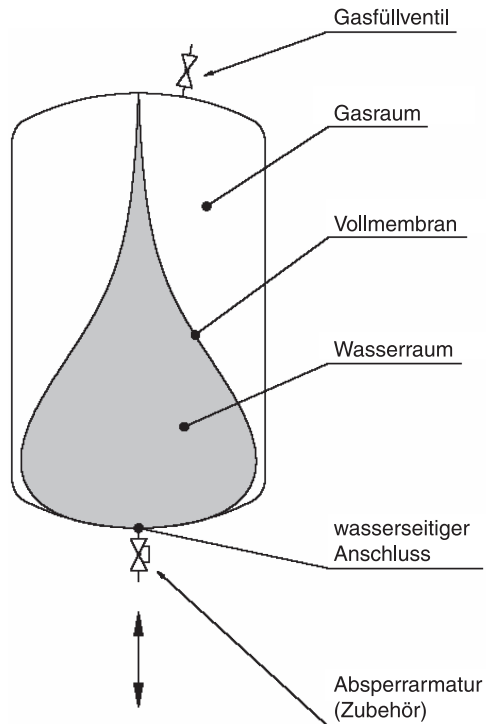


Bild 7. Vollmembran

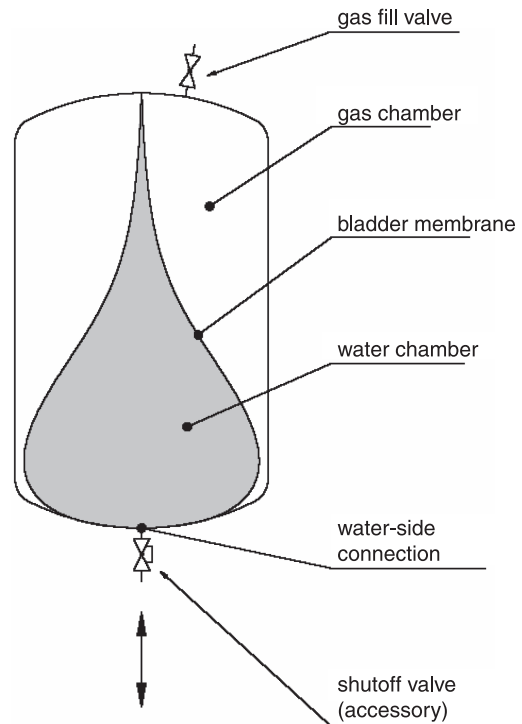


Figure 7. Bladder membrane

leerung vorzusehen. Vorgenannte Einrichtungen sind für die Vordruckeinstellung und -kontrolle bei Inbetriebnahme und Wartung erforderlich.

Membran-Druckausdehnungsgefäße arbeiten ohne Hilfsenergie. Bei Aufheizung (Expansion) des Anlagenwassers steigt der Druck in der Anlage, und Anlagenwasser strömt über den Wasseranschluss in das MAG. Bei Abkühlung (Kontraktion) des Anlagenwassers „schiebt“ der Gasdruck das Wasser aus dem MAG zurück in die Anlage.

Die statische Druckhaltung ohne Membran entspricht aufgrund der damit verbundenen Betriebsführungsprobleme nicht mehr dem Stand der Technik und wird in dieser Richtlinie nicht weiter betrachtet.

Beispiele für Schaltungsvarianten sind in Anhang G1 aufgeführt.

5.6.2 Auslegung

5.6.2.1 Bestimmung MAG-Größe

Das nachfolgende Auslegungsbeispiel zeigt einen möglichen Berechnungsweg für die Auswahl der MAG-Größe (Nennvolumen V_N). Der Berechnungsweg sieht wie folgt aus:

- Berechnung des Vordrucks p_0
- Bestimmung des Mindest-Nennvolumens $V_{N,min}$ des MAG
- Auswahl eines MAG mit $V_N \geq V_{N,min}$
- Kontrolle des Anfangsdrucks p_a
- Kontrolle des Nutzvolumens V_{Nutz}

vices are required for setting and checking the preset pressure during startup and preventive maintenance.

Membrane expansion vessels do not operate on auxiliary energy. As the system water is heated up (expansion), the pressure in the system rises, and system water flows via the water connection into the MEV. With system water cooling down (contraction), the gas pressure “pushes” the water out of the MEV, back into the system.

Due to the control problems involved, static pressure maintenance without membrane no longer presents the state of the art and is not dealt with any further in this guideline.

Examples of circuit variants are shown in Annex G1.

5.6.2 Design

5.6.2.1 Sizing the MEV

The following design example shows one possible calculation method for selecting the MEV size (nominal volume V_N). The calculation consists of the following steps:

- calculating the preset pressure p_0
- determining the minimum nominal volume, $V_{N,min}$, of the MEV
- selecting an MEV where $V_N \geq V_{N,min}$
- checking the initial pressure p_a
- checking the useful volume V_{Nutz}

Anmerkung: Dieser Berechnungsansatz setzt voraus, dass die Temperatur im Gasraum von MAG im Betrieb nur geringfügig schwankt und somit von der Vereinfachung $p \cdot V = \text{konstant}$ ausgegangen werden kann. Ist der Temperatureinfluss nicht vernachlässigbar (z.B. direkte Sonneneinstrahlung), so muss eine detaillierte Betrachtung nach $(p \cdot V)/T = \text{konstant}$ angestellt werden.

5.6.2.1.1 Berechnung des Vordrucks p_0

Für Saugdruckhaltung

$$p_0 \geq p_{st} + p_D + \Delta p_{z1} \quad (9)$$

Der Druckteilzuschlag 1, Δp_{z1} , wird im Allgemeinen vom Hersteller vorgegeben und dient z.B. der Berücksichtigung von Gasvordruckverlusten zwischen zwei Wartungen und/oder dem dynamischen Ausfordern der Wasservorlage. Liegen keine Herstellerangaben vor, so wird $\Delta p_{z1} = 0,2$ bar empfohlen.

p_0 muss so hoch gewählt werden, dass Kavitationschäden z.B. an Umwälzpumpen in Dachzentralen vermieden oder Mindestanforderungen anderer Anlagenkomponenten eingehalten werden.

Beispiel

statische Höhe der Anlage	H_{st}	2,0 m
maximale Anlagentemperatur	t_{max}	70 °C
Mindestzulaufdruck der Umwälzpumpe	–	0,7 bar

Druckteilzuschlag 1	Δp_{z1}	0,2 bar
---------------------	-----------------	---------

$$p_{st} + p_D + \Delta p_{z1} = 0,2 \text{ bar} + 0 \text{ bar} + 0,2 \text{ bar} = 0,4 \text{ bar}$$

< Mindestzulaufdruck der Pumpe

$$p_0 = 0,7 \text{ bar} \quad \text{gewählt zur Vermeidung von Kavitation}$$

Für Nachdruckhaltung

$$p_0 \geq p_{st} + p_D + \Delta p_{z1} + \Delta p_{Pumpe} \quad (10)$$

Dabei ist

Δp_{Pumpe} maximal im Betrieb auftretender Differenzdruck der Umwälzpumpe

Anmerkung: p_0 kann reduziert werden, wenn durch die Aufstellung eines detaillierten Druckverlaufsdiagramms nachgewiesen wird, dass die Bedingung $p \geq p_D + \Delta p_z$ an jeder Stelle des Netzes und in jedem Betriebszustand eingehalten wird.

5.6.2.1.2 Bestimmung des Mindestnennvolumens $V_{N,min}$ des MAG

$$V_{N,min} = (V_e + V_Z + V_V) \cdot \frac{p_e + 1}{p_e - p_0} \quad (11)$$

5.6.2.1.3 Auswahl eines MAG mit $V_N \geq V_{N,min}$

Das berechnete Mindestnennvolumen $V_{N,min}$ kann auf mehrere Gefäße aufgeteilt werden.

$$V_N = \sum_{i=1}^k V_{N,i} \geq V_{N,min} \quad (12)$$

Note: This calculation approach is based on the assumption that the temperature in the gas chamber of MEVs fluctuates but insignificantly during operation, thus allowing to assume $p \cdot V = \text{constant}$ by way of simplification. If the temperature effect is not negligible (e.g. direct solar irradiation), a detailed analysis based on $(p \cdot V)/T = \text{constant}$ shall be conducted.

5.6.2.1.1 Calculating the preset pressure p_0

Suction-side connection case

$$p_0 \geq p_{st} + p_D + \Delta p_{z1} \quad (9)$$

Pressure allowance 1, Δp_{z1} , is usually specified by the manufacturer. It serves, e.g., to cover any losses of gas charge pressure between two preventive maintenance interventions and/or the dynamic discharge of the water reserve. In the absence of manufacturer's data, it is recommended to use $\Delta p_{z1} = 0,2$ bar.

p_0 must be high enough to avoid any cavitation damage, e.g. to circulation pumps in rooftop systems, or to meet the minimum requirements of other system components.

Example

static height of system	H_{st}	2,0 m
maximum system temperature	t_{max}	70 °C
minimum supply pressure of circulation pump	–	0,7 bar

pressure allowance 1	Δp_{z1}	0,2 bar
----------------------	-----------------	---------

$$p_{st} + p_D + \Delta p_{z1} = 0,2 \text{ bar} + 0 \text{ bar} + 0,2 \text{ bar} = 0,4 \text{ bar}$$

< minimum supply pressure of pump

$$p_0 = 0,7 \text{ bar} \quad \text{chosen to avoid cavitation}$$

Pressure-side connection case

$$p_0 \geq p_{st} + p_D + \Delta p_{z1} + \Delta p_{Pumpe} \quad (10)$$

where

Δp_{Pumpe} maximum differential pressure of circulation pump occurring during operation

Note: p_0 can be reduced if proof is furnished, through a detailed pressure chart, that the condition $p \geq p_D + \Delta p_z$ is fulfilled at any point in the system and in each operating state.

5.6.2.1.2 Determining the minimum nominal volume, $V_{N,min}$, of the MEV

$$V_{N,min} = (V_e + V_Z + V_V) \cdot \frac{p_e + 1}{p_e - p_0} \quad (11)$$

5.6.2.1.3 Selecting an MEV where $V_N \geq V_{N,min}$

The calculated minimum nominal volume $V_{N,min}$ can be divided among several vessels.

$$V_N = \sum_{i=1}^k V_{N,i} \geq V_{N,min} \quad (12)$$

5.6.2.1.4 Kontrolle des Anfangsdrucks p_a

$$p_a = \frac{p_e + 1}{1 + \frac{V_e + V_Z}{V_N} \cdot \frac{p_e + 1}{p_0 + 1}} - 1 \quad (13)$$

Die Bedingungen p_a nach Abschnitt 5.4.4 müssen eingehalten werden. Bei Nichteinhaltung ist das Nennvolumen V_N so lange zu erhöhen, bis die Bedingung nach Abschnitt 5.4.4 eingehalten wird.

5.6.2.1.5 Kontrolle des Nutzvolumens V_{Nutz}

Es ist zu prüfen, ob das Nutzvolumen des gewählten Gefäßes ausreichend groß ist. Es muss gelten:

$$V_{\text{Nutz}} \geq V_e + V_Z + V'_V \quad (14)$$

mit

$$V'_V = V_N \cdot \frac{\Delta p_{z2}}{p_a + 1} \quad (15)$$

mit $\Delta p_{z2} \geq 0,5 \text{ bar} - \Delta p_{z1}$

5.6.2.2 Berechnung des Fülldrucks p_F

Fülldruck bei Erstinbetriebnahme

Entspricht die Fülltemperatur der minimalen Anlagentemperatur t_{\min} , so kann der Fülldruck berechnet werden nach:

$$p_F = p_0 + \Delta p_{z2} \quad (16)$$

mit

$$\Delta p_{z2} \geq 0,5 \text{ bar} - \Delta p_{z1}$$

Dies ist in der Regel bei Heizungsanlagen der Fall.

Liegt die Fülltemperatur oberhalb der minimalen Anlagentemperatur, so ist der Fülldruck zu berechnen nach:

$$p_F = p_0 + \Delta p_{z2} + \Delta p_c \quad (17)$$

mit

$$\Delta p_{z2} \geq 0,5 \text{ bar} - \Delta p_{z1} \text{ und}$$

$$\Delta p_c = (p_a + 1) \cdot \left(\frac{V_N - V'_V}{V_N - V'_V - \Delta V_c} - 1 \right) \quad (18)$$

mit

$$\Delta V_c = V_A \cdot \left(1 - \frac{\rho_{t,\text{Füll}}}{\rho_{t,\min}} \right) \quad (19)$$

Dies ist in der Regel bei Kälte- und Solaranlagen der Fall.

Anlagendruck im Betrieb p_{Betrieb}

Im Wartungs- oder Servicefall können andere Anlagentemperaturen als die Fülltemperatur bei Erstinbe-

5.6.2.1.4 Checking the initial pressure p_a

$$p_a = \frac{p_e + 1}{1 + \frac{V_e + V_Z}{V_N} \cdot \frac{p_e + 1}{p_0 + 1}} - 1 \quad (13)$$

The conditions concerning p_a as per Section 5.4.4 must be complied with. In case of non-compliance, increase the nominal volume V_N until the condition as per Section 5.4.4 is fulfilled.

5.6.2.1.5 Checking the useful volume V_{Nutz}

Check whether the useful volume of the selected vessel is sufficiently large. The following must hold:

$$V_{\text{Nutz}} \geq V_e + V_Z + V'_V \quad (14)$$

with

$$V'_V = V_N \cdot \frac{\Delta p_{z2}}{p_a + 1} \quad (15)$$

with $\Delta p_{z2} \geq 0,5 \text{ bar} - \Delta p_{z1}$

5.6.2.2 Calculating the fill pressure p_F

Fill pressure at initial startup

If the fill temperature equals the minimum system temperature t_{\min} , the fill pressure can be calculated as:

$$p_F = p_0 + \Delta p_{z2} \quad (16)$$

with

$$\Delta p_{z2} \geq 0,5 \text{ bar} - \Delta p_{z1}$$

This is usually the case with heating systems.

If the fill temperature exceeds the minimum system temperature, the fill pressure shall be calculated as:

$$p_F = p_0 + \Delta p_{z2} + \Delta p_c \quad (17)$$

with

$$\Delta p_{z2} \geq 0,5 \text{ bar} - \Delta p_{z1} \text{ and}$$

$$\Delta p_c = (p_a + 1) \cdot \left(\frac{V_N - V'_V}{V_N - V'_V - \Delta V_c} - 1 \right) \quad (18)$$

with

$$\Delta V_c = V_A \cdot \left(1 - \frac{\rho_{t,\text{Füll}}}{\rho_{t,\min}} \right) \quad (19)$$

This is usually the case with chillers and solar heating systems.

System pressure in operation, p_{Betrieb}

In the preventive-maintenance or servicing case, system temperatures may differ from the fill temperature

triebnahme vorliegen. Zur Überprüfung der Druckverhältnisse ist deshalb der temperaturabhängige Anlagendruck zu bestimmen. Für die vereinfachte Ermittlung vor Ort kann das grafische Verfahren nach Anhang E verwendet werden.

Zur exakten Bestimmung ist der Anlagendruck zu ermitteln nach:

$$p_{\text{Betrieb}} = \frac{V_N - V'_V - \Delta V_c}{V_N - V'_V - \Delta V_c - V_{\text{Betrieb}}} \cdot (p_F + 1) - 1 \quad (20)$$

mit

with

$$\Delta V_{\text{Betrieb}} = (V_A + V'_V + \Delta V_c) \cdot \left(1 - \frac{\rho_{t,\text{Betrieb}}}{\rho_{t,\text{Füll}}} \right) \quad (21)$$

Auf Basis der Anlagendrucke für verschiedene Anlagentemperaturen kann ein anlagenspezifisches Druck-Temperatur-Diagramm erstellt werden.

Based on the system pressures for various system temperatures, a system-specific pressure/temperature chart can be drawn.

5.6.2.3 Dokumentation der Auslegungsparameter

Der Planer der Anlage hat zu dokumentieren:

- | | | |
|--|--------------------|-------------------|
| • Anlagenvolumen | V_A | in m ³ |
| • Gesamtheizleistung | $Q_{N,\text{ges}}$ | in kW |
| • maximale Anlagentemperatur | t_{max} | in °C |
| • maximale Rücklauftemperatur | $t_{R,\text{max}}$ | in °C |
| • geodätische Höhendifferenz | H_{st} | in m |
| • minimale Anlagentemperatur | t_{min} | in °C |
| • maximale Sollwerteinstellung des Temperaturreglers | t_{TR} | in °C |
| • Absicherungstemperatur des Sicherheitstempurbegrenzers | $t_{\text{Taz}+}$ | in °C |
| • Ansprechdruck des Sicherheitsventils | p_{SV} | in bar |
| • Vordruck | p_0 | in bar |
| • Anfangsdruck | p_a | in bar |
| • Enddruck | p_e | in bar |
| • minimaler Anfangsdruck | $p_{a,\text{min}}$ | in bar |
| • maximaler Enddruck | $p_{e,\text{max}}$ | in bar |
| • Fülldruck bei Erstinbetriebnahme | p_F | in bar |
| • Nenninhalt des MAG | V_N | in ℓ |

5.6.3 Installation und Inbetriebnahme

Es ist gemäß den Montage- und Installationsvorschriften sowie den Inbetriebnahmeanleitungen der Hersteller vorzugehen. Die folgenden Regeln sind grundsätzlich zu beachten.

Vor Installation und Inbetriebnahme ist zu prüfen, ob die gelieferte Druckhaltung den Planungsvorgaben entspricht.

5.6.2.3 Documenting the design parameters

The system planner shall document:

- | | | |
|---|--------------------|-------------------|
| • system volume | V_A | in m ³ |
| • total heating output | $Q_{N,\text{ges}}$ | in kW |
| • maximum system temperature | t_{max} | in °C |
| • maximum return temperature | $t_{R,\text{max}}$ | in °C |
| • system static head | H_{st} | in m |
| • minimum system temperature | t_{min} | in °C |
| • maximum setpoint adjustment of temperature controller | t_{TR} | in °C |
| • safety temperature of safety temperature limiter | $t_{\text{Taz}+}$ | in °C |
| • safety valve set pressure | p_{SV} | in bar |
| • preset pressure | p_0 | in bar |
| • initial pressure | p_a | in bar |
| • final pressure | p_e | in bar |
| • minimum initial pressure | $p_{a,\text{min}}$ | in bar |
| • maximum final pressure | $p_{e,\text{max}}$ | in bar |
| • fill pressure at initial startup | p_F | in bar |
| • MEV nominal volume | V_N | in ℓ |

5.6.3 Installation and startup

Proceed in accordance with the manufacturers' assembly and installation instructions as well as startup instructions. The following rules shall be observed as a matter of principle.

Prior to installation and startup, the pressure maintenance system delivered must be checked for compliance with the planning specifications.

5.6.3.1 Installation

- Die Aufstellung in einem frostfreien Raum ist so vorzunehmen, dass eine allseitige Besichtigung möglich ist und das Typenschild erkennbar bleibt.
- Das Gasfüllventil muss für die Kontrolle und die Einregulierung des Vordrucks zugänglich und bedienbar sein. Der Abstand zum nächsten Bauteil muss so groß sein, dass entsprechende Druckmesstechnik montierbar ist.
- Die erforderliche wasserseitige Absperrung mit Entleerung muss zugänglich und bedienbar sein.
- Das MAG ist vor direkter Sonneneinstrahlung zu schützen.
- Es ist darauf zu achten, dass der Einbau frei von mechanischen Kräften erfolgt (Übertragung von Rohrleitungskräften ist nicht zulässig).
- Der Untergrund bzw. die Befestigung müssen auch bei Vollfüllung des Gefäßes ausreichend tragfähig sein.
- Am Einbindepunkt des MAG oder in seiner unmittelbaren Nähe ist eine geeignete Druckmессeinrichtung (z.B. Manometer) zu installieren. Vorzugsweise sind Druckmессeinrichtungen zu verwenden, die den realen Arbeitsbereich zwischen p_a und p_e dokumentieren (z.B. Manometer mit Schleppzeigern).
- Äußere Überprüfung auf Beschädigungen (z.B. Korrosion, Deformierung) und gegebenenfalls MAG-Austausch sind durchzuführen.
- Dimension und Länge der Ausdehnungsleitung sind unter Berücksichtigung von Abschnitt 5.9.1 auszuführen.
- Entwässerungs-/Ablaufleitungen für vorhandene Sicherheitsventile sind vorzusehen und anzuschließen.

5.6.3.2 Inbetriebnahme

- Einstellen des Vordrucks p_0
Das Einstellen muss vor der wasserseitigen Füllung mit Anlagenwasser erfolgen und kann mit handelsüblichen Reifendruckprüfern am Gasfüllventil durchgeführt werden. Bei MAG, die im Lieferzustand einen zu hohen Vordruck aufweisen, ist über Öffnen des Gasventils der berechnete Vordruck p_0 einzustellen. Bei zu niedrigem Vordruck ist vorzugsweise ein Inertgas (z.B. Stickstoff) nachzufüllen. Hierzu können z.B. im Handel erhältliche Stickstoffflaschen und entsprechende Druckreduzier- und Sicherheitseinrichtungen genutzt werden.
- Einstellen des Fülldrucks p_F
Die Anlage ist mit geeignetem Füllwasser (z.B. nach VDI 2035 bzw. Arbeitsblatt AGFW FW 510)

5.6.3.1 Installation

- Installation in a frost-free room shall be such as to allow inspection on all sides and identification of the nameplate.
- The gas fill valve must be accessible and operational for checking and adjusting the preset pressure. The nearest component must be sufficiently close enough to allow mounting suitable pressure measuring devices.
- The required water-side shutoff with drain must be accessible and operational.
- The MEV shall be protected from direct solar irradiation.
- Make sure that installation is performed without applying any mechanical forces (any transmission of pipeline forces is not permitted).
- The ground and the fastening shall have sufficient load-bearing capacity even with the vessel completely filled.
- A suitable pressure measuring device (e.g. pressure gauge) shall be installed at the MEV integration point or in its immediate vicinity. Preferably use pressure measuring devices which document the real operating range between p_a and p_e (e.g. pressure gauge with drag pointer).
- Externally check for damage (e.g. corrosion, deformations) and replace MEV, if required.
- Dimension and length of expansion pipe shall be chosen taking into account Section 5.9.1.
- Provide and connect drain pipes for existing safety valves.

5.6.3.2 Startup

- setting of preset pressure p_0
Setting must precede water-side filling with system water and can be performed using commercially available tyre pressure gauges on the gas fill valve. Where the preset pressure of an MEV in the as-delivered condition is too high, the calculated preset pressure p_0 shall be set by opening the gas fill valve. If the preset pressure is too low, recharging is required, preferably using inert gas (such as nitrogen). For example, commercially available nitrogen cylinders and suitable pressure-reducing and safety devices can be used to this end.
- setting of fill pressure p_F
The system shall be filled with suitable water (e.g. as per VDI 2035 or worksheet AGFW FW 510)

zu füllen, bis p_F erreicht wird (gemessen z. B. am Gasfüllventil).

- Eingestellte Werte von Vordruck p_0 und Fülldruck p_F sind mit Datum am MAG selbst oder im Anlagenbuch zu dokumentieren.
- Der gewählte Arbeitsdruckbereich $p_a - p_e$ ist an der Druckmesseinrichtung zur Kontrolle zu markieren. Liegen keine Angaben vor, sind $p_{a,min}$ und $p_{e,max}$ zu markieren.
- In Heizungsanlagen wird empfohlen, im Rahmen der Inbetriebnahme die Anlage auf maximale Vorlauftemperatur aufzuheizen, zu entlüften und anschließend zu kontrollieren, ob der gewählte Enddruck p_e erreicht wird. Wird der Enddruck in der Aufheizphase überschritten, ist zu prüfen, ob das MAG ausreichend dimensioniert ist. Bei Nichterreichen des Enddrucks wird empfohlen, bis auf p_e nachzuspeisen (Erhöhen der Wasservorlage).

Anmerkung: Die maximale Aufheizgeschwindigkeit ist zu beachten (z. B. Fußbodenheizung, Betonkernaktivierung).

5.6.4 Kontrolle und Wartung

Nur durch eine sachgerechte, regelmäßige Wartung und Kontrolle des MAG kann sichergestellt werden, dass Unterdruck in der Anlage und damit eine Hauptursache von Korrosionsschäden vermieden wird.

Bei der Durchführung der Arbeiten sind die entsprechenden Vorgaben der Hersteller zu berücksichtigen.

5.6.4.1 Kontrolle des MAG

Eine Kontrolle des MAG ist mindestens einmal jährlich erforderlich.

Zu den wichtigsten Kontrollmaßnahmen zählen:

- äußere Überprüfung auf Beschädigungen (z. B. Korrosion, Leckage, Deformierung) und gegebenenfalls MAG-Austausch
- Dokumentieren des aktuellen Anlagendrucks p_{Anl} und der Temperaturen (Vor- und Rücklauftemperaturen); Prüfen von p_{Anl} z. B. nach Anhang E
- Prüfung des Vordrucks p_0

Auf eine jährliche Prüfung des Vordrucks p_0 kann verzichtet werden, wenn

- der aktuelle Anlagendruck p_{Anl} zwischen p_a und p_e liegt,
- keine erhöhten Nachspeisemengen vorliegen (entspricht der Vordruck p_0 dem Auslegungswert, so deutet dies auf eine Leckage im System hin, die zu beseitigen ist) und
- sichergestellt ist, dass keine Grenzwertüberschreitung vorlag (Registrierung von Grenzwertüberschreitungen durch z. B. Manometer mit Schleppzeiger, elektronische Drucküberwachung).

until p_F is reached (measured, e. g., on the gas fill valve).

- Set values of preset pressure p_0 and fill pressure p_F shall be documented along with the date on the MEV proper or in the system logbook.
- The selected operating pressure range, $p_a - p_e$, shall be marked on the pressure measuring device for checks. In the absence of data, mark $p_{a,min}$ and $p_{e,max}$.
- In starting up heating systems, it is recommended to heat up the system to maximum supply temperature, bleed the system and then check whether the selected final pressure p_e is reached. If the final pressure is exceeded during the heat-up phase, check the MEV for sufficient dimensions. If the final pressure fails to be reached, making up (increasing the water reserve) up to p_e is recommended.

Note: The maximum heat-up rate must be observed (e. g. floor heating, concrete core activation).

5.6.4 Checks and preventive maintenance

Negative pressure in the system, which is one of the main causes of corrosion damage, can only be avoided by means of proper preventive maintenance and regular checks of the MEV.

During all activities, the respective specifications of the manufacturers must be taken into account.

5.6.4.1 Checking the MEV

The MEV shall be checked at least once a year.

The most important checking measures include:

- external checking for damage (e. g. corrosion, leakage, deformation) and replacement of MEV, if required
- documenting the current system pressure p_{Anl} and temperatures (supply and return temperatures); checking of p_{Anl} e. g. as described in Annex E
- checking of the preset pressure p_0

Annual checking of the preset pressure p_0 can be omitted if

- the current system pressure p_{Anl} lies between p_a and p_e ,
- make-up quantities are found not to be increased (if the preset pressure p_0 equals the design value, this indicates a leakage in the system, which must be eliminated), and
- it can be established for certain that the limit has not in any instance been exceeded (recording of exceeded limits by means of, e. g., pressure gauge with drag pointer, electronic pressure monitoring).

Anmerkung: Falls Entlüfter oder Entgasungsgeräte in der Anlage betrieben werden und keine automatischen Nachspeisegeräte vorhanden sind, soll der Anlagendruck in den ersten ein bis drei Monaten nach der Inbetriebnahme häufiger kontrolliert werden. In dieser Zeit werden erfahrungsgemäß die wesentlichen nach der Inbetriebnahme in der Anlage verbliebenen freien Restgaspolster entgast. Das fehlende Gasvolumen muss deshalb durch Ergänzungswasser aufgefüllt werden.

Note: Where venting devices or deaerators are operated within the system in the absence of automatic make-up units, checking the system pressure more frequently during the first one to three months after startup is advisable. Experience has shown that the major free residual gas still in the system after startup are deaerated during this period. The missing gas volume must therefore be compensated for make-up water.

5.6.4.2 Prüfung des Vordrucks p_0

- Für die Vordruckprüfung und -einstellung ist die Anlage bei konstanter Temperatur zu fahren und zu beaufsichtigen.
- Das MAG dann wasserseitig absperren und entleeren. Gasvordruck am Gasfüllventil mit geeignetem Manometer messen.
- Der Vordruck ist zu dokumentieren.
- Ist der Vordruckverlust zwischen zwei Wartungen höher als Δp_{z1} , sind die Wartungsintervalle zu verkürzen oder Instandsetzungsmaßnahmen zu ergreifen (z.B. Austausch von Membran, Gasfüllventil, MAG mit anschließender Dichtheitsprüfung).
- Vordruck anpassen (siehe Abschnitt 5.6.3).
- Nach abgeschlossener Kontrolle und gegebenenfalls Anpassung des Vordrucks muss die Abspernung zum MAG wieder geöffnet und Ergänzungswasser nachgefüllt werden, bis der Anlagendruck entsprechend Abschnitt 5.6.2.2 bzw. vereinfacht nach Anhang E erreicht wird.

5.6.4.2 Checking the preset pressure p_0

- Checking and adjusting the preset pressure requires the system to be run at constant temperature and monitored.
- Then shut off the MEV on the water side and drain. Measure gas preset pressure at the gas fill valve using a suitable pressure gauge.
- The preset pressure is to be documented.
- If the preset pressure loss between two preventive maintenance interventions is greater than p_{z1} , shorten the maintenance intervals or take repair actions (e.g. replacement of membrane, gas fill valve, MEV, with subsequent tightness test).
- Adjust preset pressure (see Section 5.6.3).
- Upon completion of checking and any adjustment of the preset pressure, re-open the shutoff to the MEV and refill with make-up water until reaching the system pressure determined as per Section 5.6.2.2 or as per the simplified method in Annex E.

5.7 Pumpendruckhaltung

5.7.1 Aufbau und Funktion

Die Grundsaltung der Pumpendruckhaltung ist in Bild 8 dargestellt. Beispiele für Schaltungsvarianten sind in Anhang G2 aufgeführt.

5.7 Pump-controlled pressure maintenance system

5.7.1 Construction and function

The basic circuit of a pump-controlled pressure maintenance system is shown in Figure 8. Examples of circuit variants are given in Annex G2.

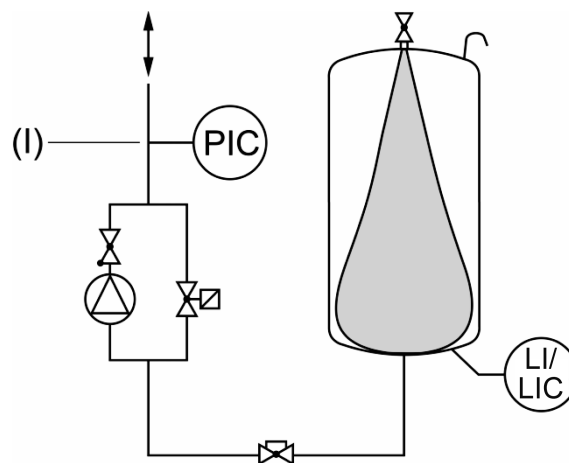


Bild 8. Prinzipschaltbild Pumpendruckhaltung, Steuereinheit und Ausdehnungsgefäß mit Vollmembran

PIC Druckmessung, Anzeige und Steuerung
LI/LIC Füllstand (Niveau, Inhalt), Anzeige bzw. Füllstand (Niveau, Inhalt), Anzeige und Steuerung

Figure 8. Pump-controlled pressure maintenance system, control unit and expansion vessel with bladder membrane, basic circuit

PIC pressure measurement, indication and control
LI/LIC level (level, content), indication, or level (level, content), indication and control

Anmerkung: Pumpendruckhaltungen mit Ausdehnungsgefäßen ohne Membran stellen aufgrund des dauerhaften, direkten Lufteintrags eine sehr hohe Korrosionsgefährdung für die angeschlossene Anlage dar. Sie sind für den Einsatz in Neuanlagen abzulehnen und werden deshalb hier nicht behandelt. Siehe auch VDI 2035 Blatt 2, Anhang A.

Ausdehnungsgefäß

Im Ausdehnungsgefäß einer Pumpendruckhaltung wird über eine elastische Membran der drucklose Gasraum vom Wasserraum getrennt. Dabei können sich je nach Betriebszustand im Wasserraum auch Gase befinden. DIN EN 13831 und VDI 2035 Blatt 2 beschreiben die geforderten Qualitäten der Membran. Für die Aufnahme des Expansions- und Zusatzvolumens sowie der Wasservorlage steht das Nutzvolumen zur Verfügung.

Die Membran kann als Vollmembran (Bild 8) ausgeführt und austauschbar sein. Der Wasserraum muss entlüftbar, jedoch vor Belüftung geschützt sein.

Der Wasserraum ist mit einem oder mehreren Anschlüssen für Pumpe(n) und Überströmeinrichtung(en) ausgestattet. Die Pumpendruckhaltung ist so mit Absperreinrichtungen auszustatten, dass eine separate Wartung von Ausdehnungsgefäß und Pumpen/Überströmeinrichtung sowie eine gefäßseitige Entleerung möglich sind. Die Absperreinrichtungen müssen gegen unbeabsichtigtes Bedienen gesichert sein.

Mess- und Steuerkomponenten

PIC: Druckmessung, Anzeige und Steuerung

Eine Pumpendruckhaltung muss über eine Druckmessung (z.B. Drucksensoren oder Druckschalter) zum Schalten der Pumpe(n), Überströmeinrichtung(en) verfügen, die das Einhalten des erforderlichen Arbeitsbereichs $p_e - p_a$ ermöglicht. Diese ist auf der Anlagenseite anzuordnen (z.B. an Punkt (I) in Bild 8).

Eine Druckanzeige muss Bestandteil einer Pumpendruckhaltung sein.

Grenzwertüberschreitungen bzw. Grenzwertunterschreitungen sind zu dokumentieren. Dies kann durch eine Speicherfunktion der Steuereinheit erfolgen. Alternativ kann die Registrierung von Grenzwertüberschreitungen auf andere geeignete Weise sichergestellt werden (z.B. Manometer mit Schleppzeiger).

LI/LIC: Füllstand (Niveau, Inhalt), Anzeige bzw. Füllstand (Niveau, Inhalt), Anzeige und Steuerung

Eine Pumpendruckhaltung muss über eine Einrichtung verfügen, die den Wasserinhalt des Ausdehnungsgefäßes

Note: Pump-controlled pressure maintenance systems with expansion vessels without membrane pose a very high corrosion risk to the connected system due to permanent direct introduction of air. Their use in new systems must be rejected, and they are therefore not dealt with below. See also VDI 2035 Part 2, Annex A.

Expansion vessel

In the expansion vessel of a pump-controlled pressure maintenance system, a rubber membrane separates a non-pressurised gas chamber from a water chamber. Depending on the operating state, the water chamber may also contain gases. DIN EN 13831 and VDI 2035 Part 2 describe the membrane quality requirements. The useful volume is available for receiving the expansion and additional volumes as well as the water reserve.

The membrane can be designed as bladder (Figure 8) and are replaceable. The water chamber shall have means for venting but must be protected from air.

The water chamber is equipped with one or several connections for pump(s) and overflow unit(s). The pump-controlled pressure maintenance system shall be provided with shutoff devices in such a manner that preventive maintenance of expansion vessel and pumps/overflow unit can be performed separately and that draining is possible on the vessel side. The shutoff devices must be protected against accidental operation.

Measurement and control components

PIC: pressure measurement, indication and control

A pump-controlled pressure maintenance system must have a pressure measuring unit (e.g. pressure sensors or pressure switches) for switching the pump(s), overflow unit(s), which allows compliance with the required operating range $p_e - p_a$. It shall be arranged on the system side (e.g. at point (I) in Figure 8).

A pressure indicating device must be part of any pump-controlled pressure maintenance system.

Values exceeding, or falling below, limits shall be documented. This can be ensured by a memory function of the control unit. Alternatively, exceeded limits can be recorded using different appropriate means (e.g. pressure gauge with drag pointer).

LI: level (level, content), indication or LIC: level (level, content), indication and control

A pump-controlled pressure maintenance system must have a unit for measuring and indicating the wa-

nungsgefäßes erfassen und anzeigen kann. Damit wird die Einhaltung der für das einwandfreie Arbeiten der Druckhaltung erforderlichen Mindest- und Maximalwasserinhalte möglich. Es ist sicherzustellen, dass die Pumpe(n) gegen Trockenlauf gesichert ist (sind). Soll die Wasservorlage automatisch sichergestellt werden (LIC), können über die Inhaltsmessung z. B. externe Nachspeisegeräte angesteuert werden.

Grenzwertüberschreitungen bzw. Grenzwertunterschreitungen sind zu dokumentieren. Dies kann durch eine Speicherfunktion der Steuereinheit erfolgen. Alternativ kann die Registrierung von Grenzwertüberschreitungen auf andere geeignete Weise sichergestellt werden.

Funktion

Pumpendruckhaltungen arbeiten mit Hilfsenergie. Bei Druckanstieg (aufheizen) auf den Enddruck p_e öffnet mindestens eine Überströmeinrichtung (z. B. Magnetventil, Motorventil, mechanisches Überströmventil). Wasser fließt aufgrund des Druckunterschieds (Anlagendruck zu drucklosem Ausdehnungsgefäß) in das Ausdehnungsgefäß, bis ein unterer, voreingestellter Wert erreicht ist und die Überströmeinrichtung wieder geschlossen wird.

Bei Druckabfall (Abkühlung) auf den Anfangsdruck p_a schaltet mindestens eine Pumpe zu. Der Druck im System steigt durch die Nachförderung von Wasser aus dem Ausdehnungsgefäß in die Anlage, bis ein oberer, voreingestellter Wert erreicht ist und die Pumpe abschaltet.

Abschaltpunkte von Überströmeinrichtungen und Pumpen müssen innerhalb des Arbeitsbereichs $p_e - p_a$ liegen.

Die Aufteilung des erforderlichen Gefäßvolumens auf mehrere gleich hohe und parallel geschaltete Einzelgefäße ist möglich. Wasserseitig sind die Gefäße zu verbinden, damit ein Niveauausgleich stattfindet. In der Regel ist nur ein Gefäß mit einer Niveaumessung ausgerüstet (Grundgefäß), alle weiteren werden kommunizierend zu diesem Gefäß betrieben und als Folgegefäße oder Zusatzgefäße bezeichnet.

Sollen mehrere Pumpendruckhaltungen in einem hydraulischen System arbeiten (z. B. kombinierte Heiz-, Kühlsysteme oder Parallelbetrieb von Druckhaltungen), sind besondere Maßnahmen zu treffen, um z. B. Gefäßüberfüllungen zu vermeiden.

Anmerkung: Aufgrund der Entspannung des Anlagenwassers während des Abströmvorgangs in das Ausdehnungsgefäß ist eine Entgasung des Wassers dort möglich (VDI 2035 Blatt 2, AGFW FW 510 und VDI 4708 Blatt 2 sind zu beachten).

Um den Druckregelprozess zu optimieren, soll in Anlagen mit pumpengesteuerten Druckhaltesystemen mindestens ein MAG entweder in Form einer Wär-

ter content of the expansion vessel to enable compliance with the minimum and maximum water contents required for proper operation of the pressure maintenance system. Make sure that the pump(s) is (are) protected against dry running. If the water reserve is to be ensured by automatic means (LIC), the content measuring unit can activate, e.g., external make-up units.

Values exceeding, or falling below, limits shall be documented. This can be ensured by a memory function of the control unit. Alternatively, exceeded limits can be recorded using different appropriate means.

Function

Pump-controlled pressure maintenance systems operate on auxiliary energy. With the pressure rising (heating up) to the final pressure p_e , at least one overflow unit (e.g. solenoid valve, motor valve, mechanical overflow valve) will open. Due to the pressure differential (system pressure to non-pressurised expansion vessel), water flows into the expansion vessel until a lower setpoint is reached and the overflow unit is closed again.

With the pressure falling (cooling down) to the initial pressure p_a , at least one pump is switched on. The pressure in the system rises as water from the expansion vessel is fed into the system, until an upper present value is reached and the pump switches off.

Tripping points of overflow units and pumps must lie within the operating range $p_e - p_a$.

The required vessel volume can be divided among several vessels of equal height, connected in parallel. The vessels shall be connected on the water side to allow level equalisation. As a rule, only one vessel (basic vessel) is provided with a level measuring unit; all further vessels operate in communication with this vessel and are termed auxiliary or additional vessels.

Where several pump-controlled pressure maintenance systems are to operate in one hydraulic system (e.g. combined heating/cooling systems, or parallel operation of pressure maintenance systems), special measures shall be taken to avoid, e.g., vessel overflow.

Note: Relaxation of the system water as it flows into the expansion vessel may cause deaeration of the water (observe VDI 2035 Part 2, AGFW FW 510 and VDI 4708 Part 2).

In order to optimise the pressure control process in systems with pump-controlled pressure maintenance, it is advisable to install at least one MEV either as

meerzeugerabsicherung oder als Steuergefäß in der Nähe des Druckmesspunkts installiert sein.

5.7.2 Auslegung

5.7.2.1 Berechnung des Mindestdrucks

Für Saugdruckhaltung

$$p_0^* \geq p_{st} + p_D + \Delta p_{z1} \quad (22)$$

Der Druckteilzuschlag 1, Δp_{z1} , dient z.B. der Berücksichtigung dynamischer Vorgänge und beträgt mindestens 0,2 bar.

p_0^* muss so hoch gewählt werden, dass Kavitationschäden, z.B. an Umwälzpumpen in Dachzentralen, vermieden oder Mindestanforderungen anderer Anlagenkomponenten eingehalten werden.

Für Nachdruckhaltung

$$p_0^* \geq p_{st} + p_D + \Delta p_{z1} + \Delta p_{Pumpe} \quad (23)$$

Dabei ist

Δp_{Pumpe} maximal im Betrieb auftretender Differenzdruck der Umwälzpumpe

Anmerkung: p_0^* kann reduziert werden, wenn durch die Aufstellung eines detaillierten Druckverlaufsdiagramms nachgewiesen wird, dass die Bedingung $p \geq p_D + \Delta p_z$ an jeder Stelle des Netzes und in jedem Betriebszustand eingehalten wird.

5.7.2.2 Bestimmung des Mindestnutzsvolumens

$V_{Nutz,min}$ des Ausdehnungsgefäßes

$$V_{Nutz,min} = V_e + V_Z + V_V \quad (24)$$

5.7.2.3 Auswahl eines Ausdehnungsgefäßes mit

$$V_{Nutz} \geq V_{Nutz,min}$$

$$V_{Nutz} = V_N \cdot \eta_G \geq V_{Nutz,min} \quad (25)$$

Der Gefäßnutzungsgrad η_G ist den Herstellerangaben zu entnehmen.

Das berechnete Mindestnutzsvolumen $V_{Nutz,min}$ kann auf mehrere wasserseitig verbundene, gleich hohe Gefäße aufgeteilt werden.

$$V_{Nutz} = \sum_{i=1}^k V_{N,i} \cdot \eta_{G,i} \geq V_{Nutz,min} \quad (26)$$

5.7.2.4 Auslegungspunkt der Druckhaltung

Der Auslegungspunkt der Druckhaltung wird definiert durch den Ausgleichsvolumenstrom \dot{V}_{DH} (Expansions- und Kontraktionsvolumenstrom) und einen zwischen p_e und p_a gewählten Druck.

Die Größe des Arbeitsbereichs ($p_e - p_a$) der Druckhaltung ist hersteller- und systemabhängig. Der Anfangsdruck p_a und der Enddruck p_e müssen innerhalb der in Abschnitt 5.4.4 und Abschnitt 5.4.5 bestimmten Grenzen $p_{a,min}$ und $p_{e,max}$ liegen.

heat generator safety device or as draw down vessel close to the pressure measuring point.

5.7.2 Design

5.7.2.1 Calculating the minimum pressure

Suction-side connection case

$$p_0^* \geq p_{st} + p_D + \Delta p_{z1} \quad (22)$$

Pressure allowance 1, Δp_{z1} , serves, e.g., to cover dynamic processes and shall be at least 0,2 bar.

p_0^* must be high enough to avoid any cavitation damage, e.g. to circulation pumps in rooftop systems, or to meet the minimum requirements of other system components.

Pressure-side connection case

$$p_0^* \geq p_{st} + p_D + \Delta p_{z1} + \Delta p_{Pumpe} \quad (23)$$

where

Δp_{Pumpe} maximum differential pressure of circulation pump occurring during operation

Note: p_0^* can be reduced if proof is furnished, through a detailed pressure chart, that the condition $p \geq p_D + \Delta p_z$ is fulfilled at any point in the system and in each operating state.

5.7.2.2 Determining the minimum useful volume,

$V_{Nutz,min}$, of the expansion vessel

$$V_{Nutz,min} = V_e + V_Z + V_V \quad (24)$$

5.7.2.3 Selecting an expansion vessel where

$$V_{Nutz} \geq V_{Nutz,min}$$

$$V_{Nutz} = V_N \cdot \eta_G \geq V_{Nutz,min} \quad (25)$$

The vessel efficiency η_G can be obtained from the manufacturer's data.

The calculated minimum useful volume $V_{Nutz,min}$ can be divided among several vessels of equal height, which are connected on the water side.

$$V_{Nutz} = \sum_{i=1}^k V_{N,i} \cdot \eta_{G,i} \geq V_{Nutz,min} \quad (26)$$

5.7.2.4 Design point of the pressure maintenance system

The design point of the pressure maintenance system is defined by the compensation volume flow \dot{V}_{DH} (expansion and contraction volume flows) and a pressure chosen to lie between p_e and p_a .

The size of the operating range ($p_e - p_a$) of the pressure maintenance system varies with manufacturers and systems. The initial pressure p_a and the final pressure p_e must lie within the limits determined as per Section 5.4.4 and Section 5.4.5, $p_{a,min}$ and $p_{e,max}$.

Der Ausgleichsvolumenstrom \dot{V}_{DH} wird z.B. bestimmt nach

$$\dot{V}_{DH} = f_V \cdot Q_{N,ges} \quad (27)$$

Dabei ist

f_V heizleistungsspezifischer Ausgleichsvolumenstrom in $\ell/(\text{kW} \cdot \text{h})$ (z.B. nach Anhang H)
 $Q_{N,ges}$ Gesamtheizleistung in kW

Der erforderliche Ausgleichsvolumenstrom ist innerhalb des vorgesehenen Druckarbeitsbereichs $p_e - p_a$ zu realisieren. Die Pumpe ist so zu wählen, dass bei maximalem Kontraktionsvolumenstrom \dot{V}_{DH} der Anlagendruck nicht unter p_a fällt. Die Überströmeinrichtung ist so zu wählen, dass bei maximalem Expansionsvolumenstrom \dot{V}_{DH} der Anlagendruck nicht über p_e steigt. Bauart und Größe der Überströmeinrichtung, Druckmesstechnik, Pumpenkennlinie sowie sonstige Druckverluste sind zu berücksichtigen.

Es ist anzustreben den Arbeitspunkt von Pumpe und Überströmeinrichtung nahe an den Auslegungspunkt der Druckhaltung zu legen, um ein häufiges Schalten zu verhindern.

5.7.2.5 Berechnung des Mindestfüllstands

$$l_{\min} \geq V_V/V_N \cdot 100 \% \quad (28)$$

Es ist zu prüfen, ob gilt:

$l_{\min} \geq$ herstellerspezifischer Mindestfüllstand in %

Ansonsten ist für l_{\min} der vom Hersteller vorgegebene Mindestfüllstand anzusetzen.

5.7.2.6 Dokumentation der Auslegungsparameter

Der Planer der Anlage hat zu dokumentieren:

• Anlagenvolumen	V_A	in m^3
• Gesamtheizleistung	$Q_{N,ges}$	in kW
• maximale Anlagentemperatur	t_{\max}	in $^{\circ}\text{C}$
• maximale Rücklauftemperatur	$t_{R,\max}$	in $^{\circ}\text{C}$
• geodätische Höhendifferenz	H_{st}	in m
• minimale Anlagentemperatur	t_{\min}	in $^{\circ}\text{C}$
• maximale Sollwerteinstellung des Temperaturreglers	t_{TR}	in $^{\circ}\text{C}$
• Absicherungstemperatur des Sicherheitstemperaturbegrenzers	t_{TAZ+}	in $^{\circ}\text{C}$
• Ansprechdruck des Sicherheitsventils	p_{SV}	in bar
• Mindestdruck	p_0^*	in bar
• Anfangsdruck	p_a	in bar
• Enddruck	p_e	in bar
• minimaler Anfangsdruck	$p_{a,\min}$	in bar
• maximaler Enddruck	$p_{e,\max}$	in bar

The compensation volume flow \dot{V}_{DH} is determined, e.g., using

$$\dot{V}_{DH} = f_V \cdot Q_{N,ges} \quad (27)$$

where

f_V heating-output-specific compensation volume flow, in $\ell/(\text{kW} \cdot \text{h})$ (e.g. as per Annex H)
 $Q_{N,ges}$ total heating output, in kW

The required compensation volume flow is to be realised within the intended pressure operating range $p_e - p_a$. The pump shall be chosen such as to ensure that with maximum contraction volume flow \dot{V}_{DH} , the system pressure will not fall below p_a . The overflow unit shall be chosen such as to ensure that with maximum expansion volume flow \dot{V}_{DH} , the system pressure will not exceed p_e . Take into account the design and size of the overflow unit, the pressure measuring equipment, the pump characteristic and any other pressure losses.

It is desirable that the operating points of pump and overflow unit lie close to the design point of the pressure maintenance system so as to avoid frequent switching operations.

5.7.2.5 Calculating the minimum level

$$l_{\min} \geq V_V/V_N \cdot 100 \% \quad (28)$$

Check whether the following holds:

$l_{\min} \geq$ manufacturer-specific minimum level, in %

Otherwise let l_{\min} be the minimum level specified by the manufacturer.

5.7.2.6 Documenting the design parameters

The system planner shall document:

• system volume	V_A	in m^3
• total heating output	$Q_{N,ges}$	in kW
• maximum system temperature	t_{\max}	in $^{\circ}\text{C}$
• maximum return temperature	$t_{R,\max}$	in $^{\circ}\text{C}$
• system static head	H_{st}	in m
• minimum system temperature	t_{\min}	in $^{\circ}\text{C}$
• maximum setpoint adjustment of temperature controller	t_{TR}	in $^{\circ}\text{C}$
• safety temperature of safety temperature limiter	t_{TAZ+}	in $^{\circ}\text{C}$
• safety valve set pressure	p_{SV}	in bar
• minimum pressure	p_0^*	in bar
• initial pressure	p_a	in bar
• final pressure	p_e	in bar
• minimum initial pressure	$p_{a,\min}$	in bar
• maximum final pressure	$p_{e,\max}$	in bar

- minimal zulässiger Füllstand im Behälter l_{\min} in % V_N
- maximal zulässiger Füllstand im Behälter l_{\max} in % V_N
- Füllstand bei Erstinbetriebnahme l_F in % V_N
- Ausgleichsvolumenstrom \dot{V}_{DH} in m^3/h

5.7.3 Installation und Inbetriebnahme

Es ist gemäß den Montage- und Installationsvorschriften sowie den Inbetriebnahmeanleitungen der Hersteller vorzugehen. Die folgenden Regeln sind grundsätzlich zu beachten.

Vor Installation und Inbetriebnahme ist zu prüfen, ob die gelieferte Druckhaltung den Planungsvorgaben entspricht.

5.7.3.1 Installation

- Die Aufstellung in einem frostfreien Raum ist so vorzunehmen, dass eine allseitige Besichtigung möglich ist und das Typenschild erkennbar bleibt.
- Äußere Überprüfung auf Beschädigungen (z.B. Deformierung, Korrosion) ist durchzuführen.
- Prüfen, ob die Druckhaltung im Anlieferungszustand keine Flüssigkeitsreste enthält. Sind Flüssigkeitsreste vorhanden, ist mit Wasser mit Füllwasserqualität (nach z.B. VDI 2035 bzw. AGFW FW 510) gründlich zu spülen.
- Der Abstand zu den nächsten Bauteilen muss so groß sein, dass sämtliche Ausrüstungsteile für Montage, Bedienung und Wartung zugänglich sind.
- Die erforderliche wasserseitige Absperrung mit Entleerung muss zugänglich und bedienbar sein.
- Das Druckhaltesystem ist vor direkter Sonneneinstrahlung zu schützen.
- Es ist darauf zu achten, dass der Einbau frei von mechanischen Kräften erfolgt (Übertragung von Rohrleitungskräften nicht zulässig).
- Der Untergrund und die Befestigung müssen auch bei Vollfüllung des Gefäßes ausreichend tragfähig sein.
- Der aktuelle Druck am Referenzpunkt der Druckhaltung (I) bzw. am Messort sowie Abweichungen vom Arbeitsbereich müssen an der Druckhaltung oder an einem entsprechenden Kontrollpunkt (z.B. zentrale Warte) gut ablesbar sein.
- Dimension und Länge der Ausdehnungsleitung sind unter Berücksichtigung von Abschnitt 5.9.1 auszuführen.
- Entwässerungs-/Ablaufleitungen für vorhandene Sicherheitsventile und Systemtrenner sind vorzusehen und anzuschließen.

- minimal allowable level in vessel l_{\min} in % V_N
- maximal allowable level in vessel l_{\max} in % V_N
- level at initial startup l_F in % V_N
- compensation volume flow \dot{V}_{DH} in m^3/h

5.7.3 Installation and startup

Proceed in accordance with the manufacturers' assembly and installation instructions as well as startup instructions. The following rules shall be observed as a matter of principle.

Prior to installation and startup, the pressure maintenance system delivered must be checked for compliance with the planning specifications.

5.7.3.1 Installation

- Installation in a frost-free room shall be such as to allow inspection on all sides and identification of the nameplate.
- Externally check for damage (e.g. deformation, corrosion).
- Check the pressure maintenance system as delivered for any residual liquid. If any residual liquid is found, thoroughly clean with water having fill water quality (as per, e.g., VDI 2035 or AGFW FW 510).
- The nearest components shall be sufficiently distant to allow access to all items of equipment for installation, operation and preventive maintenance purposes.
- The required water-side shutoff with drain must be accessible and operational.
- The pressure maintenance system shall be protected from direct solar irradiation.
- Make sure that installation is performed without applying any mechanical forces (any transmission of pipeline forces is not allowable).
- The ground and the fastening shall have sufficient load-bearing capacity even with the vessel completely filled.
- Means for easy reading of the current pressure at the reference point of the pressure maintenance system, (I), or at the measuring point, and of any deviations from the operating range must be provided at the pressure maintenance system or at a suitable check point (e.g. control centre).
- Dimension and length of expansion pipe shall be chosen taking into account Section 5.9.1.
- Provide and connect drain pipes for existing safety valves and backflow preventers.

5.7.3.2 Inbetriebnahme

- Füllen mit Wasser mit Füllwasserqualität nach z.B. VDI 2035 bzw. AGFW FW 510.
- Entlüften der Pumpen und Ausdehnungsleitungen.
- Elektrische Spannungsversorgung prüfen (Sonderspannungen und Anforderungen beachten).
- Parametereinstellung gemäß Planungsvorgaben (z.B. nach Abschnitt 5.7.2) vornehmen und gegebenenfalls an die örtlichen Verhältnisse anpassen und dokumentieren.
- Abgleich der Parameter, insbesondere Drücke, mit anderen Druckhaltesystemen z.B. MAG, die als Steuergefäß oder Kesseleinzelsicherung vorgesehen sind.
- Probetrieb gemäß Montage und Bedienungsanleitung, Kontrolle aller Parameter und Schaltpunkte durchführen.
- In Heizungsanlagen wird empfohlen, im Rahmen der Inbetriebnahme die Anlage auf maximale Vorlauftemperatur aufzuheizen und zu entlüften.
Anmerkung: Die maximale Aufheizgeschwindigkeit ist zu beachten (z.B. Fußbodenheizung, Betonkernaktivierung).
- Einweisung des Bedienpersonals und Übergabe aller relevanten Unterlagen inklusive der zuvor genannten Auslegungsparameter und der gewählten Einstellungswerte vornehmen.

5.7.4 Kontrolle und Wartung

Nur durch eine sachgerechte, regelmäßige Wartung und Kontrolle der Pumpendruckhaltung kann sichergestellt werden, dass Unterdruck in der Anlage und damit eine Hauptursache von Korrosionsschäden vermieden wird.

Bei der Durchführung der Arbeiten sind die entsprechenden Vorgaben der Hersteller zu berücksichtigen.

5.7.4.1 Kontrolle

Eine Kontrolle der Pumpendruckhaltung ist nach Herstellervorgaben, mindestens jedoch einmal jährlich erforderlich.

Zu den wichtigsten Kontrollmaßnahmen zählen:

- Aktuelle Anlagendruck p_{Anl} und Temperaturen (Vor- und Rücklauftemperaturen) dokumentieren und prüfen, ob der aktuelle Anlagendruck p_{Anl} zwischen p_a und p_e liegt.
- Äußere Überprüfung auf Beschädigungen (z.B. Korrosion, Leckage, Deformierung) und gegebenenfalls Bauteilaustausch durchführen.
- Aktuelle Füllstand kontrollieren. Bei Anlagen ohne automatische Nachspeisung ist bei Unterschreitung von l_{min} nachzufüllen und die Nach-

5.7.3.2 Startup

- Fill with water having fill water quality as per, e.g., VDI 2035 or AGFW FW 510.
- Vent pumps and expansion pipes.
- Check electrical voltage supply (observe special voltages and requirements).
- Set parameters as per planning specifications (e.g. as per Section 5.7.2); adapt to local conditions, where required, and document the settings.
- Match the parameters, especially pressures, with those of other pressure maintenance systems, e.g. MEVs that are intended as control vessel or for individual boiler protection.
- Trial run as per assembly and operating instructions, checking of all parameters and switching points.
- In starting up heating systems, it is recommended to heat up the system to maximum supply temperature and bleed the system.
Note: The maximum heat-up rate must be observed (e.g. floor heating, concrete core activation).
- Instruction of operating personnel and handover of all relevant documents including the aforementioned design parameters and the selected settings.

5.7.4 Checks and preventive maintenance

Negative pressure in the system, which is one of the main causes of corrosion damage, can only be avoided by means of proper preventive maintenance and regular checks of the pump-controlled pressure maintenance system.

During all activities, the respective specifications of the manufacturers must be taken into account.

5.7.4.1 Checking

The pump-controlled pressure maintenance system shall be checked as per the manufacturer's specifications, at least once a year.

The most important checking measures include:

- Documenting the current system pressure p_{Anl} and temperatures (supply and return temperatures) and checking whether the current system pressure p_{Anl} lies between p_a and p_e .
- External checking for damage (e.g. corrosion, leakage, deformation) and replacement of components as required.
- Checking the current level. In systems without automatic make-up, refill if the level has fallen below l_{min} , and document the make-up quantity. See

speisemenge zu dokumentieren. Siehe hierzu auch Anhang F.

- Nachspeisemengen kontrollieren. Erhöhte Nachspeisemengen deuten auf eine Leckage im System oder auf Fehlfunktionen bzw. eine unzureichende Dimensionierung der Druckhaltung hin. Leckagen sind zu beseitigen.
- Grenzwertüberschreitungen von Druck und Füllstand kontrollieren. Können Grenzwertüberschreitungen nicht externen Einflüssen (z.B. Fremdzuspeisung, Leckage im System, unzureichende Dimensionierung der Druckhaltung) zugeordnet werden, ist eine Wartung der Druckhaltung zu empfehlen.

Anmerkung: Falls Entgasungsgeräte in der angeschlossenen Anlage in Betrieb und keine automatischen Nachspeisegeräte vorhanden sind, soll der Füllstand im Ausdehnungsgefäß in den ersten ein bis drei Monaten nach der Inbetriebnahme häufiger kontrolliert werden. In dieser Zeit werden erfahrungsgemäß die wesentlichen nach der Inbetriebnahme in der Anlage verbliebenen freien Restgaspolster entgast. Das fehlende Gasvolumen muss deshalb durch Ergänzungswasser aufgefüllt werden.

5.7.4.2 Wartung

Zeitintervalle, Umfang und Durchführung der Wartung sind vom Hersteller vorzugeben. Liegen keine Herstellerangaben vor, wird eine jährliche Wartung empfohlen. Alle Wartungsarbeiten sind zu dokumentieren.

Zu den wichtigsten Wartungsmaßnahmen zählen:

- Der Füllstand der Gefäße ist vor Beginn der Wartungsarbeiten zu notieren.
- Für die Wartung der Druckhaltung ist die Anlage bei konstanter Temperatur zu fahren und zu beaufsichtigen. Geeignete Maßnahmen zur Druckregulierung der Anlage sind vorzusehen.
- Äußere Überprüfung auf Beschädigungen (z.B. Korrosion, Leckage, Deformierung) und gegebenenfalls Bauteilaustausch sind durchzuführen.
- Schmutzfänger kontrollieren und gegebenenfalls reinigen.
- Funktionsfähigkeit der Füllstandsmessung kontrollieren.
- Sämtliche Schaltpunkte von Pumpen für Überströmeinrichtungen, Nachspeisung kontrollieren.
- Bei Anlagen mit mehreren Druckhaltesystemen ist ein Abgleich mit anderen Druckhaltesystemen im Netz vorzunehmen.
- Nachspeisemengen kontrollieren. Erhöhte Nachspeisemengen deuten auf eine Leckage im System oder auf Fehlfunktionen bzw. eine unzureichende Dimensionierung der Druckhaltung hin. Leckagen sind zu beseitigen.

also Annex F.

- Checking make-up quantities. Increased make-up quantities indicate a leakage in the system or malfunctions or insufficient dimensioning of the pressure maintenance system. Leakages shall be eliminated.
- Checking for exceeded pressure and level limits. Where exceeded limits cannot be attributed to external influences (e.g. external supply, leakage in the system, insufficient dimensioning of pressure maintenance system), preventive maintenance of the pressure maintenance system is advisable.

Note: Where deaerators are operated in the connected system in the absence of automatic make-up units, checking the level in the expansion vessel more frequently during the first one to three months after startup is advisable. Experience has shown that the major free residual gas cushions still in the system after startup are deaerated during this period. The missing gas volume must therefore be compensated by make-up water.

5.7.4.2 Preventive maintenance

The manufacturer shall specify intervals, scope and performance of preventive maintenance. Yearly intervals are recommended where no manufacturer's data are available. All preventive maintenance activities shall be documented.

The most important preventive maintenance activities include:

- Recording the level in the vessels prior to preventive maintenance work.
- Preventive maintenance of the pressure maintenance system requires the system to be run at constant temperature and monitored. Provide suitable pressure control means for the system.
- External checking for damage (e.g. corrosion, leakage, deformation) and replacement of components as required.
- Checking and, if required, cleaning of strainers.
- Checking the level measuring unit for proper functioning.
- Checking all switching points of pumps for overflow units, make-up unit.
- In systems with several pressure maintenance systems, match the system in question with other pressure maintenance systems in the network.
- Checking make-up quantities. Increased make-up quantities indicate a leakage in the system or malfunctions or insufficient dimensioning of the pressure maintenance system. Leakages shall be eliminated.

- Füllwassermenge in den Ausdehnungsgefäßen in Abhängigkeit von der Anlagen- bzw. Füllwassertemperatur einbringen.

Nach abgeschlossener Wartung muss die Druckhaltung betriebsfertig mit der Anlage verbunden und wieder in Betrieb genommen werden.

- Fill expansion vessels with fill water quantity depending on system water or fill water temperature.

Upon completion of preventive maintenance, the ready-for-use pressure maintenance system must be connected to the system and started up again.

5.8 Kompressor-/Fremdluftdruckhaltung

5.8.1 Aufbau und Funktion

Die Grundsaltung der Kompressor- bzw. Fremdluftdruckhaltung mit Membran ist in Bild 9 und Bild 10 dargestellt. Beispiele für Schaltungsvarianten sind in Anhang G3 aufgeführt. Vereinfachend

5.8 Pressure maintenance system controlled by compressor/external air

5.8.1 Construction and function

The basic circuit of a pressure maintenance system with membrane, controlled by compressor or external air, is shown in Figure 9 and Figure 10. Examples of circuit variants are given in Annex G3. By way of

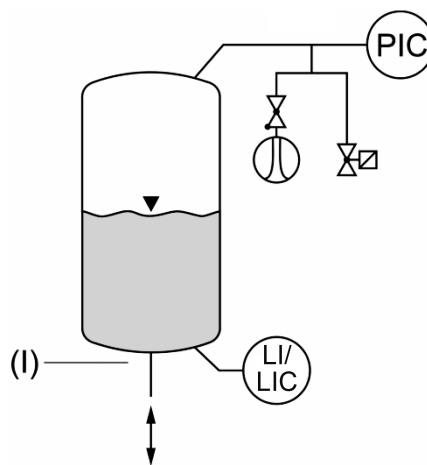


Bild 9. Prinzipschaltbild Kompressor-/Fremdluftdruckhaltung mit Ausdehnungsgefäß, mit Halbmembran

PIC Druckmessung, Anzeige und Steuerung
LI/LIC Füllstand (Niveau, Inhalt), Anzeige bzw. Füllstand (Niveau, Inhalt), Anzeige und Steuerung

Figure 9. Pressure maintenance system controlled by compressor/external air with expansion vessel with fixed membrane (basic circuit)

PIC pressure measurement, indication and control
LI/LIC level (level, content), indication, or level (level, content), indication and control

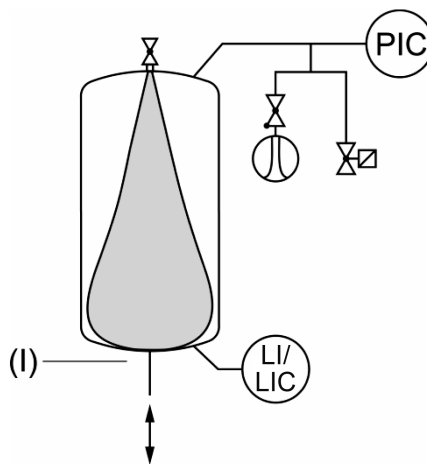


Bild 10. Prinzipschaltbild Kompressor-/Fremdluftdruckhaltung mit Ausdehnungsgefäß, mit Vollmembran

PIC Druckmessung, Anzeige und Steuerung
LI/LIC Füllstand (Niveau, Inhalt), Anzeige bzw. Füllstand (Niveau, Inhalt), Anzeige und Steuerung

Figure 10. Pressure maintenance system controlled by compressor/external air with expansion vessel with bladder membrane (basic circuit)

PIC pressure measurement, indication and control
LI/LIC level (level, content), indication, or level (level, content), indication and control

wird im Folgenden nur noch der Begriff Kompressor-druckhaltung verwendet.

Anmerkung: Kompressordruckhaltungen mit Ausdehnungsgefäßen ohne Membran stellen aufgrund des dauerhaften, direkten Luft-eintrags eine sehr hohe Korrosionsgefährdung für die angeschlossene Anlage dar. Sie sind für den Einsatz in Neuanlagen abzulehnen und werden deshalb hier nicht behandelt.

Ausdehnungsgefäß

Das Ausdehnungsgefäß einer Kompressordruckhaltung ist ein Druckgefäß, in dem über eine elastische Membran der Gasraum vom Wasserraum getrennt wird. DIN EN 13831 und VDI 2035 Blatt 2 beschreiben die geforderten Qualitäten der Membran. Für die Aufnahme des Expansions- und Zusatzvolumens sowie der Wasservorlage steht das Nutzvolumen zur Verfügung.

Die Membran ist z.B. als Halb- oder Vollmembran ausgeführt. Die Halbmembran (Bild 9) ist fest in das Gefäß eingebunden (nicht tauschbar). Bei der Vollmembran (Bild 10) befindet sich in der Regel das Wasser innerhalb und das Gas außerhalb der Membran. Die Vollmembran kann tauschbar sein.

Der Gasraum ist mit einem oder mehreren Anschlüssen für Kompressor(en) und Überströmeinrichtung(en) ausgestattet und soll darüber hinaus mit einer Möglichkeit zur Kondensatentleerung versehen sein.

Zwischen Wasserraum und Anlage sind eine gegen unbeabsichtigtes Bedienen gesicherte Absperrarmatur sowie eine gefäßseitige Entleerung vorzusehen. Vorgenannte Einrichtungen sind für die Arbeiten bei Inbetriebnahme und Wartung erforderlich.

Mess- und Steuerkomponenten

PIC: Druckmessung, Anzeige und Steuerung

Eine Kompressordruckhaltung muss über eine Druckmessung (z.B. Drucksensoren oder Druckschalter) zum Schalten der Kompressoren, Überströmventile verfügen, die das Einhalten des erforderlichen Arbeitsbereichs $p_e - p_a$ ermöglicht. Diese kann auf der Gas- oder Wasserseite angeordnet sein.

Eine Druckanzeige muss Bestandteil einer Kompressordruckhaltung sein.

Grenzwertüberschreitungen bzw. Grenzwertunterschreitungen sind zu dokumentieren. Dies kann durch eine Speicherfunktion der Steuereinheit erfolgen. Alternativ kann die Registrierung von Grenzwertüberschreitungen auf andere geeignete Weise sichergestellt werden (z.B. Manometer mit Schleppzeiger).

LI/LIC: Füllstand (Niveau, Inhalt), Anzeige bzw. Füllstand (Niveau, Inhalt), Anzeige und Steuerung

Eine Kompressordruckhaltung muss über eine Einrichtung verfügen, die den Wasserinhalt des Ausdeh-

simplifikation, only the term compressor-controlled pressure maintenance system is used below.

Note: Compressor-controlled pressure maintenance systems with expansion vessels without membrane pose a very high corrosion risk to the connected system due to permanent direct introduction of air. Their use in new systems must be rejected, and they are therefore not dealt with below.

Expansion vessel

The expansion vessel of a compressor-controlled pressure maintenance system is a pressure vessel in which an elastic membrane separates a gas chamber from a water chamber. DIN EN 13831 and VDI 2035 Part 2 describe the membrane quality requirements. The useful volume is available for receiving the expansion and additional volumes as well as the water reserve.

The membrane is designed, e.g., as fixed membrane or as bladder. The fixed membrane is not exchangeable (Figure 9). In the case of bladder membranes (Figure 10), the water is usually contained inside and the gas outside the membrane. Bladder membranes can be exchangeable.

The gas chamber is equipped with one or several connections for compressor(s) and overflow unit(s). Furthermore, providing means for condensate drain is advisable.

Between the water chamber and the system, provide a shutoff valve protected against accidental operation and a vessel-side drain. These devices are required for the activities during startup and preventive maintenance.

Measurement and control components

PIC: pressure measurement, indication and control

A compressor-controlled pressure maintenance system must have a pressure measuring unit (e.g. pressure sensors or pressure switches) for the switching of compressors, overflow valves, which allows compliance with the required operating range $p_e - p_a$. This unit can be arranged on the gas or water side.

A pressure indicating device must be part of any compressor-controlled pressure maintenance system.

Values exceeding, or falling below, limits shall be documented. This can be ensured by a memory function of the control unit. Alternatively, exceeded limits can be recorded using different appropriate means (e.g. pressure gauge with drag pointer).

LI/LIC: level (level, content), indication, or level (level, content), indication and control

A compressor-controlled pressure maintenance system must have a unit for measuring and indicating the

nungsgefäßes erfassen und anzeigen kann. Damit wird die Einhaltung der für das einwandfreie Arbeiten der Druckhaltung erforderlichen Mindest- und Maximalwasserinhalte möglich.

Soll die Wasservorlage automatisch sichergestellt werden (LIC), können über die Inhaltsmessung z. B. externe Nachspeisegeräte angesteuert werden.

Grenzwertüberschreitungen bzw. Grenzwertunterschreitungen sind zu dokumentieren. Dies kann durch eine Speicherfunktion der Steuereinheit erfolgen. Alternativ kann die Registrierung von Grenzwertüberschreitungen auf andere geeignete Weise sichergestellt werden.

Funktion

Kompressordruckhaltungen arbeiten mit Hilfsenergie. Bei Druckanstieg (Aufheizen) auf den Enddruck p_e öffnet mindestens eine luftseitige Überströmeinrichtung (z. B. Magnetventil, Motorventil, mechanisches Überströmventil). Der Druck im Druckausdehnungsgefäß sinkt und Heizwasser kann in das Gefäß abströmen, bis ein unterer, voreingestellter Wert erreicht ist und die Überströmeinrichtung geschlossen wird.

Bei Druckabfall (Abkühlung) auf den Anfangsdruck p_a schaltet mindestens ein Kompressor zu. Der Druck im Druckausdehnungsgefäß steigt, und fehlendes Wasservolumen wird aus dem Gefäß in die Anlage gefördert, bis ein oberer voreingestellter Wert erreicht ist und der Kompressor abgeschaltet wird.

Die Abschaltunkte von Überströmeinrichtungen und Kompressoren müssen innerhalb des Arbeitsbereichs $p_e - p_a$ liegen.

Werden mehrere Gefäße in einer Kompressordruckhaltung eingesetzt, sind diese luftseitig zu verbinden, damit ein Niveauausgleich stattfindet. Die Gefäße sollen die gleiche Höhe besitzen, damit einzelne Gefäße nicht überfüllt werden. In der Regel ist nur ein Gefäß mit einer Niveaumessung ausgerüstet (Grundgefäß), alle weiteren werden kommunizierend zu diesem Gefäß betrieben und als Folgegefäße oder Zusatzgefäße bezeichnet.

Sollen mehrere Kompressordruckhaltungen in einem hydraulischen System arbeiten (z. B. kombinierte Heiz-, Kühlsysteme oder Parallelbetrieb von Druckhaltungen), sind besondere Maßnahmen zu treffen, um z. B. Gefäßüberfüllungen zu vermeiden.

5.8.2 Auslegung

5.8.2.1 Berechnung des Mindestdrucks Für Saugdruckhaltung

$$p_0^* \geq p_{st} + p_D + \Delta p_{z1} \quad (29)$$

water content of the expansion vessel to enable compliance with the minimum and maximum water contents required for proper operation of the pressure maintenance system.

If the water reserve is to be ensured by automatic means (LIC), the content measuring unit can activate, e.g., external make-up units.

Values exceeding, or falling below, limits shall be documented. This can be ensured by a memory function of the control unit. Alternatively, exceeded limits can be recorded using different appropriate means.

Function

Compressor-controlled pressure maintenance systems operate on auxiliary energy. With the pressure rising (heating up) to the final pressure p_e , at least one air-side overflow unit (e.g. solenoid valve, motor valve, mechanical overflow valve) will open. The pressure in the expansion vessel drops and heating water can flow into the vessel until a lower setpoint is reached and the overflow unit is closed again.

With the pressure falling (cooling down) to the initial pressure p_a , at least one compressor is switched on. The pressure in the expansion vessel rises and water from the expansion vessel is fed into the system to compensate the missing water volume until an upper setpoint is reached and the compressor is switched off.

The tripping points of overflow units and compressors must lie within the operating range $p_e - p_a$.

Where several vessels are used in a compressor-controlled pressure maintenance system, they shall be connected on the air side to allow level equalisation. The vessels should be of equal height to prevent overflow of individual vessels. As a rule, only one vessel (basic vessel) is provided with a level measuring unit; all further vessels operate in communication with this vessel and are termed auxiliary or additional vessels.

Where several compressor-controlled pressure maintenance systems are to operate in one hydraulic system (e.g. combined heating/cooling systems, or parallel operation of pressure maintenance systems), special measures shall be taken to avoid, e.g., vessel overflow.

5.8.2 Design

5.8.2.1 Calculating the minimum pressure Suction-side connection case

$$p_0^* \geq p_{st} + p_D + \Delta p_{z1} \quad (29)$$

p_0^* muss so hoch gewählt werden, dass Kavitations-schäden, z.B. an Umwälzpumpen in Dachzentralen, vermieden oder Mindestanforderungen anderer Anlagenkomponenten eingehalten werden.

Für Nachdruckhaltung

$$p_0^* \geq p_{st} + p_D + \Delta p_{z1} + \Delta p_{Pumpe} \quad (30)$$

Dabei ist

Δp_{Pumpe} maximal im Betrieb auftretender Differenzdruck der Umwälzpumpe

Anmerkung: p_0^* kann reduziert werden, wenn durch die Aufstellung eines detaillierten Druckverlaufdiagramms nachgewiesen wird, dass die Bedingung $p \geq p_D + \Delta p_z$ an jeder Stelle des Netzes und in jedem Betriebszustand eingehalten wird.

5.8.2.2 Bestimmung des Mindestnutzsvolumens

$V_{Nutz,min}$ des Ausdehnungsgefäßes

$$V_{Nutz,min} = V_e + V_Z + V_V \quad (31)$$

5.8.2.3 Auswahl eines Ausdehnungsgefäßes mit

$$V_{Nutz} \geq V_{Nutz,min}$$

$$V_{Nutz} = V_N \cdot \eta_G \geq V_{Nutz,min} \quad (32)$$

Der Gefäßnutzungsgrad η_G ist den Herstellerangaben zu entnehmen.

Das berechnete Mindestnutzsvolumen $V_{Nutz,min}$ kann auf mehrere wasserseitig verbundene, gleich hohe Gefäße aufgeteilt werden.

$$V_{Nutz} = \sum_{i=1}^k V_{N,i} \cdot \eta_{G,i} \geq V_{Nutz,min} \quad (33)$$

5.8.2.4 Auslegungspunkt der Druckhaltung

Der Auslegungspunkt der Druckhaltung wird definiert durch den Ausgleichsvolumenstrom \dot{V}_{DH} und einen zwischen p_e und p_a gewählten Druck.

Die Größe des Arbeitsbereichs ($p_e - p_a$) der Druckhaltung ist hersteller- und systemabhängig. Der Anfangsdruck p_a und der Enddruck p_e müssen innerhalb der in Abschnitt 5.4.4 und Abschnitt 5.4.5 bestimmten Grenzen $p_{a,min}$ und $p_{e,max}$ liegen.

Der Ausgleichsvolumenstrom \dot{V}_{DH} wird z.B. bestimmt nach

$$\dot{V}_{DH} = f_V \cdot Q_{N,ges} \quad (34)$$

Dabei ist

f_V heizleistungsspezifischer Ausgleichsvolumenstrom in $\ell/(kW \cdot h)$ (z. B. nach Anhang H)

$Q_{N,ges}$ Gesamtheizleistung in kW

Der erforderliche Ausgleichsvolumenstrom (Expansions- und Kontraktionsvolumenstrom) ist innerhalb des vorgesehenen Druckarbeitsbereichs $p_e - p_a$ zu

p_0^* must be high enough to avoid any cavitation damage, e.g. to circulation pumps in rooftop systems, or to meet the minimum requirements of other system components.

Pressure-side connection case

$$p_0^* \geq p_{st} + p_D + \Delta p_{z1} + \Delta p_{Pumpe} \quad (30)$$

where

Δp_{Pumpe} maximum differential pressure of circulation pump occurring during operation

Note: p_0^* can be reduced if proof is furnished, through a detailed pressure chart, that the condition $p \geq p_D + \Delta p_z$ is fulfilled at any point in the system and in each operating state.

5.8.2.2 Determining the minimum useful volume

$V_{Nutz,min}$ of the expansion vessel

$$V_{Nutz,min} = V_e + V_Z + V_V \quad (31)$$

5.8.2.3 Selecting an expansion vessel where

$$V_{Nutz} \geq V_{Nutz,min}$$

$$V_{Nutz} = V_N \cdot \eta_G \geq V_{Nutz,min} \quad (32)$$

The vessel efficiency η_G can be obtained from the manufacturer's data.

The calculated minimum useful volume $V_{Nutz,min}$ can be divided among several vessels of equal height, which are connected on the water side.

$$V_{Nutz} = \sum_{i=1}^k V_{N,i} \cdot \eta_{G,i} \geq V_{Nutz,min} \quad (33)$$

5.8.2.4 Design point of the pressure maintenance system

The design point of the pressure maintenance system is defined by the compensation volume flow \dot{V}_{DH} and a pressure chosen to lie between p_e and p_a .

The size of the operating range ($p_e - p_a$) of the pressure maintenance system varies with manufacturers and systems. The initial pressure p_a and the final pressure p_e must lie within the limits determined as per Section 5.4.4 and Section 5.4.5, $p_{a,min}$ and $p_{e,max}$.

The compensation volume \dot{V}_{DH} flow is determined, e.g., using

$$\dot{V}_{DH} = f_V \cdot Q_{N,ges} \quad (34)$$

where

f_V heating-output-specific compensation volume flow, in $\ell/(kW \cdot h)$ (e.g. as per Annex H)

$Q_{N,ges}$ total heating output, in kW

The required compensation volume flow (expansion and contraction volume flows) is to be realised within the intended pressure operating range $p_e - p_a$. The

realisieren. Der Kompressor ist so zu wählen, dass bei maximalem Kontraktionsvolumenstrom \dot{V}_{DH} der Anlagendruck nicht unter p_a fällt. Das Überströmventil ist so zu wählen, dass bei maximalem Expansionsvolumenstrom \dot{V}_{DH} der Anlagendruck nicht über p_e steigt. Bauart und Größe der Überströmventils, Druckmesstechnik, Kompressorkennlinie sind zu berücksichtigen.

Es ist anzustreben, den Arbeitspunkt von Kompressor und Überströmeinrichtung nahe an den Auslegungspunkt der Druckhaltung zu legen, um ein häufiges Schalten zu verhindern.

5.8.2.5 Berechnung des Mindestfüllstands

$$l_{\min} \geq V_V/V_N \cdot 100 \% \quad (35)$$

Es ist zu prüfen, ob gilt:

$l_{\min} \geq$ herstellerspezifischer Mindestfüllstand in %

Andernfalls ist für l_{\min} der vom Hersteller vorgegebene Mindestfüllstand anzusetzen.

5.8.2.6 Dokumentation der Auslegungsparameter

Der Planer der Anlage hat zu dokumentieren:

- Anlagenvolumen V_A in m³
- Gesamtheizleistung $Q_{N,ges}$ in kW
- maximale Anlagentemperatur t_{\max} in °C
- maximale Rücklauftemperatur $t_{R,\max}$ in °C
- geodätische Höhendifferenz H_{st} in m
- minimale Anlagentemperatur t_{\min} in °C
- maximale Sollwerteinstellung des Temperaturreglers t_{TR} in °C
- Absicherungstemperatur des Sicherheitstemperaturbegrenzers t_{TAZ+} in °C
- Ansprechdruck des Sicherheitsventils p_{SV} in bar
- Mindestdruck p_0 in bar
- Anfangsdruck p_a in bar
- Enddruck p_e in bar
- minimaler Anfangsdruck $p_{a,\min}$ in bar
- maximaler Enddruck $p_{e,\max}$ in bar
- minimal zulässiger Füllstand im Behälter l_{\min} in % V_N
- maximal zulässiger Füllstand im Behälter l_{\max} in % V_N
- Füllstand bei Erstinbetriebnahme l_F in % V_N
- Ausgleichsvolumenstrom \dot{V}_{DH} in m³/h

5.8.3 Installation und Inbetriebnahme

Es ist gemäß den Montage- und Installationsvorschriften sowie den Inbetriebnahmeanleitungen der

compressor shall be chosen such as to ensure that with maximum contraction volume flow \dot{V}_{DH} , the system pressure will not fall below p_a . The overflow unit shall be chosen such as to ensure that with maximum expansion volume flow \dot{V}_{DH} , the system pressure will not exceed p_e . Take into account the design and size of the overflow unit, the pressure measuring equipment, the compressor characteristic.

It is desirable that the operating points of compressor and overflow unit lie close to the design point of the pressure maintenance system so as to avoid frequent switching operations.

5.8.2.5 Calculating the minimum level

$$l_{\min} \geq V_V/V_N \cdot 100 \% \quad (35)$$

Check whether the following condition holds:

$l_{\min} \geq$ manufacturer-specific minimum level, in %

Otherwise let l_{\min} be the minimum level specified by the manufacturer.

5.8.2.6 Documenting the design parameters

The system planner shall document:

- system volume V_A in m³
- total heating output $Q_{N,ges}$ in kW
- maximum system temperature t_{\max} in °C
- maximum return temperature $t_{R,\max}$ in °C
- system static head H_{st} in m
- minimum system temperature t_{\min} in °C
- maximum setpoint adjustment of temperature controller t_{TR} in °C
- safety temperature of safety temperature limiter t_{TAZ+} in °C
- safety valve set pressure p_{SV} in bar
- minimum pressure p_0 in bar
- initial pressure p_a in bar
- final pressure p_e in bar
- minimum initial pressure $p_{a,\min}$ in bar
- maximum final pressure $p_{e,\max}$ in bar
- minimum allowable level in vessel l_{\min} in % V_N
- maximum allowable level in vessel l_{\max} in % V_N
- level at initial startup l_F in % V_N
- compensation volume flow \dot{V}_{DH} in m³/h

5.8.3 Installation and startup

Proceed in accordance with the manufacturers' assembly and installation instructions as well as startup

Hersteller vorzugehen. Die folgenden Regeln sind grundsätzlich zu beachten.

Vor Installation und Inbetriebnahme ist zu prüfen, ob die gelieferte Druckhaltung den Planungsvorgaben entspricht.

5.8.3.1 Installation

- Die Aufstellung in einem frostfreien Raum ist so vorzunehmen, dass eine allseitige Besichtigung möglich ist und das Typenschild erkennbar bleibt.
- Äußere Überprüfung auf Beschädigungen (z.B. Deformierung, Korrosion) ist durchzuführen.
- Prüfen, ob die Druckhaltung im Anlieferungszustand keine Flüssigkeitsreste enthält. Sind Flüssigkeitsreste vorhanden, ist mit Wasser mit Füllwasserqualität (nach z.B. VDI 2035 bzw. AGFW FW 510) gründlich zu spülen.
- Der Abstand zu den nächsten Bauteilen muss so groß sein, dass sämtliche Ausrüstungsteile für Montage, Bedienung und Wartung zugänglich sind.
- Die erforderliche wasserseitige Absperrung mit Entleerung muss zugänglich und bedienbar sein.
- Das Druckhaltesystem ist vor direkter Sonneneinstrahlung zu schützen.
- Es ist darauf zu achten, dass der Einbau frei von mechanischen Kräften erfolgt (Übertragung von Rohrleitungskräften nicht zulässig).
- Der Untergrund und die Befestigung müssen auch bei Vollfüllung des Gefäßes ausreichend tragfähig sein.
- Der aktuelle Druck am Referenzpunkt der Druckhaltung (I) bzw. am Messort sowie Abweichungen vom Arbeitsbereich müssen an der Druckhaltung oder an einem entsprechenden Kontrollpunkt (z.B. zentrale Werte) gut ablesbar sein.
- Dimension und Länge der Ausdehnungsleitung sind unter Berücksichtigung von Abschnitt 5.9.1 auszuführen.
- Entwässerungs-/Ablaufleitungen für vorhandene Sicherheitsventile und Systemtrenner sind vorzusehen und anzuschließen.

5.8.3.2 Inbetriebnahme

- Füllen mit Wasser mit Füllwasserqualität nach z.B. VDI 2035 bzw. AGFW FW 510.
- Entlüften der wasserseitigen Ausgleichsleitungen.
- Spannungsversorgung prüfen (Sonderspannungen und Anforderungen beachten).
- Parametereinstellung gemäß Planungsvorgaben (z.B. nach Abschnitt 5.8.2) vornehmen und gege-

instructions. The following rules shall be observed as a matter of principle.

Prior to installation and startup, the pressure maintenance system delivered must be checked for compliance with the planning specifications.

5.8.3.1 Installation

- Installation in a frost-free room shall be such as to allow inspection on all sides and identification of the nameplate.
- Externally check for damage (e.g. deformation, corrosion).
- Check the pressure maintenance system as delivered for any residual liquid. If any residual liquid is found, thoroughly rinse with water having fill water quality (as per, e.g., VDI 2035 or ADFW FW 510).
- The nearest components shall be sufficiently distant to allow access to all items of equipment for installation, operation and preventive maintenance purposes.
- The required water-side shutoff with drain must be accessible and operational.
- The pressure maintenance system shall be protected from direct solar irradiation.
- Make sure that installation is performed without applying any mechanical forces (any transmission of pipeline forces is not allowable).
- The ground and the fastening shall have sufficient load-bearing capacity even with the vessel completely filled.
- Means for easy reading of the current pressure at the reference point of the pressure maintenance system, (I), or at the measuring point, and of any deviations from the operating range must be provided at the pressure maintenance system or at a suitable check point (e.g. control centre).
- Dimension and length of expansion pipe shall be chosen taking into account Section 5.9.1.
- Provide and connect drain pipes for existing safety valves and backflow preventers.

5.8.3.2 Startup

- Fill with water having fill water quality as per, e.g., VDI 2035 or AGFW FW 510.
- Vent the water-side expansion pipes.
- Check voltage supply (observe special voltages and requirements).
- Set parameters as per planning specifications (e.g. as per Section 5.8.2); adapt to local conditions,

benenfalls an die örtlichen Verhältnisse anpassen und dokumentieren.

- Abgleich der Parameter, insbesondere Drücke, mit anderen Druckhaltesystemen, z.B. MAG, die als Steuergefäß oder Kesseleinzelsicherung vorgesehen sind.
- Probetrieb gemäß Montage und Bedienungsanleitung, Kontrolle aller Parameter und Schaltpunkte durchführen.
- In Heizungsanlagen wird empfohlen, im Rahmen der Inbetriebnahme die Anlage auf maximale Vorlauftemperatur aufzuheizen und zu entlüften.

Anmerkung: Die maximale Aufheizgeschwindigkeit ist zu beachten (z.B. Fußbodenheizung, Betonkernaktivierung).

- Einweisung des Bedienpersonals und Übergabe aller relevanten Unterlagen inklusive der zuvor genannten Auslegungsparameter und der gewählten Einstellungswerte vornehmen.

5.8.4 Kontrolle und Wartung

Nur durch eine sachgerechte, regelmäßige Wartung und Kontrolle der Kompressordruckhaltung kann sichergestellt werden, dass Unterdruck in der Anlage und damit eine Hauptursache von Korrosionsschäden vermieden wird.

Bei der Durchführung der Arbeiten sind die entsprechenden Vorgaben der Hersteller zu berücksichtigen.

5.8.4.1 Kontrolle

Eine Kontrolle der Kompressordruckhaltung ist nach Herstellervorgaben, mindestens jedoch einmal jährlich erforderlich.

Zu den wichtigsten Kontrollmaßnahmen zählen:

- Aktuelle Anlagendruck p_{Anl} und Temperaturen (Vor- und Rücklauftemperaturen) kontrollieren und prüfen, ob der aktuelle Anlagendruck p_{Anl} zwischen p_a und p_e liegt.
- Äußere Überprüfung auf Beschädigungen (z.B. Korrosion, Leckage, Deformierung) und gegebenenfalls Bauteilaustausch durchführen.
- Aktuelle Füllstand kontrollieren. Bei Anlagen ohne automatische Nachspeisung ist bei Unterschreitung von l_{min} nachzufüllen und die Nachspeisemenge zu dokumentieren. Siehe auch Anhang F.
- Nachspeisemengen kontrollieren. Erhöhte Nachspeisemengen deuten auf eine Leckage im System oder auf Fehlfunktionen bzw. eine unzureichende Dimensionierung der Druckhaltung hin. Leckagen sind zu beseitigen.
- Grenzwertüberschreitungen von Druck und Füllstand kontrollieren. Können Grenzwertüberschreitungen nicht externen Einflüssen (z.B.

where required, and document the settings.

- Match the parameters, especially pressures, with those of other pressure maintenance systems, e.g. MEVs that are intended as control vessel or for individual boiler protection.
- Trial run as per assembly and operating instructions, checking of all parameters and switching points.
- In starting up heating systems, it is recommended to heat up the system to maximum supply temperature and vent it.

Note: The maximum heat-up rate must be observed (e.g. floor heating, concrete core activation).

- Instruction of operating personnel and handover of all relevant documents including the aforementioned design parameters and the selected settings.

5.8.4 Checks and preventive maintenance

Negative pressure in the system, which is one of the main causes of corrosion damage, can only be avoided by means of proper preventive maintenance and regular checks of the compressor-controlled pressure maintenance system.

During all activities, the respective specifications of the manufacturers must be taken into account.

5.8.4.1 Checking

The compressor-controlled pressure maintenance system shall be checked as per the manufacturer's specifications, however, at least once a year.

The most important checking measures include:

- Establishing the current system pressure p_{Anl} and temperatures (supply and return temperatures) and checking whether the current system pressure p_{Anl} lies between p_a and p_e .
- External checking for damage (e.g. corrosion, leakage, deformation) and replacement of components as required.
- Checking the current level. In systems without automatic make-up, refill if the level has fallen below l_{min} , and document the make-up quantity. See also Annex F.
- Checking make-up quantities. Increased make-up quantities indicate a leakage in the system or malfunctions or insufficient dimensioning of the pressure maintenance system. Leakages shall be eliminated.
- Checking for exceeded pressure and level limits. Where exceeded limits cannot be attributed to external influences (e.g. external supply, leakage in

Fremdzuspeisung, Leckage im System, unzureichende Dimensionierung der Druckhaltung) zugeordnet werden, ist eine Wartung der Druckhaltung zu empfehlen.

Anmerkung: Falls Entgasungsgeräte in der angeschlossenen Anlage in Betrieb und keine automatischen Nachspeisegeräte vorhanden sind, soll der Füllstand im Ausdehnungsgefäß in den ersten ein bis drei Monaten nach der Inbetriebnahme häufiger kontrolliert werden. In dieser Zeit werden erfahrungsgemäß die wesentlichen nach der Inbetriebnahme in der Anlage verbliebenen freien Restgaspolster entgast. Das fehlende Gasvolumen muss deshalb durch Ergänzungswasser aufgefüllt werden.

5.8.4.2 Wartung

Zeitintervalle, Umfang und Durchführung der Wartung sind vom Hersteller vorzugeben. Liegen keine Herstellerangaben vor, wird eine jährliche Wartung empfohlen. Alle Wartungsarbeiten sind zu dokumentieren.

Zu den wichtigsten Wartungsmaßnahmen zählen:

- Der Füllstand der Gefäße ist vor Beginn der Wartungsarbeiten zu notieren.
- Für die Wartung der Druckhaltung ist die Anlage bei konstanter Temperatur zu fahren und zu beaufsichtigen. Geeignete Maßnahmen zur Druckregulierung der Anlage sind vorzusehen.
- Äußere Überprüfung auf Beschädigungen (z.B. Korrosion, Leckage, Deformierung) und gegebenenfalls Bauteilaustausch sind durchzuführen. Wenn möglich, Kondensatanfall auf der Luftseite prüfen. Große Kondensatmengen weisen gegebenenfalls auf defekte Membran hin.
- Funktionsfähigkeit der Füllstandsmessung kontrollieren.
- Sämtliche Schalterpunkte von Kompressoren, Überströmeinrichtungen, Nachspeisung usw. kontrollieren.
- Abgleich mit anderen Druckhaltesystemen im Netz vornehmen.
- Nachspeisemengen kontrollieren. Erhöhte Nachspeisemengen deuten auf eine Leckage im System oder auf Fehlfunktionen bzw. eine unzureichende Dimensionierung der Druckhaltung hin. Leckagen sind zu beseitigen.
- Füllwassermenge in den Ausdehnungsgefäßen in Abhängigkeit der Anlagen- bzw. Füllwassertemperatur einbringen.

Nach abgeschlossener Wartung muss die Druckhaltung betriebsfertig mit der Anlage verbunden werden.

the system, insufficient dimensioning of pressure maintenance system), preventive maintenance of the pressure maintenance system is advisable.

Note: Where deaerators are operated in the connected system in the absence of automatic make-up units, checking the level in the expansion vessel more frequently during the first one to three months after startup is advisable. Experience has shown that the major free residual gas cushions still in the system after startup are deaerated during this period. The missing gas volume must therefore be compensated by make-up water.

5.8.4.2 Preventive maintenance

The manufacturer shall specify intervals, scope and performance of preventive maintenance. Yearly intervals are recommended where no manufacturer's data are available. All preventive maintenance activities shall be documented.

The most important preventive maintenance activities include:

- Recording the level in the vessels prior to preventive maintenance work.
- Preventive maintenance of the pressure maintenance system requires the system to be run at constant temperature and monitored. Provide suitable pressure control means for the system.
- External checking for damage (e.g. corrosion, leakage, deformation) and replacement of components as required. If possible, check for any condensate on the air side. Large condensate quantities may indicate a damaged membrane.
- Checking the level measurement for proper functioning.
- Checking all switching points of compressors, overflow units, make-up unit, etc.
- Match the system in question with other pressure maintenance systems in the network.
- Checking make-up quantities. Increased make-up quantities indicate a leakage in the system or malfunctions or insufficient dimensioning of the pressure maintenance system. Leakages shall be eliminated.
- Fill expansion vessels with fill water quantity depending on system water or fill water temperature.

Upon completion of preventive maintenance, the ready-for-use pressure maintenance system must be connected to the system.

5.9 Systemeinbindung

5.9.1 Ausdehnungsleitung

Ausdehnungsleitungen sind nach DIN EN 12828 (siehe auch [1]) so zu dimensionieren, dass

- auch bei maximal möglicher Aufheizgeschwindigkeit des Systemwassers der maximale Systemdruck (Ansprechdruck des Sicherheitsventils bzw. des Maximal-Druckbegrenzers) nicht erreicht wird und
- auch bei maximaler Abkühlgeschwindigkeit des Wassers der Ansprechdruck des Mindest-Druckbegrenzers bzw. in Anlagen ohne Mindestdruckbegrenzer der Mindestdruck p_0 nicht unterschritten wird.

Für die Dimensionierung der Ausdehnungsleitungen zu statischen Druckhaltungen (z.B. MAG) kann V_{DH} nach Abschnitt 5.7.2.4 bzw. Abschnitt 5.8.2.4 in Ansatz gebracht werden. Bei Pumpen- und Kompressor-druckhaltungen sind die tatsächlichen Kennlinien der Pumpen-, Kompressoren- und Überströmeinrichtungen zu berücksichtigen.

Absperrarmaturen in der Ausdehnungsleitung müssen gegen unbeabsichtigtes Schließen gesichert werden (z.B. Kappenabsperrarmatur mit Plombierung, Entfernung von Handgriffen).

Anmerkung: Nicht wärmegeämmte Ausdehnungsleitungen können zur Temperaturentlastung an der Membran beitragen.

5.9.2 Vorschaltgefäß

Membranen in Ausdehnungsgefäßen sind nur in einem kleinen Temperaturbereich (z.B. nach DIN EN 13831 von -10°C bis 70°C) dauerbelastbar (abweichende Temperaturen nur nach Herstellerangaben). Wenn am Einbindepunkt der Druckhaltung der vorgenannte Temperaturbereich über- bzw. unterschritten wird, ist ein Vorschaltgefäß zwischen Einbindepunkt und Druckhaltung zu installieren oder andere geeignete konstruktive Maßnahmen sind anzuwenden (z.B. Rohrleitungserweiterungen). Diese Bereiche dürfen nicht wärmegeämmt werden, um zu ermöglichen, dass der Ausdehnungsvolumenstrom auf dem Weg zum Druckhaltesystem entsprechend abgekühlt oder in Netzen mit tiefen Temperaturen erwärmt wird.

Anmerkung: Bei Anlagen mit großen Lastwechseln kann sich schon innerhalb des zulässigen Temperaturbereichs für die Membran der Einsatz eines Vorschaltgefäßes als zweckmäßig erweisen, da die Diffusionsdichtheit von Membranen mit steigender Temperatur abnimmt (Vordruckverlust bei MAG, Sauerstoffeintrag bei Kompressor- und Pumpendruckhaltung, siehe auch VDI 2035 Blatt 2).

Eine allgemein gültige Formel zur Berechnung des Vorschaltgefäßes kann nicht gegeben werden, da eine Vielzahl von statischen und dynamischen Effekten zu berücksichtigen ist. Für eine überschlägige Berech-

5.9 System integration

5.9.1 Expansion pipes

Expansion pipes shall be dimensioned in accordance with DIN EN 12828 (see also [1]) such that

- even with the maximum allowable system water heat-up rate, the maximum system pressure (set pressure of safety valve or maximum pressure limiter) is not reached, and
- even with the maximum cool-down rate of the water, the pressure does not fall below the set pressure of the minimum pressure limiter or, in systems without minimum pressure limiter, the minimum pressure p_0 .

For dimensioning the expansion pipes of static pressure maintenance systems (e.g. MEV), V_{DH} can be assumed as per Section 5.7.2.4 or Section 5.8.2.4. In the case of pump-controlled and compressor-controlled pressure maintenance systems, the actual characteristics of the pumps, compressors and overflow units must be taken into account.

Shutoff valves in the expansion pipe must be protected against accidental closing (e.g. cap sealed shutoff valve, removal of handles).

Note: Expansion pipes without thermal insulation can contribute to reducing the temperature load on the membrane.

5.9.2 Intermediate vessel

The continuous load-bearing capacity of membranes in expansion vessels only holds within a small temperature range (e.g., as per DIN EN 13831, from -10°C to 70°C) (deviating temperatures subject to manufacturer's data only). If the temperature at the integration point of the pressure maintenance system is below or above this temperature range, an intermediate vessel shall be installed between integration point and pressure maintenance system, or other suitable design measures shall be taken (e.g. pipe extensions). These areas must not be thermally insulated in order to allow adequate cooling or, in low-temperature systems, adequate heating of the expansion volume flow on its way to the pressure maintenance system.

Note: In high-cycle systems, using an intermediate vessel may prove convenient for the membrane even within the allowable temperature range given that the diffusion tightness of membranes decreases with increasing temperature (preset pressure loss in MEVs, introduction of oxygen into compressor- and pump-controlled pressure maintenance systems, see also VDI 2035 Part 2).

Considering the wealth of static and dynamic effects to be taken into account, no generally valid formula for calculating the intermediate vessel can be given. For an approximate calculation, it is decisive what

nung ist entscheidend, welcher Anteil des Ausdehnungsvolumens über die zulässige Membrantemperatur $t_{\max, \text{Membran}}$ aufgeheizt wird.

Erfahrungsgemäß kann für die Berechnung des Volumens des Vorschaltgefäßes V_e^* in Heizungsanlagen vereinfacht angenommen werden:

$$V_e^* = V_A \cdot \left(1 - \frac{\rho(t_{\max, \text{Einbindepunkt der Druckhaltung}})}{\rho(t_{\max, \text{Membran}})} \right) \quad (36)$$

Erfahrungsgemäß kann für die Berechnung des Volumens des Vorschaltgefäßes V_e^* in Heizungsanlagen mit Prozess- oder Verdampfungsvolumina V_Z vereinfacht angenommen werden:

$$V_e^* = V_A \cdot \left(1 - \frac{\rho(t_{\max, \text{Einbindepunkt der Druckhaltung}})}{\rho(t_{\max, \text{Membran}})} \right) + V_Z \quad (37)$$

Erfahrungsgemäß kann für die Berechnung des Volumens des Vorschaltgefäßes V_e^* in Kältekreisläufen vereinfacht angenommen werden:

$$V_e^* = V_A \cdot \left(1 - \frac{\rho(t_{\min, \text{Membran}})}{\rho(t_{\min, \text{Einbindepunkt der Druckhaltung}})} \right) \quad (38)$$

Erfahrungsgemäß kann bei Einsatz klassischer Vorschaltgefäße in Solarthermie-Anlagen V_e^* vereinfacht unter Berücksichtigung des Verdampfungsvolumens V_Z nach Gleichung (37) berechnet werden. Diese Berechnung hat den Nachteil, dass sehr große Vorschaltgefäße benötigt werden. Eine deutliche Reduzierung kann erreicht werden, wenn Vorschaltgefäße zum Einsatz kommen, die selbst eine signifikante Kühlleistung aufweisen (z.B. Kühlkörper nach [4]). Zur Auslegung sind die Herstellervorschriften (z.B. [5]) zu beachten.

Anmerkung: Insbesondere bei Solarthermie-Anlagen wird die Berücksichtigung des Volumens des Vorschaltgefäßes bei der Bestimmung des Anlagenvolumens V_A empfohlen.

5.9.3 Nachspeisung

Zur Sicherstellung der Druckhaltefunktion sind Wasserverluste durch Nachspeisung von Ergänzungswasser auszugleichen. Dies kann entweder diskontinuierlich im Rahmen von Kontroll- oder Wartungsarbeiten oder über kontinuierlich arbeitende Nachspeiseeinrichtungen (automatische Nachspeiseeinrichtung) erfolgen. Überschreitet die Nachspeisemenge das Zweifache des Anlagenvolumens, so sind gegebenenfalls Maßnahmen erforderlich (siehe VDI 2035).

Der Nachspeisewasserdruck darf den Mindestfließdruck der Nachspeisearmatur nicht unterschreiten. Bei Nachspeisungen aus dem Trinkwassernetz sind die Regelwerke zum Schutz des Trinkwassers zu beachten (z.B. DIN EN 1717, TRWI).

fraction of the expansion volume is heated beyond the allowable membrane temperature, $t_{\max, \text{Membran}}$.

According to experience, the following simplification can be assumed for calculating the volume of the intermediate vessel V_e^* in heating systems:

According to experience, the following simplification can be assumed for calculating the volume of the intermediate vessel V_e^* in heating systems with process or evaporation volumes, V_Z :

According to experience, the following simplification can be assumed for calculating the volume of intermediate vessels V_e^* in chiller circuits:

According to experience, when using classical intermediate vessels in solar heating systems, the calculation of V_e^* can be simplified taking into account the evaporation volume V_Z as per Equation (37). This calculation is disadvantageous in that very large intermediate vessels are required. A significant reduction can be achieved when using intermediate vessels which themselves feature a significant cooling output (e.g. cooling elements as per [4]). In designing, observe the manufacturer's specifications (e.g. [5]).

Note: Considering the volume of the intermediate vessel in determining the system volume V_A is recommended particularly for solar heating systems.

5.9.3 Water make-up

In order to ensure the pressure maintenance function, any water losses shall be compensated by make-up water. Make-up can be either discontinuous in the context of checks and preventive maintenance, or by continuous make-up units (automatic make-up unit). If the make-up quantity exceeds twice the system volume, actions may have to be taken (see VDI 2035).

The make-up water pressure must not fall below the minimum flow pressure of the make-up valve. Where make-up water is fed from the drinking-water mains, the rules and regulations regarding the protection of drinking water must be observed (e.g. DIN EN 1717, TRWI).

Bei MAG ist spätestens bei Unterschreiten des minimalen Anfangsdrucks $p_{a,min}$ abzüglich einer Hysterese (maximal 0,2 bar) nachzuspeisen. Bei dynamischen Druckhaltungen ist spätestens beim Unterschreiten eines gerätespezifischen minimalen Füllstands im Ausdehnungsgefäß nachzuspeisen.

Automatische Nachspeiseeinrichtungen sind grundsätzlich mit einer Überwachung der Nachspeisung zur Erkennung von unzulässigen Leckagen der angeschlossenen Anlage auszustatten. Eine reine Laufzeitüberwachung ist nicht ausreichend.

Eine ausreichende Leckageerkennung kann z.B. erreicht werden durch eine Kombination von Überwachung der Laufzeit (z.B. Rohrbrucherkennung, Vermeidung großer sekundärer Wasserschäden) und der Überwachung der Schalthäufigkeit (Aufdeckung kleiner Leckagen oder von Fehlfunktionen in der Druckhaltung) sowie der Überwachung der tatsächlichen Nachspeisemenge (Wassermengenzähler).

In MEVs, make-up water shall be fed no later than when the pressure falls below the minimum initial pressure $p_{a,min}$ minus hysteresis (maximum 0,2 bar). In dynamic pressure maintenance systems, make-up water shall be fed no later than when the pressure falls below a device-specific minimum level in the expansion vessel.

Automatic make-up units shall always be provided with make-up monitoring to allow detection of inadmissible leakages in the connected system. Mere travel time monitoring is insufficient.

Sufficient leakage detection can be achieved, e. g. by a combination of monitoring the fill time (e.g. pipe burst detection, preventing large secondary damage caused by water) and the cycling frequency (detection of minor leakages or of malfunctions in the pressure maintenance system) and the actual make-up quantity (water flow meter).

Anhang A Beispiele für marktübliche MAG-Größen in Anlagen ohne Pufferspeicher für verschiedene Auslegungstemperaturen und Heizflächen

Annex A Examples of customary MEV sizes in systems without buffer tank of various design temperatures and heating surfaces

Tabelle A1. Radiatoren 70 °C/55 °C /

Table A1. Radiators 70 °C/55 °C

V_N	p_{sv}	2,5 bar		3,0 bar	
	p_{st}	0,8 bar	1,3 bar	0,8 bar	1,3 bar
	p_0	1,0 bar	1,5 bar	1,0 bar	1,5 bar
8	V_A in ℓ	48		80	31
	$Q_{N,ges}$ in kW	2		3	1
	p_a in bar	1,5		1,5	2,1
12	V_A in ℓ	70		120	46
	$Q_{N,ges}$ in kW	3		5	2
	p_a in bar	1,5		1,5	2,1
18	V_A in ℓ	130		210	95
	$Q_{N,ges}$ in kW	5		8	4
	p_a in bar	1,4		1,4	2,0
25	V_A in ℓ	230	50	330	180
	$Q_{N,ges}$ in kW	9	2	13	7
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
35	V_A in ℓ	320	95	470	280
	$Q_{N,ges}$ in kW	13	4	19	11
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
50	V_A in ℓ	450	130	670	400
	$Q_{N,ges}$ in kW	18	5	27	16
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
80	V_A in ℓ	720	210	1060	640
	$Q_{N,ges}$ in kW	29	8	42	25
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
100	V_A in ℓ	910	270	1330	800
	$Q_{N,ges}$ in kW	36	11	55	32
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
140	V_A in ℓ	1270	370	1860	1120
	$Q_{N,ges}$ in kW	50	15	75	44
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
200	V_A in ℓ	1810	530	2660	1590
	$Q_{N,ges}$ in kW	70	21	110	65
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
250	V_A in ℓ	2260	660	3330	1990
	$Q_{N,ges}$ in kW	90	26	130	80
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
300	V_A in ℓ	2720	800	3990	2390
	$Q_{N,ges}$ in kW	110	32	160	95
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
400	V_A in ℓ	3620	1060	5320	3190
	$Q_{N,ges}$ in kW	140	42	210	130
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
500	V_A in ℓ	4530	1330	6650	3980
	$Q_{N,ges}$ in kW	180	55	260	160
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
600	V_A in ℓ	5430	1590	7980	4780
	$Q_{N,ges}$ in kW	220	65	320	190
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
800	V_A in ℓ	7240	2120	10640	6370
	$Q_{N,ges}$ in kW	290	85	420	250
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
1000	V_A in ℓ	9050	2660	13300	7970
	$Q_{N,ges}$ in kW	360	110	530	320
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8

Tabelle A2. Radiatoren 55 °C/45 °C /

Table A2. Radiators 55 °C/45 °C

V_N	p_{sv}	2,5 bar		3,0 bar	
	p_{st}	0,8 bar	1,3 bar	0,8 bar	1,3 bar
	p_0	1,0 bar	1,5 bar	1,0 bar	1,5 bar
8	V_A in ℓ	75		130	48
	$Q_{N,ges}$ in kW	2		3	1
	p_a in bar	1,5		1,5	2,1
12	V_A in ℓ	110		190	70
	$Q_{N,ges}$ in kW	3		5	2
	p_a in bar	1,5		1,5	2,1
18	V_A in ℓ	210		330	150
	$Q_{N,ges}$ in kW	6		9	4
	p_a in bar	1,4		1,4	2,0
25	V_A in ℓ	360	80	520	290
	$Q_{N,ges}$ in kW	9	2	14	8
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
35	V_A in ℓ	500	150	730	440
	$Q_{N,ges}$ in kW	13	4	19	12
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
50	V_A in ℓ	710	210	1050	630
	$Q_{N,ges}$ in kW	19	6	28	17
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
80	V_A in ℓ	1140	340	1680	1010
	$Q_{N,ges}$ in kW	30	9	44	27
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
100	V_A in ℓ	1430	420	2100	1260
	$Q_{N,ges}$ in kW	38	11	55	33
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
140	V_A in ℓ	2000	590	2940	1760
	$Q_{N,ges}$ in kW	55	16	75	46
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
200	V_A in ℓ	2860	840	4200	2520
	$Q_{N,ges}$ in kW	75	22	110	65
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
250	V_A in ℓ	3570	1050	5250	3140
	$Q_{N,ges}$ in kW	95	28	140	85
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
300	V_A in ℓ	4290	1260	6300	3770
	$Q_{N,ges}$ in kW	110	33	170	100
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
400	V_A in ℓ	5720	1680	8400	5030
	$Q_{N,ges}$ in kW	150	44	220	130
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
500	V_A in ℓ	7140	2100	10500	6290
	$Q_{N,ges}$ in kW	190	55	280	170
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
600	V_A in ℓ	8570	2520	12600	7550
	$Q_{N,ges}$ in kW	230	65	330	200
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
800	V_A in ℓ	11430	3350	16800	10060
	$Q_{N,ges}$ in kW	300	90	440	260
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
1000	V_A in ℓ	14290	4190	21000	12580
	$Q_{N,ges}$ in kW	380	110	550	330
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8

Tabelle A3. Plattenheizkörper 70 °C/55 °C /
Table A3. Panel radiators 70 °C/55 °C

V_N	p_{sv}	2,5 bar		3,0 bar	
	p_{st}	0,8 bar	1,3 bar	0,8 bar	1,3 bar
	p_0	1,0 bar	1,5 bar	1,0 bar	1,5 bar
8	V_A in ℓ	48		80	31
	$Q_{N,ges}$ in kW	4		7	3
	p_a in bar	1,5		1,5	2,1
12	V_A in ℓ	70		120	46
	$Q_{N,ges}$ in kW	6		10	4
	p_a in bar	1,5		1,5	2,1
18	V_A in ℓ	130		210	95
	$Q_{N,ges}$ in kW	11		18	8
	p_a in bar	1,4		1,4	2,0
25	V_A in ℓ	230	50	330	180
	$Q_{N,ges}$ in kW	20	4	28	16
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
35	V_A in ℓ	320	95	470	280
	$Q_{N,ges}$ in kW	28	8	41	24
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
50	V_A in ℓ	450	130	670	400
	$Q_{N,ges}$ in kW	39	11	60	34
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
80	V_A in ℓ	720	210	1060	640
	$Q_{N,ges}$ in kW	60	18	90	55
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
100	V_A in ℓ	910	270	1330	800
	$Q_{N,ges}$ in kW	80	23	110	70
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
140	V_A in ℓ	1270	370	1860	1120
	$Q_{N,ges}$ in kW	110	32	160	95
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
200	V_A in ℓ	1810	530	2660	1590
	$Q_{N,ges}$ in kW	160	46	230	140
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
250	V_A in ℓ	2260	660	3330	1990
	$Q_{N,ges}$ in kW	190	55	290	170
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
300	V_A in ℓ	2720	800	3990	2390
	$Q_{N,ges}$ in kW	230	70	340	210
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
400	V_A in ℓ	3620	1060	5320	3190
	$Q_{N,ges}$ in kW	310	90	460	280
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
500	V_A in ℓ	4530	1330	6650	3980
	$Q_{N,ges}$ in kW	390	110	570	340
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
600	V_A in ℓ	5430	1590	7980	4780
	$Q_{N,ges}$ in kW	470	140	690	410
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
800	V_A in ℓ	7240	2120	10640	6370
	$Q_{N,ges}$ in kW	620	180	920	550
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
1000	V_A in ℓ	9050	2660	13300	7970
	$Q_{N,ges}$ in kW	780	230	1150	690
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8

Tabelle A4. Plattenheizkörper 55 °C/45 °C /
Table A4. Panel radiators 55 °C/45 °C

V_N	p_{sv}	2,5 bar		3,0 bar	
	p_{st}	0,8 bar	1,3 bar	0,8 bar	1,3 bar
	p_0	1,0 bar	1,5 bar	1,0 bar	1,5 bar
8	V_A in ℓ	75		130	48
	$Q_{N,ges}$ in kW	5		8	3
	p_a in bar	1,5		1,5	2,1
12	V_A in ℓ	110		190	70
	$Q_{N,ges}$ in kW	7		12	4
	p_a in bar	1,5		1,5	2,1
18	V_A in ℓ	210		330	150
	$Q_{N,ges}$ in kW	13		20	9
	p_a in bar	1,4		1,4	2,0
25	V_A in ℓ	360	80	520	290
	$Q_{N,ges}$ in kW	22	5	32	18
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
35	V_A in ℓ	500	150	730	440
	$Q_{N,ges}$ in kW	31	9	45	27
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
50	V_A in ℓ	710	210	1050	630
	$Q_{N,ges}$ in kW	44	13	65	39
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
80	V_A in ℓ	1140	340	1680	1010
	$Q_{N,ges}$ in kW	70	21	100	60
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
100	V_A in ℓ	1430	420	2100	1260
	$Q_{N,ges}$ in kW	90	26	130	80
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
140	V_A in ℓ	2000	590	2940	1760
	$Q_{N,ges}$ in kW	120	36	180	110
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
200	V_A in ℓ	2860	840	4200	2520
	$Q_{N,ges}$ in kW	180	50	260	160
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
250	V_A in ℓ	3570	1050	5250	3140
	$Q_{N,ges}$ in kW	220	65	320	190
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
300	V_A in ℓ	4290	1260	6300	3770
	$Q_{N,ges}$ in kW	260	80	390	230
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
400	V_A in ℓ	5720	1680	8400	5030
	$Q_{N,ges}$ in kW	350	100	520	310
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
500	V_A in ℓ	7140	2100	10500	6290
	$Q_{N,ges}$ in kW	440	130	650	390
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
600	V_A in ℓ	8570	2520	12600	7550
	$Q_{N,ges}$ in kW	530	160	780	470
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
800	V_A in ℓ	11430	3350	16800	10060
	$Q_{N,ges}$ in kW	710	210	1040	620
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
1000	V_A in ℓ	14290	4190	21000	12580
	$Q_{N,ges}$ in kW	880	260	1300	780
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8

Tabelle A5. Fußbodenheizung 55 °C/45 °C /
Table A5. Floor heating 55 °C/45 °C

V_N	p_{sv}	2,5 bar		3,0 bar	
	p_{st}	0,8 bar	1,3 bar	0,8 bar	1,3 bar
	p_0	1,0 bar	1,5 bar	1,0 bar	1,5 bar
8	V_A in ℓ	75		130	48
	p_a in bar	1,5		1,5	2,1
12	V_A in ℓ	110		190	70
	p_a in bar	1,5		1,5	2,1
18	V_A in ℓ	210		330	150
	p_a in bar	1,4		1,4	2,0
25	V_A in ℓ	360	80	520	290
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
35	V_A in ℓ	500	150	730	440
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
50	V_A in ℓ	710	210	1050	630
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
80	V_A in ℓ	1140	340	1680	1010
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
100	V_A in ℓ	1430	420	2100	1260
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
140	V_A in ℓ	2000	590	2940	1760
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
200	V_A in ℓ	2860	840	4200	2520
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
250	V_A in ℓ	3570	1050	5250	3140
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
300	V_A in ℓ	4290	1260	6300	3770
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
400	V_A in ℓ	5720	1680	8400	5030
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
500	V_A in ℓ	7140	2100	10500	6290
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
600	V_A in ℓ	8570	2520	12600	7550
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
800	V_A in ℓ	11430	3350	16800	10060
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8
1000	V_A in ℓ	14290	4190	21000	12580
	p_a in bar	1,3	1,8	1,3	1,8

Für alle anderen Parameter der Anlagen muss gerechnet werden.

Tabelle A6. Fußbodenheizung 35 °C/28 °C /
Table A6. Floor heating 35 °C/28 °C

V_N	p_{sv}	2,5 bar		3,0 bar	
	p_{st}	0,8 bar	1,3 bar	0,8 bar	1,3 bar
	p_0	1,0 bar	1,5 bar	1,0 bar	1,5 bar
8	V_A in ℓ	180		300	110
	p_a in bar	1,5		1,5	2,1
12	V_A in ℓ	270		460	170
	p_a in bar	1,5		1,5	2,1
18	V_A in ℓ	500		700	360
	p_a in bar	1,4		1,5	2,0
25	V_A in ℓ	760	190	970	650
	p_a in bar	1,4	1,8	1,5	1,9
35	V_A in ℓ	1060	350	1360	910
	p_a in bar	1,4	1,8	1,5	1,9
50	V_A in ℓ	1520	500	1950	1300
	p_a in bar	1,4	1,8	1,5	1,9
80	V_A in ℓ	2420	790	3120	2080
	p_a in bar	1,4	1,8	1,5	1,9
100	V_A in ℓ	3030	990	3900	2600
	p_a in bar	1,4	1,8	1,5	1,9
140	V_A in ℓ	4240	1390	5450	3640
	p_a in bar	1,4	1,8	1,5	1,9
200	V_A in ℓ	6060	1980	7790	5190
	p_a in bar	1,4	1,8	1,5	1,9
250	V_A in ℓ	7580	2480	9740	6490
	p_a in bar	1,4	1,8	1,5	1,9
300	V_A in ℓ	9090	2980	11690	7790
	p_a in bar	1,4	1,8	1,5	1,9
400	V_A in ℓ	12120	3970	15580	10390
	p_a in bar	1,4	1,8	1,5	1,9
500	V_A in ℓ	15150	4960	19480	12990
	p_a in bar	1,4	1,8	1,5	1,9
600	V_A in ℓ	18180	5950	23380	15580
	p_a in bar	1,4	1,8	1,5	1,9
800	V_A in ℓ	24240	7940	31170	20780
	p_a in bar	1,4	1,8	1,5	1,9
1000	V_A in ℓ	30300	9920	31740	25970
	p_a in bar	1,4	1,8	1,5	1,9

All other parameters of the systems must be calculated.

Anhang B Beispiele für Auslegungstemperaturen der Druckhaltung

Anlagenart	Temperaturen	t_{\max}	t_{\min}
Heizungsanlagen (Arbeitsmedium Wasser)		maximale Temperatur am Regler des Wärmeerzeugers ^{a)}	Fülltemperatur mit 10 °C
Heizungsanlagen (Arbeitsmedium Wasser-Glykol-Gemische)		maximale Temperatur am Regler des Wärmeerzeugers ^{a)}	Sicherheit des Gemischs gegen Erstarren, z.B. –15 °C
Kaltwasserkreisläufe (Arbeitsmedium Wasser) mit $t_V < t_F$ z.B. $t_V/t_R = 6\text{ °C}/12\text{ °C}$		maximale Temperatur, die die Anlage im Stillstand annehmen kann (im Allgemeinen 25 °C bis 30 °C)	minimale Temperatur am Regler des Kälteerzeugers
Kaltwasserkreisläufe (Arbeitsmedium Wasser-Glykol-Gemische) mit $t_V < t_F$		maximale Temperatur, die die Anlage im Stillstand annehmen kann	Sicherheit des Gemischs gegen Erstarren, z.B. –10 °C
Kaltwasserkreisläufe (Arbeitsmedium Wasser) mit $t_V > t_F$ z.B. $t_V/t_R = 12\text{ °C}/18\text{ °C}$		Temperatur, die die Anlage im Stillstand annehmen kann (im Allgemeinen 25 °C bis 30 °C)	Fülltemperatur mit 10 °C
Kühlwasserkreisläufe (Arbeitsmedium Wasser)		maximale Betriebs-/Stillstandstemperatur	minimale Stillstandstemperatur (z.B. 5 °C) oder Fülltemperatur mit 10 °C
Kühlwasserkreisläufe (Arbeitsmedium Wasser-Glykol-Gemische)		maximale Betriebs-/Stillstandstemperatur	Sicherheit des Gemischs gegen Erstarren, z.B. –15 °C
Solarthermische Anlagen (Arbeitsmedium Wasser-Glykol-Gemische)		Temperatur, bis zu der Verdampfung unterbunden werden soll	Sicherheit des Gemischs gegen Erstarren, z.B. –20 °C
Wärmequellenkreisläufe Wärmepumpen		maximale Betriebs-/Stillstandstemperatur	Sicherheit des Gemischs gegen Erstarren, z.B. –15 °C

^{a)} Liegt die Auslegungsvorlauftemperatur unter der maximalen Temperatur am Regler des Wärmeerzeugers, so kann diese zur Auslegung heran gezogen werden. Es muss sichergestellt sein, dass die Auslegungsvorlauftemperatur auch durch nutzerseitige Eingriffe nicht überschritten wird.

Annex B Examples of design temperatures of the pressure maintenance system

Temperatures Type of system	t_{\max}	t_{\min}
Heating systems (Working fluid water)	maximum temperature at controller of heat generator ^{a)}	fill temperature 10 °C
Heating systems (Working fluid water/glycol mixtures)	maximum temperature at controller of heat generator ^{a)}	protection of mixture against solidification, e.g. –15 °C
Chilled-water circuits (Working fluid water) with $t_V < t_F$ where $t_V/t_R = 6\text{ °C}/12\text{ °C}$	maximum temperature that the system can reach at standstill (usually 25 °C to 30 °C)	minimum temperature at controller of chiller
Chilled-water circuits (Working fluid water/glycol mixtures) $t_V < t_F$	maximum temperature that the system can reach at standstill	protection of mixture against solidification, e.g. –10 °C
Chilled-water circuits (Working fluid water) with $t_V > t_F$ where $t_V/t_R = 12\text{ °C}/18\text{ °C}$	temperature that the system can reach at standstill (usually 25 °C to 30 °C)	fill temperature 10 °C
Cooling-water circuits (Working fluid water)	maximum operating/standstill temperature	minimum standstill temperature (e.g. 5 °C) or fill temperature 10 °C
Cooling-water circuits (Working fluid water/glycol mixtures)	maximum operating/standstill temperature	protection of mixture against solidification, e.g. –15 °C
Solar heating systems (Working fluid water/glycol mixtures)	temperature up to which evaporation is to be prevented	protection of mixture against solidification, e.g. –20 °C
Heat source circuits Heat pumps	maximum operating/standstill temperature	protection of mixture against solidification, e.g. –15 °C

^{a)} The design supply temperature may be used if it is less than the maximum temperature at the controller of the heat generator. Make sure that the design supply temperature is not exceeded, not even by user interventions.

Anhang C Dichte, Siededruck und Siedeüberdruck von Wasser für Temperaturen von 10 °C bis 200 °C /

Annex C Density, boiling pressure and boiling overpressure of water for temperatures between 10 °C and 200 °C

Tabelle C1. Dichte von Wasser für Temperaturen von 10 °C bis 100 °C /

Table C1. Density of water for temperatures between 10 °C and 100 °C

Temperatur in °C / Temperature in °C	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Druck bar _Ü / Pressure bar _Ü	Dichte / density in kg/m ³									
0	999,70	998,21	995,65	992,22	988,05	983,21	977,78	971,80	965,32	
1	999,75	998,25	995,70	992,27	988,09	983,25	977,82	971,85	965,36	958,40
2	999,80	998,30	995,74	992,31	988,13	983,30	977,87	971,89	965,41	958,45
3	999,84	998,34	995,78	992,35	988,18	983,34	977,91	971,94	965,46	958,49
4	999,89	998,39	995,83	992,40	988,22	983,38	977,95	971,98	965,50	958,54
5	999,94	998,43	995,87	992,44	988,26	983,43	978,00	972,03	965,55	958,59
6	999,99	998,48	995,92	992,49	988,31	983,47	978,04	972,07	965,59	958,63
7	1000,04	998,53	995,96	992,53	988,35	983,51	978,09	972,12	965,64	958,68
8	1000,08	998,57	996,01	992,57	988,39	983,56	978,13	972,16	965,68	958,73
9	1000,13	998,62	996,05	992,62	988,44	983,60	978,17	972,20	965,73	958,78
10	1000,18	998,66	996,10	992,66	988,48	983,65	978,22	972,25	965,77	958,82
11	1000,23	998,71	996,14	992,70	988,52	983,69	978,26	972,29	965,82	958,87
12	1000,27	998,75	996,18	992,75	988,57	983,73	978,31	972,34	965,87	958,92
13	1000,32	998,80	996,23	992,79	988,61	983,78	978,35	972,38	965,91	958,96
14	1000,37	998,84	996,27	992,84	988,65	983,82	978,39	972,43	965,96	959,01
15	1000,42	998,89	996,32	992,88	988,70	983,86	978,44	972,47	966,00	959,06

Tabelle C2. Dichte von Wasser für Temperaturen von 110 °C bis 200 °C /

Table C2. Density of water for temperatures between 110 °C and 200 °C

Temperatur in °C / Temperature in °C	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
Druck bar _Ü / Pressure bar _Ü	Dichte / density in kg/m ³									
0										
1	950,98	943,11								
2	951,03	943,16	934,85							
3	951,07	943,21	934,90	926,15						
4	951,12	943,26	934,95	926,21	917,02					
5	951,17	943,31	935,00	926,26	917,08					
6	951,22	943,36	935,06	926,32	917,13	907,50				
7	951,27	943,41	935,11	926,37	917,19	907,56	897,46			
8	951,31	943,46	935,16	926,42	917,25	907,62	897,52			
9	951,36	943,51	935,21	926,48	917,30	907,68	897,59			
10	951,41	943,56	935,26	926,53	917,36	907,74	897,65	887,07		
11	951,46	943,61	935,31	926,59	917,42	907,80	897,71	887,14		
12	951,51	943,66	935,37	926,64	917,47	907,86	897,78	887,20	876,12	
13	951,56	943,71	935,42	926,69	917,53	907,92	897,84	887,27	876,19	
14	951,60	943,76	935,47	926,75	917,59	907,98	897,90	887,34	876,26	
15	951,65	943,81	935,52	926,80	917,64	908,04	897,96	887,40	876,33	864,70

Tabelle C3. Siededruck und Siedeüberdruck von Wasser für Temperaturen von 10 °C bis 200 °C

Temperatur	°C	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Siededruck	bar	0,012	0,023	0,042	0,074	0,124	0,199	0,312	0,474	0,702	1,014
Siedeüberdruck	bar _Ü	–0,988	–0,977	–0,958	–0,926	–0,876	–0,801	–0,688	–0,526	–0,298	0,014

Temperatur	°C	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
Siededruck	bar	1,434	1,987	2,703	3,615	4,761	6,181	7,921	10,026	12,550	15,547
Siedeüberdruck	bar _Ü	0,434	0,987	1,703	2,615	3,761	5,181	6,921	9,026	11,550	14,547

Table C3. Boiling pressure and boiling overpressure of water for temperatures between 10 °C and 200 °C

Temperature	°C	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Boiling pressure	bar	0,012	0,023	0,042	0,074	0,124	0,199	0,312	0,474	0,702	1,014
Boiling overpressure	bar _Ü	–0,988	–0,977	–0,958	–0,926	–0,876	–0,801	–0,688	–0,526	–0,298	0,014

Temperature	°C	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
Boiling pressure	bar	1,434	1,987	2,703	3,615	4,761	6,181	7,921	10,026	12,550	15,547
Boiling overpressure	bar _Ü	0,434	0,987	1,703	2,615	3,761	5,181	6,921	9,026	11,550	14,547

Anhang D Ausdehnungsfaktor für Wasser bezogen auf eine Temperatur von 10 °C

Temperatur in °C	Ausdehnungsfaktor n
20	0,0014
30	0,004
40	0,0075
50	0,0117
60	0,0167
70	0,0224
80	0,0286
90	0,0355
100	0,0431
105	0,0471
110	0,0512
115	0,0556
120	0,0599

Annex D Expansion factor for water, referred to a temperature of 10 °C

Temperature in °C	Expansion factor n
20	0,0014
30	0,004
40	0,0075
50	0,0117
60	0,0167
70	0,0224
80	0,0286
90	0,0355
100	0,0431
105	0,0471
110	0,0512
115	0,0556
120	0,0599

Anhang E Vereinfachtes Verfahren zur Ermittlung des Fülldrucks im Betrieb bei Anlagen mit MAG

Zur Aufstellung eines Temperatur-Druck-Schaubilds gibt es neben den anlagenkonkreten Verfahren nach Gleichung (20) und Gleichung (21) folgende Methoden zur vereinfachten Ermittlung:

Variante a:

Konstruktion einer einfachen Gerade, die in einem p - t -Diagramm die Punkte $(p_{a,min}, t_{min})$ und $(p_{e,max}, t_{max})$ verbindet.

Variante b:

Anwendung einer anlagenunabhängigen Regression, die vor allem den Dichteinfluss berücksichtigt und ebenfalls die Punkte $(p_{a,min}, t_{min})$ und $(p_{e,max}, t_{max})$ verbindet.

$$p_F(t) = \frac{p_a + 1}{1 - \left[\frac{\rho_{t,min}}{\rho_t} - 1 \right] \cdot \frac{1 - \frac{(p_{a,min} + 1)}{(p_{e,max} + 1)}}{\frac{\rho_{t,min}}{\rho_{t,max}} - 1}} - 1 \quad (E1)$$

Immer ist die Kenntnis der anlagenkonkreten Druckgrenzen $p_{a,min}$ und $p_{e,max}$ sowie der Temperaturen t_{max} und t_{min} erforderlich. Variante b erfordert überdies die Kenntnis der Dichte.

Wie Bild E1 zeigt, gehen beide Vereinfachungen davon aus, dass bei maximaler Anlagentemperatur der maximale Enddruck $p_{e,max}$ tatsächlich erreicht wird. In praxi ist dies nur sehr selten der Fall, sodass sowohl bei Variante a als auch bei Variante b ein zu hoher Druck eingestellt wird. Die Abweichung von Variante b ist jedoch deutlich geringer.

Anmerkung: Die gegebenenfalls etwas zu hohen Anlagendrucke nach Variante a und Variante b werden bei Betriebstemperaturen im Bereich von t_{max} durch kurzzeitiges Ansprechen des Sicherheitsventils abgebaut.

Im Folgenden sind für Anlagen mit Wasser für $t_{min} = 10^\circ\text{C}$ sowie $\Delta p_z = 0,5$ bar ausgewählte Druck-Temperatur-Schaubilder nach Variante b dargestellt.

Beispiel

In einer Anlage mit $H_{st} = 10$ m und $t_{max} = 70^\circ\text{C}$ beträgt die aktuelle Betriebstemperatur 60°C , und die Anlage ist mit einem Sicherheitsventil mit $p_{SV} = 4,5$ bar ausgerüstet. $p_{a,min}$ und $p_{e,max}$ berechnen sich wie folgt:

$$p_{a,min} = H_{st}/10 + \Delta p_z = 1,0 \text{ bar}_U + 0,5 \text{ bar} = 1,5 \text{ bar}_U$$

$$p_{e,max} = p_{SV} - \Delta p_z = 4,5 \text{ bar}_U - 0,5 \text{ bar} = 4,0 \text{ bar}_U$$

Liegt bei der Kontrolle der Anlagendruck am Referenzpunkt der Druckhaltung zwischen $p_{a,min}$ und $3,0 \text{ bar}_U$, so ist durch Nachspeisung von Ergänzungswasser auf $3,0 \text{ bar}_U$ aufzufüllen. Wird ein Druck deutlich über $3,0 \text{ bar}_U$ bzw. unterhalb von $p_{a,min}$, angezeigt, so ist das MAG zu prüfen.

Annex E Simplified method for determining the fill pressure in operation for systems with MEV

In addition to the system-specific procedures according to Equation (20) and Equation (21), the following simplified methods are available for drawing a temperature/pressure chart:

Variant a:

Construction of a simple straight line interconnecting the points $(p_{a,min}, t_{min})$ and $(p_{e,max}, t_{max})$ in a p - t chart.

Variant b:

Application of a system-independent regression curve that takes into account particularly the density effect and also interconnects the points $(p_{a,min}, t_{min})$ and $(p_{e,max}, t_{max})$.

$$p_F(t) = \frac{p_a + 1}{1 - \left[\frac{\rho_{t,min}}{\rho_t} - 1 \right] \cdot \frac{1 - \frac{(p_{a,min} + 1)}{(p_{e,max} + 1)}}{\frac{\rho_{t,min}}{\rho_{t,max}} - 1}} - 1 \quad (E1)$$

The system-specific pressure limits $p_{a,min}$ and $p_{e,max}$ and the temperatures t_{max} and t_{min} must always be known. Moreover, variant b requires the density to be known.

As can be seen from Figure E1, both simplifications are based on the assumption that at maximum system temperature, the maximum final pressure $p_{e,max}$ is actually reached. In practice, this is but very rarely the case, so that the pressure will be set too high in both variant a and variant b. However, the deviation is far less with variant b.

Note: Any slightly excessive system pressures according to variant a and variant b are relieved at operating temperatures in the range of t_{max} by short activation of the safety valve.

A selection of pressure/temperature charts according to variant b is shown below for systems with water where $t_{min} = 10^\circ\text{C}$ and $\Delta p_z = 0,5$ bar.

Example

In a system where $H_{st} = 10$ m and $t_{max} = 70^\circ\text{C}$, the current operating temperature is 60°C , and the system is equipped with a safety valve set to $p_{SV} = 4,5$ bar. $p_{a,min}$ and $p_{e,max}$ are calculated as follows:

$$p_{a,min} = H_{st}/10 + \Delta p_z = 1,0 \text{ bar}_U + 0,5 \text{ bar} = 1,5 \text{ bar}_U$$

$$p_{e,max} = p_{SV} - \Delta p_z = 4,5 \text{ bar}_U - 0,5 \text{ bar} = 4,0 \text{ bar}_U$$

If the system pressure at the reference point of the pressure maintenance system is found to lie between $p_{a,min}$ and $3,0 \text{ bar}_U$ during checks, make-up water shall be added until $3,0 \text{ bar}_U$ is reached. If a pressure considerably above $3,0 \text{ bar}_U$ or below $p_{a,min}$, is indicated, the MEV must be checked.

Figure E2. Simplified p - t chart where $t_{\max} = 70^\circ\text{C}$, $H_{\text{st}} = 10\text{ m}$ and $p_{\text{sy}} = (2, 5 \dots 6, 0)\text{ bar}$

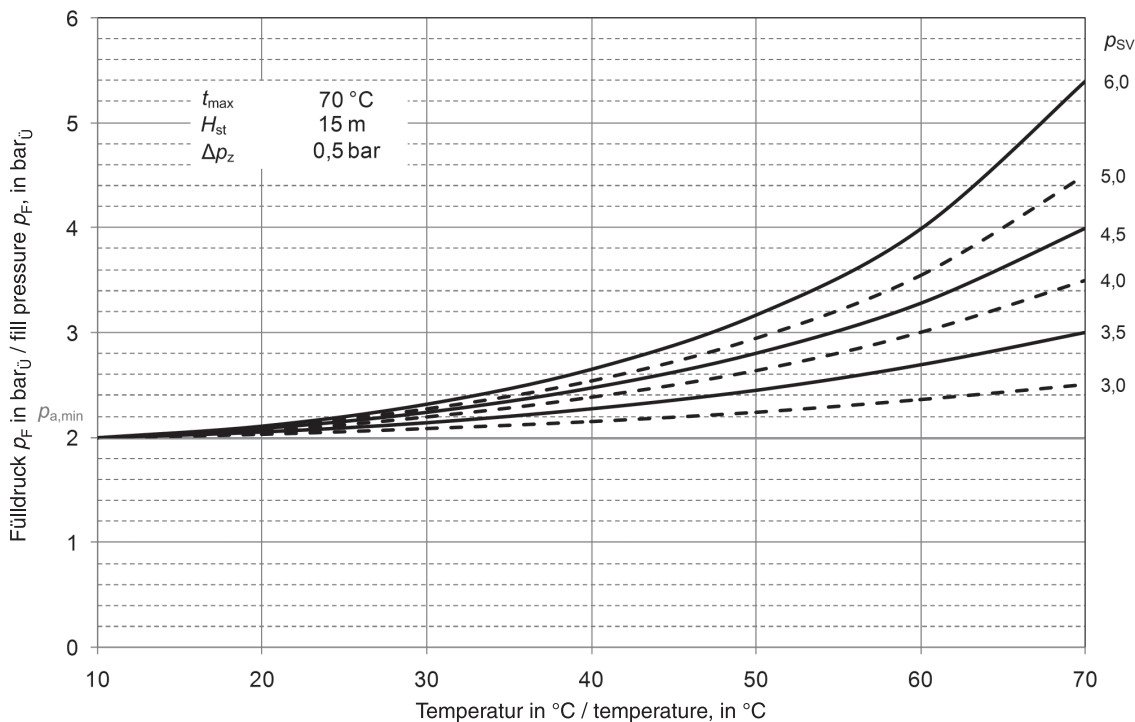


Bild E3. Vereinfachtes p - t -Schaubild für $t_{\max} = 70\text{ }^\circ\text{C}$, $H_{\text{st}} = 15\text{ m}$ und $p_{\text{SV}} = (3,0 \dots 6,0)\text{ bar}$

Figure E3. Simplified p - t chart where $t_{\max} = 70\text{ }^\circ\text{C}$, $H_{\text{st}} = 15\text{ m}$ and $p_{\text{SV}} = (3,0 \dots 6,0)\text{ bar}$

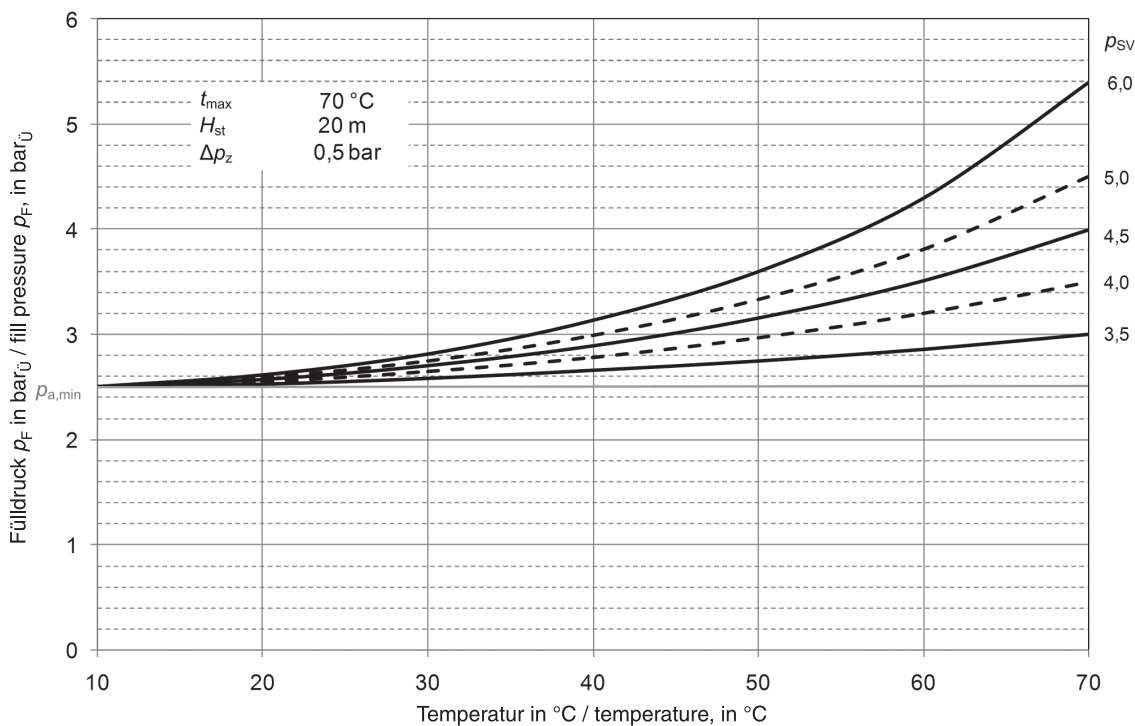


Bild E4. Vereinfachtes p - t -Schaubild für $t_{\max} = 70\text{ }^\circ\text{C}$, $H_{\text{st}} = 20\text{ m}$ und $p_{\text{SV}} = (3,5 \dots 6,0)\text{ bar}$

Figure E4. Simplified p - t chart where $t_{\max} = 70\text{ }^\circ\text{C}$, $H_{\text{st}} = 20\text{ m}$ and $p_{\text{SV}} = (3,5 \dots 6,0)\text{ bar}$

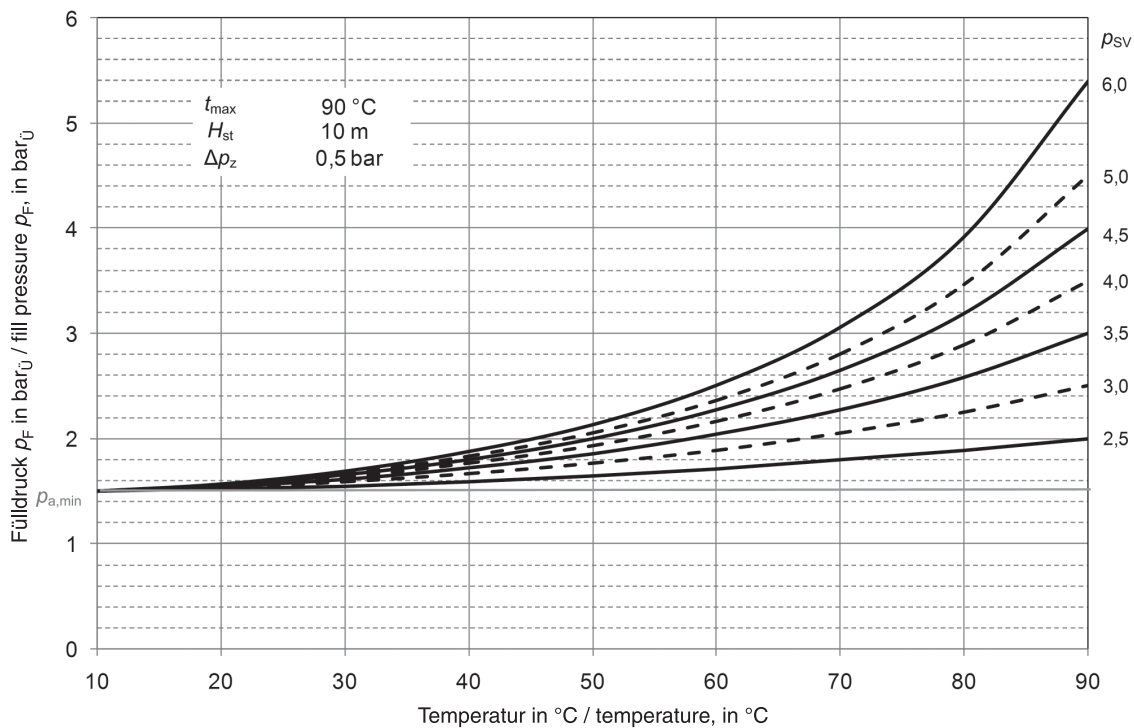


Bild E5. Vereinfachtes p - t -Schaubild für $t_{\max} = 90$ °C, $H_{\text{st}} = 10$ m und $p_{\text{SV}} = (2,5 \dots 6,0)$ bar

Figure E5. Simplified p - t chart where $t_{\max} = 90$ °C, $H_{\text{st}} = 10$ m and $p_{\text{SV}} = (2,5 \dots 6,0)$ bar

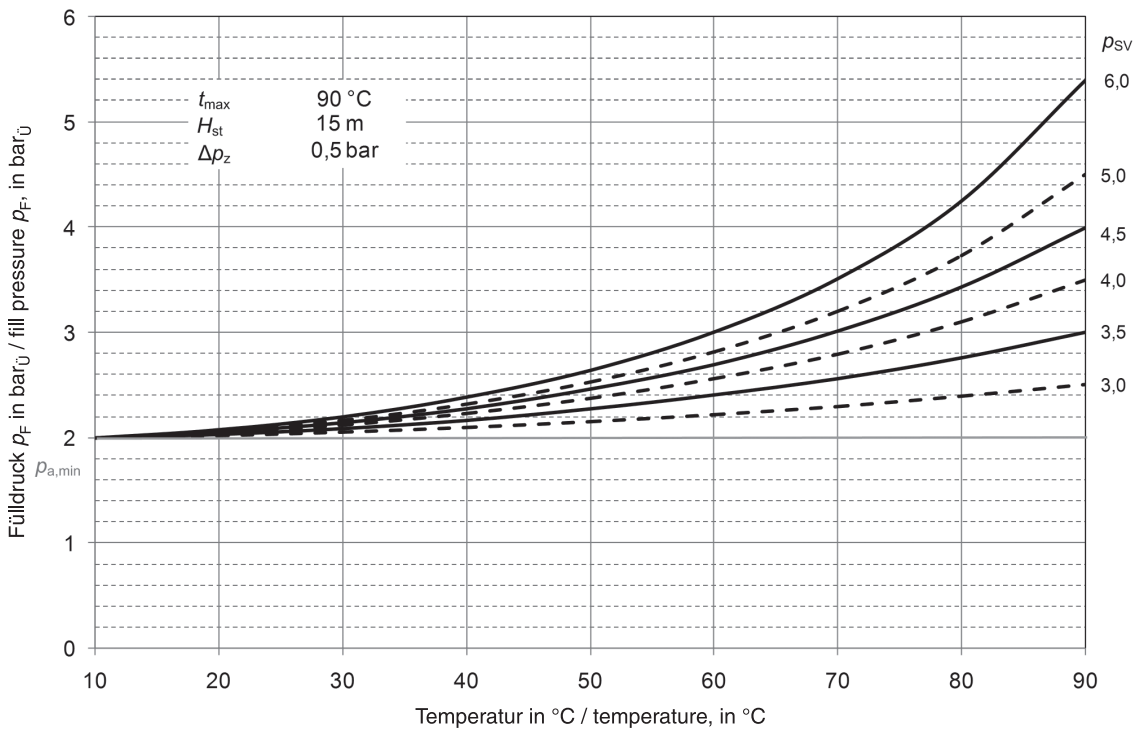


Bild E6. Vereinfachtes p - t -Schaubild für $t_{\max} = 90$ °C, $H_{\text{st}} = 15$ m und $p_{\text{SV}} = (3,0 \dots 6,0)$ bar

Figure E6. Simplified p - t chart where $t_{\max} = 90$ °C, $H_{\text{st}} = 15$ m and $p_{\text{SV}} = (3,0 \dots 6,0)$ bar

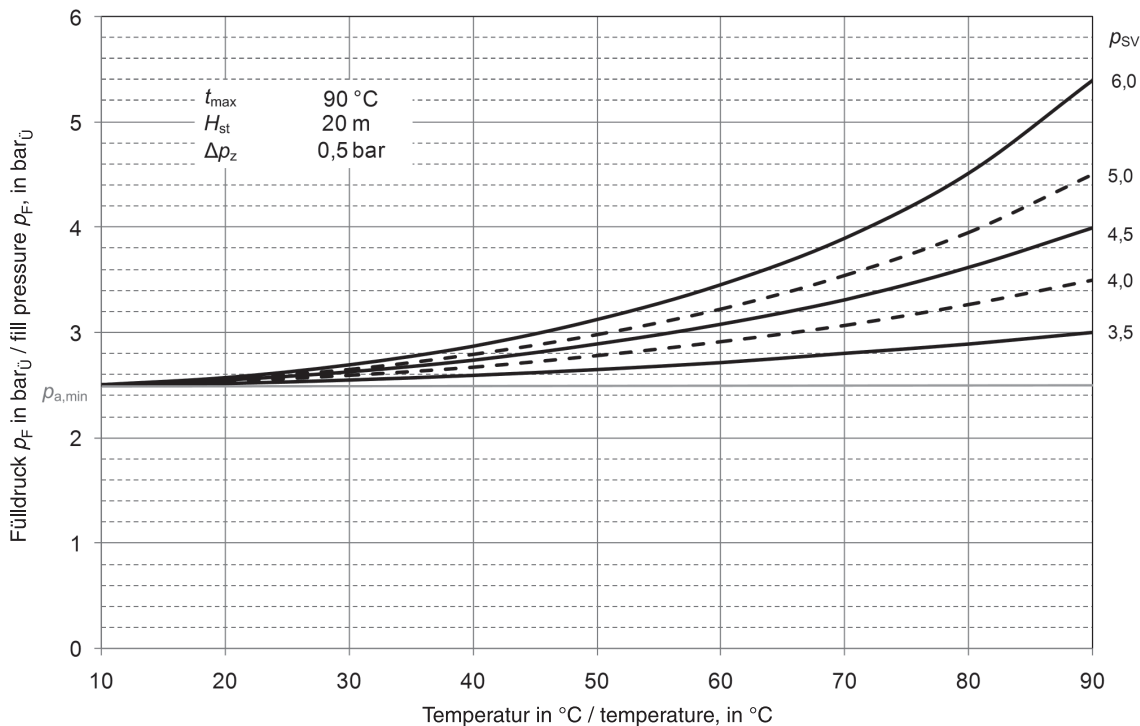


Bild E7. Vereinfachtes p - t -Schaubild für $t_{max} = 90\text{ °C}$, $H_{st} = 20\text{ m}$ und $p_{sv} = (3,5...6,0)\text{ bar}$

Figure E7. Simplified p - t chart where $t_{max} = 90\text{ °C}$, $H_{st} = 20\text{ m}$ and $p_{sv} = (3,5...6,0)\text{ bar}$

Anhang F Vereinfachtes Verfahren zur Ermittlung des Füllstands von Ausdehnungsgefäßen von Pumpen- und Kompressordruckhaltungen im Betrieb

Zur Kontrolle von Ausdehnungsgefäßen im Betrieb kann der Füllgrad x nach der vereinfachten Beziehung ermittelt werden:

$$x(t) = x_a + \frac{n(t)}{n_{\max}} \cdot (\eta_G - x_a) \quad (\text{F1})$$

mit

$$n_{\max} = 1 - \frac{\rho_{t,\max}}{\rho_{t,\min}} \quad (\text{F2})$$

Dabei ist

x_a Anfangsfüllgrad

$$x_a \geq x_{\min} = \left(\frac{n_V}{n_V + n_{\max}} \right) \cdot \eta_G \quad (\text{F3})$$

Aus Bild F1 sind die Grenzwerte x_{\min} für Wasser mit 10 °C Fülltemperatur in Abhängigkeit von der maximalen Anlagentemperatur t_{\max} für zwei typische Gefäßnutzungsgrade zu entnehmen.

In der Praxis wird häufig ein über dem Grenzwert x_{\min} liegender Anfangsfüllgrad x_a der Ausdehnungsgefäße (oft auch als Mindestfüllstand bezeichnet) gewählt.

Aus Bild F2 ist der Verlauf des Füllstands in Abhängigkeit von der Betriebstemperatur für ausgewählte x_a zu entnehmen. Die Bedingung $x_a > x_{\min}$ ist erfüllt.

Annex F Simplified method for determining the level in operation for expansion vessels of pump- and compressor-controlled pressure maintenance systems

For checking expansion vessels in operation, the filling degree x can be determined using the simplified relation:

$$x(t) = x_a + \frac{n(t)}{n_{\max}} \cdot (\eta_G - x_a) \quad (\text{F1})$$

with

$$n_{\max} = 1 - \frac{\rho_{t,\max}}{\rho_{t,\min}} \quad (\text{F2})$$

where

x_a initial filling degree

$$x_a \geq x_{\min} = \left(\frac{n_V}{n_V + n_{\max}} \right) \cdot \eta_G \quad (\text{F3})$$

Figure F1 shows the limits x_{\min} for water having 10 °C fill temperature as a function of the maximum system temperature t_{\max} for two typical vessel efficiencies.

In practice, the initial filling degree x_a of the expansion vessels (often also called minimum level) is frequently chosen to lie above the limit x_{\min} .

Figure F2 shows the characteristic curve of the level as a function of the operating temperature for selected values of x_a . The condition $x_a > x_{\min}$ is fulfilled.

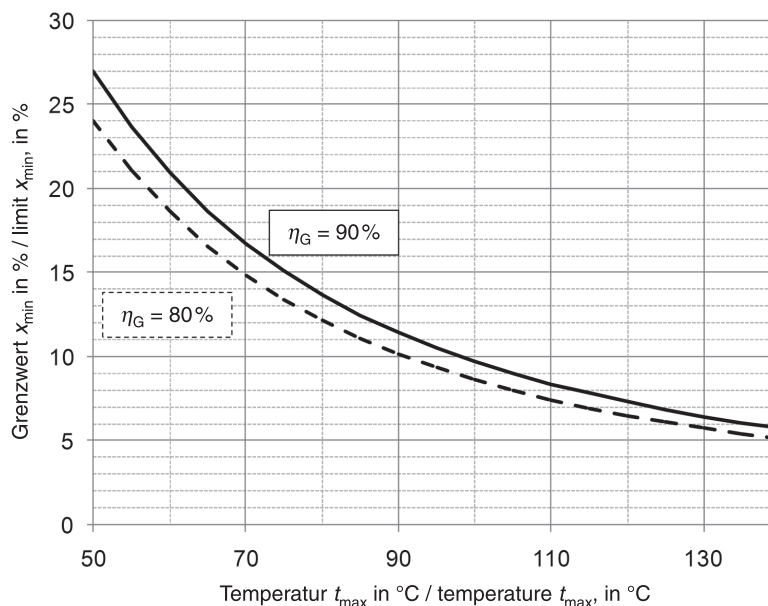


Bild F1. Grenzwert x_{\min} für Wasser ($t_{\min} = 10$ °C)

Figure F1. Limit x_{\min} for water ($t_{\min} = 10$ °C)

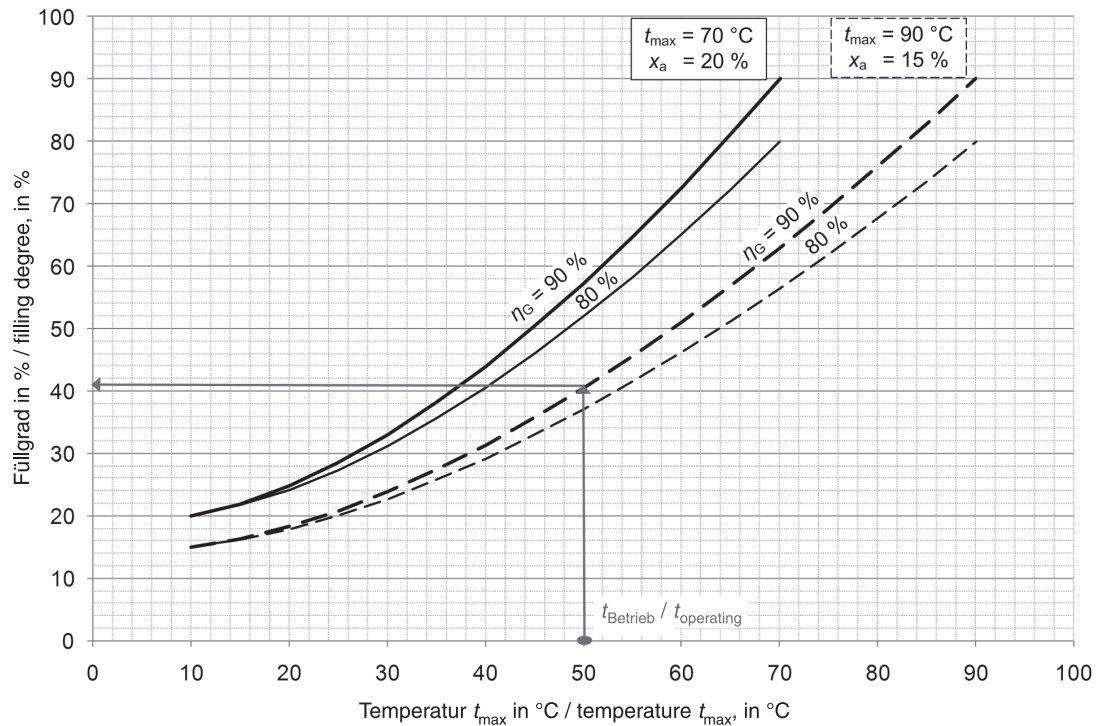


Bild F2. Füllgrad x für $t_{\max} = 70\text{ °C}$ und $t_{\max} = 90\text{ °C}$ und ausgewählte x_a

Figure F2. Filling degree x for $t_{\max} = 70\text{ °C}$ and $t_{\max} = 90\text{ °C}$ and selected values of x_a

Beispiel

In einer Heizungsanlage mit $t_{\max} = 90\text{ °C}$ beträgt die aktuelle Betriebstemperatur 50 °C . Der Gefäßnutzungsgrad wurde vom Hersteller mit $\eta_G = 90\%$ und x_a mit 15% angegeben. Aus Bild F2 ist ein notwendiger Füllgrad von 41% abzulesen.

Example

In a heating system where $t_{\max} = 90\text{ °C}$ the current operating temperature is 50 °C . The manufacturer has stated the vessel efficiency to be $\eta_G = 90\%$ and $x_a = 15\%$. A required filling degree of 41% is read from Figure F2.

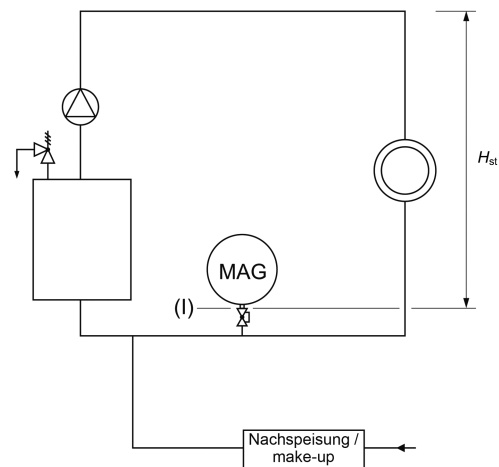
Anhang G Installationsbeispiele**G1 Membran-Druckausdehnungsgefäß (MAG)****Annex G Installation examples****G1 Membrane expansion vessel (MEV)**

Bild G1. MAG in Einkesselanlage mit automatischer Nachspeiseeinrichtung

Figure G1. MEV in single-boiler plant with automatic make-up unit

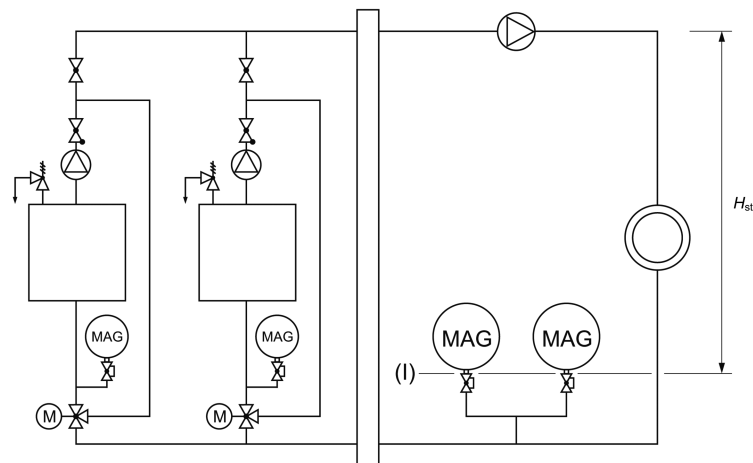


Bild G2. MAG in Mehrkesselanlage als Einzel- und Systemabsicherung

Figure G2. MEVs in multiple-boiler plant for individual boiler protection and system protection

G2 Pumpendruckhaltung

G2 Pump-controlled pressure maintenance system

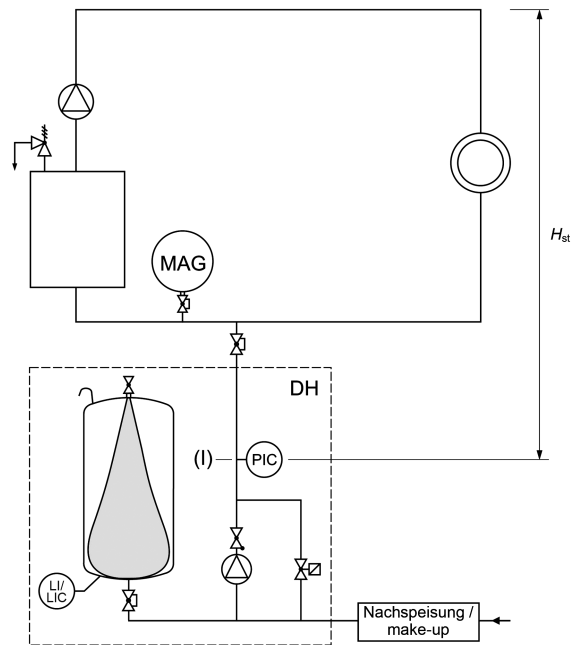


Bild G3. Einpumpensystem mit Entgasung, Nachspeisung und MAG als Steuergefäß

Figure G3. Single-pump plant with deaerator, make-up unit and MEV as control vessel

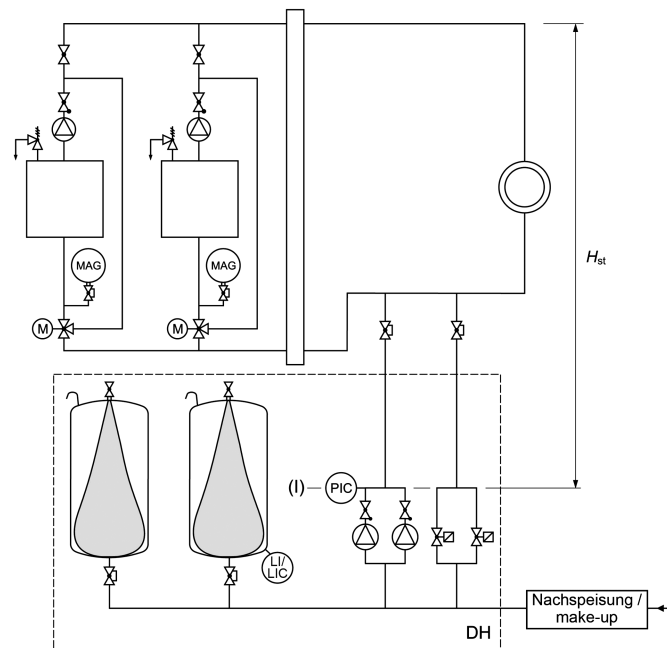


Bild G4. Zweipumpensystem, Nachspeisung und MAG als Kesselabsicherung in Mehrkesselanlage mit hydraulischer Weiche

Figure G4. Dual pump system, make-up unit and MEVs for individual boiler protection in multiple-boiler plant with hydraulic switch

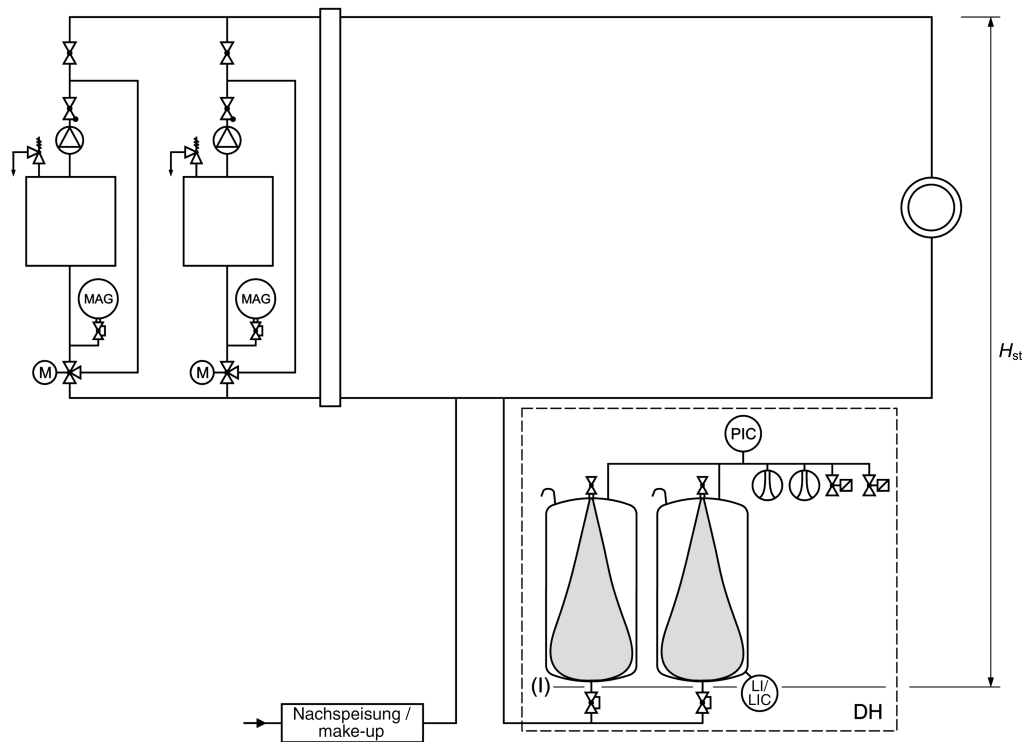
G3 Kompressor-/Fremdluftdruckhaltung**G3 Pressure maintenance system controlled by compressor/external air**

Bild G5. Kompressordruckhaltung, Nachspeisung und MAG als Kesseleinzelsicherung in Mehrkesselanlage mit hydraulischer Weiche

Figure G5. Compressor-controlled pressure maintenance system, make-up unit and MEVs for individual boiler protection in multiple-boiler plant with hydraulic switch

Anhang H Heizleistungsspezifischer Ausgleichsvolumenstrom nach [2; 3]

Der heizleistungsspezifische Ausgleichsvolumenstrom f_V kann bei $t_{\max} \geq 50^\circ\text{C}$ vereinfacht berechnet werden nach:

$$f_V = \frac{v(t_{\max}) - v(t_{\max} - \Delta t)}{c_p(t_m) \cdot \Delta t} \quad (\text{H1})$$

mit

$$t_m = t_{\max} - 0,5 \cdot \Delta t \quad (\text{H2})$$

Dabei ist

Δt Temperaturdifferenz um die der Wärmeerzeuger die Vorlauftemperatur des Anlagenwassers bei Lastwechselvorgängen in einem Durchlauf aufwärmt bzw. abkühlt.

v spezifisches Volumen des Anlagenwassers

c_p spezifische Wärmekapazität des Heizwassers

t_{\max} maximale Anlagentemperatur

Die Untersuchungen in [2; 3] zeigen auf, dass der höchste Ausgleichsvolumenstrom und damit Faktor f_V bei niedrigen Δt im Bereich der maximalen Anlagentemperatur t_{\max} zu erwarten sind. Im Bereich $t_{\max} < 50^\circ\text{C}$ beeinflussen dynamische hydraulische Effekte den erforderlichen Ausgleichsvolumenstrom stärker als die thermisch bedingten Expansions- und Kontraktionsvorgänge. Deshalb soll f_V nie geringer als $f_V = f_V(t_{\max} = 50^\circ\text{C})$ gewählt werden.

Beispiel

Eine Heizungsanlage ist im Auslegungsfall für Vorlauf-/Rücklauf-Temperaturen $90^\circ\text{C}/70^\circ\text{C}$ ausgelegt.

Nach einer Vorlauftemperaturabsenkung auf 75°C soll wieder auf die maximale Anlagentemperatur von 90°C aufgeheizt werden. Ausgehend von $t_{\max} = 90^\circ\text{C}$ und einer Aufwärmung des Anlagenwassers in einem Umlauf um $\Delta t = 90^\circ\text{C} - 75^\circ\text{C} = 15\text{ K}$ ist aus Bild H1 $f_V = 0,58$ abzulesen.

Annex H Heating-output-specific compensation volume flow as per [2; 3]

The calculation of the heating-output-specific compensation volume flow f_V at $t_{\max} \geq 50^\circ\text{C}$ can be simplified as follows:

$$f_V = \frac{v(t_{\max}) - v(t_{\max} - \Delta t)}{c_p(t_m) \cdot \Delta t} \quad (\text{H1})$$

with

$$t_m = t_{\max} - 0,5 \cdot \Delta t \quad (\text{H2})$$

where

Δt temperature difference by which the heat generator heats up, or cools down, the supply temperature of system water during load cycles in one pass.

v specific volume of system water

c_p specific heat capacity of heating water

t_{\max} maximum system temperature

The investigations in [2; 3] show that the highest compensation volume flow and thus factor f_V are to be expected at small Δt in the range of the maximum system temperature t_{\max} . In the range of $t_{\max} < 50^\circ\text{C}$, dynamic hydraulic effects have a stronger impact on the required compensation volume flow than the thermally induced expansion and contraction processes. Therefore, f_V should never be chosen to be less than $f_V = f_V(t_{\max} = 50^\circ\text{C})$.

Example

A heating system has been designed for supply/return temperatures of $90^\circ\text{C}/70^\circ\text{C}$.

Following a reduction of the supply temperature to 75°C , the system water is to be heated again to the maximum system temperature of 90°C . Based on $t_{\max} = 90^\circ\text{C}$ and on the system water being heated in one pass by $\Delta t = 90^\circ\text{C} - 75^\circ\text{C} = 15\text{ K}$, $f_V = 0,58$ is read from Figure H1.

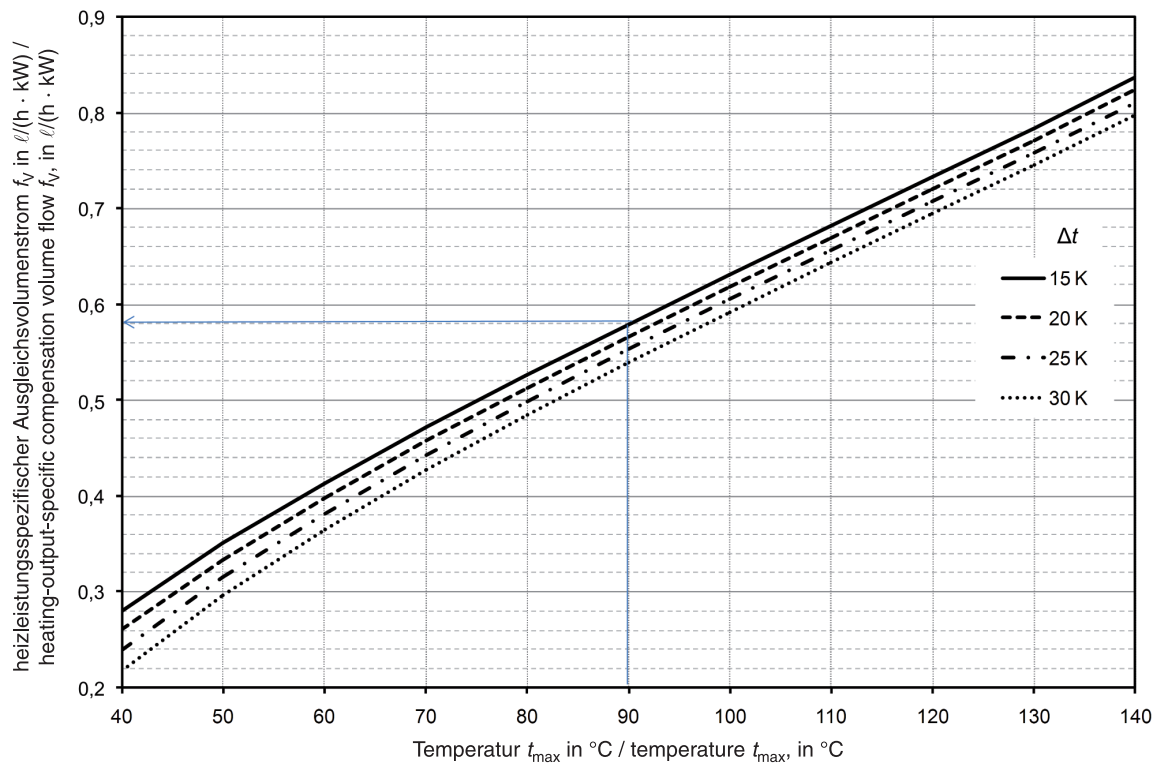


Bild H1. Heizleistungsspezifischer Ausgleichsvolumenstrom f_v

Figure H1. Heating-output-specific compensation volume flow f_v

Schrifttum / Bibliography

Gesetze, Verordnungen, Verwaltungsvorschriften / Acts, ordinances, administrative regulations

Richtlinie **97/23/EG** des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. Mai 1997 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Druckgeräte (Directive 97/23/EC of the European Parliament and of the Council of 29 May 1997 on the approximation of the laws of the Member States concerning pressure equipment), ABI EG, 1997, Nr. L 181, S. 1–55

Richtlinie **2004/108/EG** des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. Dezember 2004 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die elektromagnetische Verträglichkeit und zur Aufhebung der Richtlinie 89/336/EWG (Directive 2004/108/EC of the European Parliament and of the Council of 15 December 2004 on the approximation of the laws of the Member States relating to electromagnetic compatibility and repealing Directive 89/336/EEC), ABI EU, 2004, Nr. L 390, S. 24–37

Richtlinie **2006/42/EG** des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (Neufassung) – Maschinenrichtlinie (Directive 2006/42/EC of the European Parliament and of the Council of 17 May 2006 on machinery, and amending Directive 95/16/EC (recast) – Machinery Directive), ABI EU, 2006, Nr. L 157, S. 24–86

Richtlinie **2006/95/EG** des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Dezember 2006 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten betreffend elektrische Betriebsmittel zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen (Directive 2006/95/EC of the European Parliament and of the Council of 12 December 2006 on the harmonisation of the laws of Member States relating to electrical equipment designed for use within certain voltage limits), ABI EU, 2006, Nr. 374, S. 10–19

Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes (Betriebssicherheitsverordnung – **BetrSichV**) vom 27. September 2002 (BGBl I, 2002, Nr. 70, S. 3777–3816)

Technische Regeln / Technical rules

AGFW FW 442:2010-06 (Entwurf / Draft) Druckhaltung in Heizwasser-Fernwärmenetzen (Pressure stabilization in heating water networks). Frankfurt/Main: AGFW-Projektgesellschaft

AGFW FW 510:2011-06 Anforderungen an das Kreislaufwasser von Industrie- und Fernwärmeheizanlagen sowie Hinweise für deren Betrieb (Requirements for circulation water in industrial and district heating systems and recommendations for their operation). Frankfurt/Main: AGFW-Projektgesellschaft

AGFW FW 519:2008-07 Sicherheitstechnische Ausrüstung von Unterstationen, Hausstationen und Hausanlagen zum indirekten Anschluss an Dampf-Fernwärmenetze (Safety requirements for domestic substations, stations and domestic systems to be connected indirectly to steam district heating networks). Frankfurt/Main: AGFW-Projektgesellschaft

DIN 4741-1:1984-08 Raumluftheizanlagen; Rohre aus Polypropylen (PP); Berechnung der Mindestwanddicken (Ventilation plants; polypropylene (PP) pipes; Calculation of the minimum wall thickness). Berlin: Beuth Verlag

DIN 4757-2:1980-11 Sonnenheizungsanlagen mit organischen Wärmeträgern; Anforderungen an die sicherheitstechnische Ausführung (Solar heating plants operating on organic heat transfer media; Requirements relating to safe design and construction). Berlin: Beuth Verlag

DIN 4807-1:1991-05 Ausdehnungsgefäße; Begriffe, gesetzliche Bestimmungen; Prüfung und Kennzeichnung (Expansion vessels; Terminology, relevant legal regulations; Testing and marking). Berlin: Beuth Verlag

DIN EN 1717:2011-08 Schutz des Trinkwassers vor Verunreinigungen in Trinkwasser-Installationen und allgemeine Anforderungen an Sicherungseinrichtungen zur Verhütung von Trinkwasser-

verunreinigungen durch Rückfließen; Deutsche Fassung EN 1717:2000; Technische Regel des DVGW (Protection against pollution of potable water installations and general requirements of devices to prevent pollution by backflow; German version EN 1717:2000; Technical rule of the DVGW). Berlin: Beuth Verlag

DIN EN 12828:2011-03 (Entwurf / Draft) Heizungsanlagen in Gebäuden; Planung von Warmwasser-Heizungsanlagen; Deutsche Fassung prEN 12828:2011 (Heating systems in buildings; Design for water-based heating systems; German version prEN 12828:2011). Berlin: Beuth Verlag

DIN EN 12828:2003-06 Heizungssysteme in Gebäuden; Planung von Warmwasser-Heizungsanlagen; Deutsche Fassung EN 12828:2003 (Heating systems in buildings; Design of water-based heating systems; German version EN 12828:2003). Berlin: Beuth Verlag

DIN EN 12952-7:2010-06 (Entwurf / Draft) Wasserröhrenkessel und Anlagenkomponenten; Teil 7: Anforderungen an die Ausrüstung für den Kessel; Deutsche Fassung prEN 12952-7:2010 (Water-tube boilers and auxiliary installations; Part 7: Requirements for equipment for the boiler; German version prEN 12952-7:2010). Berlin: Beuth Verlag

DIN EN 12952-7:2002-09 Wasserröhrenkessel und Anlagenkomponenten; Teil 7: Anforderungen an die Ausrüstung für den Kessel; Deutsche Fassung EN 12952-7:2002 (Water tube boilers and auxiliary installations; Part 7: Requirements for equipment for the boiler; German version EN 12952-7:2002). Berlin: Beuth Verlag

DIN EN 12953-6:2011-05 Großwasserraumkessel; Teil 6: Anforderungen an die Ausrüstung für den Kessel; Deutsche Fassung EN 12953-6:2011 (Shell boilers; Part 6: Requirements for equipment for the boiler; German version EN 12953-6:2011). Berlin: Beuth Verlag

DIN EN 12976-1:2012-03 (Entwurf / Draft) Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile; Vorgefertigte Anlagen; Teil 1: Allgemeine Anforderungen; Deutsche Fassung prEN 12976-1:2012 (Thermal solar systems and components; Factory made systems; Part 1: General requirements; German version prEN 12976-1:2012). Berlin: Beuth Verlag

DIN EN 12976-1:2006-04 Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile; Vorgefertigte Anlagen; Teil 1: Allgemeine Anforderungen; Deutsche Fassung EN 12976-1:2006 (Thermal solar systems and components; Factory made systems; Part 1: General requirements; German version EN 12976-1:2006). Berlin: Beuth Verlag

DIN EN 12976-2:2012-03 (Entwurf / Draft) Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile; Vorgefertigte Anlagen; Teil 2: Prüfverfahren; Deutsche Fassung prEN 12976-2:2012 (Thermal solar systems and components; Factory made systems; Part 2: Test methods; German version prEN 12976-2:2012). Berlin: Beuth Verlag

DIN EN 12976-2:2006-04 Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile; Vorgefertigte Anlagen; Teil 2: Prüfverfahren; Deutsche Fassung EN 12976-2:2006 (Thermal solar systems and components; Factory made systems; Part 2: Test methods; German version EN 12976-2:2006). Berlin: Beuth Verlag

DIN EN 12977-1:2011-09 (Entwurf / Draft) Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile; Kundenspezifisch gefertigte Anlagen; Teil 1: Allgemeine Anforderungen an Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung und solare Kombianlagen; Deutsche Fassung prEN 12977-1:2011 (Thermal solar systems and components; Custom built systems; Part 1: General requirements for solar water heaters and combisystems; German version prEN 12977-1:2011). Berlin: Beuth Verlag

DIN EN 12977-2:2011-09 (Entwurf / Draft) Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile; Kundenspezifisch gefertigte Anlagen; Teil 2: Prüfverfahren für Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung und solare Kombianlagen; Deutsche Fassung prEN 12977-2:2011 (Thermal solar systems and components; Custom built systems; Part 2: Test methods for solar water heaters and combisystems; German version prEN 12977-2:2011). Berlin: Beuth Verlag

DIN EN 12977-3:2011-09 (Entwurf / Draft) Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile; Kundenspezifisch gefertigte Anlagen; Teil 3: Leistungsprüfung von Warmwasserspeichern für Solaranlagen; Deutsche Fassung prEN 12977-3:2011 (Thermal solar systems and components; Custom built systems; Part 3: Performance

test methods for solar water heater stores; German version FprEN 12977-3:2011). Berlin: Beuth Verlag

DIN EN 12977-3:2008-11 Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile; Kundenspezifisch gefertigte Anlagen; Teil 3: Leistungsprüfung von Warmwasserspeichern für Solaranlagen; Deutsche Fassung EN 12977-3:2008 (Thermal solar systems and components; Custom built systems; Part 3: Performance test methods for solar water heater stores; German version EN 12977-3:2008). Berlin: Beuth Verlag

DIN EN 13831:2007-12 Ausdehnungsgefäße mit eingebauter Membrane für den Einbau in Wassersystemen; Deutsche Fassung EN 13831:2007 (Closed expansion vessels with built in diaphragm for installation in water; German version EN 13831:2007). Berlin: Beuth Verlag

DIN EN 60335-1*VDE 0700-1:2010-11 Sicherheit elektrischer Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke; Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 60335-1:2001, modifiziert + Cor.: 1 (ed. 4.0):2002 + A1:2004 + Cor.: 1 (ed. 4.1):2005 + A2:2006 + Cor.: 1 (A2):2006); Deutsche Fassung EN 60335-1:2002 + A11:2004 + A1:2004 + A12:2006 + Cor.:2006 + A2:2006 + Cor.:2007-01 + Cor.:2007-02 + A13:2008 + Cor.:2009 + Cor.:2010 + A14:2010 (Household and similar electrical appliances; Safety; Part 1: General requirements (IEC 60335-1:2001, modified + Cor.: 1 (ed. 4.0):2002 + A1:2004 + Cor.: 1 (ed. 4.1):2005 + A2:2006 + Cor.: 1 (A2):2006); German version EN 60335-1:2002 + A11:2004 + A1:2004 + A12:2006 + Cor.:2006 + A2:2006 + Cor.:2007-01 + Cor.:2007-02 + A13:2008 + Cor.:2009 + Cor.:2010 + A14:2010). Berlin: Beuth Verlag

DIN EN 60730-2-9*VDE 0631-2-9:2011-07 Automatische elektrische Regel- und Steuergeräte für den Hausgebrauch und ähnliche Anwendungen; Teil 2-9: Besondere Anforderungen an temperaturabhängige Regel- und Steuergeräte (IEC 60730-2-9:2008, modifiziert); Deutsche Fassung EN 60730-2-9:2010 (Automatic electrical controls for household and similar use; Part 2-9: Particular requirements for temperature sensing controls (IEC 60730-2-9:2008, modified); German version EN 60730-2-9:2010). Berlin: Beuth Verlag

TRD 402:1999-05 Ausrüstung von Dampfkesselanlagen mit Heißwassererzeugern der Gruppe IV. Berlin: Beuth Verlag

TRD 604 Blatt 2:1986-09 Betrieb von Dampfkesselanlagen mit Heißwassererzeugern der Gruppe IV ohne ständige Beaufsichtigung (Operation of steam boiler plants with calorifiers of group IV without permanent supervision). Berlin: Beuth Verlag

TRD 721:1997-08 Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung; Sicherheitsventile für Dampfkessel der Gruppe II (Safety devices against exceeding pressure; Safety valves for steam boilers of the group II). Berlin: Beuth Verlag

TRWI DIN 1988 Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen (TRWI), Sonderdruck; Technische Regel des DVGW, 2005. Berlin: Beuth Verlag

VDI 1000:2010-06 VDI-Richtlinienarbeit; Grundsätze und Anleitungen (VDI Guideline Work; Principles and procedures). Berlin: Beuth Verlag

VDI 2035 Blatt 1:2005-12 Vermeidung von Schäden in Warmwasser-Heizungsanlagen; Steinbildung in Trinkwassererwärmungs- und Warmwasser-Heizungsanlagen (Prevention of damage in water heating installations; Scale formation in domestic hot water supply installations and water heating installations). Berlin: Beuth Verlag

VDI 2035 Blatt 2:2009-08 Vermeidung von Schäden in Warmwasser-Heizungsanlagen; Wasserseitige Korrosion (Prevention of damage in water heating installations; Water-side corrosion). Berlin: Beuth Verlag

VDI 4708 Blatt 2 Druckhaltung, Entlüftung, Entgasung; Entlüftung und Entgasung (in Vorbereitung / in preparation)

VDI 6002 Blatt 1:2012-05 Solare Trinkwassererwärmung; Allgemeine Grundlagen; Systemtechnik und Anwendung im Wohnungsbau (Solar heating for potable water; General principles; System technology and application in residential buildings). Berlin: Beuth Verlag

VDI 6002 Blatt 1:2004-09 Solare Trinkwassererwärmung; Allgemeine Grundlagen, Systemtechnik und Anwendung im Wohnungsbau (Solar heating for domestic water; General principles, system technology and use in residential building). Berlin: Beuth Verlag

VDI 6002 Blatt 2:2009-01 Solare Trinkwassererwärmung; Anwendungen in Studentenwohnheimen, Seniorenheimen, Krankenhäusern, Hallenbädern und auf Campingplätzen (Solar heating for domestic water; Application in students accommodations, senior citizens residence, hospitals, swimming baths and camping sites). Berlin: Beuth Verlag

ZVH-Richtlinie 12.02:1993-12 Auslegung von Membran-Druckausdehnungsgefäßen nach DIN 4807-1 bis -3. Zurückgezogen / Withdrawn 2005-00. Kein Nachfolgedokument / No following document

Literatur / Literature

- [1] Heizungsanlagen in Gebäuden – Planung von Warmwasser-Heizungsanlagen – Kommentar zur DIN EN 12828. Berlin: Beuth-Verlag
- [2] Burkhardt, W.: Heizungstechnik: Projektierung von Warmwasserheizungen: Arbeitsmethodik, Anlagenkonzeption, Regeln der Technik, Auslegung, Gesetze, Vorschriften, Wirtschaftlichkeit, Energieeinsparung. München: Oldenbourg Industrieverlag; Auflage: 7., überarb., erw. u. aktualis. A. (Juli 2006). ISBN-10: 383563092X, ISBN-13: 978-3835630925
- [3] Zschernig, J.: Wärmeversorgung. 2. Studienbrief, TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen Arbeitsgruppe Fernstudium, Ausgabe 2002
- [4] Scheuren, J.: Untersuchungen zu Stagnationsverhalten Solarthermischer Kollektorfelder. Kassel, Univ., Diss. 2008, ISBN 978-3-89958-430-1
- [5] Planungshandbuch Solarthermie. Viessman Deutschland GmbH, 9449.414.D 11/2008