

# PNEUMATEX<sup>®</sup>



## Allgemeines

- 1.1 Vorschriften und Richtlinien
- 1.2 Das offene Ausdehnungssystem
- 1.3 Das PNEUMATEX-System
- 1.4 Das PNEUMATEX-Automatensystem
- 1.5 Die PNEUMATEX-Blasenmembranen
- 1.6 Gasdurchlässigkeit von Blasenmembranen
- 1.7 Ausdehnungssysteme, kompressor-  
oder pumpengesteuert

**Bad Kreuznach**  
D-55511 Bad Kreuznach  
Postfach 2151

Telefon (0671) 890 10-0  
Telefax (0671) 890 10-60



Anforderung/Ausrüstung	direkt > 100°C, <= 120°C = Gruppe II DKV, Kessel > 10 Liter, <= 120°C, <= 32 bar	direkt <= 100°C = Gruppe II DBV, Druckbehälter in Anlagen <= 120°C	Indirekt, sekundär > 100°C, <= 120°C = Gruppe II DBV, Druckbehälter in Anlagen <= 120°C	Indirekt, sekundär <= 100°C = Gruppe II DBV, Druckbehälter in Anlagen <= 120°C
Wärmeerzeuger	nach DKV/DBV/ oder TÜV-Einzelabnahme/ oder allem. bauaufsichtl. Zulassung	nach DKV/DBV/ oder TÜV-Einzelabnahme/ oder allem. bauaufsichtl. Zulassung	—	—
Wärmetauscher	—	—	nach DBV	nach DBV
Druckausdehnungsgefäße	Bauartzulassung nach Dampfesselverordnung oder nach Druckbehälterverordnung oder Einzelabnahme TÜV, DIN-Prüf- und Über- wachungszeichen gem. DIN 4807 Teil 1-3	Bauartzulassung nach Dampfesselverordnung oder nach Druckbehälterverordnung oder Einzelabnahme TÜV, DIN-Prüf- und Über- wachungszeichen gem. DIN 4807 Teil 1-3	Bauartzulassung nach Dampfesselverordnung oder nach Druckbehälterverordnung oder Einzelabnahme TÜV, DIN-Prüf- und Über- wachungszeichen gem. DIN 4807 Teil 1-3	Bauartzulassung nach Dampfesselverordnung oder nach Druckbehälterverordnung oder Einzelabnahme TÜV, DIN-Prüf- und Über- wachungszeichen gem. DIN 4807 Teil 1-3
Zusätzliche Ausrüstung für Druckausdehnungsgefäße	- Absperrarmatur, gesichert gegen unbeabsichtigtes Schließen - Entleerung - Entlüftung (außer bei Vordruckgefäßen)	- Absperrarmatur, gesichert gegen unbeabsichtigtes Schließen - Entleerung - Entlüftung (außer bei Vordruckgefäßen)	- Absperrarmatur, gesichert gegen unbeabsichtigtes Schließen - Entleerung - Entlüftung (außer bei Vordruckgefäßen)	- Absperrarmatur, gesichert gegen unbeabsichtigtes Schließen - Entleerung - Entlüftung (außer bei Vordruckgefäßen)
Anbindung Druckausdehnungsgefäße	- vorzugsweise Rücklaufanordnung - max. Dauertemperatur an der Membrane <= 70°C - frostfreie Aufstellung - max. Betriebsüberdruck nach Ansprech- druck d. SV auswählen	- vorzugsweise Rücklaufanordnung - max. Dauertemperatur an der Membrane <= 70°C - frostfreie Aufstellung - max. Betriebsüberdruck nach Ansprech- druck d. SV auswählen	- vorzugsweise Rücklaufanordnung - max. Dauertemperatur an der Membrane <= 70°C - frostfreie Aufstellung - max. Betriebsüberdruck nach Ansprech- druck d. SV auswählen	- vorzugsweise Rücklaufanordnung - max. Dauertemperatur an der Membrane <= 70°C - frostfreie Aufstellung - max. Betriebsüberdruck nach Ansprech- druck d. SV auswählen
Dimensionierung der Ausdehnungsleitung	<= 20kW Innendurchmesser 12mm <= 350kW Innendurchmesser 20mm > 350kW Berechnung mit 1lh kW bei einer Geschwindigkeit von 0,3m/s	<= 20kW Innendurchmesser 12mm <= 350kW Innendurchmesser 20mm > 350kW Berechnung mit 1lh kW bei einer Geschwindigkeit von 0,3m/s	<= 20kW Innendurchmesser 12mm <= 350kW Innendurchmesser 20mm > 350kW Berechnung mit 1lh kW bei einer Geschwindigkeit von 0,3m/s	<= 20kW Innendurchmesser 12mm <= 350kW Innendurchmesser 20mm > 350kW Berechnung mit 1lh kW bei einer Geschwindigkeit von 0,3m/s
Temperaturregelung	Temperaturregler nach DIN 3440			
Temperaturbegrenzung	Sicherheits temperaturbegrenzer nach DIN 3440	Sicherheits temperaturbegrenzer nach DIN 3440	Sicherheits temperaturbegrenzer nach DIN 3440 bzw. Temperaturwächter ist zur Temperaturabsicherung ausreichend	Sicherheits temperaturbegrenzer nach DIN 3440 bzw. Temperaturwächter ist zur Temperaturabsicherung ausreichend
Wassermangelsicherung	Wassermangelsicherung bauteilgeprüft *1	Wassermangelsicherung bauteilgeprüft *1	entfällt	entfällt
Sicherheitsdruckbegrenze (max.) bei einer Absicherung > 3 bar und Wärmeleistung > 350kW	bauteilgeprüft nach VdTUV-Merkblatt Druck 100/1	bauteilgeprüft nach VdTUV-Merkblatt Druck 100/1	entfällt	kann entfallen *4
Druckbegrenzer (min.)	bauteilgeprüft nach VdTUV-Merkblatt Druck 100/1	entfällt	keine Anforderungen, jedoch erforderlich	entfällt
Temperaturanzeige	im Vorlauf am Wärmeerzeuger, Temp. > 100°C zusätzl. Einrichtung zur Überprüfung und Ablesemarke für zulässige VL-Temperatur und zusätzl. 1 Tauchhülse	im Vorlauf am Wärmeerzeuger	im Vorlauf am Wärmeerzeuger, Temp. > 100°C zusätzl. Einrichtung zur Überprüfung und Ablesemarke für zulässige VL-Temperatur und zusätzl. 1 Tauchhülse	im Vorlauf am Wärmeerzeuger
Druckanzeige	pro Wärmeerzeuger *2	pro Wärmeerzeuger *2	pro Wärmeerzeuger *2	pro Wärmeerzeuger *2
Sicherheitsventile	Membran-SV nach TRD 721, Zeichen „H“ andere nach TRD 721, Zeichen „D/G/H“ Aufteilung auf max. 3 Stck. zulässig	Membran-SV nach TRD 721, Zeichen „H“ andere nach TRD 721, Zeichen „D/G/H“ Aufteilung auf max. 3 Stck. zulässig	Membran-SV nach TRD 721, Zeichen „H“ andere nach TRD 721, Zeichen „D/G/H“ Aufteilung auf max. 3 Stck. zulässig	Membran-SV nach TRD 721, Zeichen „H“ andere nach TRD 721, Zeichen „D/G/H“ Aufteilung auf max. 3 Stck. zulässig
Entspannungstopf ET	pro SV-Ventil bei Wärmeerzeugern > 350kW	pro sV-Ventil bei Wärmeerzeugern > 350kW *3	kann entfallen *4	kann entfallen *4
Fülleinrichtung	gem. DIN 1988 Teil 4, bei selbsttätigen Einrichtungen, Wasserzähler	gem. DIN 1988 Teil 4, bei selbsttätigen Einrichtungen, Wasserzähler	gem. DIN 1988 Teil 4, bei selbsttätigen Einrichtungen, Wasserzähler	gem. DIN 1988 Teil 4, bei selbsttätigen Einrichtungen, Wasserzähler

Weiterhin in jeder Anlage erforderlich: Füllprobiereinrichtung, Füll- und Entleerungseinrichtung/Entleerung für Wasserraum des MAG

\*1 Bei Zwanglaufprinzip bauteilgepr. Strömungsbegrenzer, bei Naturlaufkessel Wasserstandsbeschränker, kann bei einer Leistung ≤ 350kW entfallen, bei Einsatz eines Druckbegrenzers min. oder Strömungswächters.

\*2 Anzeige Überdruck in bar, die den Wasserdampf-Prüfungsdruck des Wärmeerzeugers erfasst, Anzeige vom Mindestbetriebsdruck, Ansprechdruck SV und bei Anlage > 100°C Anschluss für ein Prüfdruckmeßgerät.

\*3 kann entfallen, wenn je Wärmeerzeuger zusätzlich 1 STB und ein Druckbegrenzer max. eingebaut sind.

\*4 Sicherheitsdruckbegrenzer und Entspannungstopf sind nur dann notwendig, wenn der Ansprechdruck des Sicherheitsventils (sekundär) kleiner gleich d. Heizungswassertemperatur bei einem Satteldampfdruck, der dem Ansprechdruck des SV entspricht.

# PNEUMATEX Blasenmembran-Druckausdehnungsanlagen

## Warum Wasser als Wärmeträger in Heizungs- und Kälteanlagen verwendet wird.

Von großer Bedeutung sind zwei seiner beachtenswerten physikalischen Eigenschaften: Die spezifische Wärme des Wassers ist außerordentlich hoch und beträgt gegenüber vergleichbaren Flüssigkeiten das Zwei- bis Dreifache. Der Ausdehnungskoeffizient des Wassers ist außerordentlich niedrig und beträgt gegenüber vergleichbaren Flüssigkeiten nur ein Drittel bis ein Sechstel (Bild 1.2.0.1).

Die durch die Erwärmung bedingte Ausdehnung des Wassers, sowie seine Eigenschaft praktisch nicht kompressibel zu sein, bedingen, daß Heizungs- und Kühlanlagen über Sicherheitseinrichtungen gegen Überdruck und Aufnahmegefäße für das Ausdehnungswasser verfügen müssen. Die folgenden Ausführungen zeigen die Vor- und Nachteile der bisherigen Lösungen sowie neuzeitliche Anwendungsmöglichkeiten geschlossener Warmwasserheizungen mit Druckausdehnungsgefäßen auf.

### Spezifische Wärme kcal/kg/grad

### Ausdehnungskoeffizient bei 18°C

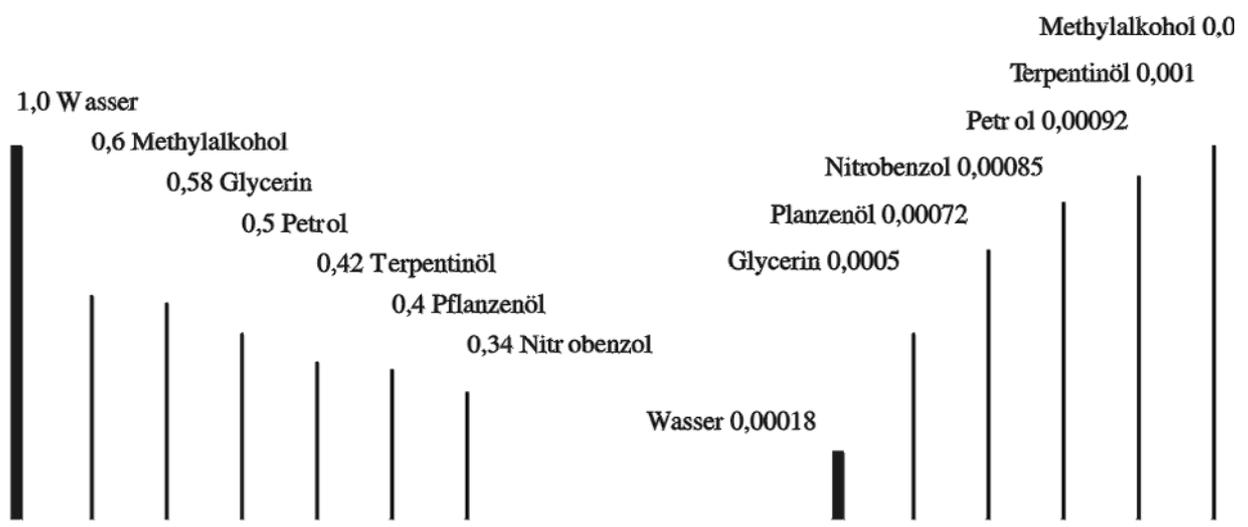


Bild 1.2.0.1 Vergleich der spezifischen Wärme und des Ausdehnungskoeffizienten verschiedener Flüssigkeiten

## 1.2 Das offene Ausdehnungssystem

Dieses System ist durch ein Ausdehnungsgefäß, das am höchsten Punkt der Anlage installiert ist, gekennzeichnet. Es weist ein Überlaufrohr zur freien Atmosphäre auf und ist mit der Heizungsanlage durch nicht absperrbare Sicherheitsleitungen verbunden. So ausgeführt erfüllt das System die beiden folgenden Hauptforderungen: Verhindern eines Überdruckes in der Anlage und Aufnahme des beim Erwärmen des Wassers anfallenden Mehrvolumens mit Rückgabe beim Abkühlen.

### Nachteile und technische Mängel

Die Korrosion im offenen Ausdehnungsgefäß ist bedeutend. Der sich stets ändernde Wasserspiegel benetzt die Oberflächen und setzt sie dem Luft-sauerstoff aus. Die Korrosionsrückstände sammeln sich auf dem Gefäßboden, wo sie Anlaß zu elektrolytischen Korrosionen geben. Versuche, Gefäße durch Verzinken zu schützen, führten nicht zum Erfolg, da die Innenverzinkung nicht zuverlässig und kontrollierbar ist. Ist eine Eisenfläche nicht homogen verzinkt, sind die idealen Voraussetzungen für eine elektrolytische Korrosion gegeben.

Eine Lebensdauer von nur drei bis fünf Jahren ist die Folge. Die Reparatur- und Wartungskosten sind erheblich.

### Entgasung und Gasaufnahme:

Das durch Erwärmung teilentgaste Wasser gelangt im Gefäß mit der Atmosphäre in Berührung und nimmt Luft auf, und zwar um so mehr, je kühler das Wasser im Gefäß ist. Die aufgenommene Luft wird bei Erwärmung wiederum abgegeben (Diagramm 1.3.0.1). Der Luftsauerstoff bewirkt heftige Korrosionen, die besonders bei hohen Anlagen in den Vorlaufleitungen festgestellt werden. Der Stickstoff wird ebenfalls ausgeschieden und führt zu zirkulationshemmenden Ablagerungen in den Radiatoren. Einfrieren des Überlaufes bei vollem Gefäß führt zu Überdruck und zu Heizkesselschäden. Bedeutende Gebäude- und Wasserschäden entstehen wenn durchgerostete Gefäße ihren Inhalt ausfließen lassen. Stetiger Wärmeverlust entsteht, weil Gefäße aus Frostschutzgründen beheizt sein müssen. Stetiger Wasserverlust entsteht durch Verdunstung im Gefäß. Eine erhebliche Behinderung bei Projektierung großer Anlagen bedeutet das offene Gefäß, wenn

eine Heizzentrale hohe, von der Zentrale entfernte Gebäude bedienen muß. Als Ausweglösung werden solche Anlagen mit geschlossenen, im Heizraum montierten Ausdehnungsgefäßen ausgerüstet, wobei ein Stickstoffpolster mit entsprechendem Druck

als Drucküberlagerung dient. Bei höheren Anlagen nimmt jedoch das Wasser so viel Stickstoff auf, daß der Verbrauch an Stickstoff bedeutend wird, und die Anlage stets entlüftet werden muß. Dieser Umstand ist besonders bei hohen Gebäuden unzumutbar.

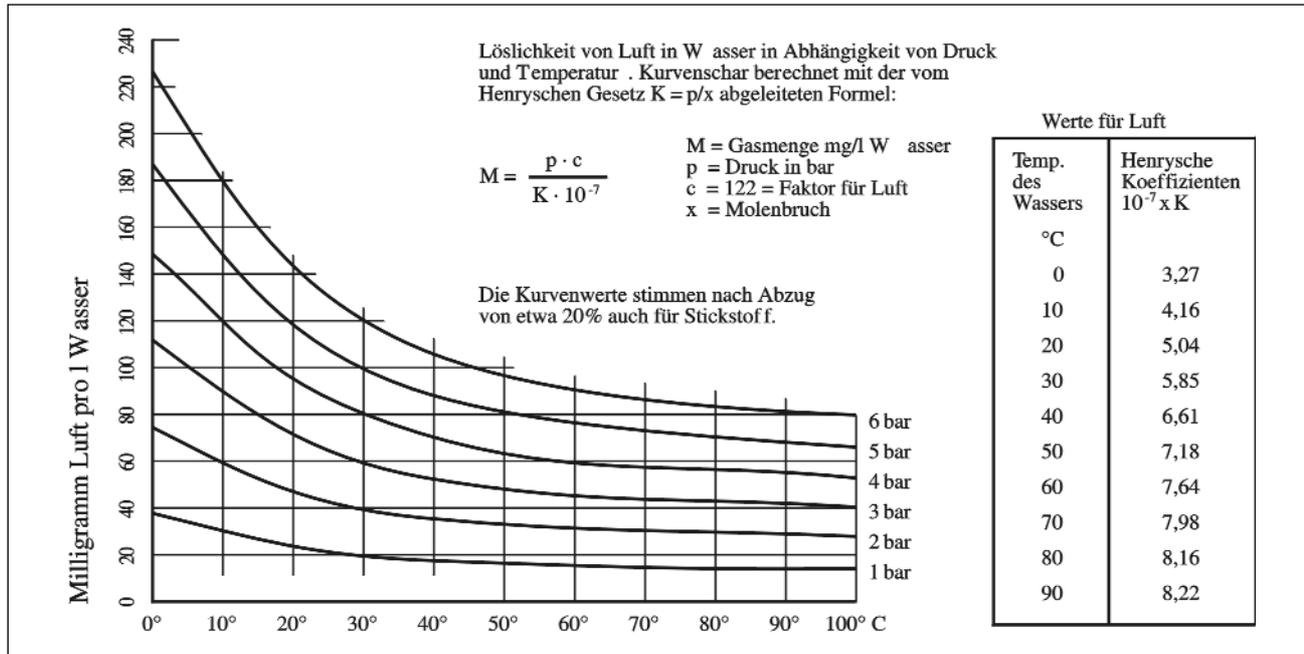


Diagramm 1.3.0.1 Löslichkeit von Luft und Wasser in Abhängigkeit von Druck und Temperatur

### Historische Rückschau

Daß diese Mängel während fast hundert Jahren einfach hingenommen wurden, ist erstaunlich. Die technischen Voraussetzungen für bessere Lösungen waren schon vor vierzig Jahren gegeben. Jedoch erst die Umwälzungen in der Heizungsbranche und das Aufkommen automatischer Feuerungen Anfang der 50er Jahre führten zu neuen Lösungen.

### 1.3 Das PNEUMATEX-System

Im Jahre 1957 wurde das PNEUMATEX-System zum Patent angemeldet und die ersten PNEUMATEX-Gefäße auf den Markt gebracht. Im gleichen Jahr waren in Amerika, unabhängig von dieser Entwicklung, die ersten Membran-Druckausdehnungsgefäße erhältlich. Bei PNEUMATEX ging die Entwicklung in Richtung Großgefäße, während vom Wettbewerb vor allem kleine Gefäße (8 bis maximal 200l) hergestellt wurden.

#### Funktion

Im PNEUMATEX-Gefäß tritt das durch die Erwärmung der Heizung entstehende Mehrvolumen in das Innere einer **Butylkautschukblase** ein, die von einem Gaspolster umgeben ist. Es entsteht kein Kontakt zwischen Wasser und Metall. Das Gefäß erhält im Werk eine Gasfüllung, die auf das Äußere der Blasen-

membrane wirkt, und damit einen auf die Anlage abgestimmten Gegendruck erzeugt. Da Licht und Ozon im Gefäß fehlen, kann mit einer Lebensdauer der Blase von 15 bis 20 Jahren gerechnet werden, sofern die Temperaturgrenze gem. DIN 4807, Teil 3 (70°C) eingehalten wird.

#### Vorteile:

**Einfachste Montage des Gefäßes im Heizraum.**

**Wegfall der Kosten für lange Sicherheitsleitungen und deren Isolation.**

**Spart Baukosten; keine Aufbauten bei Flachdächern.**

**Kein Wärmeverlust, keine Gefäßisolation (Gefäß wird nur handwarm).**

**Gefäß rostet nicht, da die Trennung von Wasser und Luft jede Korrosion ausschließt.**

**Keine Entlüftungsprobleme, da absolute Trennung von Wasser und Luft.**

**Frostfrei, da der frostgefährdete Dachüberlauf vollständig entfällt.**

**Direkter Schutz der Kessel durch Sicherheitsventile.**

**Projektiertung stark vereinfacht, besonders bei Mehrkesselanlagen.**

#### Anwendungsbeispiel

In der Heizungsanlage eines Einfamilienhauses mit zwei Geschossen ist ein PNEUMATEX-Ausdehnungsgefäß

montiert. Gewählt wurde entsprechend der geringen Anlagenhöhe von ca. 7 m ein handelsübliches Gefäß mit 10 mWS = 1,0 bar Vordruck; dies ist derjenige Druck, mit dem das Gaspolster auf die noch leere Blasenmembrane drückt. Die Anlage wird nun mit Wasser gefüllt, bis das Manometer einen Überdruck von 1,0 bis 1,2 bar anzeigt. Erst dabei beginnt Wasser in die **Butylkautschukblasenmembrane** zu fließen, während das Gaspolster zusammengedrückt wird. Dabei entspricht der Druck im Gaspolster stets dem Wasserdruck in der Blasenmembrane. Beim Aufheizen des Wassers wird nun das anfallende Mehrvolumen in das Ausdehnungsgefäß gedrückt, dort gespeichert, und beim Abkühlen der Anlage wieder an diese zurückgegeben; ein Zyklus, der sich bei jedem Aufheizen und Abkühlen wiederholt. Der am Manometer ablesbare Druck ist dabei ein Maß für das jeweilige noch verfügbare Aufnahmevermögen des PNEUMATEX-Ausdehnungsgefäßes und wird als sogenannter „Grünbereich“ auf der Manometerskala markiert. Wird eine Anlage aus Versehen überfüllt oder durch eine Fehlfunktion des Heizkessels überhitzt, verhindern die mit dem Kessel verbundenen PNEUMATEX-Sicherheitsventile einen unzulässigen Druckanstieg, indem sie die nicht mehr aufnehmbare Wassermenge ablassen.

### Typenauswahl

Die Auswahl des passenden PNEUMATEX-Gefäßes ist grundsätzlich von Anlagenart und -größe, den daraus resultierenden Druckverhältnissen, aber auch von den anzuwendenden DIN-Normen, Verordnungen und Vorschriften abhängig.

Grundsätzlich sind alle denkbaren Anlagenarten mit dem PNEUMATEX-Programm abzudecken.

Dabei sind PND- und PNU-Gefäße in Anlagen nach DIN 4751 Blatt 2 bis max. 3 bar einsetzbar.

Für Anlagen nach DIN 4751 Teil 2 mit Betriebsdrücken > 3 bar bietet PNEUMATEX eine breite Palette, vom normalen Druckgefäß Typ PNV über Kompressorautomaten bis hin zur pumpengesteuerten TRANSFERO-Großanlage.

Dem schließen sich die Brauchwasser-Gefäße Typ PNEUMAWELL an. Zu allen Anlagenarten bietet PNEUMATEX eine breite Palette von Zubehör für die sicherheitstechnische Ausrüstung.

In der geschilderten Reihenfolge sind die einzelnen Produktgruppen auch in den nachfolgenden Katalog-Rubriken gegliedert.

Lediglich bei differenziert und individuell zu behandelnden Hochdruck-Heißwasseranlagen mit Betriebstemperaturen über 120 Grad bitten wir um spezielle Anfrage, damit ein auf die Anlage zugeschnittenes Konzept erstellt werden kann.

### Bestimmen der Gefäßgröße

Früher wurde die Gefäßgröße mit Hilfe von Auswahltabellen bestimmt. Aus den Werten der Kesselleistung (basierend auf Erfahrungszahlen für den Wasserinhalt) und der Anlagenhöhe lassen sich die notwendigen Daten ableiten. Nach heutiger Praxis ist der Wasserinhalt der Anlage genauer zu bestimmen. Daraus läßt sich die Ausdehnungsmenge berechnen, die mit einem Sicherheitszuschlag von 0,5–1 % des Anlageninhaltes versehen, mit der möglichen Wasseraufnahmemenge des zu wählenden PNEUMATEX-Gefäßes übereinstimmen muß.

Die Technik-Rubrik 2 enthält alle wesentlichen Angaben über

- die Ermittlung des Wasserinhaltes,
- die Ermittlung des Ausdehnungsvolumens,
- die Festlegung der Druckverhältnisse,
- die Anordnung der Ausdehnungsgefäße,
- die Ermittlung der Anschluß-Nennweiten für die Ausdehnungsleitung.

In den einzelnen Katalog-Rubriken finden Sie dann die möglichen Aufnahmeholumina der einzelnen Gefäßgruppen und -größen.

### Bestimmen der Kesselsicherheitsventile

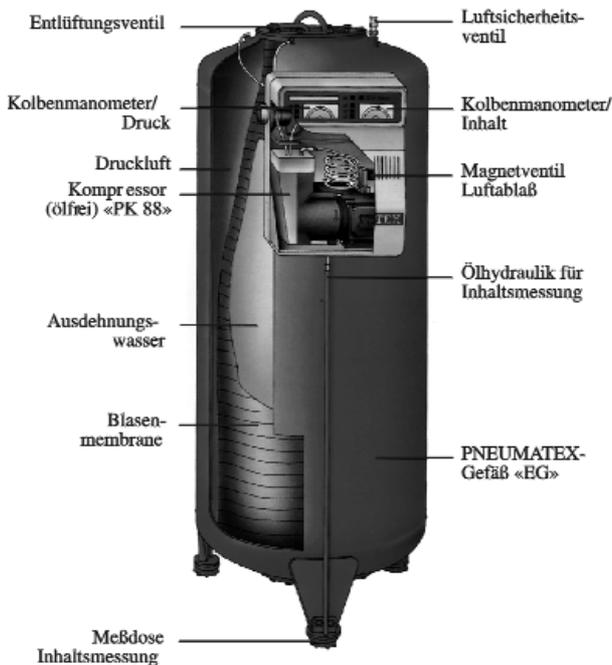
Grundsätzlich müssen Sicherheitsventile die gesamte Nennwärmeleistung eines Wärmeerzeugers in Dampf- form abführen können. Dabei kann die Nennwärmeleistung auf max. 3 Sicherheitsventile pro Wärmeerzeuger aufgeteilt werden.

Sicherheitsventile sind unabsperrenbar am höchsten Punkt des Wärmeerzeugers oder in seiner unmittelbaren Nähe am Vorlauf zu montieren.

Bei der Festlegung des Abblasdruckes der Sicherheitsventile sind die max. zulässigen Betriebsdrücke aller übrigen Anlagenteile zu berücksichtigen.

Nach DIN 3320 muß der Abblasdruck min. 0,5 bar über dem max. Arbeitsdruck der Anlage liegen.

**Bild 1.4.0.1 PNEUMATEX Automat PAF**



#### 1.4 Das PNEUMATEX-Automatensystem

Die allgemeine Entwicklung zu immer größeren Heizungsanlagen bewirkte, daß in der Praxis häufig Heizzentralen mit mehreren PNEUMATEX-Gefäßen ausgerüstet werden mußten. Wie aus der vorhergehenden Beschreibung hervorgeht, ist das Nutzvolumen (Wasseraufnahme) immer nur ein Teil des Bruttovolumens (Gefäßgröße). Anstatt noch größere Gefäße zu bauen, wurde das PNEUMATEX-Automatensystem entwickelt. Der PNEUMATEX-Automat enthält wie die normalen PNEUMATEX-Ausdehnungsgefäße eine Blasenmembran aus **Butylkautschuk**, die das Ausdehnungswasser aufnimmt. Das den notwendigen Anlagedruck erzeugende Luftpolster wird durch Zuführen oder Ablassen von Luft vergrößert oder verkleinert. Dabei hält ein Kompressorautomat den Druck im Luftpolster konstant. Der Automat besteht aus einem Druckschalt- und Anzeigergerät, einem ölfreien Kompressor und einem Luftablaßmagnetventil. Der Wasserinhalt kann also von 0 bis 100 % des

Gefäßinhaltes variieren. Ein weiteres Schalt- und Anzeigergerät zeigt den Wasserinhalt an, der von einer eingebauten Gewichtsmessdose ermittelt wird. Eine Unter- oder Überschreitung des zulässigen Wasserinhalts sowie die Betriebsbereitschaft des Kompressors werden **optisch signalisiert** und können **fern-signalisiert** werden.

Zusätzliche Vorteile des PNEUMATEX-Automatensystems sind: Freie Wahl des Druckes im System in Anlehnung an die Betriebstemperatur unter Beachtung der entsprechenden behördlichen Vorschriften.

Der Rahmen von 0,3 bis 0,4 bar gleichbleibenden Druckes unter allen Betriebsverhältnissen erlaubt die genaue Dimensionierung der Anlage und verhindert wechselweise Entgasung und Gasaufnahme des Anlagewassers.

#### Zwischengefäße zwecks Kühlhaltung des Ausdehnungsgefäßes

Jedes Elastomer altert. Je höher die Temperaturen liegen, um so schneller erfolgt diese Alterung.

Anlagen mit Betriebstemperaturen 90/70° C ergeben normalerweise im Gefäß Durchschnittstemperaturen von unter 50° C, was für den Gummi ideal ist. Selbst Dauerbelastungen von 60° C schaden der Blasenmembrane nicht. Voraussetzung ist, daß die Ausdehnungsleitung am Rücklauf des Wärmeerzeugers angeschlossen ist.

In allen anderen Fällen, insbesondere bei Heißwasseranlagen mit mittleren Betriebstemperaturen > 90° C muß ein Zwischengefäß als kühlende Wasser-vorlage eingesetzt werden.

Diese aus der Erfahrung von Jahrzehnten ausgesprochene Empfehlung wurde aus der DIN 4807 übernommen, die in Teil 3 an Blasen und Membranen in Ausdehnungsgefäßen eine Dauertemperatur von max. 70° C vorschreibt.

#### Bestimmung der Automaten und Kompressoren

PNEUMATEX-Automaten gibt es als Einzelgrößen von 200–10.000l. Dabei ist bei Gefäßen bis 3.000 Liter der Steuerkasten mit Kompressor direkt angebaut, während bei Anlagen ab 4.000 Liter mit separat stehenden Kompressorstationen die Anpassung an die Laständerungen der Heizanlagen vorgenommen wird.

Es müssen 3 Kriterien berücksichtigt werden:

#### Maximale Laständerung

Unter diesem Begriff verstehen wir die während des normalen Heizbetriebes zu erwartende max. Laständerung. Sie kann durch Zuschalten von einzelnen großen Verbrauchern, oder Abschalten von einzelnen Wärmeerzeugern entstehen.

## Beispiele:

- große Brennerleistung nur „ein-aus“ gesteuert, statt in Stufen oder moduliert geregelt,
- große Luftherhitzer, oder mehrere Einheiten gleichzeitig mit voller Last zuschaltend,
- Absorber-Kühlmaschinen, unter Vollast zuschaltend, usw.

Im Effekt kommt es auf dasselbe heraus, ob ein Heizkessel bzw. Brenner ausgeschaltet, oder ob ein einzelner Großverbraucher zugeschaltet wird. In jedem Fall wird die Durchschnittstemperatur vorübergehend absinken. Dies bedeutet, daß infolge der Abkühlung das Wasservolumen abnimmt und Wasser aus dem Ausdehnungsgefäß in die Anlage zurückströmen muß. Die während dieser Abkühlphase zum Volumenausgleich benötigte Druckluftmenge ist maßgebend für die Bestimmung der Kompressorleistung. Sie wird vom momentan wirksamen Defizit im Wärmehaushalt der Heizungsanlage bestimmt. Aus diesem Grund muß die max. zu erwartende Laständerung in kW als eine der Bezugsgrößen Berücksichtigung finden.

## Mitteltemperatur der Anlage

Während zur Bestimmung der nötigen Ausdehnungsgefäßgröße die max. Anlagetemperatur berücksichtigt wird, kann für die Bestimmung der richtigen Kompressorleistung die Durchschnitts- oder Mitteltemperatur der Anlage eingesetzt werden. Dies ist möglich, weil die max. Kompressorleistung nie im Beharrungszustand der Heizungsanlage, sondern immer in der Abkühlphase benötigt wird. Als Mitteltemperatur kann der Mittelwert zwischen theoretischer Vorlauf- und Rücklauftemperatur bei Vollast der Anlage eingesetzt werden.

## Betriebsdruck an der Automatik

Die Luftmenge wird um so kleiner, je höher die angesaugte Luft verdichtet werden muß. Einerseits nimmt der Wirkungsgrad des Kompressors ab, andererseits wird das nutzbare Volumen infolge der höheren Verdichtung kleiner. Aus diesem Grund muß der normale Betriebsdruck, auf den der Kompressorautomat eingestellt ist, berücksichtigt werden.

### 1.4.1 Das pumpengesteuerte PNEUMATEX-Transfero-System

Die frühen 70er Jahre brachten eine enorm breite Anwendungsvielfalt für das PNEUMATEX-System. Immer größere Anlagen wurden damit ausgerüstet, immer höhere Druckfestigkeit der Behälter war gefordert. Die Überlegungen gingen dahin, die Vorteile der freien Einstellbarkeit des Betriebsdruckes, die freie Wahl des Aufstellungsortes und die Speicherung des Ausdehnungswassers frei von der dauernden Kontamination mit Sauerstoff zu kombinieren mit der Forderung, die stets aufwendiger werdenden Bauvorschriften für Druckbehälter nicht mehr berücksichtigen zu müssen. Diese Entwicklungsarbeiten führten dazu, daß im Jahre 1971 die erste PNEUMATEX-Transfero-Anlage installiert werden konnte. Kernstücke dieser

Neuentwicklung waren einerseits die bereits bestens bewährten Ausdehnungsgefäße mit Blasenmembranen und die zur Druckregulierung verwendeten Steuergeräte. Hingegen wurden die Kompressoren durch Druckhaltepumpen ersetzt.

Flüssigkeiten sind bekanntermaßen praktisch nicht kompressibel und schon ein geringer Temperaturanstieg im System einer vollständig mit Flüssigkeit gefüllten Anlage hat schnellen Druckanstieg zur Folge. Die umgekehrte Erscheinung tritt bei Temperaturrückgang auf. Damit werden hydraulische Systeme bezüglich ihres Druckes unelastisch. Mit der Einführung von Druckhaltepumpen anstelle der Kompressoren, die mittels Gaspolster im Ausdehnungsgefäß die Anlage in frei wählbaren Grenzen elastisch halten, ist es nötig, pumpengesteuerte Systeme mittels Druckspeichergefäßen, die ebenfalls Gas als Druckmedium enthalten, elastisch zu halten. Damit wird eine Überbeanspruchung des Heizungssystems in Form von Druckwechseln und daraus folgender Materialermüdung auf einfache Weise vermieden.

Eine pumpengesteuerte PNEUMATEX-Transfero-Anlage besteht demnach mindestens aus folgenden Komponenten:

- Druckspeichergefäß,
- Regelgerät zur Steuerung von Druckhaltepumpe und Abströmventil,
- drucklos arbeitendem Ausdehnungsgefäß mit Blasenmembrane.

Bezüglich der drucklos arbeitenden Seite der pumpengesteuerten Anlage zeigten Beobachtungen, daß es von großem Vorteil für die Betriebssicherheit der Pumpe ist, wenn das Ausdehnungsgefäß, statt vollständig drucklos, mit leichtem Überdruck betrieben wird. Damit können Kavitations- und Ausgasungsprobleme an der Pumpe elegant vermieden werden. Grundsätzlich kann jede Heizungs- oder Kühlanlage mit Wasser als Wärmeträger mit einem PNEUMATEX-Transfero-System für die Ausdehnung und Druckhaltung versehen werden. Die Auswahlkriterien bezüglich Gefäßdimensionen sind dieselben wie bei kompressorgesteuerten Automaten gemäß Abschnitt 1.4. Die Definition der Druckhaltepumpe ist jedoch differenzierter. Hier muß nicht nur die Frage der Laständerung einer Anlage, sondern auch die verlangte Druckhöhe berücksichtigt werden. Laständerung mit dem damit geforderten Fördervolumen der Pumpe und Druckhöhe beim betreffenden Fördervolumen definieren den Arbeitspunkt der Pumpe und damit den Pumpentyp. Diese Tatsache macht die Auslegungsberechnung bei der Anlagenberechnung etwas komplexer und verlangt bei der Planung eine exaktere Arbeit.

**Unsere mehr als 20jährige Erfahrung mit pumpengesteuerten Anlagen erlaubt uns zudem, dem Planer bei auftretenden Fragen kompetent beratend zur Seite zu stehen.**

## 1.5 Die Membran-Ausdehnungsgefäße soll man mit dem „Röntgenblick“ auswählen!

Bild 1.5.0.1

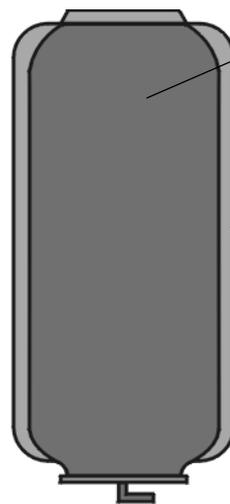
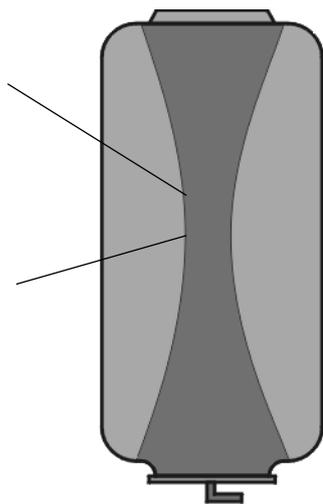
### PNEUMATEX-Gefäß:

sicher, einfach und genial.

Blasenmembrane aus **Butyl**, stark und dicht.

Blasenmembrane ist beständig gegen Glykol, NaCl und viele andere Inhibitoren.

Wenn die Temperatur sinkt, vermindert sich der Wasserdruck. Die Blase wird durch die umgebende komprimierte Luft zusammengepresst und preßt das Wasser ins System zurück.



Das Wasser kommt nicht in Kontakt mit dem Stahlbehälter.

Vollständig geschweißte Konstruktion.

Gefäße mit Kompressor- oder Pumpensteuerung sind auf der Innenseite mit Korrosionsschutzanstrich versehen.

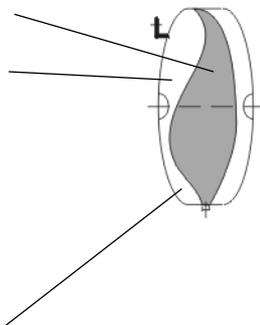
Bei Temperaturanstieg steigt der Wasserdruck durch das entstehende Mehrvolumen. Die Blasenmembrane nimmt das Mehrvolumen auf und füllt dabei das Gefäß vollständig aus.

### PNEUMATEX-Gefäß (mit Blasenmembran)

Wasser kommt nicht in Kontakt mit dem Stahlbehälter, dadurch kein Korrosionsrisiko.

Vollständig geschweißte Konstruktion, kein Risiko einer Leckage am Behälter.

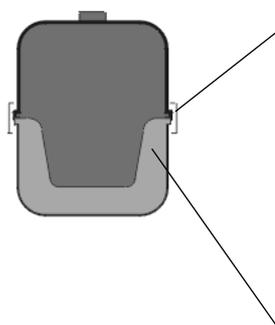
Blasenmembrane aus **Butyl**, daher stark und beste Dichtheitswerte.



### Konventionelles Gefäß (Stülpmembrantyp)

Wasser ist im direkten Kontakt mit den Gefäßwandungen.

Die Stülpmembrane ist am ganzen Umfang mit Klemmring befestigt.



## 1.6 Gasdurchlässigkeit von Membranen oder Blasen in Ausdehnungsgefäßen

In der Vergangenheit und Gegenwart sind in Einzelfällen starke Sauerstoffkorrosionen in den Ausdehnungsleitungen geschlossener Heizanlagen festgestellt worden, die mit kompressorgesteuerten Ausdehnungsgefäßen ausgerüstet waren. Warum in keinem dieser Fälle ein PNEUMATEX-Gefäß beteiligt war, soll nachfolgend begründet werden.

Versuch und Praxis haben bewiesen, daß nicht jeder kompressorgesteuerte Ausdehnungsgefäße bauen kann, die den Anspruch auf technische Sicherheit erfüllen, und daß es vielfach an der nötigen Sorgfalt bei der Wahl der Materialien fehlt.

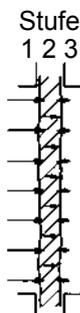
PNEUMATEX hat bereits im März 1980 in einer Veröffentlichung auf das Problem der Gasdurchlässigkeit von Gummiblasen, Permeation genannt, hingewiesen, und auch andere Fachleute haben sich damit beschäftigt.

### Was ist Permeation?

Der Literatur ist zu entnehmen, daß der Durchgang eines Gases durch einen Festkörper als Permeation bezeichnet wird.

**Graham**<sup>1)</sup> erklärt die Permeation als einen Vorgang, der sich in drei Schritten vollzieht:

1. Lösung des Gases in der Probe
2. Diffusion des gelösten Gases durch die Probe
3. Verdampfung des Gases aus der Probe



In späteren Veröffentlichungen bestätigen auch **F. H. Müller**<sup>2)</sup> und **E. Hellmuth**<sup>3)</sup>, daß es sich beim Gasdurchgang durch einen Gummiwerkstoff nicht um eine Strömung durch vorhandene Poren handelt, so daß man von einer Lösungsdiffusion sprechen muß.

**Manegold**<sup>4)</sup> bezeichnet die 3 Stufen in der gleichen Reihenfolge als:

1. Impermeation
2. Diapermeation
3. Expermeation

In der Kolloid-Zeitschrift und Zeitschrift für Polymere veröffentlichten Wilfried Beckmann und Max Heinz Seider die Berechnung der Gasdurchlässigkeit von

Quellen:

- 1) Phil. Magazine 32, 401 (1866)
- 2) Kolloid-Zeitschrift 100, 355 (1942)
- 3) Kolloid-Zeitschrift 144, 125 (1957)
- 4) Kolloid-Zeitschrift 82, 26 (1938)

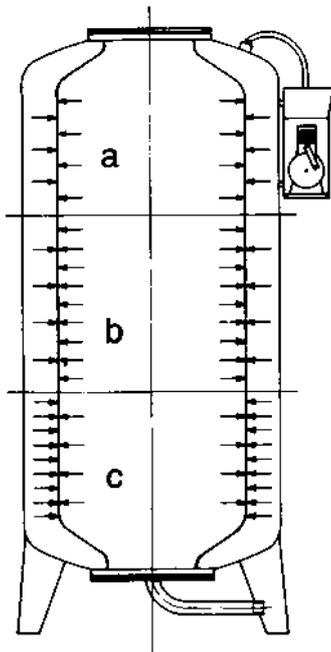
gummi-elastischen Werkstoffen und die rechnerische Feststellung des Permeationskoeffizienten in den gleichen vorerwähnten 3 Stufen. Dabei wurde für den ersten und dritten Schritt, nämlich für die Lösung des Gases aus der Probe das Henrysche Löslichkeitsgesetz, und für die Diffusion des gelösten Gases durch die Probe das zweite Fick'sche-Gesetz angenommen. Durch Messungen wurde der unterschiedliche Permeationskoeffizient verschiedener, gummielastischer Werkstoffe festgestellt und nachgewiesen. U. a. wurden bei der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) entsprechende Prüfungen und Messungen im Auftrag eines Herstellers durchgeführt. Alle Veröffentlichungen dieser Art belegen, daß es sich bei der Permeation um eine Lösungsdiffusion handelt, die zunächst einmal unabhängig vom Druck stattfindet, und deren Umfang einzig und alleine von der Qualität des gewählten Grundmaterials der Membranen oder Blasen abhängt. Aus den beschriebenen Meßresultaten kann abgeleitet werden, daß bei drucklos arbeitenden Gefäßen die Lösungsdiffusion größer ist, weil deren Gasraum ständig mit der Atmosphäre in Verbindung steht. Die Partialdruckdifferenz zum Wasser ist größer im Vergleich zu den Gasräumen von Kompressorautomaten, denen nur bei Bedarf von Zeit zu Zeit Frischluft zugeführt wird. Bei Kompressorautomaten wird andererseits die Permeation durch Überdruck im Gasraum gefördert, da die Verdampfungsgeschwindigkeit größer ist als bei drucklosem Betrieb. Dabei spielt das Druckgefälle zwischen Gas und Wasserraum die entscheidende Rolle.

### Was geschieht in einem kompressorgesteuerten Ausdehnungsgefäß?

Man unterscheidet in der Praxis 3 Betriebsphasen:

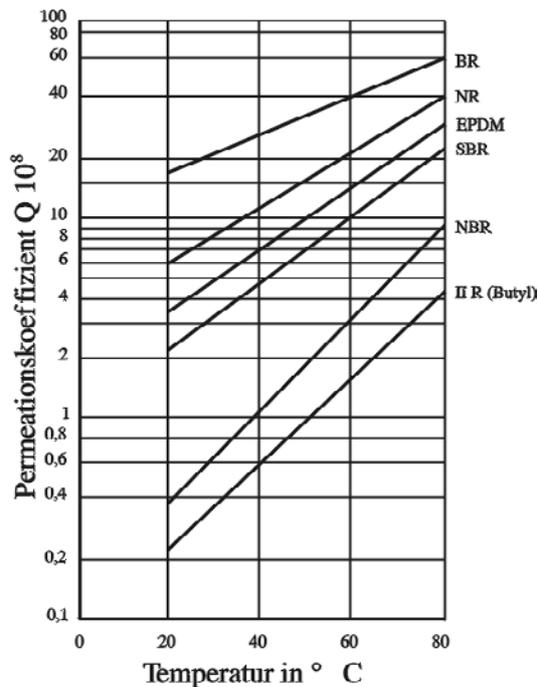
- a. Im Beharrungszustand (Ruhephase) umgibt die Gummiblaste das im Gefäß befindliche Ausdehnungswasser wie eine elastische Schale und übt durch ihre Spannkraft einen leichten Überdruck auf die Wasserseite aus.
- b. Während der Expansionsphase verstärkt sich der Überdruck noch zusätzlich durch die Ausdehnung des Heizungswassers.
- c. In der Kontraktionsphase (z. B. Nachtabenkung) sinkt der Druck wasserseitig, wobei gasseitiger Überdruck Wasser in die Heizungsanlage zurückdrücken muß. Nur während der Kontraktionsphase entsteht ein meßbares Druckgefälle zwischen dem Gas und dem Wasserraum, das man mit 0,05–0,1 bar beziffern kann, und das die Permeation zusätzlich fördert.

Bild 1.6.1.1



Das nachfolgende Diagramm zeigt die Gasdurchlässigkeit von unterschiedlichen Elastomeren und deren Permeationskoeffizienten. Die Grundlagenwerte entstammen dem Polysar-Handbuch von H. E. Rooney.

Diagramm 1.6.1.1



Permeationskoeffizienten einiger Kautschuktypen für Luft.

Formel für durchdringende Gasmenge (V)

$$V = \frac{Q \times t \times A \times p}{10^8 \times d}$$

- d = Dicke des Materials in cm
- t = Kontraktionsphase in sek.
- A = Fläche der Blase in cm<sup>2</sup>
- p = Druckdifferenz zwischen Gas- und Wasserseite in bar
- Q = Permeationskoeffizient

Weisen die einzelnen Materialien schon enorm große Unterschiede in ihrer Gasdurchlässigkeit auf, so zeigt die Formel für die durchdringende Gasmenge eindeutig, daß noch weitere Faktoren wie Materialdicke und vor allem die Zeit der Kontraktionsphase und des Druckgefälles eine entscheidende Rolle spielen.

PNEUMATEX verwendet bei eigener Blasenherstellung **ausschließlich** das Grundmaterial IIR (Butylkautschuk). Von anderen Herstellern jedoch wird meist das wesentlich preisgünstigere EPDM verwendet.

Um welche Mengen von Gas geht es eigentlich?

Das nachfolgende Beispiel soll die Gasmengen zeigen, die bei einem kompressorgesteuerten Ausdehnungsgefäß 500 l die Blase durchdringen.

Dabei wurden folgende Betriebsdaten zugrunde gelegt:

Mittlere Wasserfüllung: 50 %

Mittlere Kompressorlaufzeit: 30 min.  
in 24 h (Kontraktionsphase)

Mittlere Wassertemperatur an der Blase: ca. 40° C

#### Butylkautschuk

$$V = \frac{0,6 \times 1800 \times 23000 \times 0,1}{100\,000\,000 \times 0,4} = 0,0621 \text{ cm}^3$$

#### EPDM

$$= \frac{7,2 \times 1800 \times 23000 \times 0,1}{100\,000\,000 \times 0,4} = 0,745 \text{ cm}^3$$

Im Beispiel wurde die Dicke der EPDM-Blase mit 4 mm der PNEUMATEX-Blase gleichgesetzt. Vielfach verwendetes, dünneres Material erhöht den Wert V erheblich.

Im Beispiel wurde auch die im praktischen Betrieb eines Ausdehnungsgefäßes realistische Temperatur von 40° C an der Blase eingesetzt. Das Ergebnis zeigt, daß Butyl nur 1/12 der Gasmenge gegenüber EPDM durchströmen läßt.

# PNEUMATEX Blasenmembran-Druckausdehnungsanlagen

Bei der Wassertemperatur 20° C, wie im (praxisfremden) BAM-Versuch, reduziert sich dieser Wert auf 1/16. Alle literarischen Veröffentlichungen, der BAM-Versuch und auch das vorstehende Rechenbeispiel belegen eindeutig, daß EPDM als Blasengrundmaterial höchstens noch für drucklos arbeitende Gefäße eingesetzt werden sollte, der Einsatz in Kompressorautomaten jedoch unverantwortlich ist.

## Kompressorleistung

Des weiteren zeigt das Rechenbeispiel, daß der Zeitfaktor in der Gleichung erheblichen Einfluß auf die durchdringende Gasmenge hat. Aus Preisgründen werden immer wieder die Kompressoren der Gefäße zu schwach ausgelegt. Entsprechend länger ist die Laufzeit während der Kontraktionsphase, um den Anlagendruck zu halten. Dadurch verlängert sich zwangsläufig auch der Zeitraum, während dem Druckgefälle zwischen der Gas- und Wasserseite herrscht. Wird im vorstehenden Beispiel der Zeitfaktor  $t$  nur von 30 auf 45 min. erhöht, vergrößert sich die durchdringende Gasmenge bei der EPDM-Blase bereits von 0,745 auf 1,12 m<sup>3</sup>. In Anlagen mit großen Lastwechseln und relativ hohen Betriebsdrücken schaffen zu klein dimensionierte Kompressoren häufig nicht einmal den notwendigen Druckausgleich bei starken Schrumpfungen.

Die logische Konsequenz sind kurzzeitige Druckabfälle im System bis hin zum Unterdruck, wobei über Stopfbuchsen und andere Schwachstellen in der Anlage zusätzlich Luft ins System eingezogen wird. Auch der BAM-Versuch zeigt im Laufzeit-Vergleich, daß die Wahl und der Einsatz des Kompressors im Hinblick auf Luftleistung und Wirkungsgrad entscheidend ist. Der BAM-Vergleich zeigt aber auch Laufzeit-Unterschiede, deren Zustandekommen leider nicht erkennbar sind.

## Laufzeit- und Leistungsvergleich

Wir möchten an einem praxisbezogenen Beispiel einen Laufzeitvergleich anstellen zwischen einer bei Gefäßen dieser Größenordnung laut Herstellerunterlagen verwendeten Pumpe und dem bei Gefäßen ähnlicher Größe standardmäßig von PNEUMATEX eingesetzten Kompressortyp PK 88.

Ein Gefäß der Versuchsgröße 375l entspricht unter Berücksichtigung eines Zuschlages von 1 % des Anlageninhaltes dem Ausdehnungsvolumen von 8 m<sup>3</sup> Anlageninhalt. Der Betriebsüberdruck soll ebenfalls mit 2,2 bar angenommen werden. Des weiteren wird bei einer Anlagendurchschnittstemperatur von 100° C eine Absenkung um 20° C (z.B. Nachtabsenkung) auf 80 Grad C angenommen. Die Schrumpfung beträgt 1,4 % = 112l.

### Pumpe

Förderleistung:	1,25 m <sup>3</sup> /h
Anschlußwert:	0,37 kW
Wasserrückgabe an die Anlage:	1250 l/h
Laufzeit:	5,4 min.
Verbrauch:	0,050 kW/h

### Kompressor PK 88

Luftleistung:	70 l/min. bei 2,2 bar Ü
Anschlußwert:	0,37 kW
Wasserrückgabe an die Anlage:	$70 \times 60 = 1.312,5$ l/h 3,2
Laufzeit:	5,1 min.
Verbrauch:	0,0315 kW/h

Selbst am Beispiel einer stärkeren Pumpe mit einer Leistung von 3,5 m<sup>3</sup>/h und einem Anschlußwert von 1,1 kW zeigt sich, daß der Kompressor durchaus mit halten kann:

Laufzeit	Pumpe 1,9 min.
Verbrauch	Pumpe 0,033 kWh
Laufzeit	Kompressor 5,1 min. (wie vor)
Verbrauch	Kompressor 0,0315 kWh (wie vor)

Es ist erkennbar, daß sich auch bei einer leistungsstärkeren Pumpe mit – natürlich – höherem Anschlußwert das Verhältnis immer noch nicht entscheidend verschiebt.

Um nicht genauso „schön“ zu rechnen, muß objektiverweise gesagt werden, daß sich bei höheren Betriebsdrücken das Verhältnis zu Ungunsten des Kompressors verändert.

Die Rechenbeispiele zeigen aber auch, daß man die Verbrauchswerte nicht pauschal pro Pumpe und contra Kompressor auslegen kann, sondern daß sich je nach Anlagenart und Betriebsüberdruck recht unterschiedliche Werte ergeben.

### Geräusche

Die gleiche Aussage trifft im wesentlichen auch noch auf die in der Veröffentlichung der BAM-Untersuchung zitierten Geräuschwerte der unterschiedlichen Systeme zu.

Die PNEUMATEX-Kompressoren befanden sich schon immer in einem kompakten Gehäuse.

Bei der neuen Generation der PAF-Geräte befindet sich der Kompressor in einem besonders geräuschgedämpften Kunststoffgehäuse und die Schallentwicklung liegt weit unter 70 dB(A).

### Schlußbemerkung

Wenn wir diese umfassenden Aussagen machen können, dann nur, weil PNEUMATEX seit 1965 Kompressorautomaten und seit 1972 pumpengesteuerte Anlagen baut, und somit als einziger Hersteller über eine derartige Langzeiterfahrung mit beiden Systemen verfügt. PNEUMATEX beweist in all den Jahren mit seiner Kompressorautomaten die Zuverlässigkeit und Sicherheit eines Systems bei richtiger Materialwahl und sorgfältiger Auslegung.

## 1.7 Vergleich zwischen kompressor- und pumpengesteuerten Druckhaltesystemen.

### Was soll man wählen?

PNEUMATEX entwickelt und produziert seit 30 Jahren kompressorgesteuerte, seit über 20 Jahren pumpengesteuerte Druckhaltesysteme.

Kompressorgesteuerte Druckhaltesysteme sind robust, wartungsarm und lassen sich veränderten Betriebsverhältnissen, z. B. dem Anlagendruck, problemlos anpassen. Sie haben ein elastisches Betriebsverhalten und sind unempfindlich gegenüber Gaseinflüssen. Die Gefäßvolumina sind im Gegensatz zu Festfüll-Gefäßen voll nutzbar. Ihr ideales Einsatzgebiet sind mittlere bis große Heizungsanlagen, wobei sich die obere Leistungsgrenze aus den Anlagenparametern ergibt. Anlagenleistungen 10 bis 15 MW stellen hier einen Richtwert dar.

Pumpengesteuerte Druckhaltesysteme, deren Einsatzbereich praktisch unbegrenzt ist, unterliegen anderen Kriterien.

Das Ausdehnungsvolumen wird drucklos gelagert, damit sind Ausgasungen physikalisch gegeben, die, wenn sie nicht durch geeignete Maßnahmen eliminiert werden, unweigerlich zu Problemen auf der Pumpenseite führen. Anpassungen an sich verändernde Betriebsparameter, z. B. Anlagendruck, sind nur sehr begrenzt möglich, da die korrekte Pumpenfunktion den Betrieb innerhalb der Pumpenkennlinien voraussetzt. Pumpengesteuerte Systeme sind also sorgfältig zu projektieren. Auf die Entgasung des Ausdehnungswassers ist größter Wert zu legen. Hierzu stehen eine Vielzahl von Erkenntnissen und Maßnahmen zur Verfügung. Häufige Pumpenschaltungen werden durch Druckspeicher vermieden. Pumpen sind geräuschärmer als Kompressoren. Dieser Umstand ist in Lärmschutzzonen wichtig. Große Schaltdifferenzen, bisher ein Nachteil, sind durch den Einsatz von Magnetventilen vermeidbar.

Beide Systeme, kompressorgesteuert und pumpengesteuert, haben ihre Vor- und Nachteile. Die Auswahl muß sich an den Anforderungen, die eine Heizungsanlage stellt, orientieren.

Kompressorgesteuerte Ausdehnungssysteme geraten wegen ihrer angeblich großen Sauerstoffpermeation durch die Membrane von Zeit zu Zeit in die Kritik. Hierzu ist grundsätzlich zu sagen, daß Gaspermeation durch jeden Membran-Werkstoff stattfindet. In welcher Größenordnung dies allerdings geschieht, ist einzig und allein vom verwendeten Membran-Material abhängig. Dieser Erkenntnis Rechnung tragend setzen wir in **allen** Ausdehnungsgefäßen Membranen aus **Butyl IIR** ein. Hierdurch erreichen wir eine Reduzierung der Sauerstoffpermeation um den 10 bis 12fachen Wert gegenüber normalem Gummi, der bis heute von den anderen Gefäßherstellern verwendet wird. Pauschalierende Aussagen und Untersuchungen helfen in dieser Frage niemandem weiter.

### Zusammenfassung:

Kompressorgesteuerte Druckhaltesysteme sind dank ihrer elastischen Druckregelung ideal für mittlere und große Anlagen, soweit die Betriebsdrücke nicht übermäßig hoch liegen und abrupte Temperaturstürze mit entsprechender Wasservolumenkontraktion ausgeschlossen werden können. Das ihnen nachgesagte Korrosionsrisiko hat sich in unserer 30jährigen Erfahrung, basierend auf ca. 60.000 verkauften kompressorgesteuerten Systemen zu keiner Zeit bestätigt, da wir im Gegensatz zu andern Herstellern **Butyl IIR** einsetzen.

Die Vorteile pumpengesteuerter Anlagen sind:

- Wirtschaftlicher Betrieb in Anlagen mit großen Wasservolumina, hohen Betriebsdrücken, hohen Vorlauftemperaturen und Nennleistungen.
- Geringer Geräuschpegel.
- Schnelles Regelverhalten in Anlagen mit starken, spontanen Abkühlungen.

Nur wer beide Systeme über einen langen Zeitraum eingesetzt hat, kann definitive Aussagen über Vor- und Nachteile glaubhaft darstellen.

Bild 1.7.0.1 Kompressorstation



Bild 1.7.0.2 Pumpenstation



# **PNEUMATEX** Blasenmembran-Druckausdehnungsanlagen

## 2.1 Technischer Fragebogen

Erspart Zeit, vermeidet Fehler.

Angaben sind auch Eingangsdaten für das EDV-Programm.

Erforderliche Daten zur Bestimmung einer Ausdehnungsanlage sowie der sicherheitstechnisch notwendigen Ausrüstung:

Firma:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Sachbearbeiter:

Telefon:

Projekt: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Wärmetauscher \_\_\_\_\_

Eingebaute Wärmeleistung in kW, kcal/h oder Gcal/h:

\_\_\_\_\_ Wärmetauscher \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Kessel \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Wärmetauscher \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Kessel \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Wärmetauscher \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Kessel \_\_\_\_\_

statische Anlagenhöhe: \_\_\_\_\_ m WS

\_\_\_\_\_ Kessel \_\_\_\_\_

Betriebstemperatur (Vorlauf/Rücklauf):

\_\_\_\_\_ °C

Wasserinhalt der gesamten Anlage:

(einschl. Wasserinhalt der Wärmeerzeuger)

\_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>

Wasserinhalt der Wärmeerzeuger

WE 1–WE x \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>

Fernleitungen zu separat stehenden Gebäuden:

ja  nein

wenn nicht ermittelt:

Wenn ja:

Abnehmer: \_\_\_\_\_ % Lüftung

\_\_\_\_\_ m Rohr DN \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ % Plattenheizkörper

\_\_\_\_\_ m Rohr DN \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ % Radiatoren

\_\_\_\_\_ % Fußbodenheizung

\_\_\_\_\_ m Rohr DN \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ % WW-Bereitung

jeweils Vor- und Rücklauf berücksichtigen.

Sonstige Bemerkungen oder Angaben zu der Anlage bzw. dem zu erstellenden Angebot:

## 2.2 Wasserinhalt von Heizungsanlagen in Abhängigkeit von der Wärmeleistung

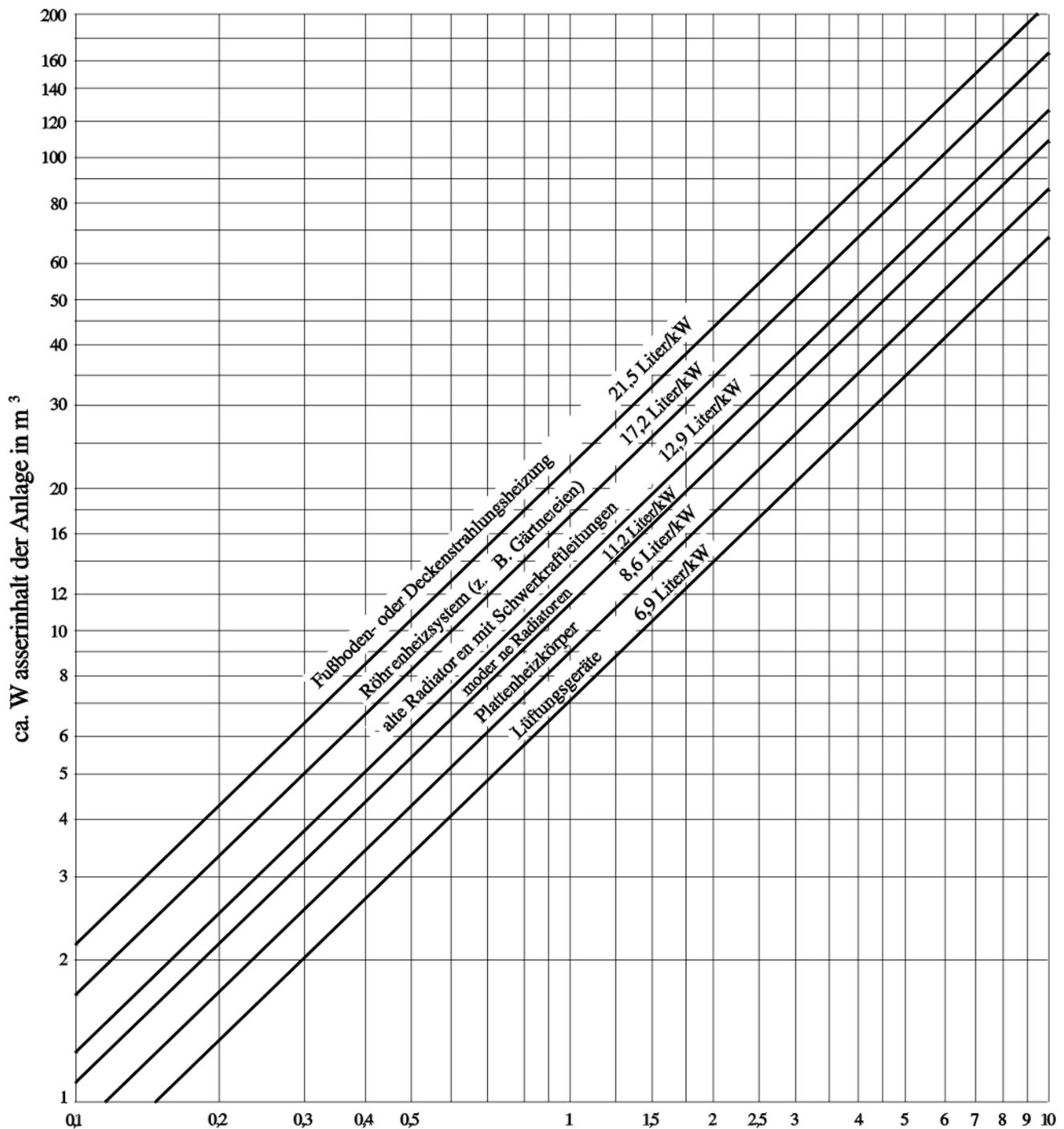


Diagramm 2.2.0.1

Wärmeleistung in MW

**Achtung:** Der Wasserinhalt von Fernleitungen zu separat stehenden Gebäuden ist den hier vorliegenden Werten gesondert hinzuzurechnen.

## 2.3 Ermittlung von Wasserinhalt und Wasserausdehnung

Nach vorstehendem Diagramm 2.2.0.1 kann bei Anlagen, deren Wasserinhalt nur schwer oder gar nicht zu errechnen ist, dieser über die eingebaute

Wärmeleistung in Abhängigkeit von der Art der Abnehmer überschlägig ermittelt werden.

### Tabelle 2.3.0.1

Das Diagramm beruht auf folgenden Werten:

Art der Abnehmer	Gesamtanlageninhalt	
	pro 1000kcal	pro kW
Lüftungsgeräte	8 l	6,9l
Plattenheizkörper	10l	8,6l
moderne Radiatoren	13l	11,2l
alte Radiatoren mit Schwerkraftleitungen	15 l	12,9l
Röhrenheizsysteme (z. B. Gärtnerei)	20l	17,2l

**Achtung:** Der Wasserinhalt von Fernleitungen zu separat stehenden Gebäuden ist den ermittelten

Werten gesondert hinzuzurechnen. (siehe nachstehende Tabelle)

### Tabelle 2.3.0.2

#### Wasserinhalt in l pro lfdm. Rohrleitung

Rohrdimension DN /Zoll	25 1"	32 1 1/4"	40 1 1/2"	50 2"	65 2 1/2"	80 3"	100 4"	125	150	200	250	300
Wasserinhalt ltr./lfdm	0,65	1,10	1,4	2,15	3,85	5,3	7,85	12,3	17,7	31,5	55,0	78,0

### Tabelle 2.3.0.3

#### Wasserausdehnung und Verdampfungsdruck

Temperatur	K	283	293	303	313	323	333	343	353	363	373	383	393	403	413	423	433	443	453	463	473
	°C	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
Wasserausdehnung l pro m <sup>3</sup>	0	2	4	8	12	17	23	29	36	43	52	60	69	80	91	102,2	114,5	127,5	141,5	156,5	
Verdampfungsdruck in bar (Ü)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04	0,47	1,03	1,75	2,61	3,76	5,18	6,92	9,03	11,55	14,5	

**Achtung:** Nach den Vorschriften der DIN 4751, T. 2 ist die Ausdehnungsanlage mindestens für das Ausdehnungsvolumen des Heizungswassers der

zugehörigen Heizungsanlagen zu bemessen. Dabei ist die Wasservorlage nach DIN 4807, T. 2 zu berücksichtigen.

## 2.4 Additive und Wasserzusätze

Bei der Verwendung von Frostschutzmitteln (z. B. Glykol) im Anlagenwasser gelten je nach deren Anteil folgende Ausdehnungsfaktoren in l/m<sup>3</sup>

**Tabelle 2.4.0.1**

		Temperatur											
anteiliger	K	293	303	313	323	333	343	353	363	373	383	393	403
Zusatz in %	°C	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
0%		2	4	8	12	17	23	29	36	43	52	60	69
10%		5	7	11	15	20	26	32	39	46	55	63	73
20%		8	11	14	18	23	29	35	42	49	58	67	76
30%		10	13	16	21	26	31	38	44	52	60	69	78
40%		15	17	21	25	30	36	42	49	56	64	73	82
50%		18	20	24	28	33	39	45	52	59	67	76	85

### Anmerkungen zur Bestimmung von Blasenmembranausdehnungsgefäßen für Kälteanlagen:

Bei Kälteanlagen kann im Gegensatz zu Heizungsanlagen der Wasserinhalt nicht von der Leistung des eingebauten Kühlaggregates abgeleitet werden. Er ist jeweils annähernd zu ermitteln.

Bei der Bestimmung des Ausdehnungsvolumens von Kälteanlagen wird nicht mit der Betriebstemperatur (z. B. 6/12° C) sondern mit der max. möglichen Umgebungstemperatur gerechnet, die die Kühlflüssigkeit bei Ausfall des Kühlaggregates annehmen kann. In Deutschland werden im allgemeinen 30–35° C zugrunde gelegt. Bei Exportanlagen muß dieser Wert je nach Aufstellungsort entsprechend höher angesetzt werden.

Besonders für Kälteanlagen ist der veränderliche Ausdehnungsfaktor bei Zusatz von Frostschutzmitteln nach vorstehender Tabelle zu berücksichtigen.

Zum Frostschutz sind nur Mittel auf Äthylen-Glykol-Basis zu verwenden; bei Verwendung anderer Mittel kann keine Garantie für die Beständigkeit der Kautschuk-Blasenmembranen übernommen werden.

Da bei Kälteanlagen überwiegend mit Pumpen gearbeitet wird, deren Wellen mit Stopfbuchsen abgedichtet sind, ist dem errechneten Ausdehnungsvolumen eine ausreichende Reserve zum Ausgleich von zu erwartenden Leckverlusten hinzuzurechnen.

### Bestimmung von Gefäßtyp und Gefäßart

Die breite Palette von PNEUMATEX-Gefäßtypen erlaubt es uns, Ihnen für jeden nur denkbaren Anwendungsfall das richtige Gerät anzubieten. Um sich zeitaufwendiges Suchen im Katalog zu ersparen, kann man aus Diagramm 2.5.0.1, Seite 2.5.0 annähernd den in Frage kommenden Gefäßtyp auswählen und in der entsprechenden Katalogrubrik die richtige Größe auswählen.

## 2.7 Einbau von Ausdehnungsgefäßen

### Allgemeine Einbauempfehlung für Ausdehnungsgefäße in Heizungsanlagen. (Bild 2.7.0.1)

Jede Wärmeerzeugungsanlage muß mit mindestens einem Ausdehnungsgefäß verbunden sein.

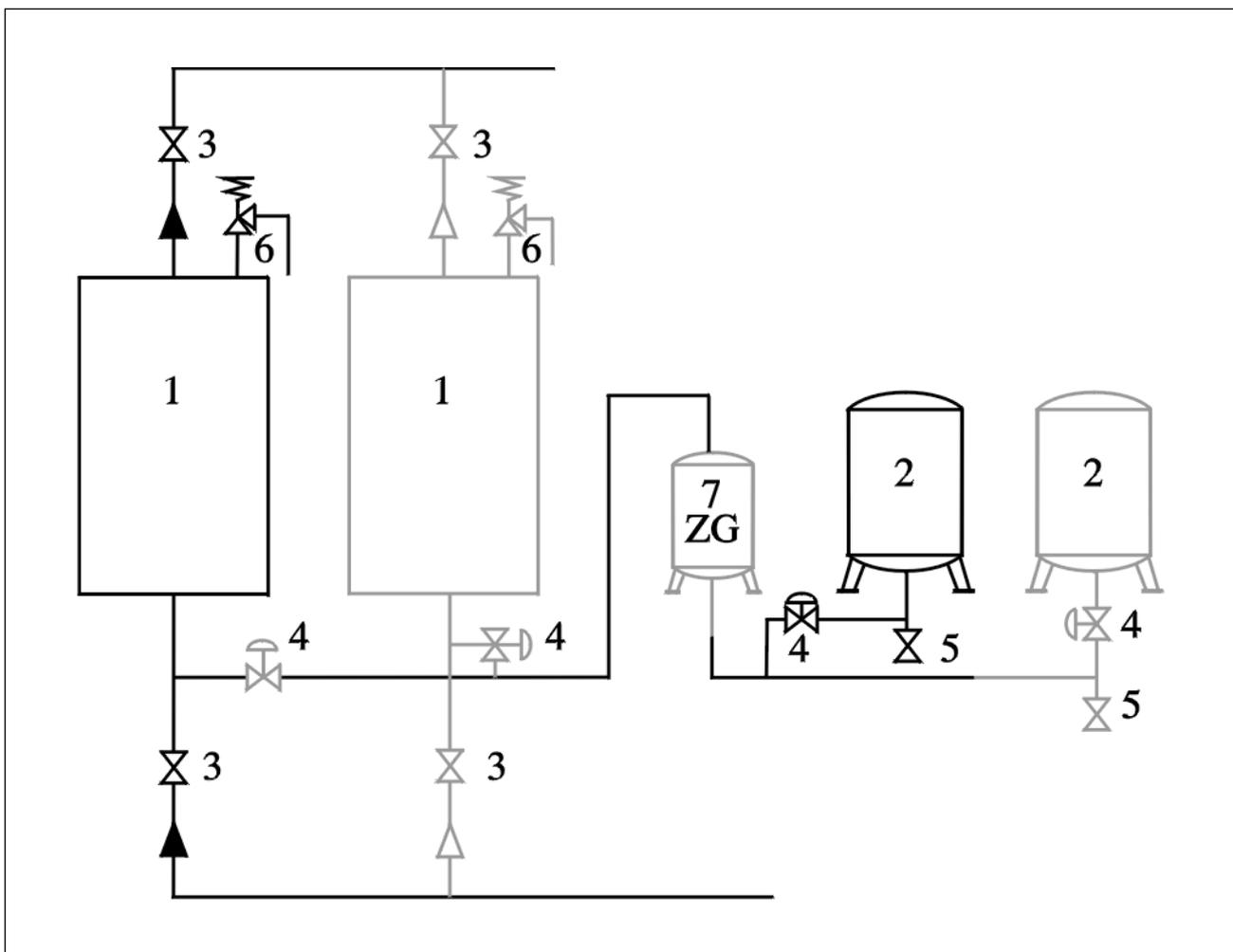
Ein oder mehrere Wärmeerzeuger können über eine gemeinsame Ausdehnungsleitung mit einem oder mehreren Ausdehnungsgefäßen verbunden sein.

Bild 2.7.0.1

Der Einbau von Absperrorganen in die Ausdehnungsleitungsabschnitte gemäß nachstehendem Anlagenschema wird gem. DIN 4751 Teil 2 gefordert, um im Notfall den Betrieb der Anlage sowohl mit verminderter Wärmeleistung als auch mit vermindertem Ausdehnungsraum vorübergehend aufrechterhalten zu können.

Die Absperrorgane müssen gegen unbeabsichtigtes Schließen gesichert sein (z. B. Kappenabsperrentile).

Jeder Wärmeerzeuger ist separat mit einem oder evtl. mehreren Sicherheitsventilen gegen unzulässigen Überdruck abzusichern.



- 1 Wärmeerzeuger
- 2 Ausdehnungsgefäß
- 3 Absperrorgane Vor- und Rücklauf
- 4 gesicherte Absperrorgane in der Ausdehnungsleitung (z.B. Kappenabsperrentile) (DIN 4751 Teil 2)

- 5 Entleerungshahn nach DIN 4751 Teil 2
- 6 Kesselsicherheitsventil
- 7 Zwischengefäß als Abkühlbehälter bei Anlagerrücklauf temperatur > 70°C

## 2.8 Bestimmung der Nennweite von Ausdehnungsleitungen

Die Nennweite der Ausdehnungsleitungen ist so zu wählen, daß der durch Strömungswiderstand in der Ausdehnungsleitung hervorgerufene Druckanstieg Sicherheitsventile oder Sicherheitsdruckbegrenzer nicht zum Ansprechen bringt.

Es kann vorausgesetzt werden, daß in aller Regel bei einer Fließgeschwindigkeit  $\approx 0,5 \text{ m/s}$  die Summe der Widerstände in der gesamten Ausdehnungsleitung einschließlich der Armaturen so niedrig ist, daß diese Forderung erfüllt wird.

Zur Bestimmung der Nennweite von Ausdehnungsleitungen oder Leitungsabschnitten kann nachstehendes Diagramm 2.8.1.1 benutzt werden.

Einzelne Leitungsabschnitte werden nach dem auf sie entfallenden Teil der Gesamtnennwärmeleistung ausgelegt.

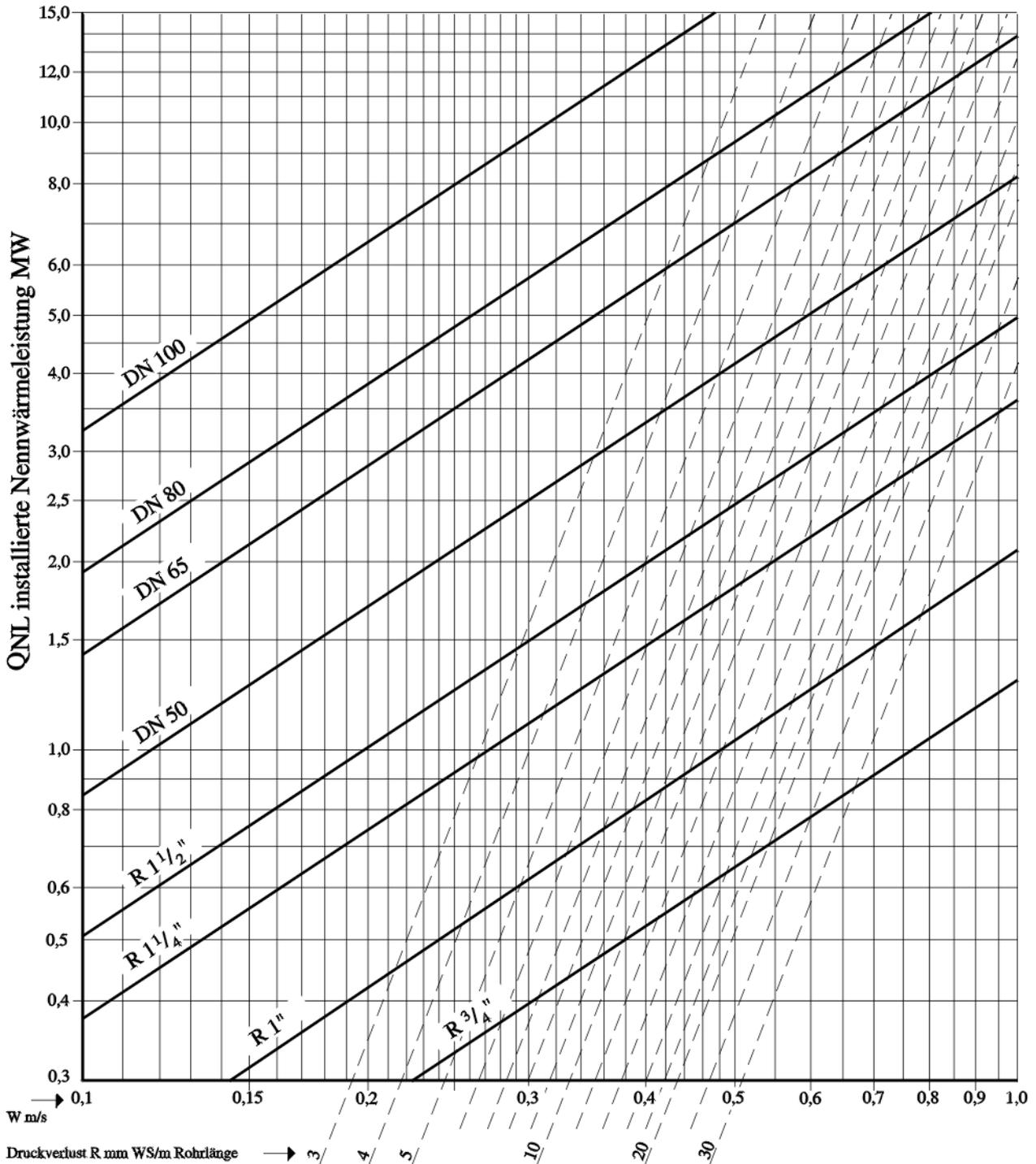
Ein Nachweis der Nennweite der Ausdehnungsleitung ist nicht erforderlich, wenn die Zuleitungen zum Ausdehnungsgefäß einen Innendurchmesser von 12 mm bis zu einer Nennwärmeleistung von 20 kW und 20 mm bis zu einer Nennwärmeleistung von 350 kW haben. Bei Nennwärmeleistungen über 350 kW ist die Ausdehnungsleitung unter Berücksichtigung einer stündl. Wasservolumenänderung von 1 Liter je kW Nennwärmeleistung und einer Strömungsgeschwindigkeit von 0,5 m/s zu berechnen.

Ausdehnungsleitungen müssen in frostfreien Räumen angeordnet oder so beheizt sein, daß sie nicht einfrieren können.

Die Installation der Ausdehnungsgefäße soll im Rücklauf vorgenommen werden, damit eine Dauertemperatur von 70° C an der Blase nicht überschritten wird.

Weitere Angaben zur sicherheitstechnischen Ausrüstung von Heizungsanlagen nach derzeit gültigen Normen und Verordnungen finden Sie jeweils den einzelnen Gefäßtypen zugeordnet, oder unter der Katalogrubrik 7 bzw. 1.

Diagramm 2.8.1.1 zur Bestimmung der Nennweite von Ausdehnungsleitungen



stündl. max. Volumenstromänderung in der Ausdehnungsleitung, 1 l./kW Nennwärmeleistung DIN 4751, Teil 2)

$$w = \frac{QNL}{A} \cdot 2,778$$

w = max. Geschwindigkeit in der Ausdehnungsleitung, in m/s

QNL = installierte Nennwärmeleistung in [1 MW = 0,86 Gcal/h]

A = freier Querschnitt der Ausdehnungsleitung in cm<sup>2</sup>

Zur Bestimmung des Gesamt-Druckverlustes in der Ausdehnungsleitung sind die Einzeldruckverluste von Absperrorganen, Bögen etc. und der geraden Leitung zu addieren.

## Erläuterungen zu vorstehendem Diagramm 2.8.1.1

Wir setzen voraus, daß ein Gesamtdruckverlust oder Widerstand von 500 mm Ws = 0,05 bar in der Ausdehnungsleitung einen Sicherheitsdruckbegrenzer oder Sicherheitsventile in der Anlage nicht zum Ansprechen bringt, sofern die Forderungen der DIN 3320, Differenz zwischen max. Arbeitsdruck der Anlage und Ansprechdruck der Sicherheitsventile mind. 0,5 bar, eingehalten wurden. Wir empfehlen daher, die Leitungsquerschnitte, Leitungslängen, Armaturen, Anzahl der Bogen etc. so zu wählen, daß der Gesamtdruckverlust  $\Delta p = 500 \text{ mm Ws} = 0,05 \text{ bar}$  nicht übersteigt.

$$\Delta p = L \cdot R + Z \text{ [mmWs]}$$

$$Z = \zeta \cdot 49,5 w^2 \text{ [mm Ws]}$$

$\Delta p$  .... Druckverlust gesamt in mm Ws

R .... Druckverlust pro m Rohr in mm Ws/m

L .... Leitungslänge in m

w .... Wassergeschwindigkeit in der Leitung in m/s

Z .... Druckverlust aus Einzelwiderständen in mm Ws

$\zeta$  .... Einzelwiderstandswert siehe Tabelle 2.8.2.1

$$\Delta p = L \cdot R + Z \text{ [Pa]}$$

$$\Delta p = L \cdot R + \zeta \cdot \frac{\rho}{Z} w^2 \text{ [Pa]}$$

$\Delta p$  .... Druckverlust gesamt in Pa

R .... Druckverlust pro m Rohr in Pa/m,  
 $10^5 \text{ Pa} \hat{=} 1 \text{ bar}$ ,  $1 \text{ bar} \hat{=} 1000 \text{ mm Ws}$

L .... Leitungslänge in m

w .... Wassergeschwindigkeit in der Leitung in m/s

Z .... Druckverlust aus Einzelwiderständen in Pa

$\zeta$  .... Einzelwiderstandswert (Zeta) s. Tab. 2.8.2.1

$\rho$  .... Dichte des Mediums (z.B. Wasser  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ )

**Tabelle 2.8.2.1:** Einzelwiderstände (Zeta)

Rohrleitungsdimension	D N			
	25	32	40	50 und mehr
	-Wert			
Behälteranschluß mit kompl. wasserseitiger Anschluß-Garnitur	7,75	6,4	6,0	5,2
Rg.-Kappen- absperrventil	5,75	4,4	4,0	3,2
Grauguß-Flanschen Kappenabsperrventil	5,0	5,0	4,5	4,0
Anschluß am Kessel	0,5			
90°-Bogen	0,5			
Abzweig	1,5			
Abzweig, eingeschuht	0,5			