

Deutsche Demokratische Republik	Wärmeanlagen AUSLEGUNG VON WÄRMENETZEN Druckhaltung in Heizwassernetzen	Bauinformation zentrale Heiz- / Netzhilf No. <i>11A</i>	TGL 190-259/05
		Gruppe 934430	

Тепловые установки РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ Стабилизация давления в сетях ОТОПИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ	Heat plants DESIGN OF HEAT NETWORKS Pressure stabilization in heating water networks
---	---

Deskriptoren: Waermeversorgung; Waermenetz; Druckhaltung

Verbindlich ab 1.1.1981

Für die Projektierung ab 1.1.1980

Dieser Standard gilt nicht für Anlagen der dezentralen Wärmeversorgung.

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Formelzeichen und Einheiten	2
2. Begriffe	4
3. Allgemeine Forderungen	4
4. Verfahren der Druckhaltung	6
5. Bemessungsgrundlagen	14

Verbindlichkeit aufgehoben  
ab 1.9.76 ohne Ersatz-  
ersetzt durch 11.75  
1.70 1058

Fortsetzung Seite 2 bis 16

Verantwortlich/bestätigt: 28.2.1979, VVB Energieversorgung, Berlin

## 1. Formelzeichen und Einheiten

Tabelle 1 Formelzeichen und Einheiten

Benennung	Formelzeichen	Einheiten
Anlagenvolumen	$V_A$	$m^3$
Ausgleichsbehältervolumen	$V_{AG}$	$m^3$
Ausgleichsvolumen	$\Delta V$	$m^3$
Ausfallzeit	$T_A$	s
Ausgleichsmassenstrom	$\dot{m}_W$	kg/s
Ausgleichsmasse der Rohrleitungsstrecke	$m_{W i}$	kg
Ausgleichswassermasse	$m_W$	kg
Außerbetriebsnahmezeit	$T_{Au}$	s
Dichte des Wassers	$\rho$	$kg/m^3$
Differenzdruck der Abnehmeranlage	$\Delta p_A$	MPa
Durchmesser der Rohrleitung	$d$	mm
Elastizitätsmodul von Stahl	$E_{St}$	$N/mm^2$
Elastizitätsmodul von Wasser	$E_W$	$N/mm^2$
Erdbeschleunigung	$g$	$m/s^2$
Expansionswassermasse	$m_E$	kg
Gaskonzentration in der Rohrleitungsstrecke i	$\mu_i$	mg/l
Gaskonzentration im Rücklauf	$\mu_R$	mg/l
Gaskonzentration im Vorlauf	$\mu_V$	mg/l
Gastemperatur im Rücklauf	$t_{G R}$	K
Gastemperatur im Vorlauf	$t_{G V}$	K
Geodätischer Höhenunterschied zum höchstgelegenen Abnehmer	$H$	m
Innendurchmesser der Rohrleitung	$d$	m
Kontraktionsmassenstrom	$\dot{m}_K$	kg/s
Kontraktionswassermasse	$m_K$	kg
Massenstrom durch eine Rohrleitungsstrecke und/oder eine direkt angeschlossene Abnehmeranlage	$\dot{m}_{W i}$	kg/s
Maximaler Massendurchsatz durch die Druckhaltepumpe	$\dot{m}_{max}$	kg/s
Maximale Vorlauftemperatur	$t_{V max}$	$^{\circ}C$
Maximal zulässiger Betriebsdruck	$p_B$	MPa
Maximal zulässiger Druck an der Einbindung der Druckhaltung ins Wärmenetz	$p_E max$	MPa
Maximal zulässiger Betriebsdruck des Heizkörpers	$p_H$	MPa

## Fortsetzung der Tabelle 1

Benennung	Formelzeichen	Einheiten
Mindestvolumen des Ausgleichsbehälters	$V_0$	$m^3$
Minimaler Massenstrom durch das Abströmventil	$\dot{m}_{AR \text{ min}}$	kg/s
Minimaler Massendurchsatz durch die Druckhaltepumpe	$\dot{m}_{\text{min}}$	kg/s
Minimal zulässiger Druck an der Einbindung der Druckhaltung ins Wärmenetz	$p_{E \text{ min}}$	MPa
Minimal zulässiger systemeigener Ruhedruck	$p_{Ru \text{ min}}$	MPa
Mittlerer Druck in einer Rohrleitungsstrecke oder einer direkt angeschlossenen Abnehmeranlage	$p_i$	MPa
Querschnittsfläche des Ausgleichsbehälters	$A_{AG}$	$m^2$
Rohrwanddicke	$s$	mm
Rücklaufvolumen	$V_R$	$m^3$
Sicherheitszuschlag für Regeltoleranz der Druckhaltung und instationäre hydraulische Vorgänge	$\Delta p_Z$	MPa
Siededruck	$p_s$	MPa
Summe aller Rohrleitungsstrecken	$N$	-
Systemeigener Mitteldruck	$p_m$	MPa
Temperatur	$t$	$^{\circ}C$
Temperatur der Gase in der Rohrleitungsstrecke i	$t_{G \ i}$	K
Temperatur in der Rohrleitungsstrecke i vor Temperaturänderung	$t_1 \ i$	$^{\circ}C$
Temperatur in der Rohrleitungsstrecke i nach Temperaturänderung	$t_2 \ i$	$^{\circ}C$
Volumen des Kompressionsraumes vom Ausgleichsbehälter	$V_K$	$m^3$
Volumen der Rohrleitungsstrecke	$V_i$	$m^3$
Vorlaufvolumen	$V_V$	$m^3$
Wassertemperatur vor Temperaturänderung	$t_1$	$^{\circ}C$
Wassertemperatur nach Temperaturänderung	$t_2$	$^{\circ}C$
Zeit	$T$	s
Zeitlicher Leckverlust	$\dot{m}_L$	kg/s
Zulässiger Pumpenansaugdruck	$p_A$	MPa

## 2. Begriffe

Begriffe nach TGL 190-253/01 bis 15

2.1. Direkt wirkende Druckhaltung ist die Druckhaltung, die ohne Stellglieder in den Zu- oder Abströmleitungen des Wärmenetzes arbeitet.

2.2. Indirekt wirkende Druckhaltung ist die Druckhaltung, die mit Hilfe von Stellgliedern in den Zu- und/oder Abströmleitungen des Wärmenetzes arbeitet.

2.3. Analogiestrecke ist eine Verbindung zwischen Vor- und Rücklauf des Wärmenetzes, bei der die Einstellung und Abbildung des Druckverlaufes im Wärmenetz durch mindestens zwei Drosselorgane erfolgt und die von den zur Kompensation von Dichteänderungen notwendigen Ausgleichsmassen direkt durchströmt wird.

2.4. Analogiemeßstrecke ist eine Verbindung zwischen Vor- und Rücklauf des Wärmenetzes, durch die mit Hilfe von Drosselorganen oder elektrischen Schaltungen die Abbildung der Druckverhältnisse im Wärmenetz erfolgt und die die Regelgröße für die Druckhaltung bereitstellt.

2.5. Systemeigener Mitteldruck ist der Druck, der sich im Heiznetz einstellen würde, wenn bei Abstellen der Umwälzpumpen Zu- und Abspisevorgänge nicht auftreten würden.

2.6. Leckverlust ist der während des ungestörten Betriebes des Heiznetzes auftretende Heizwasserverlust infolge von Undichtigkeiten.

## 3. Allgemeine Forderungen

3.1. In Wärmenetzen ist zu gewährleisten, daß an jeder Stelle und zu jedem Zeitpunkt ein solcher Druck vorhanden ist, der die Bildung von Zweiphasenzonen - Dampf/Wasser und/oder Gas/Wasser - verhindert.

3.2. Der Druck im Wärmenetz darf unter allen Betriebsbedingungen an keiner Stelle den maximal zulässigen Druck, z.B. der Rohrleitungen, Armaturen, Pumpen, Apparate überschreiten.

3.3. Bei Druckhaltungen, die nicht den Mitteldruck als Ruhedruck einstellen, sind die Forderungen nach 3.1. und 3.2. auch für den bei Ausfall der Umwälzpumpen auftretenden systemeigenen Mitteldruck einzuhalten, wenn nicht nachgewiesen werden kann, daß ein höherer Druck auftritt.

3.4. Die während des Betriebes auftretenden Veränderungen der Wassermasse im Wärmenetz durch Kontraktion oder Expansion sowie die Leckverluste sind durch die Druckhaltung auszugleichen.

## 4. Verfahren der Druckhaltung

### 4.1. Übersicht

Im Bild 1 sind die anzuwendenden Verfahren der Druckhaltung dargestellt. Andere als im Bild 1 enthaltene Verfahren, wie z.B. die Druckhaltung mit Wasser gleichen oder höheren Druckes bei direkt oder indirekt gekoppelten Wärmenetzen, dürfen angewendet werden, wenn die unter 3. genannten Forderungen erfüllt werden.

### 4.2. Einbindung der Druckhaltung

Im Bild 2 sind schematisch die Möglichkeiten der Einbindung der Druckhaltung und deren Auswirkungen auf den Druckverlauf im Wärmenetz im Zusammenhang mit den wesentlichsten Drücken dargestellt.

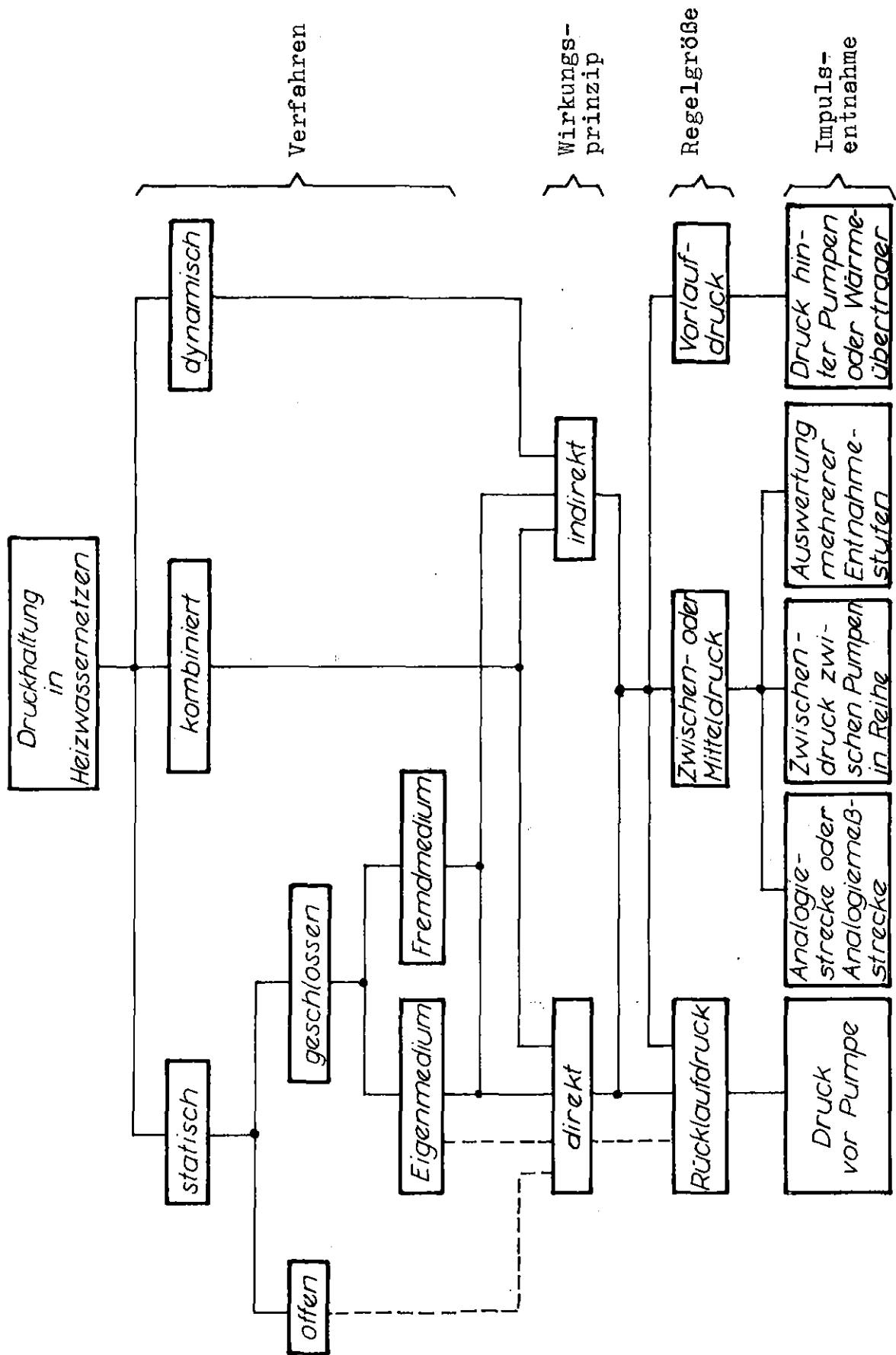


Bild 1 Übersicht der Druckhalteverfahren

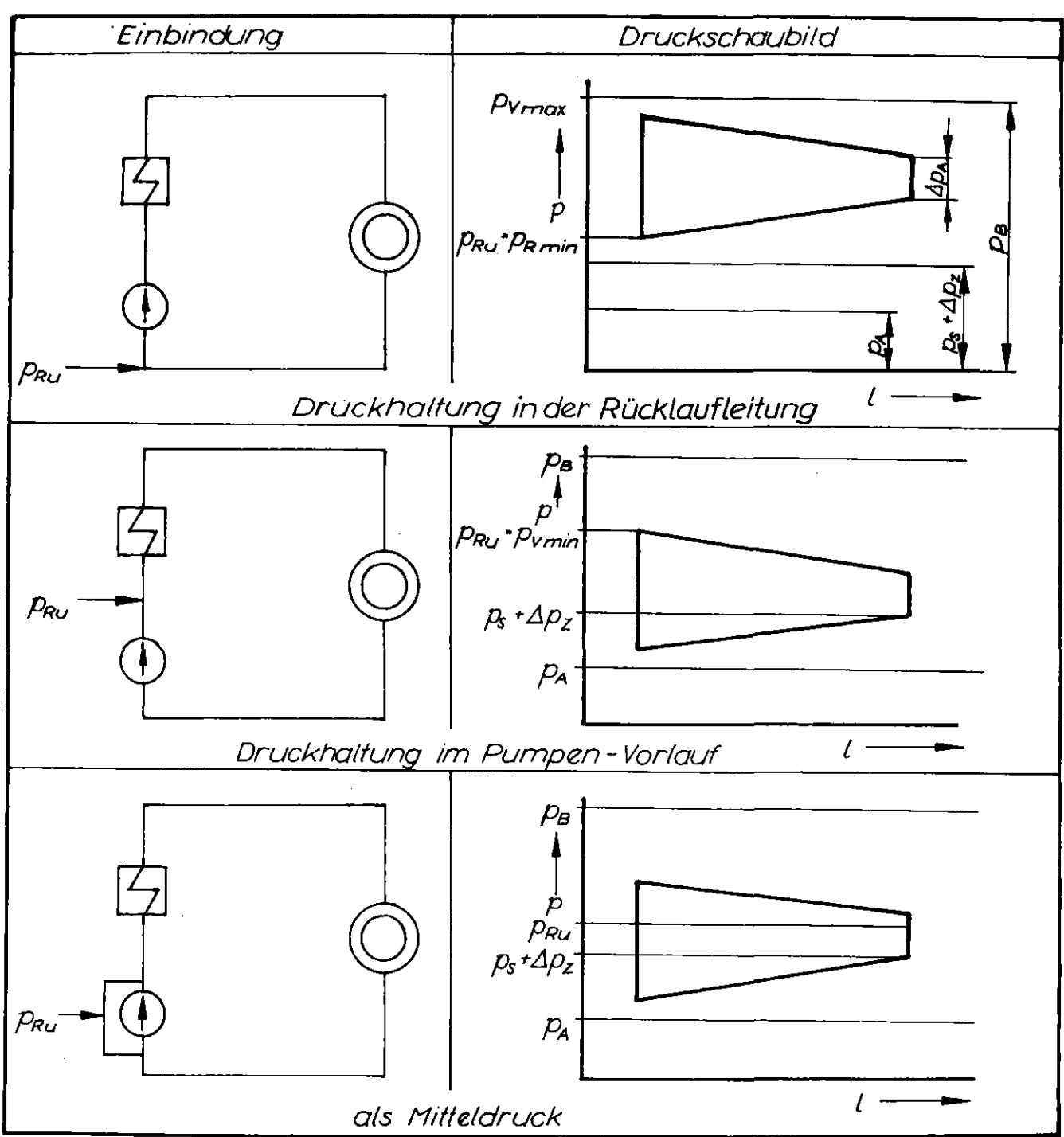


Bild 2 Schematische Darstellung für die Einbindung der Druckhaltung und vereinfachte Druckschaubilder

4.3. Statische Druckhaltung

4.3.1. Allgemeines

4.3.1.1. Als kompressible Medien zur Beaufschlagung des Ausdehnungsraumes sind Wasserdampf und Inertgase zugelassen. Bei Wärmenetzen, die einen Gesamtanschlußwert von  $\cong 20 \text{ GJ/h}$  besitzen, ist vorzugsweise Dampf einzusetzen. Das kompressible Medium ist aus einer Anlage bereitzustellen, die den einfachen Störfall beherrscht oder es ist eine Notdruckhaltung vorzusehen, die eine Druckauflastung für mindestens 60 min gewährleistet. Als Druckhaltemedium für die Notdruckhaltung ist in Ausnahmefällen, die zu begründen sind, Luft zugelassen.

4.3.1.2. Wird das Ausdehnungsgefäß mit Fremddampf beaufschlagt, so ist vorzugsweise eine Durchströmregelung mit Zu- und/oder Abströmventil vorzusehen. Bei Verwendung von Inertgas ist vorzugsweise in die Zuführungsleitung ein Nachdruckregler einzubauen. Die Druckregelung ist so auszulegen, daß unter Beachtung der Regelabweichung und der Wasserstandsschwankungen im Ausdehnungsgefäß der Mindestauflastdruck gewährleistet wird.

4.3.1.3. Die Ausgleichsleitung separater Ausdehnungsbehälter ist im Querschnitt unter Zugrundelegung einer Geschwindigkeit von  $\leq 0,5$  m/s nach dem unter 5.2. ermittelten Massenstrom zu bemessen. In diese Leitung dürfen Absperrarmaturen nur in der Nennweite der Ausgleichsleitung eingebaut werden, die im offenen Zustand gegen unbefugtes Schließen zu sichern sind.

4.3.1.4. Der Wasserstand im Ausdehnungsbehälter muß  $\geq 150$  mm über der Oberkante des Anschlusses der Ausgleichsleitung liegen.

4.3.1.5. Jeder fremddruckbelastete Ausgleichsbehälter ist mit einem Sicherheitsventil auszurüsten, das bei Verwendung von Inertgasen am Wasserraum und bei Wasserdampf am Dampfraum anzubringen ist. Bei mehreren miteinander verbundenen absperrbaren Behältern mit Dampfbeaufschlagung ist die Anbringung des Sicherheitsventils auf der gemeinsamen Dampfzuführungsleitung zulässig. Der erforderliche Mindestquerschnitt ist rechnerisch nachzuweisen, wobei jedoch mindestens ein Vollhub - Sicherheitsventil NW 50 oder ein anderes gleicher Leistung gefordert wird.

4.3.1.6. Können die Ausgleichsmassen nicht in der notwendigen Größe im Ausgleichsbehälter kompensiert werden, so sind außerhalb desselben Reservebehälter mit Niederdruckdampfpolster oder Inertgas anzuordnen.

4.3.2. Bestimmung des notwendigen Volumens des Ausgleichsbehälters und Hinweise zur Auswahl der Druckhaltung

Das Volumen des Ausgleichsbehälters ist aus

$$V_{AG} = V_0 + \Delta V + V_K \quad (1)$$

zu bestimmen.

Für das Restvolumen ist als Richtwert  $V_0 \approx 0,2 V_{AG}$  anzusetzen, wenn die Forderung 4.3.1.4. eingehalten wird.

Bei der Verwendung von Dampf ist für das Kontraktionsvolumen  $V_K \approx 0,02 V_{AG}$  zu setzen.



Bild 3 Ausgleichsbehälter

Bei Inertgasen ist die Volumenänderung des Gasvolumens durch Änderung des Wasserstandes im Ausgleichsbehälter zu berücksichtigen.

$$V_K = \Delta V \frac{p_{E \min} - 10^{-6} \rho \cdot g \left( H_{AG} - \frac{\Delta V}{A_{AG}} \right)}{p_{E \max} - p_{E \min} - 10^{-6} \rho \cdot g \cdot \frac{\Delta V}{A_{AG}}} \quad (2)$$

Die entsprechenden Werte für  $p_{E \max}$  und  $p_{E \min}$  sind den hydraulischen Wärmenetzrechnungen unter Beachtung der Druckgrenzen zu entnehmen, Bild 4 zeigt dies an einem Beispiel. Ergeben sich auf Grund der Gleichung (2) zu große Behältervolumina,

so ist eine statische Druckhaltung mit veränderlichem Gasvolumen zu wählen.

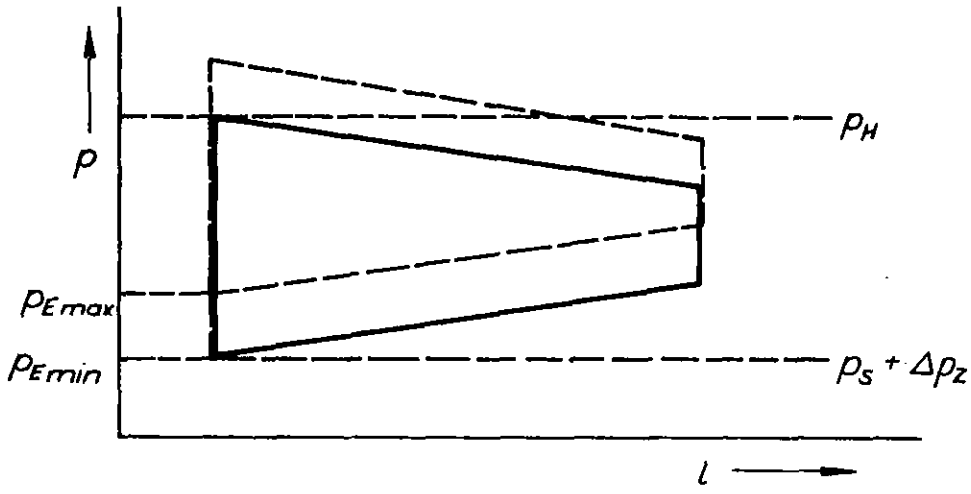


Bild 4 Beispiel für die Bestimmung der minimalen und maximalen Drücke für Rücklaufdruckhaltung mit direkter Einspeisung

Das Gesamtvolumen des Ausgleichsbehälters ergibt sich nach der Bestimmung des Volumens der maximalen Ausgleichswassermasse

$$V = \frac{m_W}{\rho} \quad (3)$$

aus der Gleichung (1).

4.3.3. Verfahren der statischen Druckhaltung

Die wichtigsten Verfahren sind mit typischen Schaltungsbeispielen und den spezifischen Forderungen in 4.3.3.1. bis 4.3.3.3. zusammengestellt. Die Schaltungsdarstellung wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit auf das zum Verständnis der Wirkungsweise notwendige Maß vereinfacht.

4.3.3.1. Druckhaltung durch Eigenmedium

Es gilt

- die Einbindung des Heißwasserkessels, Wärmeübertragers oder separaten Ausgleichsbehälters darf nur auf der Umwälzpumpenausgseite erfolgen. Der niedrigste Wasserspiegel des Ausgleichsbehälters muß den höchsten Teil der Gesamtanlage bilden.
- zur Erzeugung eines ausreichenden Dampfpolsters ist bei Schaltungen mit separatem Ausgleichsbehälter eine gesicherte Wasserdurchströmung zu sichern.

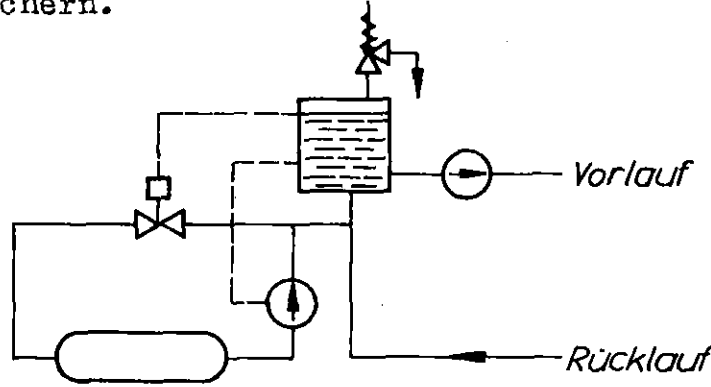


Bild 5 Schaltungsbeispiel für Ausgleichsvolumen im Heißwasserkessel mit Eigendampfbeaufschlagung und separatem Reservebehälter



#### 4.3.3.2. Direkt wirkende statische Druckhalteverfahren

Es gilt

- die Anbindung der Ausgleichsleitung ist im Vor- und Rücklauf möglich,
- die Länge der Ausgleichsleitung sollte 20 m nicht überschreiten.

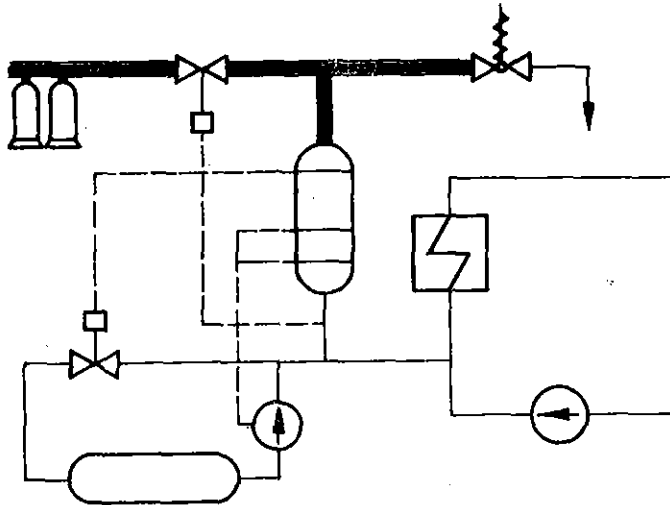


Bild 6 Schaltungsbeispiel für Vorlaufdruckhaltung mit Inertgaspolster

#### 4.3.3.3. Indirekt wirkende statische Druckhaltung

Es gilt

- durch Einwirken auf die Stellglieder der Analogiestrecke wird das Verhältnis  $\Delta p_1 / \Delta p_2$ , das aus den hydraulischen Wärmenetzberechnungen unter Beachtung der Druckgrenzen zu bilden ist, in einem fest einstellbaren Verhältnis geregelt,
- die Analogiestrecke ist so auszulegen, daß unter Berücksichtigung von  $k_V \min$  und  $k_V \max$  der Stellglieder der maximale Ausgleichsmassenstrom zu- und/oder abgeführt und der zur Aufrechterhaltung der Funktionsweise notwendige Teilstrom durchgesetzt werden kann,
- es ist durch geeignete Maßnahmen sicherzustellen, daß bei Anfahrvorgängen nach längeren Stillstandszeiten bei der Verwendung von Dampf kein Wasser aus der Mischzone des Ausgleichsbehälters auf die Saugseite der Umwälzpumpe gelangt.

Für statische Druckhaltungen mit Analogiemeßstrecke gilt 4.4.2.2.

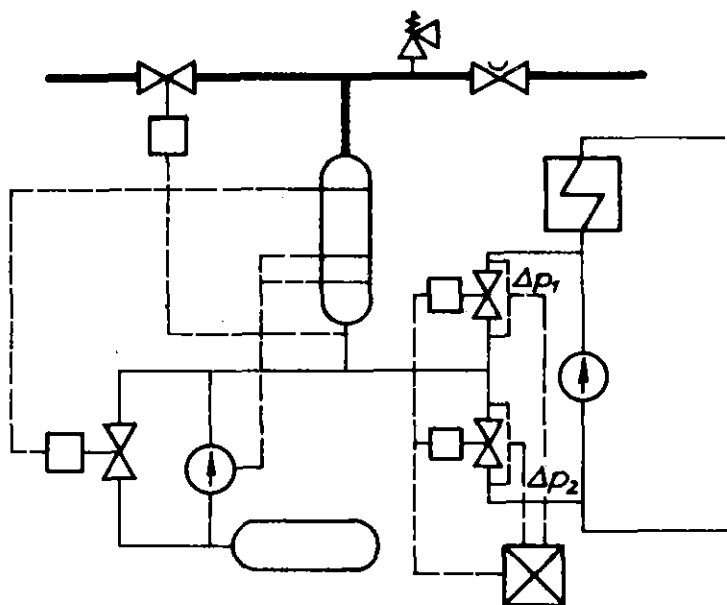


Bild 7 Schaltungsbeispiel für statische Druckhaltung mit Dampfpolster und Analogiestrecke

#### 4.4. Dynamische Druckhaltung

##### 4.4.1. Allgemeines

Für die Druckhaltung sind mindestens zwei Pumpen vorzusehen, die aus mindestens zwei voneinander getrennten Energiequellen zu speisen sind. Die Größe des Unabhängigkeitsgrades dieser Einspeisungen ist auf der Basis der geforderten Versorgungszuverlässigkeit festzulegen.

Die Zuschaltung der Pumpen muß automatisch in Abhängigkeit von der benötigten Zuspeisung erfolgen. Die elektrotechnischen Antriebe sind dafür entsprechend auszulegen.

Die Auslegung der Pumpen ist wie folgt vorzunehmen

- kleine Pumpe oder Pumpengruppe

$$\text{minimaler Förderstrom: } \dot{m}_{\min} = \dot{m}_L + \dot{m}_{AR \min} \quad (4a)$$

$$\text{maximaler Förderstrom: } \dot{m}_{\max} \approx 0,3 \dot{m}_K \quad (4b)$$

- große Pumpe oder Pumpengruppe

$$\text{maximaler Förderstrom: } \dot{m}_{\max} = \dot{m}_L + \dot{m}_K + \dot{m}_{AR \min} \quad (5)$$

Die Kennlinien der Pumpen sind so auszuwählen, daß die in den Gleichungen (4) und (5) angegebenen Massenströme unter Berücksichtigung der Druckverluste aller Rohrleitungsstrecken, Armaturen und Einbauten, die sich zwischen Reservebehälter und der Einbindung ins Wärmenetz befinden, sicher bereitgestellt werden können. Dabei sind Pumpen mit stabilen Kennlinien einzusetzen. Es sind grundsätzlich Abströmventile zur Vordruckregelung zu installieren. Zusätzlich können Zuströmventile zur Nachdruckregelung verwendet werden. Die Aufteilung in Grob- und Feinregler ist zulässig.

Reglerschaltungen sind im Bild 8 zusammengestellt. Die Ein- und Ausspeisepunkte sind nach der Art der Druckhaltung zu wählen.

Schaltung	Funktion	Prinzip	Einsatzempfehlung
Mono- schaltung			$Q < 170 \text{ GJ/h}$
Gegen- schaltung			$170 \leq Q < 850 \text{ GJ/h}$
Folge- schaltung		<p>Abströmregler</p> <p>Zuströmregler</p>	$Q \geq 850 \text{ GJ/h}$

Bild 8 Schematische Darstellung des Funktionsprinzips der Zu- und Abströmventile und Einsatzempfehlungen

#### 4.4.2. Verfahren der dynamischen Druckhaltung

##### 4.4.2.1. Vor- und Rücklaufdruckhaltung

Es gilt

- bei einer Vorlaufdruckhaltung ist 3.3. einzuhalten, wobei der systemeigene Mitteldruck nach Gleichung (15) zu bestimmen ist,
- die Impulsentnahme darf auch hinter der Pumpe erfolgen.

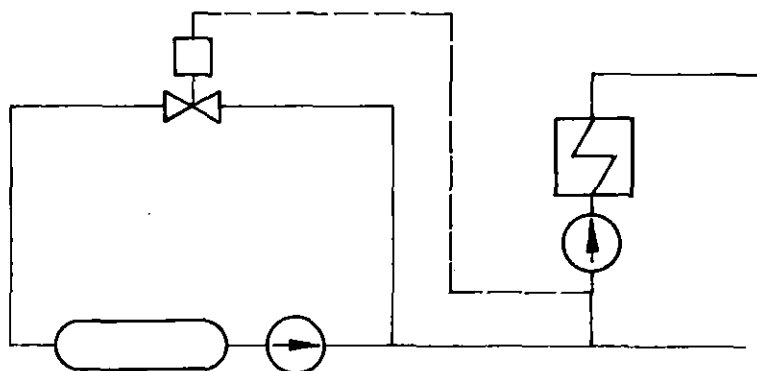


Bild 9 Schaltungsbeispiel für Rücklaufdruckhaltung

#### 4.4.2.2. Mitteldruckhaltung

Es gilt

- in der Analogiemeßstrecke ist der Druckverlauf des Wärmenetzes durch Drosselorgane nachzubilden. Der Sollwert des Druckes ist in Auswertung hydraulischer Wärmenetzberechnungen unter Beachtung der Druckgrenzen zu bilden,
- die Stellglieder der Ausgleichsleitungen sind gegenläufig anzu-steuern,
- die Analogiemeßstrecke ist für einen Durchsatz von ca. 0,3 % des Heiznetzmassenstromes zu dimensionieren, wenn folgende Durchmesser eingehalten werden: maximal NW 50, minimal NW 25,
- die Wärmeübertrager sind nicht in die Analogiemeßstrecke einzu-beziehen.

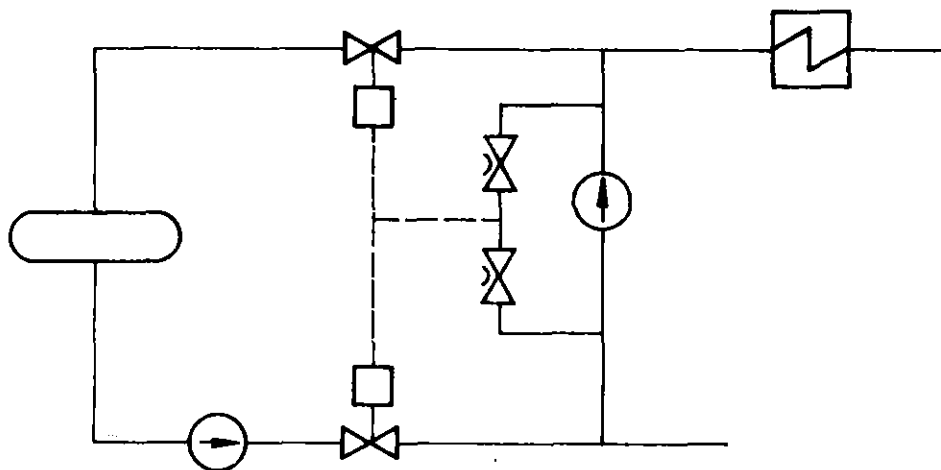


Bild 10 Schaltungsbeispiel für Mitteldruckhaltung mit Analogiemeßstrecke

### 5. Bemessungsgrundlagen

#### 5.1. Ermittlung der Behältervolumina

##### 5.1.1. Ermittlung der Ausgleichsmassen

Für die Bestimmung der Ausgleichsmassen sind die Temperaturänderungen im Wärmenetz infolge An- und Abfahrvorgängen, stationären Belastungsänderungen sowie Havarien und die daraus resultierenden Dichteänderungen ausschlaggebend. Da im allgemeinen die Volumenänderung der Rohrleitungen und bei Einhaltung der Wasserqualität nach TGL 190-255/02 der Einfluß der Gaskonzentrationen vernachlässigbar ist, ist die einer Rohrleitungsstrecke zu- oder abzuspeisende Wassermasse aus

$$m_{W i} = V_i (t_{1 i} - t_{2 i}) \left[ 0,262 + 2,24 \cdot 10^{-3} (t_{1 i} + t_{2 i}) \right] \quad (6)$$

zu bestimmen. Es sind die Volumen z.B. der Leitungen, Apparate einzusetzen, in denen im gleichen Betrachtungszeitraum Temperaturänderungen vorgenommen werden. Für das gesamte Wärmenetz ist die insgesamt zu- oder abzuspeisende Wassermasse aus

$$m_W = \sum_{i=1}^N m_{W i} \quad (7)$$

zu bestimmen.

Dabei gilt für die Bestimmung der Ausgleichswassermasse für den

- Expansionsvorgang  $m_W = m_E$  bei  $t_1 < t_2$
- Kontraktionsvorgang  $m_W = m_K$  bei  $t_1 > t_2$

### 5.1.2. Behältervolumina

Das notwendige Ausgleichsvolumen ergibt sich mit Hilfe von Gleichung (3) nach Bestimmung der Ausgleichsmasse auf der Basis der Gleichungen (6) und (7). Dabei ist der aus der Analyse der möglichen Lastfälle nach Abschnitt 5.3. ermittelte Maximalwert zugrunde zulegen. Die Dichte des Wassers ist für die an der Einbindung der Druckhaltung vorliegenden Parameter zu bestimmen.

Desweiteren sind die durchschnittlichen Leckverluste  $m_L$  zu berücksichtigen, wobei gilt

- für Expansion:  $m_W = m_E - m_L$
  - für Kontraktion:  $m_W = m_K + m_L$
- (8)

Dafür gelten folgende Richtwerte pro Tag

- direkter Anschluß  $m_L = 10 \cdot V_A$
  - indirekter Anschluß  $m_L = 5 \cdot V_A$
- (9)

Bei der statischen Druckhaltung darf eine wirtschaftliche Aufteilung der Volumina auf Reserve- und Ausgleichsbehälter unter Berücksichtigung der zu- oder abzuspeisenden Massenströme nach Abschnitt 5.2. und der zulässigen Schalthäufigkeiten für Pumpen und Ventile vorgenommen werden.

### 5.2. Bestimmung der Ausgleichsmassenströme

Für die Auslegung der Ausgleichsleitungen, Ventile und Pumpen ist der auftretende Ausgleichsmassenstrom zu ermitteln.

Er beträgt

$$\dot{m}_W = \sum_{i=1}^N \frac{\dot{m}_i}{\rho} (t_{1i} - t_{2i}) \left[ 0,262 + 2,24 \cdot 10^{-3} (t_{1i} + t_{2i}) \right] \quad (10)$$

Dabei sind die Massenströme durch die Rohrleitungsstrecken und Abnehmeranlagen bei direktem Anschluß einzusetzen, in denen im gleichen Zeitpunkt Temperaturänderungen erfolgen.

Den Dimensionierungsrechnungen ist der aus der Analyse aller in Frage kommenden Lastfälle nach Abschnitt 5.3. ermittelte Maximalwert zugrunde zulegen. Die Festlegung von Expansions- oder Kontraktionsvorgängen sowie der Dichte erfolgt nach 5.1.1. und 5.1.2.. In gleicher Weise ist der zeitliche Leckverlust

$$\dot{m}_L = 1,2 \cdot 10^{-5} m_L \quad (11)$$

zu berücksichtigen.

### 5.3. Auswahl des maximalen Belastungsfalles

Um eine sichere und wirtschaftliche Dimensionierung der Druckhaltung zu erreichen, sind umfassende Analysen der Belastungsanforde-

rungen an die Druckhaltung anzustellen. Dabei ist darauf zu achten, daß diese Untersuchungen sowohl für die Bestimmung der Ausgleichsmasse und des Ausgleichsmassenstromes getrennt durchzuführen sind und daß mehrere Belastungsfälle gleichzeitig ablaufen können.

#### 5.3.1. Planbare Kompensationsvorgänge

Darunter sind Vorgänge zu verstehen, die in ihrem Auftreten eindeutig zeitlich einordenbar sind. Dazu sind Temperaturänderungen im Wärmenetz und im Falle des direkten Anschlusses in den Abnehmeranlagen, An- und Abfahrvorgänge und gegebenenfalls Inbetriebnahme von Rohrleitungsstrecken zu zählen.

Im einzelnen sind die folgenden Probleme zu beachten:

##### 5.3.1.1. Fahrweise des Wärmenetzes und der Erzeugeranlagen

###### 5.3.1.1.1. Qualitative Regelung

Die Ausgleichsmassen ergeben sich aufgrund der Änderung der Vor- und Rücklaufemperatur auf der Basis der täglichen Ganglinie der Außentemperatur. Dazu sind Fahrkurven von Vor- und Rücklaufemperatur in Abhängigkeit von der Außentemperatur zu erarbeiten. Dabei ist für die Auslegung von sprunghaften Temperaturänderungen auszugehen.

###### 5.3.1.1.2. Quantitative Regelung

Die zu- und abzuspeisenden Massen oder Massenströme sind aus den Veränderungen der Rücklaufemperatur nach 5.3.1.1.1. zu ermitteln. Darüber hinaus sind beim Vorhandensein von Speichern Lade- oder Entladevorgänge derselben zu berücksichtigen.

###### 5.3.1.1.3. Qualitativ-quantitative Regelung

Alle nach 5.3.1.1.1. und 5.3.1.1.2. zutreffenden Einflüsse sind zu analysieren.

##### 5.3.1.2. Einfluß des Abnehmeranschlusses

###### 5.3.1.2.1. Direkter Anschluß

Vor- und Rücklaufemperaturänderungen aufgrund der außentemperaturabhängigen Regelung sowie An- und Abfahrvorgänge bei intermittierendem Betrieb sind in ihren Auswirkungen direkt dem Wärmenetz zuzuordnen.

###### 5.3.1.2.2. Indirekter Anschluß

Die Temperaturänderungen nach 5.3.1.1. sind bei der Bestimmung des Massenstroms im Wärmenetz und der Rücklaufemperaturen zu berücksichtigen.

##### 5.3.2. Außerplanmäßige Kompensationsvorgänge

Hierunter sind Belastungen zu verstehen, die durch Störungen hervorgerufen werden. Dazu zählen:

###### 5.3.2.1. Ausfall der Wärmeerzeugung

###### 5.3.2.1.1. Einstufige Aufwärmung

Bei Ausfall der Wärmeerzeugung ist die Umwälzung außer Betrieb zu nehmen. Dabei ist die Außerbetriebnahmezeit  $T_{Au}$  aufgrund der notwendigen Reaktionszeit und der zulässigen  $Au$  Höhe auftretender Druckstöße zu ermitteln.

###### 5.3.2.1.2. Mehrstufige Aufwärmung oder Verbundbetrieb mehrerer Erzeuger

Hierbei ist die Vorlaufemperatur bei Ausfall der größten in Betrieb befindlichen Anlage oder Aufwärmstufe zu bestimmen und den

Berechnungen zugrunde zu legen. Darüber hinaus ist die Ausfallzeit  $T_A$  einzuschätzen.

### 5.3.2.2. Ausfall der Wärmeabnahme bei indirekter Einspeisung

#### 5.3.2.2.1. Rücklaufdruckhaltung

Die Außerbetriebnahmedauer ist entsprechend 5.3.2.1. zu bestimmen.

#### 5.3.2.2.2. Andere Druckhalteverfahren

Zur Vermeidung von Ausdampferscheinungen ist eine solche Verriegelung vorzunehmen, daß der Primärdurchfluß durch die Abnehmeranlage unterbrochen wird. Für die Bestimmung des Ausgleichsmassenstromes ist jedoch zu berücksichtigen, daß kurzzeitig Vorlaufwasser in den Rücklauf gelangt. Für 5.3.2.2. ist vom größten Abnehmer oder der größten Abnehmergruppe auszugehen.

Zur Festlegung des Volumens nach Gleichung (6) ist mit

$$V_i = \frac{\dot{m}_i}{\rho} T \quad (12)$$

zu rechnen, wobei für  $T = T_A$  oder  $T_{Au}$  zu setzen ist.

### 5.4. Bestimmung des systemeigenen Mitteldruckes und Festlegung des minimalen Ruhedruckes

Der systemeigene Mitteldruck unter Berücksichtigung der Elastizität der Rohrleitung, des Wassers und der vorhandenen Gase beträgt

$$p_m = \frac{1}{A} \left[ 0,5 \cdot B + \sqrt{0,25 B^2 + CA} \right] \quad (13)$$

$$\text{mit } A = \sum_{i=1}^N K_i \cdot V_i; \quad B = \sum \left[ K_i \cdot V_i \cdot p_i - 0,3 \cdot 10^{-6} \frac{\mu_i \cdot t_{G i}}{p_i} \right]$$

$$C = 0,3 \cdot 10^{-6} \left[ \mu_V \cdot t_{G V} \cdot V_V + \mu_R \cdot t_{G R} \cdot V_R \right] \quad \text{und}$$

$$K = 0,85 \cdot \frac{s}{d \cdot E_{St}} + \frac{1}{E_W}$$

Für die Elastizitätsmodule ist mit folgenden Werten zu rechnen

$$\text{- Stahl } E_{St} = 2,08 \cdot 10^5 - 84,1 \text{ t} \quad (14a)$$

$$\text{- Wasser } E_W = 2484 - 3,76 \text{ t} - 0,0148 \text{ t}^2 \quad (14b)$$

Die Gleichung (13) ist bei Erweiterung von bestehenden Wärmenetzen anzuwenden.

Für überschlägliche Berechnungen gilt

$$p_m = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{p_i \cdot V_i}{E_W i}}{\sum_{i=1}^N \frac{V_i}{E_W i}} \quad (15)$$

Der systemeigene minimale Ruhedruck  $p_s$  ist aus

$$p_{Ru \min} = p_s + 9,81 \cdot 10^{-6} \rho \cdot H + \Delta p_z \quad (16)$$

zu bestimmen.

Tabelle 2 Siededruck  $p_s$

Temperatur in °C	100	110	120	130	140	150	160	170	180
Siededruck in MPa	0,101	0,143	0,199	0,270	0,361	0,478	0,618	0,792	1,003

Der Siededruck  $p_s$  ist aus Tabelle 2 oder einschlägigen Wasserdampf-  
tafeln für eine Temperatur von  $t \geq 1,03 t_{v \max}$  zu ermitteln.

Der Zuschlag für Regeltoleranz der Druckhaltung und für instatio-  
näre Betriebszustände  $\Delta p_z$  ist Tabelle 3 zu entnehmen.

Tabelle 3 Zuschläge für instationäre Vorgänge und Drucktoleranzen

Anlagenvolumen in m <sup>3</sup>		<1000	1000 bis <5000	5000 bis 10 000	>10 000
Sicherheits- zuschlag $\Delta p_z$ in MPa	einstufige Pumpen	0,03	0,06	0,08	0,10
	mehrstufige Pumpen	-	0,07	0,10	0,13

#### Hinweise

Im vorliegenden Standard ist auf folgende Standards Bezug genommen:  
TGL 190-253/01 bis /15; TGL 190-255/02

Glück, B. Baustein zur rationellen Projektierung von Wasser-  
heizungsanlagen, VEB Kombinat TGA - Institut -