

**Technische Regel**  
Arbeitsblatt

**W 553**

Dezember 1998

Bemessung von  
Zirkulationssystemen in  
zentralen Trinkwasser-  
erwärmungsanlagen

ISSN 0176-3504

Preisgruppe: 8

© 1998 DVGW, Bonn, Dezember 1998

DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.  
Technisch-wissenschaftliche Vereinigung

Postfach 14 03 62  
D-53058 Bonn

Telefon (02 28) 91 88-5  
Telefax (02 28) 91 88-9 90

Nachdruck und fotomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des  
DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., Bonn, gestattet.

Vertrieb: Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Postfach 14 01 51, 53056 Bonn

# Bemessung von Zirkulationssystemen in zentralen Trinkwassererwärmungsanlagen

Dimensioning of circulation-systems in central drinking water heating systems

Dimensionnement des systèmes de circulation dans les installations destinées à chauffer l'eau potable





f

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

17/11/83

## Vorwort

Durch die Herausgabe der DVGW-Arbeitsblätter W 551 „Trinkwassererwärmungs- und -leitungsanlagen; Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums“ und W 552 „Trinkwassererwärmungs- und -leitungsanlagen; Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums; Sanierung und Betrieb“ sind Anforderungen an Trinkwassererwärmungs- und -leitungsanlagen festgelegt, die es notwendig machen, die Berechnung von Zirkulationsleitungen auf eine neue Grundlage zu stellen. Hier ist vor allem die Begrenzung der Abkühlung für erwärmtes Trinkwasser zwischen Austritt Trinkwassererwärmer und Zirkulationseintritt in den Trinkwassererwärmer von 5 K zu nennen.

Das vorliegende DVGW-Arbeitsblatt stützt sich auf das DVGW-Arbeitsblatt W 551 „Trinkwassererwärmungs- und -leitungsanlagen; Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums“ und stellt eine alternative Berechnungsart dar, die

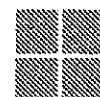
die neuesten Entwicklungen berücksichtigen. Es ist vorgesehen, bei einer Überarbeitung der DIN 1988 dieses DVGW-Arbeitsblatt einzuarbeiten.

Die Zirkulationsströme werden aus den Wärmeverlusten der Rohrleitungen ermittelt.

Die Berechnungen beruhen auf der Voraussetzung, daß die Warmwasser- und Zirkulationsleitungen mindestens nach den Bestimmungen der Heizungsanlagenverordnung gegen Wärmeverluste gedämmt sind.

Bei Einhaltung des DVGW-Arbeitsblattes ist sichergestellt, daß bei sachgemäßem und ausreichendem Abgleich die Abkühlung an keiner Stelle des zirkulierenden Warmwassersystems 5 K übersteigt.

Bonn, Dezember 1998  
DVGW Deutscher Verein des  
Gas- und Wasserfaches e. V.





\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2005

## Inhaltsverzeichnis

- 1 Anwendungsbereich**
- 2 Allgemeines**
  - 2.1 Mitgeltende Normen, Verordnungen und Arbeitsblätter
- 3 Begriffe**
- 4 Kurzverfahren**
- 5 Vereinfachtes Verfahren**
  - 5.1 Berechnung der Volumenströme
  - 5.2 Auswahl der Rohrdurchmesser für die Zirkulationsleitungen
  - 5.3 Förderdruck der Zirkulationspumpe
- 6 Differenziertes Verfahren**
  - 6.1 Berechnung der Volumenströme
  - 6.2 Auswahl der Rohrinne Durchmesser für Zirkulationsleitungen
  - 6.3 Förderdruck der Pumpe
- 7 Systeme mit oberer Verteilung**
- 8 Einregulierung des Systems**
- 9 Beispiele**
  - 9.1 Kurzverfahren
  - 9.2 Vereinfachtes Verfahren
  - 9.3 Differenziertes Verfahren

### Zitierte Normen und Richtlinien





\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

10/23/52



## 1 Anwendungsbereich

Dieses Arbeitsblatt gilt für die Planung, Errichtung und den Betrieb von zentralen Trinkwassererwärmungsanlagen entsprechend dem Anwendungsbereich von DIN 1988 – „Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen“ (TRWI).

## 2 Allgemeines

In diesem Arbeitsblatt wird festgelegt, wie Zirkulationssysteme in zentralen Trinkwassererwärmungssystemen ausgelegt werden müssen, um einen einwandfreien Betrieb zu gewährleisten. Dabei werden hygienische, wirtschaftliche und betriebstechnische (Einregulierung) Gesichtspunkte berücksichtigt.

Um die Forderungen der Praxis zu erfüllen, werden drei Bemessungsverfahren unterschieden:

- ein *Kurzverfahren* für kleine Anlagen (z.B. Ein- und Zweifamilienhäuser), bei dem keine Berechnungen durchgeführt werden müssen,
  - ein *vereinfachtes Verfahren* für alle Anlagengrößen mit dem Ziel, einen Rechengang zu erhalten, der ohne großen Aufwand genügend genaue Ergebnisse für den Entwurf und die Ausführung liefert,
- und
- ein *differenziertes Verfahren* für alle Anlagengrößen mit dem Ziel, vor allem für große Anlagen eine bessere Annäherung an die wirklichen Betriebsverhältnisse zu erreichen.

### 2.1 Mitgeltende Normen, Verordnungen und DVGW-Arbeitsblätter

Dieses DVGW-Arbeitsblatt gilt in Verbindung mit der Heizungsanlagenverordnung, den Normen DIN 1988 und DIN 4701 und den DVGW-Arbeitsblättern W 551 und W 552.



### 3 Begriffe

Benennung	Zeichen	Einheit	Erklärung (Definition)
Zirkulations-Einzelleitung	-	-	von einer (in der Regel) Warmwasser-Steigleitung abzweigende Zirkulationsleitung
Zirkulations-Sammelleitung	-	-	Leistungsabschnitt, zu dem mindestens zwei Zirkulations-Einzelleitungen führen
spezifischer Wärmestrom	$\dot{q}_w$	W/m	Wärmeverlust der gedämmten Warmwasserleitung je m Rohr
Temperaturdifferenz (Abkühlung) des Warmwassers	$\Delta\vartheta_w$	K	Temperatur des Warmwassers am Austritt des Warmwassererwärmers minus Temperatur des Warmwassers am Abgang der Zirkulationsleitung von der Warmwasserleitung
Wärmeverlust im Abzweigweg	$\dot{Q}_a$	W	Wärmeverlust aller vom Zirkulationsumlauf betroffenen Warmwasserleitungen, die an einer Stromtrennung abzweigen
Wärmeverlust im Durchgangsweg	$\dot{Q}_d$	W	Wärmeverlust aller vom Zirkulationsumlauf betroffenen Warmwasserleitungen, die an einer Stromtrennung durchgehen
Wärmedurchgangskoeffizient für das Rohr	$k_R$	W/(m·K)	Wärmeverlust eines 1 m langen gedämmten Warmwasserrohres bei einer Temperaturdifferenz zwischen dem Wasser und der Luft von 1 K
Wärmeleitfähigkeit der Dämmung	$\lambda_D$	W/(m·K)	Wärmeverlust einer 1 m <sup>2</sup> großen und 1 m dicken Dämmung bei einer Differenz der Oberflächentemperaturen von 1 K
äußerer Wärmeübergangskoeffizient	$\alpha_a$	W/(m <sup>2</sup> ·K)	Wärmeverlust einer 1 m <sup>2</sup> großen Fläche bei einer Temperaturdifferenz zwischen Oberfläche und Luft von 1 K

## 4 Kurzverfahren

Dieses Verfahren kann angewendet werden, wenn die folgenden Bedingungen in der Anlage nicht überschritten werden:

- Länge aller vom Umlauf betroffenen Warmwasserleitungen (ohne Zirkulationsleitung): 30 m
- längster Fließweg für die Zirkulationsleitung (TWZ): 20 m
- Einzelsicherung der Trinkwasser-Installation
- Druckverlust eines Rückflußverhinderers nach der Pumpe  $\leq 30$  mbar

Für diese Fälle sind die Zirkulations-Einzel- und -Sammelleitungen mit mindestens einem Innendurchmesser von 10 mm und die Zirkulations-

pumpe in DN 15 (Mindestwerte: Förderstrom 200 l/h bei 100 mbar) auszuführen.

## 5 Vereinfachtes Verfahren

### 5.1 Berechnung der Volumenströme

Die Wärmeverluste der vom Umlauf betroffenen Warmwasserleitungen und die erwünschte Temperaturdifferenz des Warmwassers zwischen dem Austritt aus dem Trinkwassererwärmer oder dem zentralen Mischventil für die externe Temperaturregelung und dem Abgang der Zirkulationsleitung von der Warmwasserleitung bestimmen die Volumenströme in allen Teilstrecken des Systems.

Die spezifischen Wärmeverlustströme für die Warmwasserleitungen, gedämmt nach der Heizungsanla-

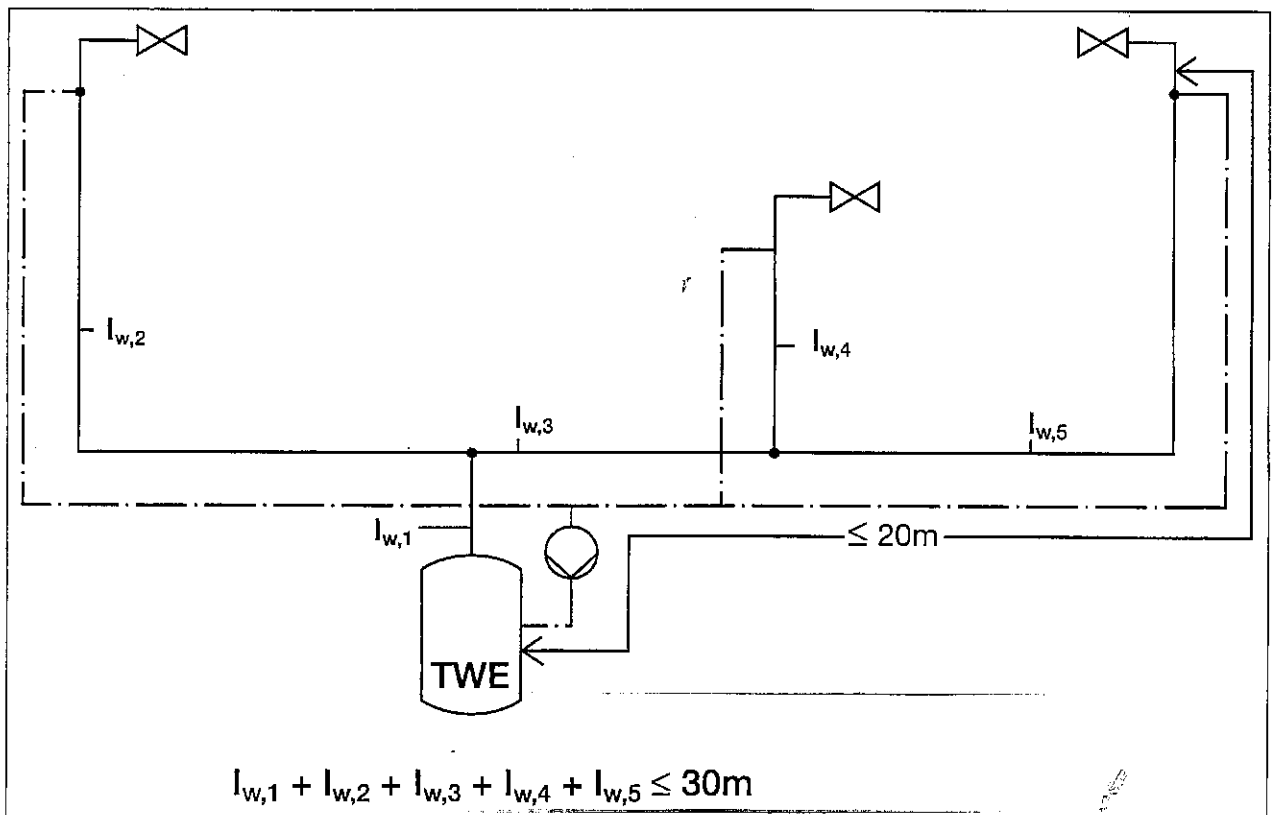
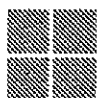


Bild 1: Begrenzung der Längen der TWW-Leitungen beim Kurzverfahren



genverordnung zum Energieeinsparungsgesetz, betragen

- wenn sie im Keller verlegt werden:  
 $\dot{q}_{w,K} = 11 \text{ W/m}$
- wenn sie im Schacht verlegt werden:  
 $\dot{q}_{w,S} = 7 \text{ W/m}$

Es bedeuten:

- $\dot{q}_{w,K}$  Wärmeverlust der im Keller verlegten Warmwasserleitungen  
 $\dot{q}_{w,S}$  Wärmeverlust der im Schacht verlegten Warmwasserleitungen

Die Wärmeverluste von Einbauteilen (z.B. Ventile) werden nicht berücksichtigt, da sie bei der vorgeschriebenen Dämmung nach der Heizungsanlagenverordnung sehr gering sind.

Die rechnerische Temperaturdifferenz des Warmwassers (Abkühlung) entlang aller Fließwege vom Trinkwassererwärmer (oder dem Regelventil) bis zum Abgang der Zirkulationsleitung von der Warmwasserleitung beträgt

$$\Delta\vartheta_w = 2 \text{ K}$$

Damit ist der Förderstrom  $\dot{V}_p$  der Zirkulationspumpe

$$\dot{V}_p = \frac{l_{w,K} \cdot \dot{q}_{w,K} + l_{w,S} \cdot \dot{q}_{w,S}}{\rho \cdot c \cdot \Delta\vartheta_w} \quad (1)$$

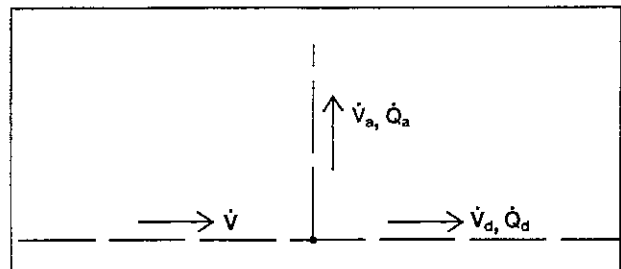
Es bedeuten:

- $l_{w,K}$  Länge aller vom Umlauf betroffenen Warmwasserleitungen (TWW) im Keller  
 $l_{w,S}$  Länge aller vom Umlauf betroffenen Warmwasserleitungen (TWW) im Schacht  
 $\rho$  Dichte des Wassers  
 $c$  spezifische Wärmekapazität des Wassers.

Werden die Längen in m, die Dichte in kg/l sowie die Wärmekapazität in Wh/kg K eingesetzt, erhält man den Förderstrom der Pumpe in l/h.

Bei bekanntem Pumpenförderstrom läßt sich die Verteilung der Volumenströme auf die einzelnen Teil-

strecken aus einer Bilanz an jedem Abzweig der Warmwasserleitung (Stromtrennung) nach Bild 2 mit Hilfe der Gleichungen (2) und (3) berechnen.



**Bild 2: Durchgangs- und Abzweigwege an einem Knotenpunkt**

Für den Volumenstrom in der abzweigenden Teilstrecke gilt

$$\dot{V}_a = \dot{V} \frac{\dot{Q}_a}{\dot{Q}_a + \dot{Q}_d} \quad (2)$$

Für den Volumenstrom im Durchgang gilt

$$\dot{V}_d = \dot{V} \frac{\dot{Q}_d}{\dot{Q}_a + \dot{Q}_d} \quad (3)$$

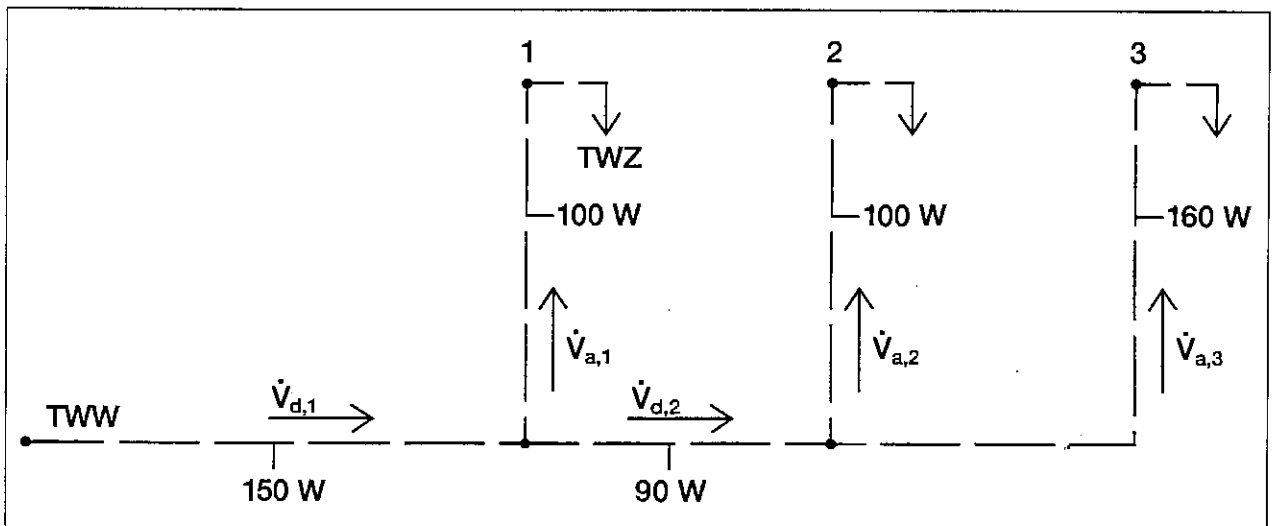
oder

$$\dot{V}_d = \dot{V} - \dot{V}_a \quad (4)$$

Es bedeuten:

- $\dot{V}$  Zum Abzweig geführter Volumenstrom  
 $\dot{V}_a$  Volumenstrom in der abzweigenden Teilstrecke  
 $\dot{V}_d$  Volumenstrom im Durchgangsweg  
 $\dot{Q}_a$  Wärmeverlust der vom Umlauf betroffenen abzweigenden Warmwasserleitungen (Abzweigweg)  
 $\dot{Q}_d$  Wärmeverluste aller vom Umlauf betroffenen Warmwasserleitungen in Fließrichtung nach dem Abzweig (Durchgangsweg).

In Bild 3 sind beispielhaft für ein Zirkulationssystem mit drei Strängen die Gleichungen (2) bis (4) ausge-



**Bild 3: Beispiel für die Ermittlung der Teilströme**

wertet, wobei die spezifische Wärmekapazität praxisnah mit 1,2 Wh/kg K angenommen wird.

Berechnungsbeispiel zu Bild 3:

$$\dot{V}_{d,1} = \frac{150 + 100 + 90 + 100 + 160}{1 \cdot 1,2 \cdot 2} = 250 \frac{\text{l}}{\text{h}}$$

$$\dot{V}_{a,1} = 250 \frac{100}{100 + 90 + 100 + 160} = 56 \frac{\text{l}}{\text{h}}$$

$$\dot{V}_{d,2} = 250 - 56 = 194 \frac{\text{l}}{\text{h}}$$

$$\dot{V}_{a,2} = 194 \frac{100}{100 + 160} = 75 \frac{\text{l}}{\text{h}}$$

$$\dot{V}_{d,3} = 194 - 75 = 119 \frac{\text{l}}{\text{h}}$$

**Kontrolle:**

$$\dot{V}_{d,3} = 194 \frac{160}{100 + 160} = 119 \frac{\text{l}}{\text{h}}$$

Die Rechnung ist am Trinkwassererwärmer zu beginnen. Zuerst wird der Pumpenförderstrom nach

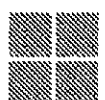
Gleichung (1) berechnet, im Anschluß daran der erste abzweigende Volumenstrom, dann der Durchgangsvolumenstrom usw. Die sich ergebenden Zirkulationsströme in den Warmwasserleitungen müssen auch durch die parallel geführten Zirkulationsleitungen fließen. Damit sind die Volumenströme aller Teilstrecken des Zirkulationssystems bekannt.

## 5:2 Auswahl der Rohrdurchmesser für die Zirkulationsleitungen

Bei der Auswahl der Rohrdurchmesser für die Zirkulationsleitungen sollte aus wirtschaftlichen und betriebstechnischen Gründen die Fließgeschwindigkeit mit 0,2 bis 0,5 m/s angenommen werden. Sie darf maximal 1,0 m/s betragen, wenn Pumpen mit relativ großen Förderhöhen zur Verfügung stehen.

Um den Abgleich des Systems zu erleichtern, kann es sinnvoll sein, die pumpennahen Leitungen mit höheren Geschwindigkeiten um 0,5 m/s bis hin zu 1,0 m/s, die pumpefernen Leitungen mit kleineren Geschwindigkeiten um 0,3 m/s und kleiner zu bemessen.

Der Mindestinnendurchmesser für die Zirkulationsleitung beträgt 10 mm.



### 5.3 Förderdruck der Zirkulationspumpe

Für den ungünstigsten Zirkulationsweg (in der Regel der längste) wird der Druckverlust durch Rohrreibung ermittelt und für die Umlenkungen und Abzweige ein Zuschlag von 20% bis 40% berücksichtigt. Hinzu kommen die Druckverluste der Rückflußverhinderer, die gegebenenfalls nach der Pumpe und bei der Sammelsicherung eingebaut werden sowie, falls ein thermostatisches Zirkulationsregulierventil vorgesehen wird, dessen Druckverlust.

Die thermostatischen Zirkulationsregulierventile dürfen bei Erreichen der Sollwerttemperatur nicht schließen.

Damit beträgt der Förderdruck:

$$\Delta p_p = 1,2 \dots 1,4 (\sum l \cdot R) + \sum \Delta p_{RV} + \Delta p_{TH} + \Delta p_{AP} \quad (5)$$

Es bedeuten:

$\Delta p_p$  Förderdruck der Pumpe

$l$  Länge einer Teilstrecke

$R$  Druckgefälle für die Rohrreibung

$\Delta p_{RV}$  Druckverlust eines Rückflußverhinderers (RV) nach Herstellerangaben

Pauschalwerte:

RV nach der Pumpe 60 mbar

RV kombiniert mit Strang-Absperrventil für die Steigleitung 100 mbar

$\Delta p_{TH}$  Druckverlust des thermostatischen Zirkulationsregulierventils nach Herstellerangaben

$\Delta p_{AP}$  Druckverluste in Apparaten (z.B. externe Wärmeübertrager zur Deckung der Wärmeverluste im Zirkulationssystem)

Der Förderstrom nach Gleichung (1) und der Förderdruck nach Gleichung (5) bestimmen den rechneri-

schen Betriebspunkt der Anlage. Damit läßt sich die Anlagenkennlinie und der tatsächliche Betriebspunkt der Pumpe ermitteln.

## 6 Differenziertes Verfahren

### 6.1 Berechnung der Volumenströme

Die Volumenströme werden auch beim differenzierten Verfahren aus den Wärmeverlusten der Warmwasserleitungen (TWW) und der gewünschten Temperaturdifferenz des erwärmten Trinkwassers zwischen dem Austritt aus dem Trinkwassererwärmer und dem Eintritt in die Zirkulationsleitung ermittelt. Dabei können die Wärmeverluste vereinfacht (siehe Abschnitt 5.1) oder abhängig von der Nennweite, der Dämmung und der Raumlufttemperatur differenziert berechnet werden.

Der Wärmedurchgangskoeffizient  $k_{R,w}$  für die gedämmten Warmwasserleitungen kann mit 0,2 W/(m K) angenommen werden oder wird mit folgender Gleichung berechnet:

$$k_{R,w} = \frac{\Pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_D} \ln \frac{D}{d} + \frac{1}{\alpha_a \cdot D}} \quad (6)$$

worin  $r$

$k_{R,w}$  Wärmedurchgangskoeffizient des Rohres

$\lambda_D$  Wärmeleitfähigkeit der Dämmung

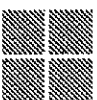
$D$  Außendurchmesser des gedämmten Rohres

$d$  Außendurchmesser des ungedämmten Rohres

$\alpha_a$  äußerer Wärmeübergangskoeffizient.

Die Mindestdicke der Dämmschicht nach der Heizungsanlagenverordnung bezieht sich auf eine Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,035$  W/(m K). Für den äußeren Wärmeübergangskoeffizienten kann  $\alpha_a = 10$  W/(m<sup>2</sup> K) <sup>1)</sup> angenommen werden.

<sup>1)</sup> nach Schack  $\alpha = 8,2 + 0,00733 (TW - TL)^{4/3} \cdot \frac{1000}{860}$



Die Rohrleitungen und Armaturen sind nach der Heizungsanlagenverordnung, gegen Wärmeverluste zu dämmen.

Der Pumpenförderstrom errechnet sich nach folgender Gleichung:

$$\dot{V}_P = \sum \frac{[l_w \cdot k_{R,w} (\vartheta_w - \vartheta_L)]}{\rho \cdot c \cdot \Delta \vartheta_w} = \sum \frac{(l_w \cdot \dot{q}_w)}{\rho \cdot c \cdot \Delta \vartheta_w} \quad (7)$$

worin für jede Teilstrecke

$l_w$  Länge der Warmwasserleitung

$k_{R,w}$  Wärmedurchgangskoeffizient der Warmwasserleitung

$w$  Temperatur des Warmwassers

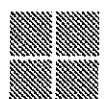
$\vartheta_L$  Lufttemperatur in der Umgebung

Übliche Werte für die Lufttemperaturen sind in der Tabelle 1 angegeben. Alle weiteren Größen: siehe Gleichung (1).

**Tabelle 1:** Lufttemperaturen für beheizte Räume und Nebenräume (nach DIN 4701-2)

a) Beheizte Räume

Raumart	$\vartheta_L$	Raumart	$\vartheta_L$
<b>1. Wohnhäuser</b>		<b>5. Hotels, Gaststätten</b>	
Wohn- und Schlafräume	+ 20	Zimmer, Säle, Hallen,	+ 20
Küchen und Aborte	+ 20	Bäder, WC wie unter 1	-
Bäder	+ 24	Neben- und Treppenräume	-
Geheizte Nebenräume		wie unter 2	
(z. B. Vorräume, Flure)	+ 15	<b>6. Schulen</b>	
Treppenräume	+ 10	Unterrichts- und Aufenthaltsräume,	+ 20
<b>2. Verwaltung</b>		Aula, Turnhalle,	
Arbeitsräume, Schalter-Hallen,		Lehrküchen,	+ 18
Haupttreppenräume	+ 20	Werkräume	+ 15 – 20
Nebenräume, Aborte	+ 15	Bäder, Arzträume	+ 24
Nebentreppenräume	+ 10	WC, Nebenräume wie unter 2	-
<b>3. Frostfreihaltung</b>	+ 5	<b>7. Verschiedenes (Auszug)</b>	
<b>4. Geschäftshäuser</b>		Theater und Konzerträume	+ 20
Verkaufsräume, Läden	+ 20	Kirchen (allgemein)	+ 15
Haupttreppenräume, Lebens-		Krankenzimmer	+ 22
mittelverkauf	+ 18	Werkstatträume	+ 15 – 20
Lager (allgemein)	+ 18	Ausstellungshallen	+ 15
Käselager	+ 12	Schwimmhallen ( $2K > \vartheta_{Be}$ )	+ 28
Wurst- und Fleischwaren	+ 15	Museen, Kasernen	+ 20
(Lager, Verab., Verkauf) Aborte,			
Neben- und Treppenräume wie unter 2	-		



b) Nebenräume

Räume	Norm-Außentemperatur °C				
	≥ -10	≥ -12	≥ -14	≥ -16	≥ -18
Angrenzende Räume in teilweise eingeschränkt beheizten Räumen – Wohn- und Schlafräume	+ 15	+ 15	+ 15	+ 15	+ 15
<b>Nicht beheizte Nachbarräume</b>					
ohne Gebäude-Eingangstüren, auch Kellerräume	+ 7	+ 6	+ 5	+ 4	+ 3
mit Gebäude-Eingangstüren (z. B. Vorflure, eingebaute Garagen)	+ 4	+ 3	+ 2	+ 1	0
vorgebaute Treppenräume	- 5	- 7	- 9	- 10	- 11
Zentral- oder einzelbeheizte Nachbarräume, sowie Heizräume	+ 15	+ 15	+ 15	+ 15	+ 15

Werden die Längen in m, die Wärmedurchgangskoeffizienten in W/m K, die Temperaturdifferenzen in K und ausreichend genau die Dichte in kg/l sowie die Wärmekapazität in Wh/kg K eingesetzt, erhält man den Förderstrom der Pumpe in l/h.

Die Verteilung der Volumenströme kann wie beim vereinfachten Verfahren mit den Gleichungen (2) bis (4) ermittelt werden.

**6.2 Auswahl der Rohrrinnendurchmesser für Zirkulationsleitungen**

Die Zirkulationsleitungen werden bemessen wie beim vereinfachten Rechenverfahren, siehe Abschnitt 5.2, Absatz 1 bis 3.

**6.3 Förderdruck der Pumpe**

Es werden die Druckverluste durch die Rohrreibung und die Einzelwiderstände für den ungünstigsten Zirkulationsweg (TWW + TWZ, in der Regel der entfernteste Strang) ermittelt; dazu kommt der Druckverlust für die Rückflußverhinderer und, falls vorgesehen, der Druckverlust eines thermostatischen Zirkulationsregulierventiles und ggf. eines Apparates (z. B. Wärmeübertrager für das Zirkulationswasser). Der Förderdruck der Pumpe ergibt sich dann zu

$$\Delta p_p (l \cdot R + Z) + \Delta p_{RV} + \Delta p_{TH} + \Delta p_{Ap} \quad (8)$$

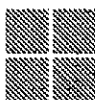
worin

- l Länge einer Teilstrecke
- R Druckgefälle für die Rohrreibung (Werte nach DIN 1988-3 oder nach Angaben der Hersteller)
- $\Delta p_{TH}$  Druckverlust des thermostatischen Zirkulationsregulierventiles nach Herstellerangabe
- $\Delta p_{RV}$  Druckverlust des Rückflußverhinderers
- $\Delta p_{Ap}$  Druckverluste in Apparaten (z. B. externer Wärmeübertrager zur Deckung der Wärmeverluste im Zirkulationssystem).
- Z Druckverlust durch die Einzelwiderstände

$$Z = \sum \zeta \frac{\rho}{2} v^2$$

- mit  $\zeta$  Widerstandsbeiwert (siehe DIN 1988-3)
- $\rho$  Dichte des Wassers
- v Fließgeschwindigkeit

$$Z \approx 5 \cdot \sum \zeta \cdot v^2 \text{ in mbar, wenn } v \text{ in m/s eingesetzt wird}$$





Es ist darauf zu achten, daß die Druckverluste für den gesamten Zirkulationsweg berechnet werden. Erfahrungsgemäß werden die Verteilungsleitungen, beispielsweise im Kellergeschoß, keine nennenswerten Druckabfälle haben. Anders kann das sein in den Warmwasser-Steigsträngen, vor allem in der Teilstrecke, die in Fließrichtung unmittelbar vor dem Eintritt in die Zirkulationsleitung liegt.

$$\Delta\vartheta_w = 2 \frac{l_w}{l_z} \text{ in K (9)}$$

worin (siehe Bild 4)

$l_w$  Länge der entferntesten Warmwasserleitung (TWW)

$l_z$  Länge der entferntesten Zirkulationsleitung (TWZ).

Die nach Gleichung (9) berechnete Temperaturdifferenz darf höchstens mit 3K angenommen werden, es sei denn, in einer Kontrollrechnung wird nachgewiesen, daß bei einer höher gewählten Differenz die Abkühlung im gesamten Zirkulationsweg nicht mehr als 5K gemäß DVGW-Arbeitsblatt W 551 beträgt.

## 7 Systeme mit oberer Verteilung

In diesen Systemen darf wegen der längeren Warmwasserleitung und der kürzeren Zirkulationsleitung eine größere Abkühlung als  $\Delta\vartheta_w = 2\text{K}$  (für die Warmwasserleitung) angenommen werden. Sie kann nach der folgenden Gleichung abgeschätzt werden:

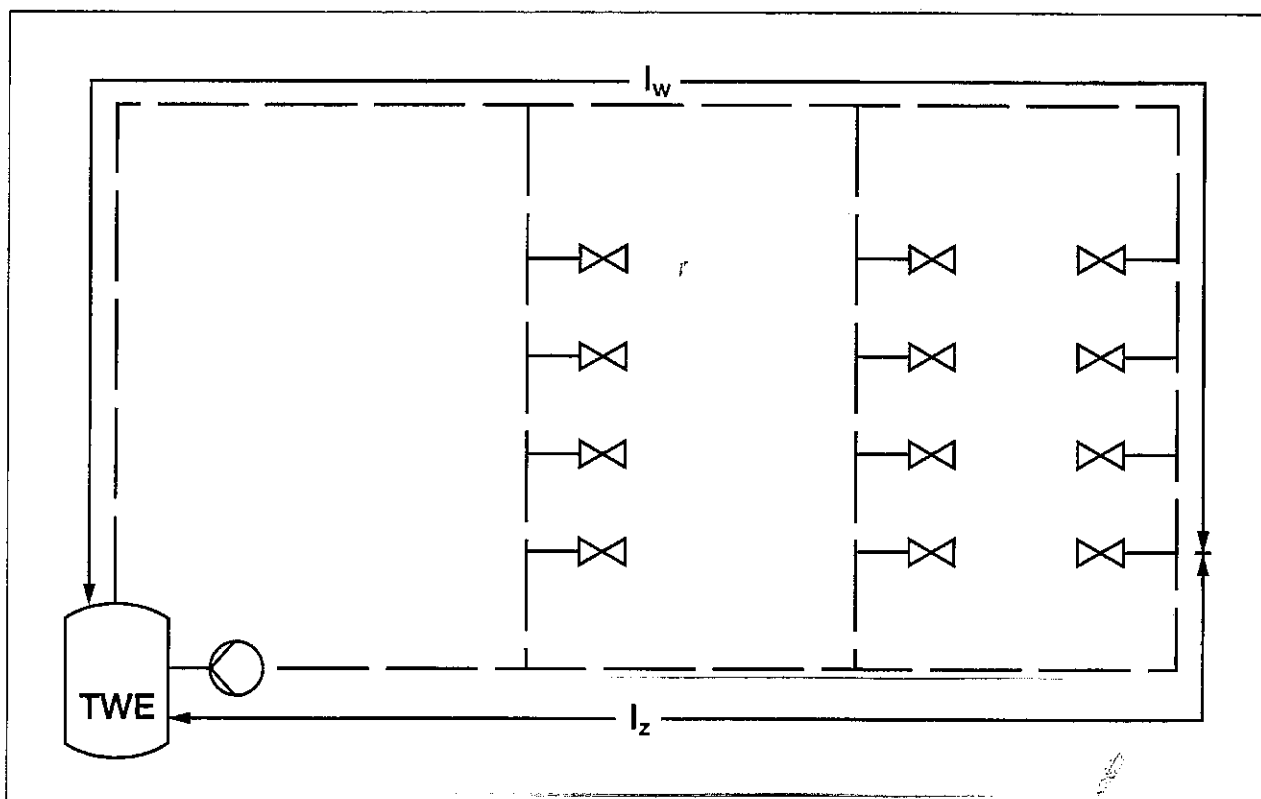


Bild 4: Zu berücksichtigende Längen für die obere Verteilung



## 8 Einregulierung des Systems

Jeder Zirkulationsstrang ist mit einem Zirkulationsreguliertventil zu versehen. Rechnerisch wird die Voreinstellung so ermittelt, daß in allen Strömungswegen vom Austritt der Warmwasserleitung aus dem Trinkwassererwärmer bis zum Wiedereintritt der Zirkulationsleitung in den Trinkwassererwärmer der gleiche Druckverlust herrscht.

Ergeben die Berechnungen für die Voreinstellungen der Zirkulationsreguliertventile Werte, die unter den kleinstmöglichen Einstellwerten dieser Ventile liegen, ist das Zirkulationssystem erneut zu bemessen (mit einer kleineren Temperaturdifferenz als  $\Delta\vartheta_w = 2\text{K}$ ).

## 9 Beispiele

In den nachfolgenden Beispielen wird praxisnah die spezifische Wärmekapazität mit 1,2 Wh/kg K und die Dichte mit 1 kg/l angenommen.

### 9.1 Kurzverfahren

**Berechnungsbeispiel 1:** Einfamilienhaus mit Einliegerwohnung und zentraler Trinkwassererwärmung

*Berechnungsgrundlagen:*

- Strangschema: (siehe Bild 5)
- Rohrart: Rohre aus nichtrostendem Stahl
- Bemessung der Trinkwasserleitungen (TW, TWW) erfolgt nach DIN 1988-3; Nennweiten, Länge und Lage der TWW-Leitungen siehe Tabelle 2

*Auslegung des Zirkulationssystems*

Der längste Fließweg beträgt 15 m (TS 1, 5 und 6) und ist damit kleiner als 20 m, die Gesamtlänge aller vom Zirkulationsweg betroffenen TWW-Leitungen beträgt 25,5 m und damit kleiner als 30 m. Das Kurzverfahren kann angewendet werden.

Gewählt für die Zirkulation:

TS Z1 – Z3 Innendurchmesser 10 mm (DN 12)

Pumpe: DN 15 (Förderdruck mindestens 100 mbar bei 200 l/h).

**Tabelle 2:** Abmessung, Länge und Lage der Warmwasserleitungen

TWW-Teilstrecke	DN	l in m
TS 1	15	3,0
TS 2	15	6,0
TS 3	15	2,0
TS 4	12	2,5
TS 5	12	6,0
TS 6	12	6,0
Gesamtlänge der TWW-Leitungen		25,5 m

### 9.2 Vereinfachtes Verfahren

**Berechnungsbeispiel 2:** Mehrfamilienhaus mit 32 Wohnungen

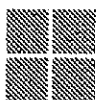
*Berechnungsgrundlagen*

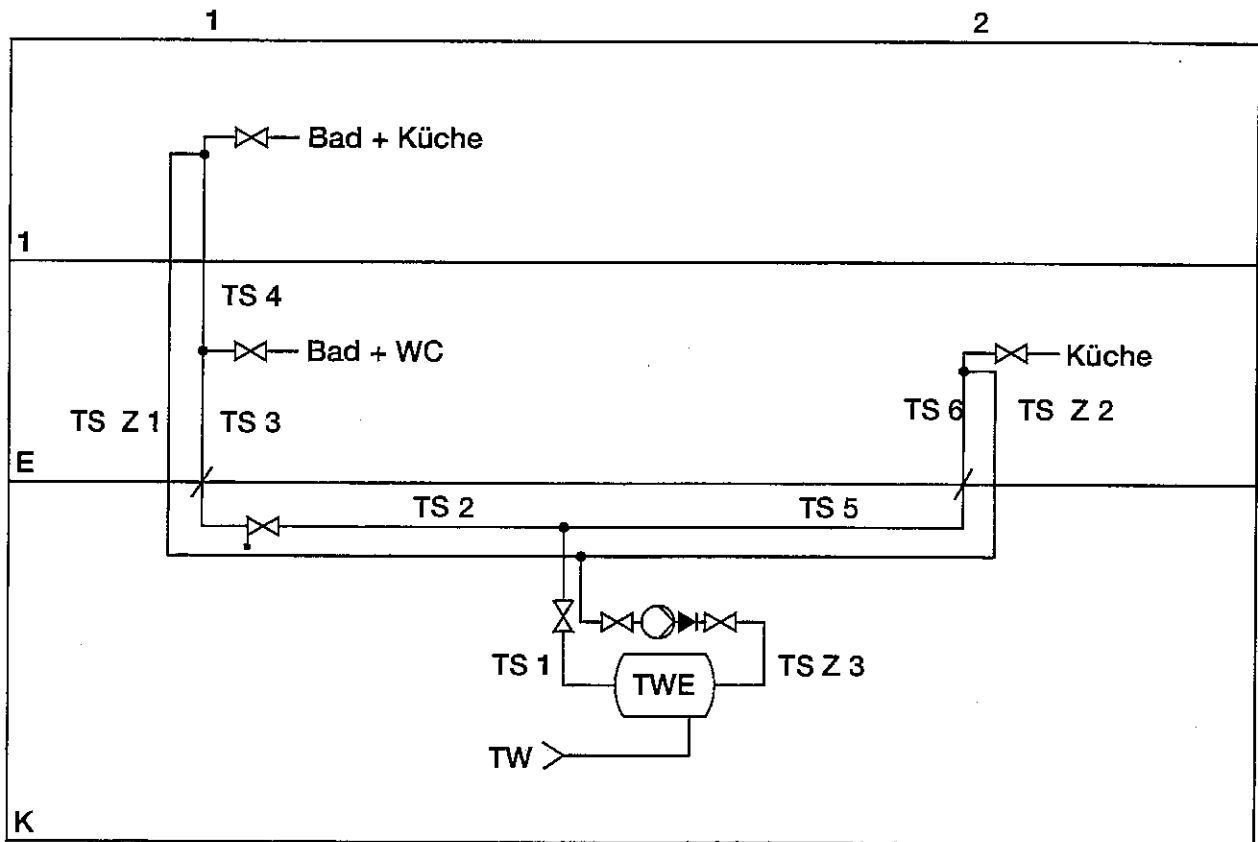
- Strangschema: (siehe Bild 6)
- Rohrart: Kupferrohr
- Entnahmemarmaturen einzeln gesichert
- Bemessung der Trinkwasserleitungen (TW, TWW) nach DIN 1988-3; Nennweite, Länge und Lage der TWW-Leitungen siehe Tabelle 3

*Berechnung des Zirkulationssystems*

#### 1. Berechnung der Wärmeverluste

Die TWW-Teilstrecken (TS) werden nummeriert (siehe Bild 6), wobei der Zusatz a den TS-Abschnitt im Keller, der Zusatz b den TS-Abschnitt im Schacht bezeichnet.





**Bild 5: Beispiel 1: Einfamilienhaus mit Einliegerwohnung**

In ein geeignetes Formblatt (siehe Tabelle 3) werden die Teilstreckennummern, die Lage und die Länge der Warmwasserleitungen eingetragen. Die Wärmeverluste betragen 11 W/m bei Kellerverlegung, 7 W/m bei Schachtverlegung. Mit der Länge multipliziert ergibt sich der Wärmestrom für eine TS, z.B. TS 1: im Keller verlegt ergibt 11 W/m Wärmeverlust, multipliziert mit der Länge von 5 m ergibt einen Wärmestrom für die ganzen TS von 55 W.

## 2. Berechnung der Volumenströme

### a) Pumpenförderstrom

In Gleichung (1) stehen im Zähler sämtliche Wärmeverluste der TWW-Leitungen und damit ergibt sich bei einer Temperaturdifferenz von 2 K ein Förderstrom von

$$V_p = \frac{1572 \text{ W}}{1 \text{ Kg/l} \cdot 1,2 \text{ Wh/kg K} \cdot 2 \text{ K}} = 655 \text{ l/h}$$

### b) Teilströme

In sog. Knotenpunkten teilt sich der TWW-Volumenstrom auf. Die Teilstrecke, die in Fließrichtung zum Knotenpunkt führt, wird in Tabelle 4 in Spalte 1 eingetragen, beginnend am Wassererwärmer ist es die TS 1. Der Volumenstrom dieser TS 1 (hier gleich dem Förderstrom der Pumpe) wird in Spalte 5 (Volumenstrom zum Knotenpunkt) eingetragen. Als Ergebnis werden 655 l/h ermittelt.

Dieser Durchfluß teilt sich im Knotenpunkt auf, nach links, hier als *Abzweig* festgelegt und nach rechts,

hier als *Durchgang* festgelegt (eine andere Festlegung führt zu dem gleichen Ergebnis).

Der Wärmestrom im *Abzweig* (Spalte 2) ist der Wärmeverlust *aller* TWW-Teilstrecken im *Abzweigweg* (im Beispiel *nach* dem Knotenpunkt hin zu den Strängen 1 und 2). Dieser setzt sich zusammen aus den Verlusten der Stränge 1 und 2 und dem Verlust der TS 11, somit

$$\dot{Q}_a = 202 + 103 + 77 = 382 \text{ W}$$

Der Wärmestrom im *Durchgang* (Spalte 3) ist der Wärmeverlust *aller* TWW-Teilstrecken im *Durchgangsweg* (im Beispiel *nach* dem Knotenpunkt hin zu den Strängen 3 bis 8). Dieser setzt sich zusammen aus den Verlusten der Stränge 3 bis 8 und denen der Verteilungsleitungen TS 2 bis 6, somit

$$\dot{Q}_d = 5 \cdot 103 \text{ (Strang 3 - 7)} + 202 \text{ (Strang 8)} + 22 \text{ (TS 2)} + 4 \cdot 99 \text{ (TS 3 - 6)} = 1135 \text{ W}$$

Werden die Wärmeströme im *Abzweig* und *Durchgang* addiert, ergibt sich der *Wärmestrom im Knotenpunkt* (Spalte 4), also  $382 \text{ W} + 1135 \text{ W} = 1517 \text{ W}$ . Dieser wird für die Auswertung nach den Gleichungen (2) und (3) benötigt.

Die Teilströme nach den Gleichungen (2) bis (4) betragen:

im *Abzweig* nach Gleichung (2)

$$\dot{V}_a = 655 \text{ l/h} \frac{382 \text{ W}}{1517 \text{ W}} = 165 \text{ l/h (Spalte 6) und}$$

im *Durchgang* nach Gleichung (3)

$$\dot{V}_d = 655 \text{ l/h} \frac{1135 \text{ W}}{1517 \text{ W}} = 490 \text{ l/h (Spalte 7)}$$

Der letztgenannte Wert kann auch mit Gleichung (4) kontrolliert werden:

$$\dot{V}_d = 655 \text{ l/h} - 165 \text{ l/h} = 490 \text{ l/h (siehe Spalte 8) und damit korrekt.}$$

Dieser Volumenstrom ist Ausgangswert für die Teilstrecke zum Knotenpunkt 2 (zweite Rechenzeile in

Tabelle 4) und wird in die Spalte 5 (zweite Rechenzeile: 490 l/h) eingesetzt. Alle weiteren Werte ergeben sich analog zur ersten Rechenzeile.

#### c) Auswahl der Rohrrinnendurchmesser für die Zirkulationsleitungen

Im Formular für die Bestimmung der Rohrdurchmesser (siehe Tabelle 5) werden die Teilstrecken für die Zirkulations-Strangleitungen (TS 1 bis 8; TS-Nr. = Strang-Nr.) und die Zirkulations-Sammelleitungen (TS Z 1 bis Z 11; wie die parallel geführte TWW-Leitung, nur mit einem Z versehen) mit ihren Längen eingetragen.

Die Durchflüsse in den Zirkulationsleitungen sind genauso groß wie die in den parallel verlegten TWW-Leitungen, d. h. die Volumenströme aus der Tabelle 4 können übernommen und in Tabelle 5, Spalte 4 eingetragen werden.

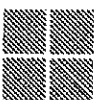
Der Innendurchmesser der Zirkulationsleitung (siehe Spalte 6) wird mit Hilfe von R-Wert-Tabellen so gewählt, daß bei dem jeweiligen Durchfluß die Fließgeschwindigkeit zwischen 0,2 bis 0,5 m/s beträgt. In Strängen, die nahe dem Trinkwassererwärmer liegen, können durch die geforderten Mindestinnendurchmesser die Geschwindigkeiten auch kleiner sein.

In die Spalten 8 und 9 werden die sich ergebenden R-Werte und die Druckverluste eingetragen.

#### d) Förderdruck der Pumpe

Analog zu Gleichung (5) werden die Druckverluste durch Reibung und Einzelwiderstände entlang des hydraulisch ungünstigsten Fließweges addiert, dazu kommt der Druckverlust des Rückflußverhinderers nach der Pumpe. Dabei werden die Einzelwiderstände (ohne Rückflußverhinderer!) mit 30 % (der Rohrreibung) berücksichtigt.

Der hydraulisch ungünstigste Fließweg ist der TWW- und TWZ-Leitungsweg mit dem größten Druckverlust.



Für den ungünstigsten Strang 1 erhält man nach Gleichung (5)

$$\Delta p_p = 1,3 \cdot [13 (TS\ 8) + 12 (Z6) + 6 (Z5) + 8 (Z4) + 10 (Z3) + 3 (Z2) + 4 (Z1)] + 60 (RV) = 133 \text{ m bar.}$$

Dabei werden die I · R-Werte der Spalte 9 der Tabelle 5 entnommen, die Druckverluste in den TWW-Leitungen vernachlässigt und für den Druckverlust des Rückflußverhinderers nach der Pumpe der Pauschalwert von 60 mbar berücksichtigt.

Daten für die Pumpe:

Förderstrom: 0,65 m<sup>3</sup>/h, Förderhöhe: 1,3 m.

#### e) Strangabgleich

In allen Fließwegen muß die gleiche Druckdifferenz von 133 mbar durch möglichst kleine Rohrdurchmesser der TWZ-Strangleitungen und durch voreingestellte Drosselventile abgebaut werden.

#### Beispiel: Strang 7

Im Knotenpunkt zweigen die Stränge 7 und 8 ab. In Strang 8 (ungedrosselt) beträgt der Druckverlust für I · R + Z = 17 mbar (Spalte 12), in Strang 7 (Rohr: 15 x 1, ungedrosselt) nur 9 mbar. Die Differenz von 8 mbar (Spalte 13) muß bei einem Durchfluß von 91 l/h abgebaut werden, das ergibt nach Bild 7 einen Voreinstellwert von 7,8.

#### Beispiel: Strang 6

Im Knotenpunkt zweigen der Strang 6 und der Fließweg zum Strang 7 bzw. 8 ab. Der Druckverlust im Strang 6 beträgt 18 mbar, im Fließweg zum Strang 8 (TS 8 und TS Z6) 17 + 16 = 33 mbar, das heißt die Differenz von 33 - 18 = 15 mbar muß in der Drossel des Stranges 6 bei einem Durchfluß von 69 l/h abgebaut werden. Der Voreinstellwert beträgt nach Bild 7 etwa 5,8.

Die Ergebnisse für die anderen Stränge finden sich in Tabelle 5.

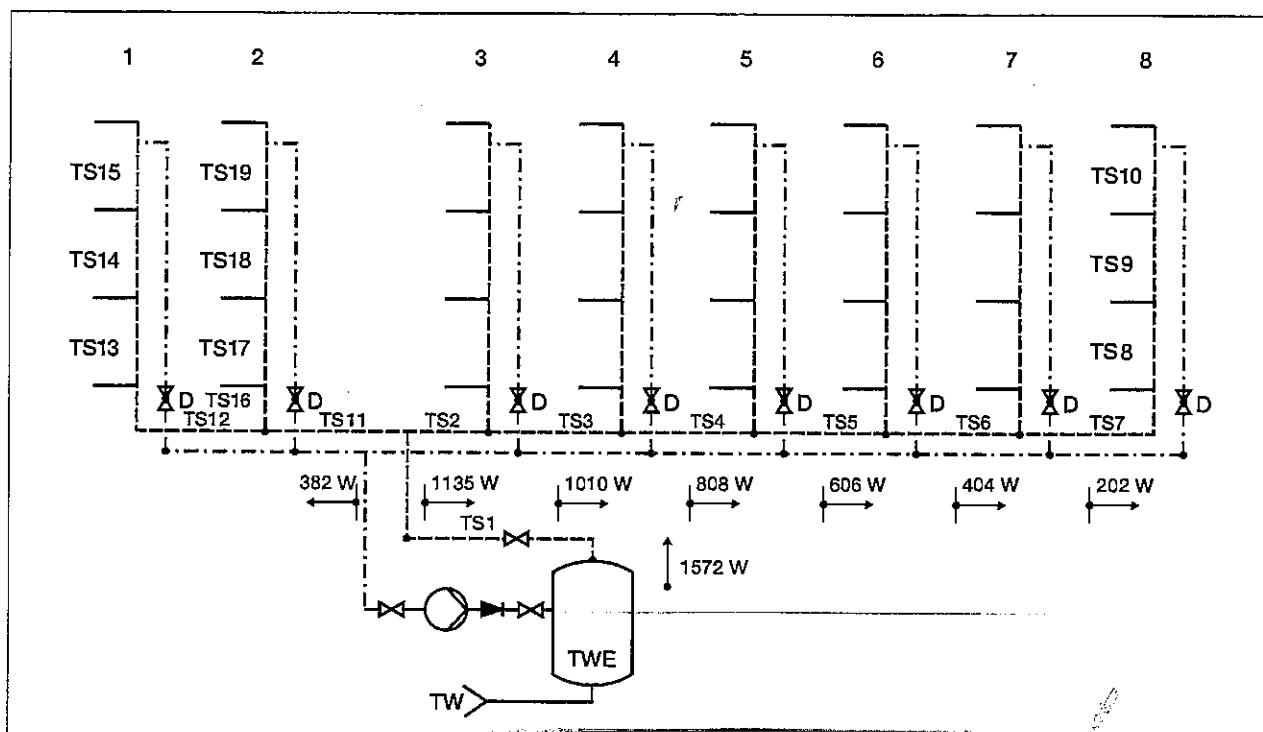


Bild 6: Beispiel 2, Mehrfamilienhaus mit 32 Wohnungen



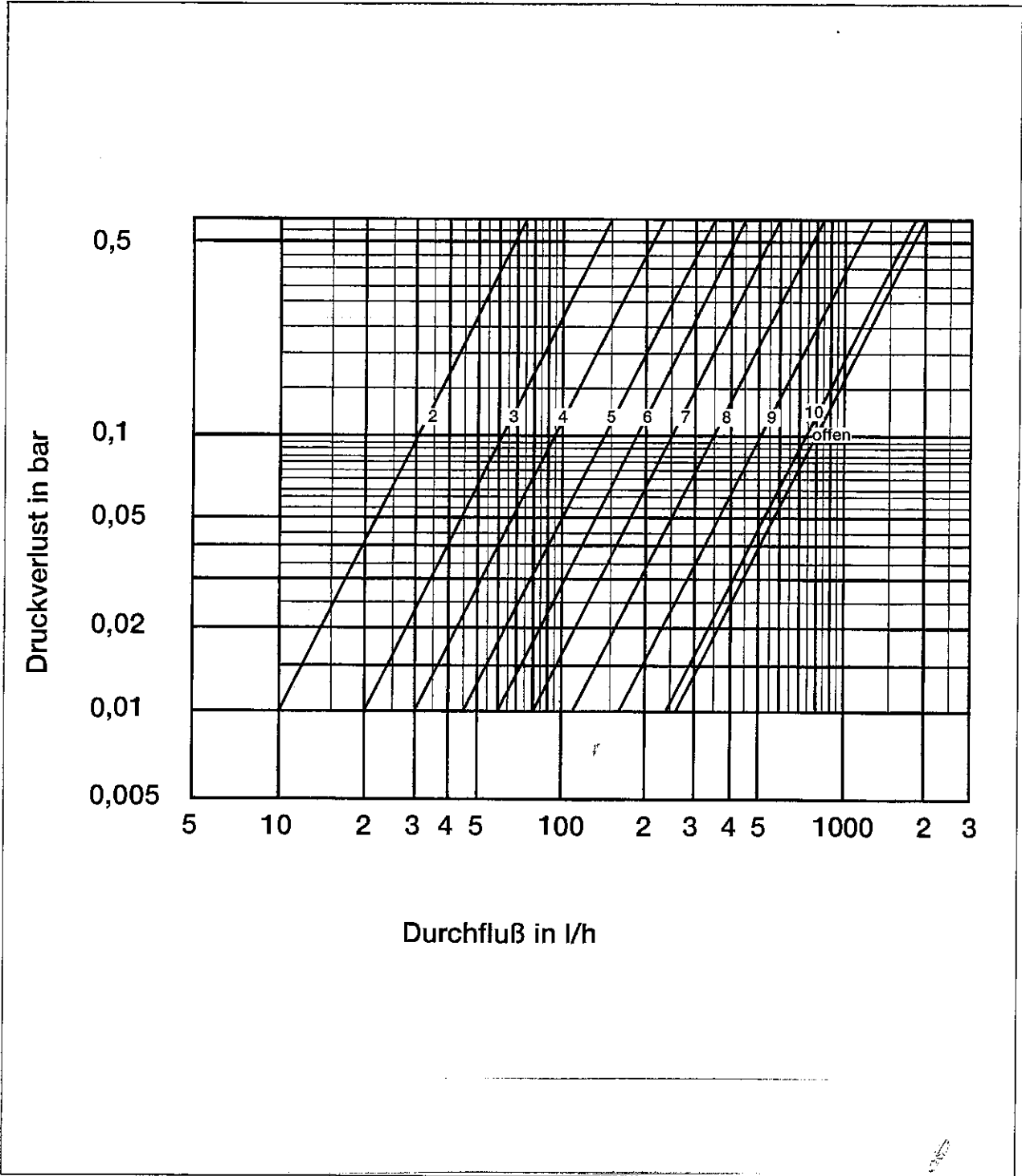


Bild 7: Beispiel für Voreinstellwerte (VE) für Zirkulationsregulierventile DN 15



**Tabelle 3:** Berechnung der Wärmeverluste der Warmwasserleitungen für Beispiel 2

Bauvorhaben: Beispiel 2		Datum:		Seite:	
Mehrfamilienhaus mit 32 Wohnungen					
1	2	3	4	5	6
Teilstrecke	Keller/Schacht	Länge	Wärmestrom je m	Wärmestrom	Summe
TS	K/S	l	$\dot{q}_w$	$l \cdot \dot{q}_w$	$\Sigma l \cdot \dot{q}_w$
-	-	m	W/m	W	W
Verteilungsleitungen					
1	K	5	11	55	
2	K	2	11	22	
3	K	9	11	99	
4	K	9	11	99	
5	K	9	11	99	
6	K	9	11	99	
11	K	7	11	77	550
Stränge					
Strang 1					
12 a <sup>1)</sup>	K	12	11	132	
12 b <sup>2)</sup> - 14	S	7,2	7	50	
15	S	2,8	7	20	202
Strang 2					
16 a <sup>1)</sup>	K	3	11	33	
16 b <sup>2)</sup> - 18	S	7,2	7	50	
19	S	2,8	7	20	103
Strang 3					
Strang 4					
Strang 5					
Strang 6					
Strang 7					
Strang 8					
7 a	K	12	11	132	
7 b - 9	S	7,2	7	50	
10	S	2,8	7	20	202
Summe					1572

<sup>1)</sup> a: im Kellergeschoß (KG)

<sup>2)</sup> b: im Schacht


**Tabelle 4:** Berechnung der Volumenströme in den Warmwasser- bzw. Zirkulationsleitungen für Beispiel 2

Strang	$\dot{Q}_a$	$\dot{Q}_d$	$\dot{Q}_a + \dot{Q}_d$	$\dot{V}$	$\dot{V}_a$	$\dot{V}_d$	$\dot{V}_d = \dot{V} - \dot{V}_a$
W	W	W	l/h	l/h	l/h	l/h	
1	382 <sup>1)</sup>	1135 <sup>2)</sup>	1517	655	165	490	= 655 - 165
2	103	1010	1113	490	45	445	= 490 - 45
3	103	808	911	445	50	395	= 445 - 50
4	103	606	709	395	57	338	= 395 - 57
5	103	404	507	338	69	269	= 338 - 69
6	103	202	305	269	91	178	= 269 - 91
11	103 <sup>3)</sup>	202	305	165	56	109	= 165 - 56

Bemerkungen:  
<sup>1)</sup> im Schema: nach links zum Strang 1  
<sup>2)</sup> im Schema: nach links zum Strang 8  
<sup>3)</sup> Strang 2

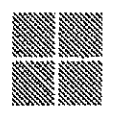


**Tabelle 5:** Bestimmung der Rohrdurchmesser für die Zirkulationsleitungen im Beispiel 2

Aus dem Rohrplan		Datum:										Seite:											
Bauvorhaben: Beispiel 2 Mehrfamilienhaus mit 32 Wohnungen		Voreinstellungen																					
TS	Rohr	l	V <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	d <sub>a</sub>	w <sub>z</sub>	R	l · R	Σξ	Z	l · R + Z <sup>1)</sup>	Δp <sub>D</sub>	VE <sup>2)</sup>										
-	-	m	l/h	l/s	-	m/s	mbar/m	mbar	-	mbar	mbar	mbar	-										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
<b>Sammelleitungen</b>																							
Z1	5	655			28	0,37	0,7	4		5													
Z2	2	490			22	0,43	1,3	3		4													
Z3	9	445			22	0,40	1,1	10		13													
Z4	9	395			22	0,35	0,9	8		10													
Z5	9	338			22	0,30	0,7	6		8													
Z6	9	269			18	0,38	1,3	12		16													
Z11	7	165			15	0,35	1,4	10		13													
<b>Strangleitungen</b>																							
1	22	109			15	0,23	0,7	15		20	35	6,0											
2	13	56			12	0,19	0,7	9		12	43	3,8											
3	13	45			12	0,16	0,5	7		9	55	2,9											
4	13	50			12	0,18	0,6	8		10	41	3,5											
5	13	57			12	0,20	0,8	10		13	28	4,3											
6	13	69			12	0,25	1,1	14		18	15	5,8											
7	13	91			15	0,19	0,5	7		9	8	7,8											
8	22	178			18	0,25	0,6	13		17	-	-											

Bemerkungen: <sup>1)</sup> Z//·R = 1,3 → l · R + Z = 1,3 · l · R <sup>2)</sup> Voreinstellung

Förderdruck der Pumpe = (17+16+8+10+13+4+5) + 60 = 133 mbar  
(Umlauf Strang 6) + (RV)



### 9.3 Differenziertes Verfahren

Wegen des erheblichen Datenerfassungs- und Berechnungsaufwandes sollten differenzierte Berechnungen für Zirkulationsanlagen nur rechnergestützt durchgeführt werden.

#### Berechnungsbeispiel 3: Mehrfamilienhaus mit 48 Wohnungen

##### Berechnungsgrundlagen:

- Strangschema: siehe Bild 10
- Rohrart: Kupferrohr
- Entnahmearmaturen einzeln gesichert
- Bemessung der Trinkwasserleitungen (TW, TWW) erfolgte nach DIN 1988-3; Nennweite, Länge und Lage der TWW-Leitungen siehe Bild 10 bzw. Tabelle 9.

##### Berechnung der Wärmeverluste

Die differenzierte Berechnung der Wärmeverluste erfolgt auf Grundlage der Gleichung 6, in Abhängigkeit von der Nennweite, der Dämmung und der Umgebungstemperatur.

Beispiel: Kupferrohr DN 40 (42 x 1,5),  
Dämmdicke 0,04 m gemäß Tabelle 6.

$$k_R = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_D \cdot \ln \frac{D}{d}} + \frac{1}{\alpha_s \cdot D}} = \frac{3,14}{\frac{1}{2 \cdot 0,035 \cdot \ln \frac{0,122}{0,042}} + \frac{1}{10 \cdot 0,122}} = 0,196 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

mit  $\Delta\vartheta = 50 \text{ K}$  ergibt sich dann:

$$\dot{q}_w = k_R \cdot \Delta\vartheta = 0,196 \cdot 50 = 9,78 \text{ W/m}$$

(vergl.: Tabelle 6, Spalte 6)

Temperatur am Austritt des Trinkwassererwärmers:  
60 °C

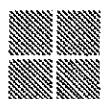
Folgende Umgebungstemperaturen werden in der Beispielerrechnung berücksichtigt:

- Bereich 1 (im Keller verlegt)  $\vartheta_L = 10 \text{ °C}$   
( $\dot{q}_w$  aus Tabelle 6, Spalte 6)
- Bereich 2 (im Schacht verlegt)  $\vartheta_L = 25 \text{ °C}$   
( $\dot{q}_w$  aus Tabelle 6, Spalte 9)

Die Ermittlung des Wärmestroms für die jeweiligen Teilstrecken der TWW-Leitungen, sollte tabellarisch, unter Berücksichtigung der Teilstreckenbezeichnung, der TS-Länge, der Nennweite und der Temperaturdifferenz, dokumentiert werden (Bild 10 und Tabelle 7).

**Tabelle 6:** Wärmeverluste von Kupferrohren, 100 % gedämmt nach Heizungsanlagenverordnung, berechnet mit Gleichung 6

Nennweite	Dämm- stärke		$k_R$	$q_w$	$q_w$	$q_w$	$q_w$	$q_w$
	$d_a \cdot s$			$\Delta\vartheta=55$	$\Delta\vartheta=50$	$\Delta\vartheta=45$	$\Delta\vartheta=40$	$\Delta\vartheta=35$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	mm*mm	m	W/(m <sup>2</sup> *K)	W/m	W/m	W/m	W/m	W/m
DN 10	12 x 1,0	0,02	0,14	7,6	6,9	6,2	5,5	4,8
DN 12	15 x 1,0	0,02	0,15	8,5	7,7	6,9	6,2	5,4
DN 15	18 x 1,0	0,02	0,17	9,4	8,5	7,7	6,8	6,0
DN 20	22 x 1,0	0,02	0,19	10,5	9,6	8,6	7,7	6,7
DN 25	28 x 1,5	0,03	0,18	9,9	9,0	8,1	7,2	6,3
DN 32	35 x 1,5	0,03	0,21	11,3	10,3	9,2	8,2	7,2
DN 40	42 x 1,5	0,04	0,2	10,8	9,8	8,8	7,8	6,8
DN 50	54 x 2,0	0,05	0,2	11,1	10,1	9,1	8,0	7,0
DN 60	64 x 2,0	0,06	0,2	11,1	10,0	9,0	8,0	7,0
DN 65	76,1 x 2,0	0,065	0,21	11,7	10,7	9,6	8,5	7,5
DN 80	88,9 x 2,0	0,08	0,21	11,4	10,4	9,4	8,3	7,3
DN 100	108 x 2,5	0,1	0,21	11,3	10,3	9,2	8,2	7,2
DN 125	133 x 3,0	0,1	0,23	12,9	11,7	10,5	9,4	8,2
DN 150	159 x 3,0	0,1	0,26	14,5	13,2	11,9	10,5	9,2
DN 200	219 x 3,0	0,1	0,33	18,2	16,5	14,9	13,2	11,6
DN 250	267 x 3,0	0,1	0,38	21,1	19,2	17,2	15,3	13,4



**Tabelle 7:** Berechnung der Wärmeverluste der Warmwasserleitung

TS	Länge	Nennweite	Temperaturdifferenz		$q_w$	$l \cdot q_w$	$\Sigma l \cdot q_w$
1	2	3	4	5	6	7	8
—	m	—	Keller	Schacht	W/m	W	W
1	15,00	DN 40	$\Delta\vartheta = 50$		9,8	147,0	1733
2	8,00	DN 40	$\Delta\vartheta = 50$		9,8	78,4	1527
3	8,00	DN 40	$\Delta\vartheta = 50$		9,8	78,4	1390
4	8,00	DN 40	$\Delta\vartheta = 50$		9,8	78,4	1252
5	8,00	DN 40	$\Delta\vartheta = 50$		9,8	78,4	1114
6	8,00	DN 40	$\Delta\vartheta = 50$		9,8	78,4	977
7	8,00	DN 32	$\Delta\vartheta = 50$		10,3	82,4	839
8	8,00	DN 32	$\Delta\vartheta = 50$		10,3	82,4	698
9	8,00	DN 32	$\Delta\vartheta = 50$		10,3	82,4	556
10	8,00	DN 32	$\Delta\vartheta = 50$		10,3	82,4	414
11	8,00	DN 32	$\Delta\vartheta = 50$		10,3	82,4	273
12	8,00	DN 25	$\Delta\vartheta = 50$		9,0	72,0	131
12 a	2,00	DN 25		$\Delta\vartheta = 35$	6,3	12,6	59
13	2,80	DN 25		$\Delta\vartheta = 35$	6,3	17,6	47
14	2,80	DN 25		$\Delta\vartheta = 35$	6,3	17,6	29
15	1,70	DN 20		$\Delta\vartheta = 35$	6,7	11,4	11

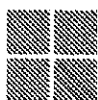
Erläuterungen:

Spalte 2: Länge der Teilstrecke, siehe Tabelle 9

Spalte 3: Nennweiten der Warmwasserleitungen aus einer Berechnung nach DIN 1988-3, o. näheren Nachweis

Spalte 4+5+6: siehe Tabelle 6

Spalte 7 bzw. 8: Wärmeverluste der Steigleitung: TS 12a - 15 : 59 W



### Berechnung der Volumenströme

Der Pumpenvolumenstrom wird auf Grundlage der Gleichung 7, aus der Summe der Wärmeverluste der TWW-Leitungen (Tabelle 7, Spalte 8), bei einem Temperaturabfall in den TWW-Leitungen von 2 K, berechnet:

$$\dot{V}_p = \sum \frac{[I_w \cdot \dot{q}_w]}{\rho \cdot c \cdot \Delta\vartheta_w} = \frac{1733 \text{ W}}{1 \text{ kg/l} \cdot 1,2 \text{ Wh}/(\text{kg} \cdot \text{K}) \cdot 2 \text{ K}} = 722 \text{ l/h}$$

### Berechnung der Teilströme

Die Volumenstromberechnung für die abzweigende (Index a) bzw. durchgehende Teilstrecke (Index d) erfolgt auf Grundlage der Gleichung 2 und 4 und sollte wie in Tabelle 8 dargestellt dokumentiert werden.

#### Beispiel:

Volumenstromermittlung für die von der Teilstrecke TS 1 abzweigende (Index a) bzw. durchgehende Teilstrecke (Index d)

$$\dot{V}_a = \dot{V} \cdot \frac{\dot{Q}_a}{\dot{Q}_a + \dot{Q}_d} = 722 \cdot \frac{59}{59 + 1527} = 26,86 \approx 27 \text{ l/h}$$

$$\dot{V}_d = \dot{V} - \dot{V}_a = 722 - 27 = 695 \text{ l/h}$$



**Tabelle 8:** Berechnung der Volumenströme in den Warmwasser- und Zirkulationsleitungen

Bauvorhaben: Beispiel 2 Mehrfamilienhaus mit 32 Wohnungen				Datum:	Seite:	
1	2	3	4	5	6	7
Teilstrecke zum Knotenpunkt	Wärmestrom im Abweig	Wärmestrom im Durchgang	Wärmestrom im Knotenpunkt	Volumenstrom zum Knotenpunkt	Volumenstrom im Abweig	Volumenstrom im Durchgang
TS	$\dot{Q}_a$	$\dot{Q}_d$	$\dot{Q}_a + \dot{Q}_d$	$\dot{V}$	$\dot{V}_a$	$\dot{V}_d$
	W	W	W	l/h	l/h	l/h
1	59	1527	1586	722	27	695
2	59	1390	1449	695	28	667
3	59	1252	1311	667	30	637
4	59	1114	1173	637	32	605
5	59	977	1036	605	34	570
6	59	839	898	570	37	533
7	59	698	757	533	42	491
8	59	556	615	491	47	444
9	59	414	473	444	55	389
10	59	273	332	389	69	320
11	59	131	190	320	99	221

Erläuterungen:

Spalte 1: Teilstrecke zum Abweig / Teilstreckenbezeichnungen, siehe Bild 10

Spalte 2: Wärmestrom im Abweig, siehe Tabelle 7 und Bild 10

Spalte 3: Wärmestrom im Durchgang, siehe Tabelle 7 und Bild 10

*Auswahl der Rohrrinnendurchmesser  
der Zirkulationsleitungen*

Die Durchmesser der Zirkulationsleitungen werden auf der gleichen Grundlage wie im vereinfachten Verfahren berechnet. Die Druckverluste  $\Sigma (l \cdot R + Z)$  sollten allerdings über eine differenzierte Berechnung der Einzelwiderstandsverluste  $Z$  ermittelt werden (Tabelle 9).

**Förderdruck der Zirkulationspumpe  $\Delta p_p$**

$$\Sigma (l \cdot R + Z) = 136,5 \text{ mbar} \quad \text{siehe Tabelle 9}$$

$$\Delta p_{RV} = 60,0 \text{ mbar}$$

$$\Delta p_{TH} = 0,0 \text{ mbar}$$

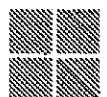
Im Beispiel wird im ungünstigsten Zirkulationskreis kein thermostatisches Zirkulationsregulierventil eingebaut.

Anmerkung: Falls im ungünstigsten Zirkulationskreis ein Regulierventil eingebaut werden soll, muß darauf geachtet werden, daß diese bei voller Öffnung nur einen geringeren Druckverlust aufweist.

$$\Delta p_p = 196,5 \text{ mbar} \approx 200 \text{ mbar} \quad \text{bei}$$

$$\dot{V}_d = 722 \text{ l/h} \approx 0,72 \text{ m}^3/\text{h}$$

Bei Auswahl der Zirkulationspumpe ist darauf zu achten, daß immer die nächst größere Pumpe gewählt wird. Das heißt, daß der Schnittpunkt zwischen Pumpen- und Rohrnetzkenlinie immer oberhalb des rechnerischen Betriebspunktes liegen muß (Bild 8).



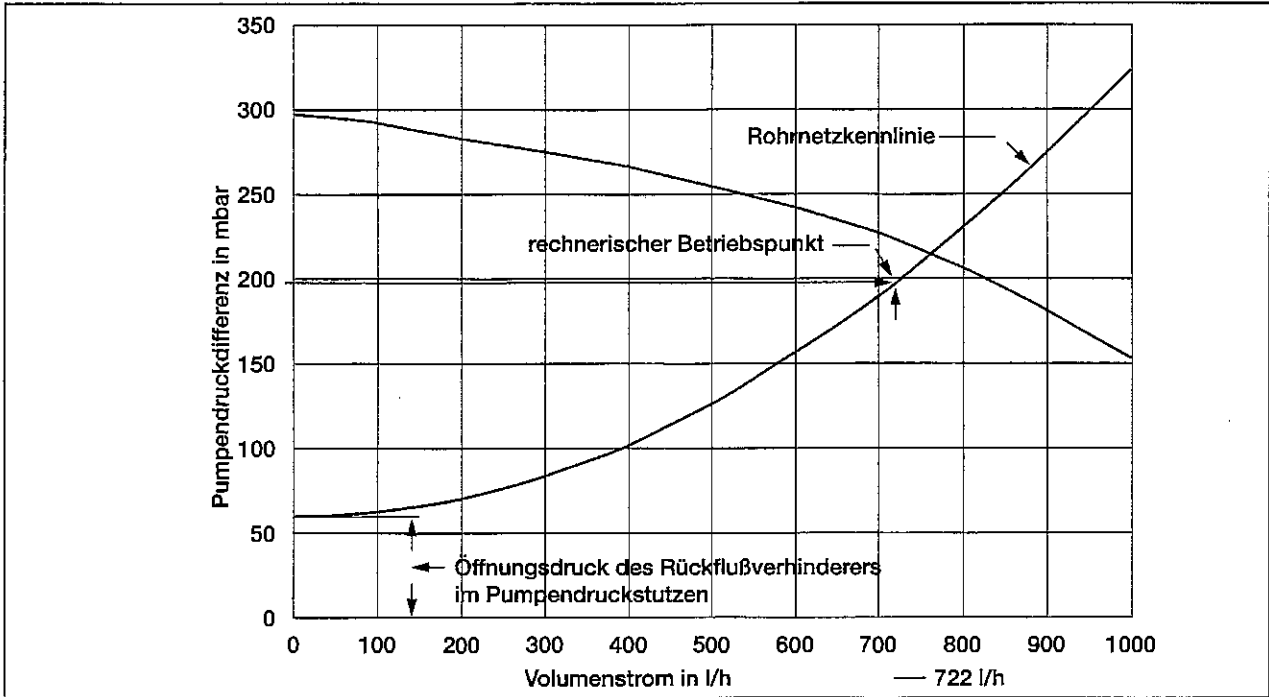


Bild 8: Rohrnitzkennlinie berechnet aus  $\Delta p = k \cdot \dot{V}^2$  und  $k = \Delta p_p / \dot{V}_p^2$

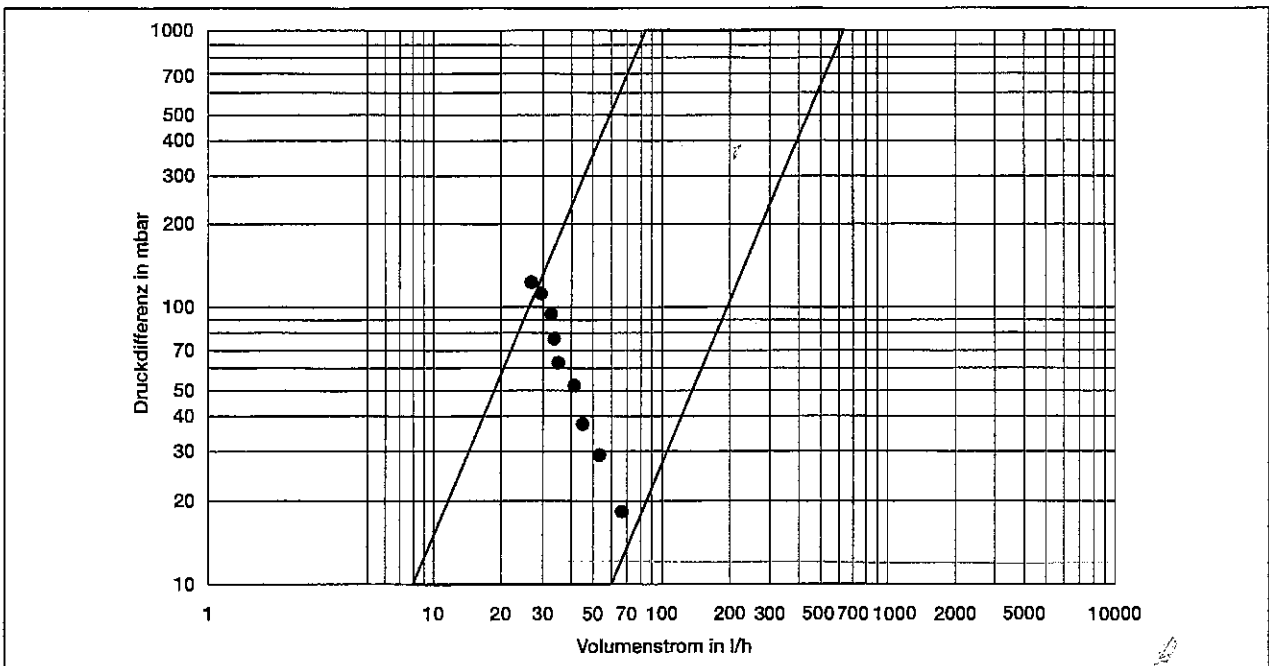


Bild 9: Beispiel für Reguliergrenzen eines thermostatisch geregelten Drosselventils mit den errechneten Drosselpositionen aus Bild 10 bzw. Tabelle 10.



**Tabelle 9:** Bestimmung der Rohrdurchmesser für Zirkulationsleitungen – Druckverlustberechnung im ungünstigsten Zirkulationskreis (Bild 10)

TS	Länge	$V_z$	DN	R	W	$\sum R$	$\Sigma \zeta$	Z	$\sum (R+Z)$	$\Sigma (R+Z)$	$\Sigma (R+Z)$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
-	m	l/h	-	mbar/m	m/s	mbar	-	mbar	mbar	mbar	mbar
1	15,0	722	DN40	≈ 0							
2	8,0	695	DN40	≈ 0							
3	8,0	667	DN40	≈ 0							
4	8,0	637	DN40	≈ 0							
5	8,0	605	DN40	≈ 0							
6	8,0	570	DN40	≈ 0							
7	8,0	533	DN32	≈ 0							
8	8,0	491	DN32	≈ 0							
9	8,0	444	DN32	≈ 0							
10	8,0	389	DN32	≈ 0							
11	8,0	320	DN32	≈ 0							
12	8,0	221	DN25	≈ 0							
12a	2,0	221	DN25	≈ 0							
13	2,8	221	DN25	≈ 0							
14	2,8	221	DN25	≈ 0							
15	1,7	221	DN20	≈ 0							
16a	9,4	221	DN15	0,9	0,3	8,5	2,0	0,9	9,4	9,4	136,5
16	8,0	221	DN15	0,9	0,3	7,2	1,3	0,6	7,8	17,1	127,1
17	8,0	320	DN15	1,7	0,4	13,6	0,6	0,5	14,1	31,2	119,3
18	8,0	389	DN20	0,8	0,3	6,4	0,6	0,3	6,7	37,9	105,2
19	8,0	444	DN20	1,0	0,4	8,0	0,6	0,5	8,5	46,4	98,6
20	8,0	491	DN20	1,2	0,4	9,6	0,6	0,5	10,1	56,5	90,1
21	8,0	533	DN20	1,4	0,5	11,2	0,6	0,8	12,0	68,4	80,0
22	8,0	570	DN20	1,6	0,5	12,8	0,6	0,8	13,6	82,0	68,1
23	8,0	605	DN20	1,8	0,5	14,4	0,6	0,8	15,2	97,1	54,5
24	8,0	637	DN25	0,7	0,4	5,6	0,6	0,5	6,1	103,2	39,4
25	8,0	667	DN25	0,7	0,4	5,6	0,6	0,5	6,1	109,3	33,3
26	8,0	695	DN25	0,8	0,4	6,4	0,6	0,5	6,9	116,1	27,2
27	15,0	722	DN25	0,8	0,4	12,0	10,4	8,3	20,3	136,5	20,3

Erläuterungen zu Tabelle 9:

- Spalte 1: Teilstreckenbezeichnungen, siehe Bild 10
- Spalte 2: Länge der Teilstrecke, siehe Bild 10
- Spalte 3: Zirkulationsvolumenstrom (aus Tabelle, Spalte 5 bzw. Spalte 6)
- Spalte 4: Nennweiten der Warmwasserleitungen aus einer Berechnung nach DIN-1988-3, ohne näheren Nachweis
- Spalte 11: Summe der Druckverluste in Strömungsrichtung addiert.
- Spalte 12: Summe der Druckverluste gegen die Strömungsrichtung addiert.



**Tabelle 10:** Bestimmung der Rohrdurchmesser für Zirkulationsleitungen (Strangleitungen) – Ermittlung der Einstellwerte für die Strangregulierventile

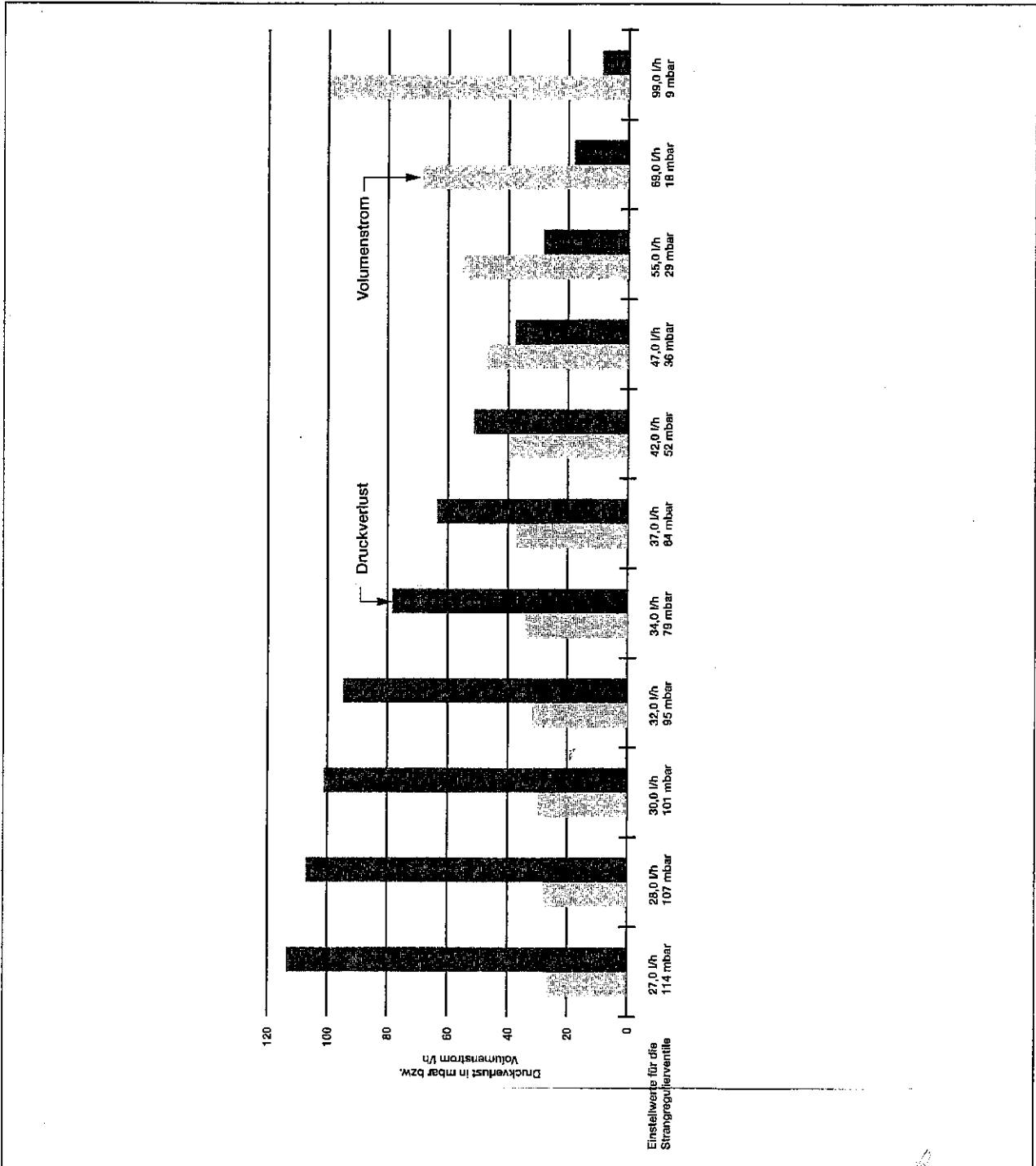
TS	Länge	$V_z$	DN	R	v	I · R	$\Sigma I$	Z	I · R + Z	$\Sigma (I \cdot R + Z)$	Anmerkung	$\Delta p_p$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
–	m	l/h	–	mbar/m	m/s	mbar	–	mbar	mbar	mbar	–	mbar
St 1	9,4	27	DN 10	0,2	0,1	1,9	13,3	0,7	2,5	20	TS 27	114
St 2	9,4	28	DN 10	0,2	0,1	1,9	13,3	0,7	2,5	27	TS 26–27	107
St 3	9,4	30	DN 10	0,2	0,1	1,9	13,3	0,7	2,5	33	TS 25–27	101
St 4	9,4	32	DN 10	0,2	0,1	1,9	13,3	0,7	2,5	39	TS 24–27	95
St 5	9,4	34	DN 10	0,3	0,1	2,8	13,3	0,7	3,5	55	TS 23–27	79
St 6	9,4	37	DN 10	0,4	0,1	3,8	13,3	0,7	4,4	68	TS 22–27	64
St 7	9,4	42	DN 10	0,4	0,1	3,8	13,3	0,7	4,4	80	TS 21–27	52
St 8	9,4	47	DN 10	0,6	0,2	5,6	13,3	2,7	8,3	90	TS 20–27	38
St 9	9,4	55	DN 10	0,7	0,2	6,6	13,3	2,7	9,2	99	TS 19–27	29
St 10	9,4	69	DN 10	1,1	0,2	10,3	13,3	2,7	13,0	105	TS 18–27	18
St 11	9,4	99	DN 12	0,4	0,2	5,6	13,3	2,7	8,3	119	TS 17–27	9

Erläuterungen:

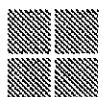
Spalte 11 + 12: bereits berechnete Druckverluste im Zirkulationskreis (siehe auch Tabelle 9, Spalte 12)

Spalte 13: Druckdifferenz im Strangregulierventil = 136,5 mbar – Spalte 10 – Spalte 11, bei einem Zirkulationsvolumenstrom aus Spalte 3

Anmerkung:  $\Sigma (I \cdot R + Z) = 136,5$  mbar aus Tabelle 9, Spalte 11



**Bild 10: Berechnungsstrangschemata für ein viergeschossiges Wohngebäude mit 48 Wohnungen (sanitäre Standardausstattung)**



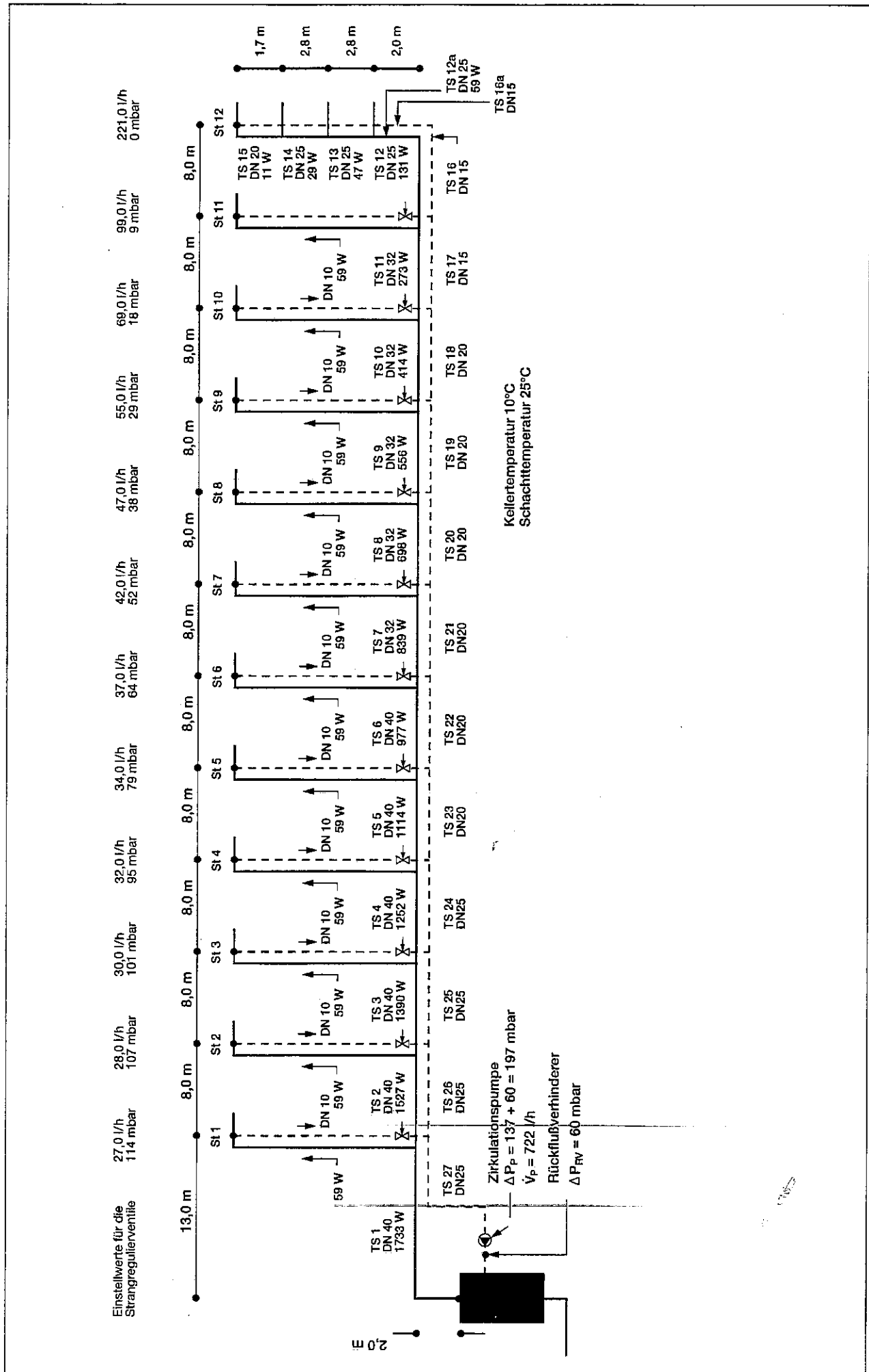


Bild 11: Berechnungsschema mit Teilstreckenlängen, Teilstreckenbezeichnungen und Nennweiten

### Zitierte Normen und Richtlinien

Verordnung über energiesparende Anforderungen an heizungstechnische Anlagen und Brauchwasseranlagen (Heizungsanlagen-Verordnung – HeizAnV) vom 22. März 1994.

Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden (Energieeinsparungsgesetz – EnEG) vom 22. Juli 1976 (BGBl. I, S. 1873) geändert durch 1. Gesetz zur Änderung des Energieeinsparungsgesetzes vom 20. Juli 1980 (BGBl. I, S. 701).

DIN 1988, Teile 1 bis 8: Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen.: Technische Regel des DVGW. Berlin: Beuth, 1988.

DIN 4701 Teile 1 bis 3: Regeln für die Berechnung des Wärmebedarfs von Gebäuden. Berlin: 1983 (Teil 1 u. 2) und 1989 (Teil 3).

DVGW-Arbeitsblatt W 551: Trinkwassererwärmungs- und-leitungsanlagen; Technische Maßnahmen zur Verringerung des Legionellenwachstums. Eschborn 1993.

DVGW-Arbeitsblatt W 552: Trinkwassererwärmungs- und-leitungsanlagen; Technische Maßnahmen zur Verringerung des Legionellenwachstums; Sanierung und Betrieb. 04/1996.

