

# Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen (TRWI)

## Ermittlung der Rohrdurchmesser

### Technische Regel des DVGW

**DIN**  
**1988**  
Teil 3

Codes of practice for drinking water installations (TRWI);  
determination of the diameters; DVGW code of practice  
Directives techniques relatives aux installations d'eau potable (TRWI);  
calcul du diamètre des tuyaux; directive technique DVGW

Mit DIN 1988 T1/12.88,  
T2/12.88 und T4/12.88  
bis T8/12.88  
Ersatz für  
DIN 1988/01.62

Diese Norm wurde im Einvernehmen mit dem DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. aufgestellt. Sie ist als Technische Regel des DVGW in das Regelwerk Wasser des DVGW einbezogen worden.

### Inhalt

|                                                                                     | Seite |                                                                           | Seite |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>1 Anwendungsbereich und Zweck</b>                                                | 1     | <b>7 Ermittlung des verfügbaren Rohrreibungsdruckgefälles</b>             | 8     |
| <b>2 Begriffe, Zeichen und Einheiten</b>                                            | 2     | <b>8 Auswahl der Rohrdurchmesser</b>                                      | 10    |
| <b>3 Berechnungsgrundlagen</b>                                                      | 3     | <b>9 Einzelwiderstände</b>                                                | 10    |
| 3.1 Rohrreibung                                                                     | 3     | <b>10 Vergleich Druckverlust mit verfügbarem Druck</b>                    | 10    |
| 3.2 Berechnungsgang                                                                 | 3     | <b>11 Vereinfachter Berechnungsgang</b>                                   | 10    |
| <b>4 Berechnungsdurchfluß und Fließdruck</b>                                        | 3     | <b>12 Pauschale Ermittlung des Rohrdurchmessers für Anschlußleitungen</b> | 14    |
| <b>5 Zuordnen der Summendurchflüsse zu den Teilstrecken</b>                         | 5     | <b>13 Auswahl der Wasserzähler</b>                                        | 14    |
| <b>6 Anwenden der Umrechnungskurve vom Summendurchfluß auf den Spitzendurchfluß</b> | 5     | <b>14 Zirkulationsleitungen und Umwälzpumpen</b>                          | 15    |
| 6.1 Wohngebäude                                                                     | 5     | <b>15 Tabellen</b>                                                        | 16    |
| 6.2 Gewerbeanlagen, Sonderbauten                                                    | 5     | <b>16 Berechnungsbeispiele</b>                                            | 54    |
| 6.3 Andere Sonderbauten, Gewerbe- und Industrieanlagen                              | 7     | <b>Anhang A: Formulare für die Berechnung</b>                             | 55    |

## 1 Anwendungsbereich und Zweck

Diese Norm gilt in Verbindung mit DIN 1988 Teil 1, Teil 2 und Teil 4 bis Teil 8 für Planung, Errichtung, Änderung, Instandhaltung und Betrieb von Trinkwasseranlagen in Gebäuden und auf Grundstücken.

Sie dient zur Ermittlung der Rohrdurchmesser, die nach dem örtlichen Versorgungsdruck, dem Entnahmemarmaturendurchfluß, der geodätischen Höhe der Entnahmestellen und der Leitungsführung so zu bestimmen sind, daß an allen Entnahmestellen der Mindest-Entnahmemarmaturendurchfluß zur Verfügung steht.

Fortsetzung Seite 2 bis 63

Normenausschuß Wasserwesen (NAW) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.



**Documents**

Document Sharing Hub

## 2 Begriffe, Zeichen und Einheiten

Tabelle 1.

| Benennung                                      | Zeichen                  | Einheit                   | Erklärung (Definition)                                                                                                                                                  |
|------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Rechnerische Fließgeschwindigkeit              | $v$                      | m/s                       | Mittlere Fließgeschwindigkeit bei Spitzendurchfluß                                                                                                                      |
| Volumen                                        | $V$                      | m <sup>3</sup>            | –                                                                                                                                                                       |
| Fließquerschnitt                               | $A$                      | m <sup>2</sup>            | –                                                                                                                                                                       |
| Durchfluß, Volumenstrom                        | $\dot{V}$                | l/s,<br>m <sup>3</sup> /h | Quotient aus Wasservolumen, das einen bestimmten Fließquerschnitt durchfließt, und der dazu benötigten Zeit                                                             |
| Entnahmearmaturendurchfluß                     | $\dot{V}_E$              | l/s                       | Durchfluß durch eine geöffnete Entnahmearmatur einschließlich Auslaufeinrichtung (Strahlregler, Brause usw.) beim jeweils herrschenden Fließdruck                       |
| Oberer Entnahmearmaturendurchfluß              | $\dot{V}_0$              | l/s                       | Entnahmearmaturendurchfluß beim kennzeichnenden Fließdruck nach DIN 52 218 Teil 2                                                                                       |
| Mindest-Entnahmearmaturendurchfluß             | $\dot{V}_{\min}$         | l/s                       | Entnahmearmaturendurchfluß, der zur Gebrauchstauglichkeit der Armatur gerade noch ausreicht                                                                             |
| Berechnungsdurchfluß                           | $\dot{V}_R$              | l/s                       | Angenommener Entnahmearmaturendurchfluß für den Berechnungsgang:<br>$\dot{V}_R = \frac{\dot{V}_{\min} + \dot{V}_0}{2}$                                                  |
| Summendurchfluß                                | $\sum \dot{V}_R$         | l/s                       | Summe aller Berechnungsdurchflüsse der über einen freien Querschnitt versorgten Wasserverbrauchseinrichtungen                                                           |
| Spitzendurchfluß                               | $\dot{V}_S$              | l/s                       | Unter Berücksichtigung der während des Betriebs auftretenden wahrscheinlichen Gleichzeitigkeit der Wasserentnahme für die hydraulische Berechnung maßgebender Durchfluß |
| Ruhedruck                                      | $p_R$                    | bar,<br>mbar,<br>Pa       | Statischer Überdruck an einer Meßstelle in der Trinkwasseranlage, wenn kein Wasser fließt                                                                               |
| Fließdruck                                     | $p_{Fl}$                 | bar,<br>mbar,<br>Pa       | Statischer Überdruck an einer Meßstelle in der Trinkwasseranlage, während Wasser fließt                                                                                 |
| Mindestfließdruck                              | $p_{\min Fl}$            | bar,<br>mbar,<br>Pa       | Erforderlicher statischer Überdruck an der Anschlußstelle einer Wasserentnahmearmatur bei ihrem Mindest-Entnahmearmaturendurchfluß                                      |
| Mindest-Versorgungsdruck                       | $p_{\min V}$             | bar,<br>mbar,<br>Pa       | Minimaler statischer Überdruck an der Anschlußstelle der Anschlußleitung an die Versorgungsleitung nach Angabe des zuständigen Wasserversorgungsunternehmens (WVU)      |
| Druckdifferenz, Druckverlust                   | $\Delta p$               | bar,<br>mbar,<br>Pa       | Differenz zwischen zwei Drücken in der Trinkwasseranlage (siehe auch Tabelle 2)                                                                                         |
| Druckverlust aus geodätischem Höhenunterschied | $\Delta p_{\text{geo}}$  | bar,<br>mbar,<br>Pa       | $\Delta p_{\text{geo}} = h_{\text{geo}} \cdot g \cdot \rho$                                                                                                             |
| Verfügbare Druckdifferenz                      | $\Delta p_{\text{verf}}$ | bar,<br>mbar,<br>Pa       | Für Rohrreibung und Einzelwiderstände verfügbare Druckdifferenz                                                                                                         |
| Rohrreibungsdruckgefälle                       | $R$                      | bar/m,<br>mbar/m,<br>Pa/m | längenbezogener Druckverlust aus Rohrreibung<br>$R = \frac{\Delta p}{l}$                                                                                                |

Tabelle 1. (Fortsetzung)

| Benennung                            | Zeichen           | Einheit                   | Erklärung (Definition)                                                                                                                           |
|--------------------------------------|-------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Druckverlust aus Rohrreibung         | $l \cdot R$       | bar,<br>mbar,<br>Pa       | Druckverlust aus der Rohrreibung einer Berechnungsstrecke                                                                                        |
| Verfügbares Rohrreibungsdruckgefälle | $R_{\text{verf}}$ | bar/m,<br>mbar/m,<br>Pa/m | In die Berechnung eingehender Näherungswert für das Rohrreibungsdruckgefälle                                                                     |
| Druckverlust aus Einzelwiderstand    | $Z$               | bar,<br>mbar,<br>Pa       | $Z = \zeta \cdot \frac{v^2 \cdot \varrho}{2}$                                                                                                    |
| Rohrleitungslänge                    | $l$               | m                         | –                                                                                                                                                |
| Rohrinnendurchmesser                 | $d_i$             | mm                        | –                                                                                                                                                |
| Widerstandsbeiwert, Rohrreibungszahl | $\lambda$         | 1                         | –                                                                                                                                                |
| Rohrrauheit                          | $k$               | mm                        | Angenommene absolute Rauheit der Rohrrinnenwand im Gebrauchszustand (Erfahrungswert)                                                             |
| Verlustbeiwert                       | $\zeta$           | 1                         | Charakteristische strömungstechnische Kenngröße (Konstante) für einen Einzelwiderstand; erforderlich zur Ermittlung des örtlichen Druckverlustes |
| Dichte                               | $\varrho$         | kg/m <sup>3</sup>         | Quotient aus Masse und Volumen                                                                                                                   |
| Reynolds-Zahl                        | $Re$              | 1                         | $Re = \frac{d_i \cdot v}{\nu}$                                                                                                                   |
| Kinematische Viskosität              | $\nu$             | m <sup>2</sup> /s         | –                                                                                                                                                |
| Pumpenförderstrom                    | $\dot{V}_P$       | m <sup>3</sup> /h         | Von der Pumpe geförderter nutzbarer Volumenstrom (aus: DIN 4046/09.83)                                                                           |
| Pumpendruck                          | $\Delta p_P$      | mbar,<br>bar,<br>Pa       | Differenz zwischen Enddruckseite der Umwälzpumpe und dem Druck vor der Umwälzpumpe beim Pumpenförderstrom $\dot{V}_P$                            |

### 3 Berechnungsgrundlagen

Die Ermittlung der Rohrdurchmesser beruht auf der Berechnung des in den Leitungen entstehenden Druckverlustes. Dieser ist außer vom Durchmesser, der Leitungslänge und dem Rohrwerkstoff auch vom Durchfluß abhängig, also von der Anzahl und Größe der angeschlossenen Entnahmestellen. Der an jeder Entnahmestelle geforderte Berechnungsdurchfluß ist für die Ermittlung des Spitzendurchflusses die Ausgangsgröße. Die Gleichzeitigkeit der Benutzung bzw. der sich daraus ergebende Spitzendurchfluß eines Leitungsabschnittes ist unter Zugrundelegung der Rechnungswerte dieser Norm zu bestimmen.

#### 3.1 Rohrreibung

Nach der Grundgleichung der Rohrströmung in geraden Kreisrohren beträgt der Druckverlust durch Rohrreibung (nach Gleichung 1):

$$\Delta p = \lambda \cdot \frac{l}{d_i} \cdot \frac{v^2 \cdot \varrho}{2} \quad (1)$$

Das Rohrreibungsdruckgefälle ergibt sich aus Gleichung (2):

$$R = \frac{\lambda}{d_i} \cdot \frac{v^2 \cdot \varrho}{2} \quad (2)$$

Die Rohrreibungszahl  $\lambda$  wird aus Gleichung (3) nach Colebrook-White berechnet:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left( \frac{2,51}{Re \sqrt{\lambda}} + \frac{k}{3,71 \cdot d_i} \right) \quad (3)$$

Die Tabellen zur Ermittlung der Druckverluste aus Rohrreibung in dieser Norm wurden nach den Gleichungen (2) und (3) berechnet.

#### 3.2 Berechnungsgang

Um den unterschiedlichen Anforderungen der Praxis gerecht zu werden, können die Druckverluste sowohl differenziert als auch pauschal erfaßt werden. Mit dem differenzierten Berechnungsgang wird eine größere Annäherung an die wirklichen Betriebsverhältnisse durch Erfassen der Einzelwiderstände erreicht; damit sind alle Verbrauchsanlagen berechenbar. Der vereinfachte Berechnungsgang bietet sich z. B. für Wohnanlagen an (siehe Tabelle 2, Nr 5).

### 4 Berechnungsdurchfluß und Fließdruck

Der Berechnungsdurchfluß  $\dot{V}_R$  ist ein angenommener Entnahmearmaturendurchfluß für den Berechnungsgang. Er kann ein Mindest-Entnahmearmaturendurchfluß (z. B. bei

Druckspülern, Entnahmearmaturen mit Durchflußbegrenzern), aber auch ein Mittelwert (z. B. bei Mischbatterien oder Waschmaschinen) aufgrund unterer und oberer Fließdruckbedingungen sein (siehe Bild 1).

Der Berechnungsdurchfluß  $\dot{V}_R$  als Mittelwert ergibt sich nach Gleichung (4):

$$\dot{V}_R = \frac{\dot{V}_{\min} + \dot{V}_0}{2} \quad (4)$$

Richtwerte der Berechnungsdurchflüsse gebräuchlicher Armaturen und Apparate sind der Tabelle 11 zu entnehmen.

Für in der Tabelle 11 nicht erfaßte Armaturen und Apparate sowie bei exakt fabrikatsbezogener Ermittlung des Berechnungsdurchflusses sind Herstellerangaben erforderlich.

Vom Hersteller muß der in die Berechnung eingehende Mindestfließdruck angegeben werden, bei dem ein der Gebrauchstauglichkeit der Armatur entsprechender Durchfluß bei voller Öffnung noch gegeben ist. Richtwerte für den Mindestfließdruck enthält für gebräuchliche Armaturen und Apparate Tabelle 11.

Für sanitärtechnische Sonderarmaturen können zum Erfüllen der Gebrauchstauglichkeit (z. B. ausreichender Spülstrom) höhere Fließdrücke notwendig sein. In diesem Fall sind die Herstellerangaben zu berücksichtigen.

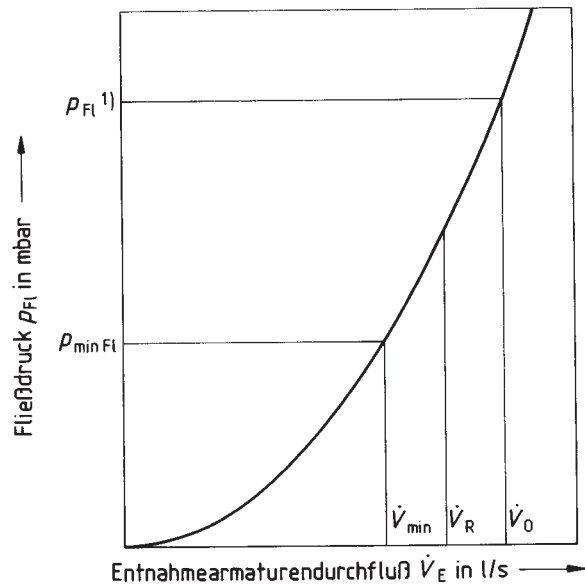
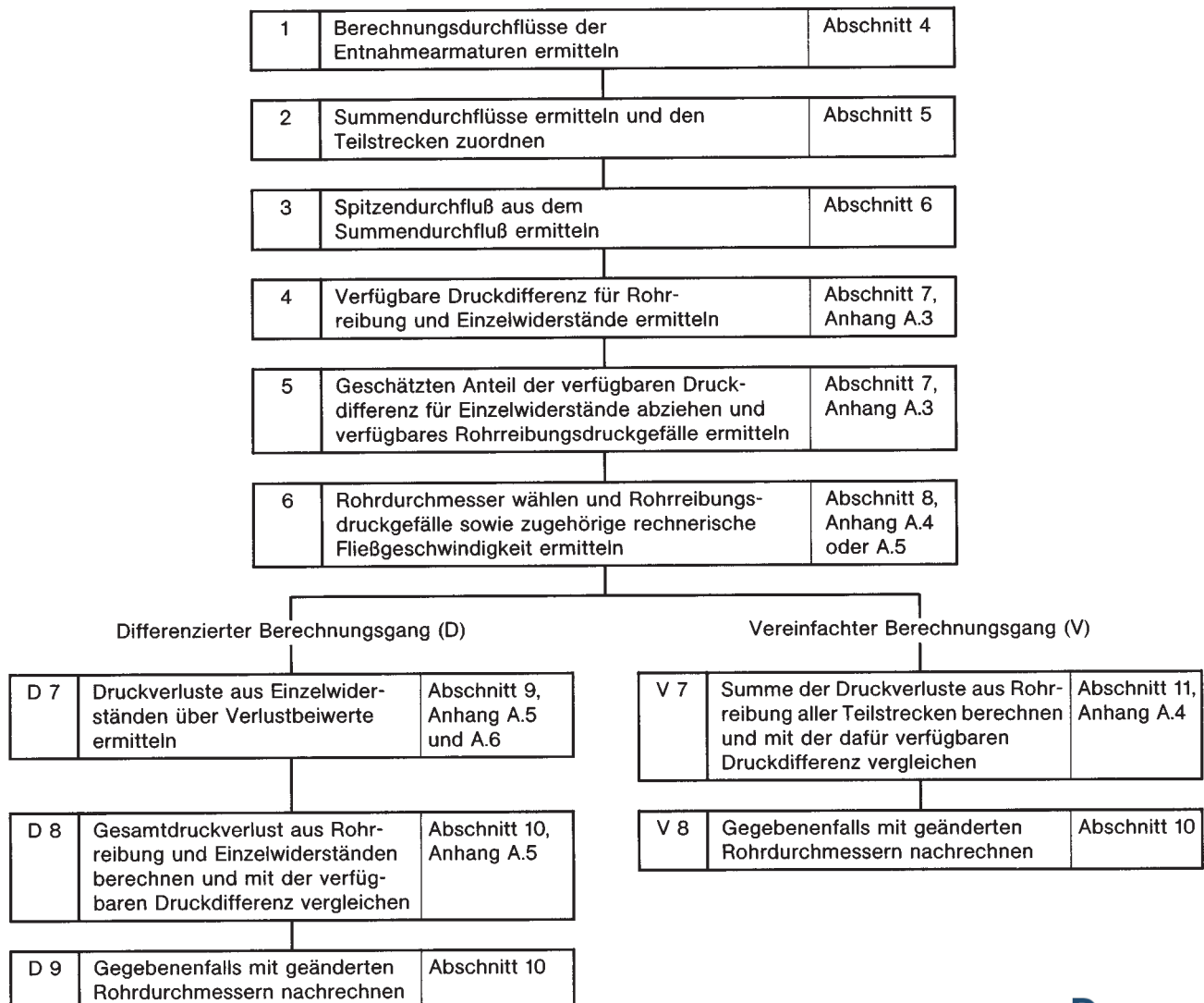


Bild 1. Mindestfließdruck  $p_{\min \text{ Fl}}$  und Berechnungsdurchfluß  $\dot{V}_R$

1) Kennzeichnender Fließdruck nach DIN 52 218 Teil 2

#### Schema der Berechnungsgänge



## 5 Zuordnen der Summendurchflüsse zu den Teilstrecken

Entgegen der Fließrichtung sind – jeweils an der entferntesten Entnahmestelle beginnend und an der Versorgungsleitung endend – die Berechnungsdurchflüsse zu addieren und die so erhaltenen Summendurchflüsse dann den entsprechenden Leitungsteilen zuzuordnen (siehe Bild 2). Die jeweilige Teilstrecke beginnt mit dem Formstück, an dem sich der Summendurchfluß oder der Durchmesser ändert. An der Abzweigungsstelle der Kaltwasserleitung zum Trinkwassererwärmer addieren sich die Summendurchflüsse der Kalt- und Warmwasserseite.

## 6 Anwenden der Umrechnungskurve vom Summendurchfluß auf den Spitzendurchfluß

Bei der Berechnung von Leitungsanlagen sind grundsätzlich alle Entnahmestellen mit dem ihnen zuzuordnenden Berechnungsdurchfluß einzusetzen. Der Durchfluß bei Dauerverbrauch wird zum Spitzendurchfluß der anderen Entnahmestellen addiert; als Dauerverbrauch werden Wasserentnahmen mit einer Dauer von mehr als 15 Minuten angesehen. Die Gleichzeitigkeit der Wasserentnahme ist abhängig von der Art der Nutzung (z. B. in Wohnungen oder Gemeinschaftsanlagen). Im allgemeinen ist nicht damit zu rechnen, daß sämtliche angeschlossenen Entnahmestellen gleichzeitig voll geöffnet sind.

Die in den Abschnitten 6.1 und 6.2 angegebenen Gleichungen gelten für die Bemessung der Trinkwasseranlage (Ausnahme: z. B. Wasserzähler, siehe Abschnitt 13).

Sie stellen Hüllkurven für gemessene  $\dot{V}_{\max}$ -Werte dar, die ausreichende Rohrdurchmesser sicherstellen.

### 6.1 Wohngebäude

Für Leitungsanlagen in Wohngebäuden, darunter sind Anlagen zu verstehen, deren Wasserbedarf in der Regel nur über gebräuchliche Entnahmestellen entsteht, kann der unter Berücksichtigung der Gleichzeitigkeit für die Berechnung notwendige Spitzendurchfluß wahlweise aus Bild 3 oder Tabelle 12 entnommen werden.

Ein zusätzliches Waschbecken, Sitzwaschbecken, Klosettbecken, Urinal sowie eine Brauseeinrichtung (zusätzlich zur Badewanne) sind bei der Ermittlung des Summendurchflusses nicht zu berücksichtigen, wenn die Art der Benutzung keine höhere Gleichzeitigkeit erwarten läßt.

Sind in der Armaturenausstattung Entnahmearmaturen enthalten, deren Berechnungsdurchfluß  $\dot{V}_R \geq 0,5$  l/s beträgt, gilt Bild 3, Kurve A bzw. Tabelle 12. Bei Summendurchflüssen im Bereich zwischen 0,5 l/s und 1,0 l/s ist der Spitzendurchfluß dem Summendurchfluß gleichzusetzen.

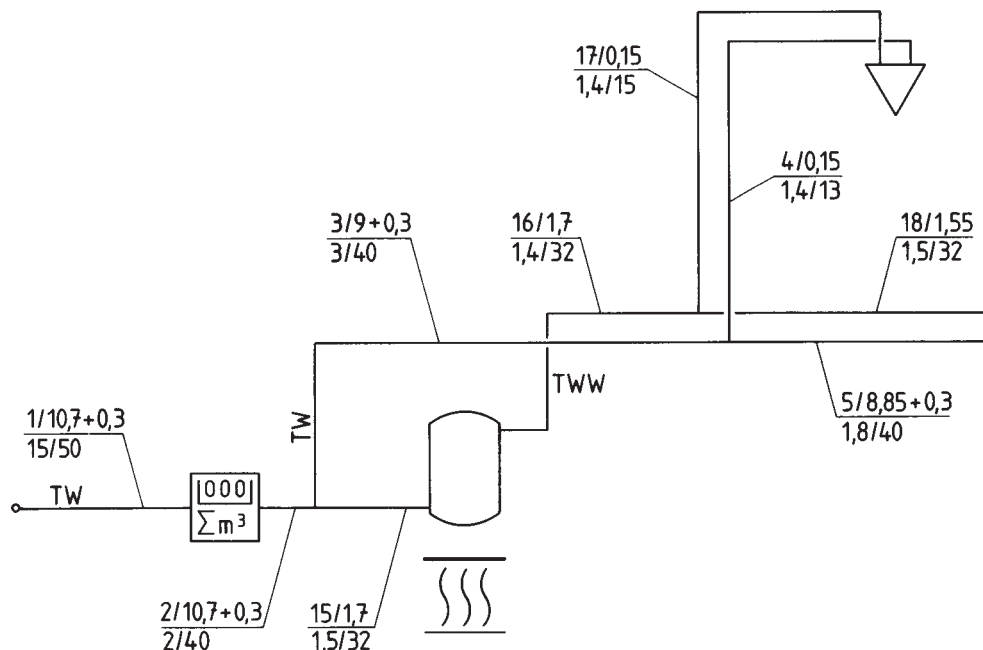
Sind nur Entnahmearmaturen mit einem Berechnungsdurchfluß  $\dot{V}_R < 0,5$  l/s vorhanden, gilt bei  $\sum \dot{V}_R \leq 20$  l/s Bild 3, Kurve B bzw. Tabelle 12, bei  $\sum \dot{V}_R > 20$  l/s Kurve A bzw. Tabelle 12.

Für die Berechnung des Spitzendurchflusses nach Bild 3, Kurve A bzw. Tabelle 12 für  $\sum \dot{V}_R > 1,0$  l/s gilt für Wohngebäude Gleichung (5).

$$\dot{V}_S = 1,7 \cdot (\sum \dot{V}_R)^{0,21} - 0,7 \text{ in l/s} \quad (5)$$

Für die Berechnung des Spitzendurchflusses nach Bild 3, Kurve B bzw. Tabelle 12, im Bereich  $0,07 \text{ l/s} < \sum \dot{V}_R \leq 20 \text{ l/s}$  gilt für Wohngebäude Gleichung (6).

$$\dot{V}_S = 0,682 \cdot (\sum \dot{V}_R)^{0,45} - 0,14 \text{ in l/s} \quad (6)$$



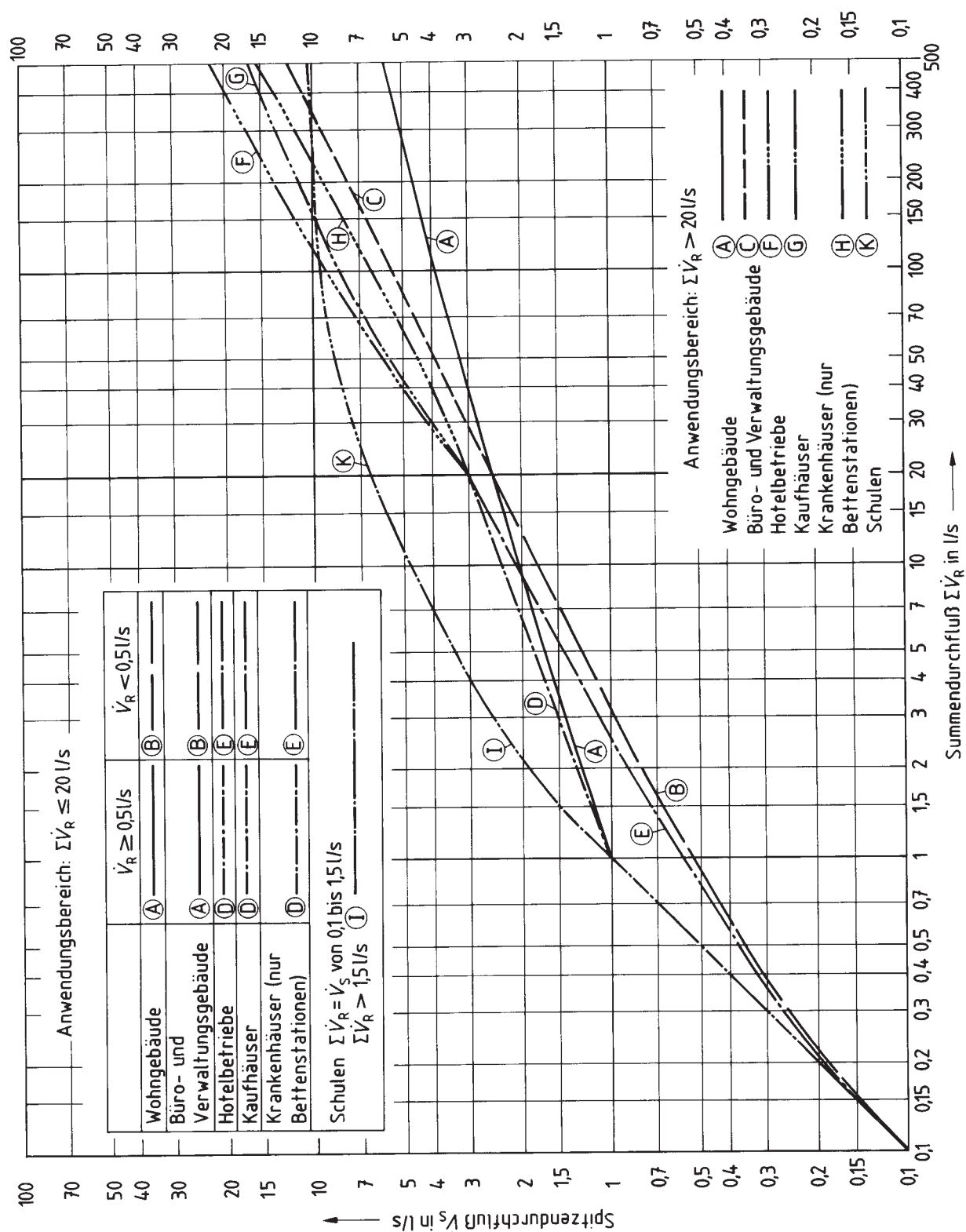
Ablesebeispiel:  $\frac{1/10,7 + 0,3}{15/50}$  bedeutet:

Nr der Teilstrecke<sup>2)</sup> / Summendurchfluß  $\sum \dot{V}_R$  in l/s + Dauerdurchfluß in l/s

Länge der Teilstrecke in m / Nennweite DN oder Rohrrinnendurchmesser in mm

Bild 2. Angaben im Berechnungsplan

<sup>2)</sup> Die Numerierung der Teilstrecken ist freigestellt

Bild 3. Spitzendurchfluß  $\dot{V}_S$  in Abhängigkeit von Summendurchfluß  $\Sigma \dot{V}_R$

## 6.2 Gewerbeanlagen, Sonderbauten

Werte für Spitzendurchflüsse von Sonderbauten können wahlweise dem Bild 3 oder den Tabellen 13 bis 17 entnommen werden.

### 6.2.1 Büro- und Verwaltungsgebäude

Für die Berechnung des Spitzendurchflusses bei  $\sum \dot{V}_R \leq 20$  l/s gilt Bild 3, Kurven A und B bzw. Tabelle 12 für Wohngebäude.

Für die Berechnung des Spitzendurchflusses nach Bild 3, Kurve C bzw. Tabelle 13 bei  $\sum \dot{V}_R > 20$  l/s gilt für Büro- und Verwaltungsgebäude Gleichung (7).

$$\dot{V}_S = 0,4 \cdot (\sum \dot{V}_R)^{0,54} + 0,48 \text{ in l/s} \quad (7)$$

### 6.2.2 Hotelbetriebe

Sind in der Armaturenausstattung Entnahmearmaturen enthalten, deren Berechnungsdurchfluß  $\dot{V}_R \geq 0,5$  l/s beträgt, gilt Bild 3, Kurve D bzw. die Tabelle 14.

Sind nur Entnahmearmaturen mit einem Berechnungsdurchfluß  $\dot{V}_R < 0,5$  l/s vorhanden, gilt Bild 3, Kurve E bzw. die Tabelle 14.

Für die Berechnung des Spitzendurchflusses nach Bild 3, Kurve D im Bereich  $1,0 \text{ l/s} < \sum \dot{V}_R \leq 20 \text{ l/s}$  gilt für Hotelbetriebe (auch für Kaufhäuser und Krankenhäuser (Bettenstationen)) Gleichung (8).

$$\dot{V}_S = (\sum \dot{V}_R)^{0,366} \text{ in l/s} \quad (8)$$

Für die Berechnung des Spitzendurchflusses nach Bild 3, Kurve E bzw. nach Tabelle 14 im Bereich  $0,1 \text{ l/s} < \sum \dot{V}_R \leq 20 \text{ l/s}$  gilt für Hotelbetriebe (auch für Kaufhäuser und Krankenhäuser (Bettenstationen)) Gleichung (9).

$$\dot{V}_S = 0,698 \cdot (\sum \dot{V}_R)^{0,5} - 0,12 \text{ in l/s} \quad (9)$$

Für die Berechnung des Spitzendurchflusses nach Bild 3, Kurve F bzw. Tabelle 14 bei  $\sum \dot{V}_R > 20$  l/s gilt für Hotelbetriebe Gleichung (10).

$$\dot{V}_S = 1,08 \cdot (\sum \dot{V}_R)^{0,5} - 1,83 \text{ in l/s} \quad (10)$$

### 6.2.3 Kaufhäuser

Für die Berechnung des Spitzendurchflusses bei  $\sum \dot{V}_R \leq 20$  l/s gelten nach Bild 3 die Kurven D und E für Hotelbetriebe.

Für die Berechnung des Spitzendurchflusses nach Bild 3, Kurve G bzw. Tabelle 15 bei  $\sum \dot{V}_R > 20$  l/s gilt für Kaufhäuser Gleichung (11).

$$\dot{V}_S = 4,3 \cdot (\sum \dot{V}_R)^{0,27} - 6,65 \text{ in l/s} \quad (11)$$

### 6.2.4 Krankenhäuser (Bettenstationen)

Für die Berechnung des Spitzendurchflusses bei  $\sum \dot{V}_R \leq 20$  l/s gilt Bild 3, Kurven D und E bzw. Tabelle 14 für Hotelbetriebe.

Für die Berechnung des Spitzendurchflusses nach Bild 3, Kurve H bzw. Tabelle 16 bei  $\sum \dot{V}_R > 20$  l/s gilt für Krankenhäuser (Bettenstationen) Gleichung (12).

$$\dot{V}_S = 0,25 \cdot (\sum \dot{V}_R)^{0,65} + 1,25 \text{ in l/s} \quad (12)$$

### 6.2.5 Schulen

Für die Berechnung des Spitzendurchflusses nach Bild 3, Kurve I bzw. Tabelle 17 im Bereich  $1,5 \text{ l/s} < \sum \dot{V}_R \leq 20 \text{ l/s}$  gilt für Schulen Gleichung (13).

$$\dot{V}_S = 4,4 \cdot (\sum \dot{V}_R)^{0,27} - 3,41 \text{ in l/s} \quad (13)$$

Für  $\sum \dot{V}_R \leq 1,5$  l/s ist der Spitzendurchfluß dem Berechnungsdurchfluß gleichzusetzen.

Für die Berechnung des Spitzendurchflusses nach Bild 3, Kurve K bzw. Tabelle 17 bei  $\sum \dot{V}_R > 20$  l/s gilt für Schulen Gleichung (14).

$$\dot{V}_S = -22,5 \cdot (\sum \dot{V}_R)^{-0,5} + 11,5 \text{ in l/s} \quad (14)$$

Für alle vorgenannten Sonderbauten gilt hinsichtlich gebräuchlicher Entnahmestellen und zusätzlicher Armaturenausstattung auch Abschnitt 6.1.

## 6.3 Andere Sonderbauten, Gewerbe- und Industrieanlagen

Für andere Sonderbauten und Trinkwasseranlagen in Gewerbe- und Industrieanlagen sind besondere Betrachtungen über die Gleichzeitigkeit der Wasserentnahme anzustellen.

In Industrie-, Landwirtschafts-, Gärtnerei-, Schlachthof-, Molkerei-, Wäschereibetrieben, Großküchen, öffentlichen Bädern usw. muß der Spitzendurchfluß in Absprache mit dem Betreiber der Anlage aus dem Summendurchfluß ermittelt werden. In Teilbereichen dieser Trinkwasseranlagen, z.B. Gewerbebetriebe in Wohnhäusern, ist für diese Bereiche der Spitzendurchfluß nach den Abschnitten 6.1 und 6.2 zu ermitteln. Die Spitzendurchflüsse der Teilbereiche der Trinkwasseranlage sind zu addieren, wenn sie zeitlich zusammenfallen.

## 7 Ermittlung des verfügbaren Rohrreibungsdruckgefälles

Die Berechnung des verfügbaren Rohrreibungsdruckgefälles erfolgt nach Tabelle 2.

Tabelle 2. Angaben zur Berechnung des verfügbaren Rohrreibungsdruckgefälles  $R_{\text{verf}}$

| Bauvorhaben:                                                                                                                 |                                                                                                         |                          |             |        |        |   |           |   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------|--------|--------|---|-----------|---|
| Firma:                                                                                                                       |                                                                                                         |                          | Bearbeiter: |        | Datum: |   | Blatt-Nr: |   |
| Trinkwasser kalt <input type="checkbox"/> Trinkwasser warm <input type="checkbox"/>                                          |                                                                                                         |                          |             |        |        |   |           |   |
| Angaben zur Anlage: a) Anschluß an die Versorgungsleitung      b) zentraler Trinkwassererwärmer <input type="checkbox"/>     |                                                                                                         |                          |             |        |        |   |           |   |
| unmittelbar <input type="checkbox"/> mittelbar <input type="checkbox"/> Gruppen-Trinkwassererwärmer <input type="checkbox"/> |                                                                                                         |                          |             |        |        |   |           |   |
| Nr                                                                                                                           | Benennung                                                                                               | Zeichen                  | Einheit     | Strang |        |   |           |   |
|                                                                                                                              |                                                                                                         |                          |             | 1      | 2      | 3 | 4         | 5 |
| 1                                                                                                                            | Mindest-Versorgungsdruck oder ausgangsseitiger Druck nach Druckminderer oder Druckerhöhungsanlage (DEA) | $p_{\min V}$             | mbar        |        |        |   |           |   |
| 2                                                                                                                            | Druckverlust aus geodätischem Höhenunterschied                                                          | $\Delta p_{\text{geo}}$  | mbar        |        |        |   |           |   |
| 3                                                                                                                            | Druckverlust in Apparaten, z. B.                                                                        |                          |             |        |        |   |           |   |
|                                                                                                                              | a) Wasserzähler (siehe Tabelle 3)                                                                       | $\Delta p_{\text{WZ}}$   | mbar        |        |        |   |           |   |
|                                                                                                                              | b) Filter                                                                                               | $\Delta p_{\text{FIL}}$  | mbar        |        |        |   |           |   |
|                                                                                                                              | c) Enthärtungsanlage                                                                                    | $\Delta p_{\text{EH}}$   | mbar        |        |        |   |           |   |
|                                                                                                                              | d) Dosieranlage                                                                                         | $\Delta p_{\text{DOS}}$  | mbar        |        |        |   |           |   |
|                                                                                                                              | e) Gruppen-Trinkwassererwärmer (siehe Tabelle 4)                                                        | $\Delta p_{\text{TE}}$   | mbar        |        |        |   |           |   |
|                                                                                                                              | f) weitere Apparate                                                                                     | $\Delta p_{\text{Ap}}$   | mbar        |        |        |   |           |   |
| 4                                                                                                                            | Mindestfließdruck                                                                                       | $p_{\min \text{ Fl}}$    | mbar        |        |        |   |           |   |
| 5                                                                                                                            | Druckverlust der Stockwerks- und Einzelzuleitungen                                                      | $\Delta p_{\text{St}}$   | mbar        |        |        |   |           |   |
| 6                                                                                                                            | Summe der Druckverluste aus Nr 2 bis Nr 5                                                               | $\sum \Delta p$          | mbar        |        |        |   |           |   |
| 7                                                                                                                            | Verfügbar für Druckverlust aus Rohrreibung und Einzelwiderständen, Wert aus Nr 1 minus Wert aus Nr 6    | $\Delta p_{\text{verf}}$ | mbar        |        |        |   |           |   |
| 8                                                                                                                            | Geschätzter Anteil für Einzelwiderstände bei ...%                                                       | -                        | mbar        |        |        |   |           |   |
| 9                                                                                                                            | Verfügbar für Druckverluste aus Rohrreibung, Wert aus Nr 7 minus Wert aus Nr 8                          | -                        | mbar        |        |        |   |           |   |
| 10                                                                                                                           | Leitungslänge                                                                                           | $l_{\text{ges}}$         | m           |        |        |   |           |   |
| 11                                                                                                                           | Verfügbares Rohrreibungsdruckgefälle, Wert aus Nr 9 geteilt durch Wert aus Nr 10                        | $R_{\text{verf}}$        | mbar/m      |        |        |   |           |   |

### Erläuterungen zu Tabelle 2:

Zu Zeile Nr 1:

Für die Berechnung ist der vom Wasserversorgungsunternehmen (WVU) genannte Mindest-Versorgungsdruck maßgebend. Es liegt in der Verantwortung des Planers, diese Angabe einzuholen. Ist der Einbau von Druckminderern vorgesehen, ist zu beachten, ob diese auch für den Fall von geringem Versorgungsdruck (Berechnungsfall) noch funktionsnotwendig sind (Versorgungsdruck stets höher als Ausgangsdruck (einzustellender Sollwert) des Druckminderers). Trifft das zu, ist die Berechnung der Druckverluste ab Druckminderer auf der Basis des Ausgangsdruckes (einzustellender Sollwert) vorzunehmen; wenn zu Zeiten geringen Versorgungsdruckes eine Druckminderung nicht notwendig ist, ist der Einzelwiderstand (Druckverlust) des geöffneten Druckminderers zu berücksichtigen (Nr 3 f).

Für Druckerhöhungsanlagen (DEA) gilt DIN 1988 Teil 5.

Erstellt das WVU die Anschlußleitung, so ist der am Ende der Anschlußleitung vorhandene auf den Mindestversorgungsdruck bezogene Fließdruck beim WVU zu erfragen.

Zu Zeile Nr 2:

Der Druckverlust, der sich aus dem geodätischen Höhenunterschied  $h_{\text{geo}}$  als Differenz der Höhen von der Meßstelle für  $p_{\min V}$  zur hydraulisch ungünstigsten, z. B. höchstgelegenen, Entnahmestelle ergibt.

$$\Delta p_{\text{geo}} \approx 100 \cdot h_{\text{geo}} \text{ in mbar (mit } h_{\text{geo}} \text{ in m)} \quad (15)$$

Zu Zeile Nr 3:

Bestimmt das WVU die Wasserzählergröße, ist der vom WVU angegebene Druckverlust des Wasserzählers bzw. der Wasserzähleranlage einzusetzen.

Die Druckverluste aus Apparatwiderständen sind bei der Ermittlung der verfügbaren Druckdifferenz zu berücksichtigen.

gen. Für Wasserzähler- und für andere Apparatewiderstände (z. B. Filter) lassen sich die dem Spitzendurchfluß entsprechenden Druckverluste, sofern ein Betriebspunkt (Druckverlust bei zugehörigem Durchfluß) gegeben ist, nach Gleichung (16) berechnen.

$$\Delta p_S = \Delta p_g \frac{\dot{V}_S^2}{\dot{V}_g^2} \text{ in mbar} \quad (16)$$

Anmerkung: Der Index  $S$  steht für die Werte bei Spitzendurchfluß und der Index  $g$  für die gegebenen Werte eines bekannten Betriebspunktes.

Bei der Bestimmung des verfügbaren Druckes sind die Einzelwiderstände von Apparaten im Neuzustand einzusetzen.

Beispiel Wasserzähler bei Spitzendurchfluß

Gegeben: Flügelradzähler

$$\dot{V}_n = 2,5 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (nach DIN ISO 4064 Teil 1: } Q_n)$$

$$\dot{V}_g = \dot{V}_{\max} = 5 \text{ m}^3/\text{h}$$

Druckverlust nach Herstellerangabe

$$\Delta p_g = \Delta p_{\max} = 700 \text{ mbar}$$

Spitzendurchfluß (ermittelt aus  $\Sigma \dot{V}_R$ )

$$\dot{V}_S = 1,0 \text{ l/s} = 3,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Gesucht: Druckverlust  $\Delta p_S$  bei Spitzendurchfluß  $\dot{V}_S$

$$\Delta p_S = \Delta p_g \frac{\dot{V}_S^2}{\dot{V}_g^2} = 700 \frac{3,6^2}{5^2} = 363 \text{ mbar}$$

Die Druckverluste der zur Wasserzähleranlage gehörenden Absperrarmaturen und des Rückflußverhinderers sind entsprechend ihren Verlustbeiwerten aus Tabelle 27 zu ermitteln. Die Berechnung ist nach Abschnitt 9, Gleichung 17 oder Tabelle 28 vorzunehmen.

Als maximal zulässige Druckverluste von Wasserzählern sind die Normwerte nach Tabelle 3 einzusetzen.

Tabelle 3. Normwerte für Druckverluste in Wasserzählern

| Zählerart                        | Nenndurchfluß<br>$\dot{V}_n (Q_n)$<br>$\text{m}^3/\text{h}$ | Druckverlust $\Delta p$<br>bei $\dot{V}_{\max} (Q_{\max})$ nach<br>DIN ISO 4064 Teil 1<br>mbar<br>max. |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Flügelradzähler                  | < 15                                                        | 1000                                                                                                   |
| Woltman-Zähler<br>senkrecht (WS) | $\geq 15$                                                   | 600                                                                                                    |
| Woltman-Zähler<br>parallel (WP)  | $\geq 15$                                                   | 300                                                                                                    |

Für **Filter** mit  $\dot{V}_{\max} = \dot{V}_S$  kann ein Richtwert von 200 mbar angesetzt werden.

Richtwerte für Druckverluste von Gruppen-Trinkwassererwärmern siehe Tabelle 4.

Tabelle 4. Richtwerte für Druckverluste  $\Delta p_{TE}$  von Gruppen-Trinkwassererwärmern

| Geräteart                                                                                          | Druckverlust<br>$\Delta p_{TE}^{3)}$<br>bar |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Elektro-Durchfluß-Wasser-<br>erwärmer<br>thermisch geregelt<br>hydraulisch gesteuert <sup>4)</sup> | 0,5<br>1,0                                  |
| Elektro- bzw. Gas-Speicher-<br>Wassererwärmer<br>Nennvolumen bis 80 l                              | 0,2                                         |
| Gas-Durchfluß-Wasserheizer und<br>Gas-Kombi-Wasserheizer nach<br>DIN 3368 Teil 2 und Teil 4        | 0,8                                         |

Für nicht aufgeführte Apparate sind die jeweiligen Herstellerangaben einzusetzen.

Zu Zeile Nr 4:

Mindestfließdruck an der hydraulisch ungünstigsten, meist höchstgelegenen, Entnahmestelle.

Zu Zeile Nr 5:

Werden die Rohrrinnendurchmesser nach Abschnitt 11 oder in einem gesonderten Berechnungsgang ermittelt, so sind diese Druckverluste  $\Delta p_{St}$  für die Stockwerks- und Einzelzuleitungen einzusetzen.

Zu Zeile Nr 7:

Die verfügbare Druckdifferenz ergibt sich nach Abzug der Summe der Werte aus Zeile Nr 6 vom Wert aus Zeile Nr 1.

Zu Zeile Nr 8:

Erfahrungswert für Wohngebäude: 40 bis 60% von der für Rohrreibung und Einzelwiderstände verfügbaren Druckdifferenz.

Zu Zeile Nr 10:

Länge von der Meßstelle  $p_{\min}$  v bis zur hydraulisch ungünstigsten Entnahmestelle bzw. Anschlußstelle der Stockwerksverteilung.

<sup>3)</sup> In den Werten ist der Druckverlust für die Sicherheits- und Anschlußarmaturen nicht enthalten.

<sup>4)</sup> Entspricht der erforderlichen Schaltdruckdifferenz

## 8 Auswahl der Rohrdurchmesser

Mit dem nach vorstehendem Schema bestimmten verfügbaren Rohrreibungsdruckgefälle können mit Hilfe der Tabellen 18 bis 26 die funktionsgerechten Rohrdurchmesser bestimmt werden. Es sind Rohrdurchmesser auszuwählen, deren Rohrreibungsdruckgefälle dem nach Tabelle 2, Zeile Nr 11, ermittelten Wert möglichst nahekommen.

Bei der Auswahl der Rohrdurchmesser ist zu überprüfen, ob maximale rechnerische Fließgeschwindigkeiten bei den zugeordneten Spitzendurchflüssen nicht überschritten werden (siehe Tabelle 5).

Tabelle 5. **Maximale rechnerische Fließgeschwindigkeit bei dem zugeordneten Spitzendurchfluß**

| Leitungsabschnitt                                                                                 | max. rechnerische Fließgeschwindigkeit bei Fließdauer |                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------|
|                                                                                                   | ≤ 15 min<br>m/s                                       | > 15 min<br>m/s |
| Anschlußleitungen                                                                                 | 2                                                     | 2               |
| Verbrauchsleitungen:<br>Teilstrecken mit druckverlustarmen Durchgangsarmaturen ( $\zeta < 2,5$ *) | 5                                                     | 2               |
| Teilstrecken mit Durchgangsarmaturen mit höherem Verlustbeiwert**)                                | 2,5                                                   | 2               |
| *) Z. B. Kolbenschieber nach DIN 3500, Kugelhahn, Schrägsitzventile nach DIN 3502 (ab DN 20)      |                                                       |                 |
| **) Z. B. Geradsitzventil nach DIN 3512                                                           |                                                       |                 |

Für die Tabellen der Druckverluste aus Rohrreibung (siehe Abschnitt 15) gilt:

Bezugstemperatur 10 °C

Anmerkung: Die Druckverluste aus Rohrreibung ändern sich im Betriebstemperaturbereich (bis 60 °C) von Trinkwasseranlagen nur geringfügig, deshalb wird in der gesamten Hausinstallation mit der Bezugstemperatur von 10 °C gerechnet.

Rohrrauheiten  $k$  handelsüblicher Rohre,

z. B.  $k = 0,1$  mm für duktile Gußrohre mit Zementmörtel-  
auskleidung

$k = 0,15$  mm für verzinkte Stahlrohre

$k = 0,007$  mm für Kunststoffrohre

$k = 0,0015$  mm für Kupferrohre und Rohre aus nicht-  
rostendem Stahl

Die Mindestnennweite bzw. der Mindestinnendurchmesser (Nennmaß) für Anschlußleitungen beträgt, wenn nicht vom WVU anders festgelegt, DN 25 bzw. 25 mm.

## 9 Einzelwiderstände

Die unter Berücksichtigung eines prozentualen Einzelwiderstandsabschlages ermittelten Rohrdurchmesser dienen als erste Näherung beim differenzierten Berechnungsgang.

Die durch Einzelwiderstände verursachten Druckverluste sind nach Gleichung (17) zu berechnen.

$$Z = \zeta \cdot \frac{v^2 \cdot \rho}{2} \quad (17)$$

Die Verlustbeiwerte  $\zeta$  sind der Tabelle 27 zu entnehmen.

Druckverluste aus Einzelwiderständen ergeben sich aus Tabelle 28.

Der Gesamtdruckverlust der Leitung (ohne Apparatewiderstände) ist die Summe der Druckverluste aus Rohrreibung und Einzelwiderständen.

$$\Delta p = \sum (l \cdot R + Z) \quad (18)$$

## 10 Vergleich Druckverlust mit verfügbarem Druck

Der sich aus der Gleichung (18) ergebende Gesamtdruckverlust für die nach Abschnitt 8 ermittelten Rohrdurchmesser soll die verfügbare Druckdifferenz nach Tabelle 2, Zeile Nr 7 weitgehend erreichen, jedoch nicht überschreiten.

## 11 Vereinfachter Berechnungsgang

Von dem für die Druckverluste aus Rohrreibung und Einzelwiderständen verbleibenden Druck wird nach Abschnitt 7 und Tabelle 2, Zeile Nr 8, der Druckverlust aus Einzelwiderständen geschätzt. Im Gegensatz zur differenzierten Berechnung wird diese Schätzung als für die zu berechnende Verbrauchsanlage zutreffend betrachtet (kein Näherungsansatz). Aufgrund zahlreicher durchgeführter Berechnungen nach dem differenzierten Berechnungsverfahren für verschiedene Wohnanlagen kann der Prozentanteil des Druckverlustes aus Rohrreibung zwischen Versorgungsleitung und Anschluß Stockwerksleitung mit etwa 40 bis 60% von der für Rohrreibung und Einzelwiderstände in diesem Bereich verfügbaren Druckdifferenz angenommen werden. Die Berechnung des verfügbaren Rohrreibungsdruckgefälles  $R_{\text{verf}}$  erfolgt nach Tabelle 2. Mit dem nach Tabelle 2, Zeile Nr 11, ermittelten verfügbaren Rohrreibungsdruckgefälle erfolgt die Auswahl der Rohrdurchmesser anhand der Tabellen (siehe Abschnitt 15), wie in Abschnitt 8 beschrieben.

Die Notwendigkeit von Druckerhöhungsanlagen ist durch einen differenzierten Berechnungsgang nachzuweisen, wenn sich bei dem vereinfachten Berechnungsgang ergibt, daß die hydraulisch ungünstigsten Entnahmestellen nicht mehr ausreichend versorgt werden können.

Eine Vereinfachung bringt der Verzicht auf die Berechnung der Stockwerksleitungen. Die ursprünglich der Stockwerksleitung zugeordneten Berechnungsdurchflüsse sind auf die Anschlußstelle der Stockwerksleitungen zu beziehen.

a) Stockwerksleitungen mit Einzelzuleitungen (aus Stahl, nichtrostendem Stahl, Kupfer, PVC)

Richtwerte für Druckverluste  $\Delta p_{\text{St}}$  in Stockwerksleitungen siehe Tabelle 6.

Sie gelten für Stockwerkseinheiten, die folgende Einrichtungsgegenstände bis zu einem Summendurchfluß  $\sum \dot{V}_R = 2,0$  l/s umfassen.

- 2 Klosettbecken
- 1 Badewanne
- 1 Brausewanne
- 2 Waschtische
- 1 Sitzwaschbecken
- 1 Waschmaschine
- 1 Geschirrspülmaschine
- 1 Spültisch

Tabelle 6. Richtwerte für Druckverluste  $\Delta p_{St}$  in Stockwerksleitungen und Einzelzuleitungen (aus Stahl, nichtrostendem Stahl, Kupfer, PVC)

|                                                                                                                                       |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|
| <div><p>Erläuterung des längsten Fließweges</p></div>                                                                                 |  |  |  |  |  |  |  | <div><p>Bei Gruppen-Trinkwassererwärmung</p></div>                                                                                         |  |  |  |  |  |  |  |
| Bei zentraler Trinkwassererwärmung                                                                                                    |  |  |  |  |  |  |  | Bei Gruppen-Trinkwassererwärmung                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |
| (1) Steigleitung TW oder TWW<br>(2) Stockwerksleitung<br>(3) Einzelzuleitung<br>(4) von der Steigleitung entfernteste Entnahmearmatur |  |  |  |  |  |  |  | (a) Steigleitung TW<br>(b)(c) Stockwerksleitung TW und TWW<br>(d) Einzelzuleitung<br>(e) von der Steigleitung entfernteste Entnahmearmatur |  |  |  |  |  |  |  |

| Nr | Stockwerksleitung                                                      |             |    | Einzelzuleitung                                      |    |             |                  | Druckverlust $\Delta p_{St}^*)$<br>bei 10 m hydraulisch ungünstigster Leitungslänge                |                  |                  |                  |                  |                  |                                             |                  |                  |
|----|------------------------------------------------------------------------|-------------|----|------------------------------------------------------|----|-------------|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------------------------------|------------------|------------------|
|    | längster Fließweg<br>$l_{St} = 7 \text{ m}$                            |             |    | längster Fließweg<br>$l_{EZ} = 3 \text{ m}$          |    |             |                  | In Klammern:<br>Abzugsfähige Druckdifferenz<br>je m Leitungslänge $l_{St} + l_{EZ} < 10 \text{ m}$ |                  |                  |                  |                  |                  |                                             |                  |                  |
|    | Berechnungsdurchfluß der größten Entnahmearmatur<br>$\dot{V}_R$<br>l/s |             |    | Entnahmearmatur mit<br>$\dot{V}_R < 0,5 \text{ l/s}$ |    |             |                  | Bei zentraler Trinkwassererwärmung                                                                 |                  |                  |                  |                  |                  | Bei Gruppen-Trinkwassererwärmung TW und TWW |                  |                  |
|    |                                                                        |             |    |                                                      |    |             |                  | TW                                                                                                 |                  |                  | TWW              |                  |                  |                                             |                  |                  |
|    |                                                                        |             |    |                                                      |    |             |                  | Kolbenschieber                                                                                     | Schrägsitzventil | Geradsitzventil  | Kolbenschieber   | Schrägsitzventil | Geradsitzventil  |                                             |                  |                  |
|    | DN                                                                     | $d_i$<br>mm | DN | $d_i$<br>mm                                          | DN | $d_i$<br>mm | mbar<br>(mbar/m) | mbar<br>(mbar/m)                                                                                   | mbar<br>(mbar/m) | mbar<br>(mbar/m) | mbar<br>(mbar/m) | mbar<br>(mbar/m) | mbar<br>(mbar/m) | mbar<br>(mbar/m)                            | mbar<br>(mbar/m) | mbar<br>(mbar/m) |
| 1  | 12                                                                     | 13          | 15 | 13                                                   | -  | -           | 1100<br>(90)     | -                                                                                                  | -                | 400<br>(30)      | 450<br>(30)      | 550<br>(30)      | 1200<br>(80)     | -                                           | -                | -                |
| 2  | 12                                                                     | 13          | 10 | 10                                                   | -  | -           | 1500<br>(90)     | -                                                                                                  | -                | 500<br>(30)      | 550<br>(30)      | 650<br>(30)      | 1600<br>(80)     | -                                           | -                | -                |
| 3  | 15                                                                     | 16          | 15 | 13                                                   | -  | -           | 600<br>(40)      | 700<br>(40)                                                                                        | 850<br>(40)      | 200<br>(15)      | 250<br>(15)      | 300<br>(15)      | 700<br>(30)      | -                                           | -                | -                |
| 4  | 15                                                                     | 16          | 10 | 10                                                   | -  | -           | 950<br>(40)      | 1000<br>(40)                                                                                       | 1200<br>(40)     | 350<br>(15)      | 400<br>(15)      | 450<br>(15)      | 1000<br>(30)     | -                                           | -                | -                |
| 5  | 20                                                                     | 20          | 15 | 13                                                   | -  | -           | 300<br>(20)      | 350<br>(20)                                                                                        | 400<br>(20)      | 100<br>(5)       | 150<br>(5)       | 200<br>(5)       | 350<br>(15)      | 400<br>(15)                                 | 450<br>(15)      | -                |
| 6  | 20                                                                     | 20          | 10 | 10                                                   | -  | -           | 600<br>(20)      | 650<br>(20)                                                                                        | 700<br>(20)      | 200<br>(5)       | 250<br>(5)       | 300<br>(5)       | 700<br>(15)      | 750<br>(15)                                 | 850<br>(15)      | -                |
| 7  | 20                                                                     | 20          | 15 | 13                                                   | 20 | 20          | 1100<br>(80)     | 1200<br>(80)                                                                                       | -                | -                | -                | -                | 1200<br>(80)     | 1300<br>(80)                                | -                | -                |
| 8  | 20                                                                     | 20          | 10 | 10                                                   | 20 | 20          | 1300<br>(80)     | 1400<br>(80)                                                                                       | -                | -                | -                | -                | 1400<br>(80)     | 1500<br>(80)                                | -                | -                |
| 9  | 25**)                                                                  | 25**)       | 15 | 13                                                   | 25 | 25          | 400<br>(20)      | 450<br>(20)                                                                                        | 600<br>(20)      | -                | -                | -                | 450<br>(20)      | 500<br>(20)                                 | 650<br>(20)      | -                |
| 10 | 25**)                                                                  | 25**)       | 10 | 10                                                   | 25 | 25          | 750<br>(20)      | 800<br>(20)                                                                                        | 950<br>(20)      | -                | -                | -                | 800<br>(20)      | 850<br>(20)                                 | 950<br>(20)      | -                |

\*) Der Mindestfließdruck, Druckverluste in Trinkwassererwärmern und Wohnungswasserzählern sind in den Werten nicht enthalten.

\*\*) Teilstrecken bis zum Anschluß von Entnahmearmaturen mit  $\dot{V}_R \geq 0,5 \text{ l/s}$ . Daran anschließende Teilstrecke DN 20 oder  $d_i = 20 \text{ mm}$ .

**Erläuterungen zur Tabelle 6**

Die Tabellenwerte für  $\Delta p_{St}$  entsprechen den Druckverlusten aus Rohrreibung und Einzelwiderständen. Der Mindestfließdruck der Entnahmearmaturen, Druckverluste in Trinkwassererwärmern und Wohnungswasserzählern sind gesondert zu berücksichtigen.

Die Tabellenwerte gelten für einen hydraulisch ungünstigsten Fließweg entsprechend 10 m Leitungslänge. Darin sind etwa 7 m Stockwerksleitung und 3 m Einzelzuleitung enthalten.

Je Meter kürzeren Fließweges ist die in Klammern stehende Druckdifferenz abzugsfähig.

Die Leitungslänge kann näherungsweise aus der Grundrißzeichnung ermittelt werden.

Zur Auswahl des Druckverlustes  $\Delta p_{St}$ , der abzugsfähigen Druckdifferenz sowie der geeigneten Nennweiten bzw. Rohrdurchmesser sind folgende **Vorgaben** erforderlich:

- Trinkwasserleitung kalt oder/und warm bei zentraler Trinkwassererwärmung oder Gruppen-Trinkwassererwärmung
- Bauform der Absperrarmatur in der Stockwerksleitung (Kolbenschieber, Schrägsitzventil oder Geradsitzventil)
- Berechnungsdurchfluß der größten Entnahmearmatur  
 $\dot{V}_R < 0,5 \text{ l/s}$  (für die Zeilen Nr 1 bis Nr 6) oder  
 $\dot{V}_R \geq 0,5 \text{ l/s}$  (für die Zeilen Nr 7 bis Nr 10)
- Rohrart
- Abzugsfähige Leitungslänge  $< 10 \text{ m}$ .

**Ablesebeispiel 1**

Trinkwasserleitung kalt, zentrale Trinkwassererwärmung

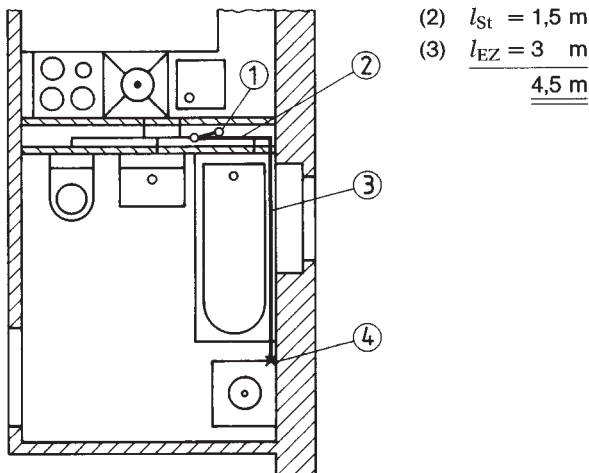


Bild 4. Grundriß zum Ablesebeispiel 1

**Vorgaben**

- Trinkwasserleitung kalt bei zentraler Trinkwassererwärmung
- Schrägsitzventil als Absperrarmatur in der Stockwerksleitung
- Berechnungsdurchfluß der größten Entnahmearmatur  
 $\dot{V}_R = 1,0 \text{ l/s}$  (Druckspüler,  $> 0,5 \text{ l/s}$ )
- Rohrart: Verzinktes Stahlrohr nach DIN 2440
- Abzugsfähige Leitungslänge (siehe Bild 4):  
 $\Delta l = 10 - 4,5 = 5,5 \text{ m}$ .

**Auswahl**

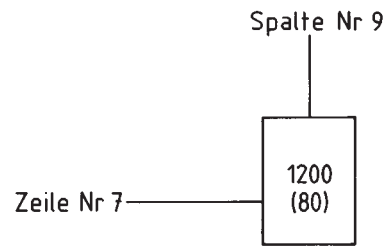
Bei günstigen Druckverhältnissen sind die Werte in den Zeilen Nr 7 oder Nr 8 möglich.

Gewählt Zeile Nr 7:

Stockwerksleitung DN 20,

Einzelzuleitungen für Entnahmearmaturen mit  $\dot{V}_R < 0,5 \text{ l/s}$  DN 15,

Einzelzuleitung zum Druckspüler DN 20



$\Delta p_{St}$  bei 10 m Leitungslänge:

1200 mbar

Abzugsfähige Druckdifferenz je m: 80 mbar/m

Abzugsfähige Druckdifferenz für 5,5 m:

$$- 5,5 \cdot 80 =$$

$$- 440 \text{ mbar}$$

$$\Delta p_{St} = 760 \text{ mbar}$$

Das Ergebnis ist für den vereinfachten Berechnungsgang als Druckverlust in der Stockwerks- und Einzelzuleitung in die Tabelle 2, Zeile Nr 5, einzutragen.

**Ablesebeispiel 2**

Trinkwasserleitung kalt und warm,  
Gruppen-Trinkwassererwärmung

(b)(c)  $l_{St} = 5,5 \text{ m}$

(d)  $l_{EZ} = 1 \text{ m}$

6,5 m

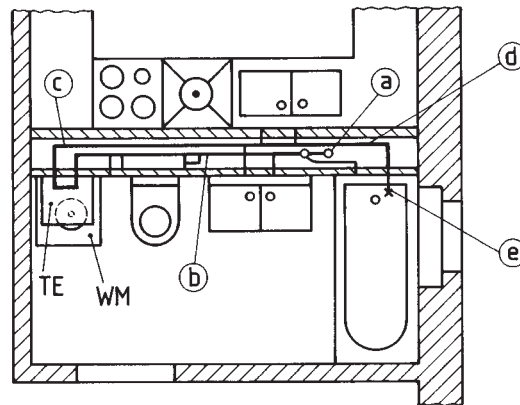


Bild 5. Grundriß zum Ablesebeispiel 2

**Vorgaben**

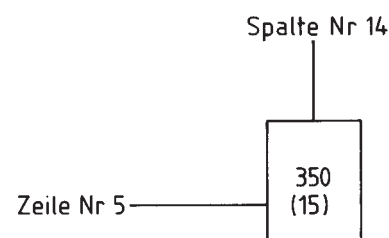
- Trinkwasserleitungen kalt und warm bei Gruppen-Trinkwassererwärmung
- Kolbenschieber als Absperrarmatur in der Stockwerksleitung
- Berechnungsdurchfluß der größten Entnahmearmatur  
 $\dot{V}_R = 0,25 \text{ l/s}$  (Waschmaschine,  $< 0,5 \text{ l/s}$ ) Klosettspülung mittels Spülkästen
- Rohrart: Kupferrohr nach DIN 1786
- Abzugsfähige Leitungslänge (siehe Bild 5):  
 $\Delta l = 10 - 6,5 = 3,5 \text{ m}$ .

**Auswahl**

Bei Druckverhältnissen an der Grenze der Funktionsfähigkeit sind die Werte in der Zeile Nr 5 zu wählen.

Stockwerksleitung  $d_i = 20 \text{ mm}$

Einzelzuleitungen  $d_i = 13 \text{ mm}$



$\Delta p_{St}$  bei 10 m Leitungslänge: 350 mbar  
 Abzugsfähige Druckdifferenz je m: 15 mbar/m  
 Abzugsfähige Druckdifferenz für 3,5 m:  
 $-3,5 \cdot 15$   
 $\approx -50 \text{ mbar}$   
 $\Delta p_{St} = 300 \text{ mbar}$

Das Ergebnis ist für den vereinfachten Berechnungsgang als Druckverlust in der Stockwerksleitung und Einzelzuleitung in die Tabelle 2, Zeile Nr 5, einzutragen.

b) Stockwerks-Verteiler mit Einzelzuleitungen

Richtwerte für Druckverluste in Stockwerks-Verteilern einschließlich Stockwerks-Absperrarmatur – das sind Baugruppen, von denen z. B. Einzelzuleitungen abzweigen – sind für Stockwerkeinheiten mit der in Abschnitt 11a) genannten Sanitärausstattung in Tabelle 7 aufgeführt.

Für abzweigende Einzelzuleitungen lassen sich deren Druckverlustanteile aus Rohrreibung und pauschalierten Einzelwiderständen zusammengefaßt für die jeweilige Rohrrart und für repräsentative Nennweiten durchfluß- und längenabhängig tabellarisch darstellen. In Tabelle 8 sind diese Druckverlustanteile von Einzelzuleitungen aus PE-X-Rohren der Nennweite DN 12 aufgeführt.

Anmerkung: Es steht dem Planer frei, Arbeitshilfen dieser oder ähnlicher Art für andere Rohrrarten und auch Nennweiten zu verwenden.

Tabelle 7. **Richtwerte für Druckverluste in Stockwerks-Verteilern einschließlich Stockwerks-Absperrarmatur bei Berechnungsdurchfluß der größten Entnahmearmatur  $\dot{V}_R < 0,5 \text{ l/s}$**

|    | Absperr-<br>armatur | Wasch-<br>maschine         | Druckverlust                       |                     |                            |                           |                     |                            |                                       |      |     |
|----|---------------------|----------------------------|------------------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------------------------|------|-----|
|    |                     |                            | bei zentraler Trinkwassererwärmung |                     |                            |                           |                     |                            | bei Gruppen-Trinkwasser-<br>erwärmung |      |     |
|    |                     |                            | TW                                 |                     |                            | TWW                       |                     |                            | TW und TWW                            |      |     |
|    | Kolben-<br>schieber | Schräg-<br>sitz-<br>ventil | Gerad-<br>sitz-<br>ventil          | Kolben-<br>schieber | Schräg-<br>sitz-<br>ventil | Gerad-<br>sitz-<br>ventil | Kolben-<br>schieber | Schräg-<br>sitz-<br>ventil | Gerad-<br>sitz-<br>ventil             |      |     |
| DN | mbar                | mbar                       | mbar                               | mbar                | mbar                       | mbar                      | mbar                | mbar                       | mbar                                  | mbar |     |
| Nr | 1                   | 2                          | 3                                  | 4                   | 5                          | 6                         | 7                   | 8                          | 9                                     | 10   | 11  |
| 1  | 20                  | mit                        | 160                                | 180                 | 250                        | 110                       | 120                 | 170                        | 210                                   | 240  | 350 |
| 2  |                     | ohne                       | 60                                 | 80                  | 120                        | 40                        | 50                  | 70                         | 90                                    | 110  | 170 |
| 3  | 20                  | mit                        | 150                                | 160                 | 180                        | 100                       | 110                 | 120                        | 200                                   | 210  | 250 |
| 4  |                     | ohne                       | 60                                 | 70                  | 80                         | 30                        | 40                  | 50                         | 90                                    | 100  | 120 |

Tabelle 8. **Richtwerte für Druckverluste in Einzelzuleitungen aus PE-X-Rohren der Nennweite DN 12, einschließlich Richtungsänderungen und Anschlußfittings**

| $\dot{V}_R^*)$<br>l/s | $v^{**})$<br>m/s | Länge $l_{EZ}$ der Einzelzuleitung<br>m                           |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------|------------------|-------------------------------------------------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                       |                  | 1                                                                 | 2   | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   |
|                       |                  | Druckverlust ( $l_{EZ} \cdot R + Z$ ) der Einzelzuleitung<br>mbar |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 0,07                  | 0,7              | 17                                                                | 24  | 31   | 38   | 45   | 52   | 57   | 66   | 72   | 79   | 86   |
| 0,10                  | 0,9              | 32                                                                | 45  | 57   | 70   | 83   | 96   | 109  | 121  | 134  | 147  | 160  |
| 0,13                  | 1,2              | 54                                                                | 74  | 94   | 114  | 134  | 154  | 174  | 194  | 214  | 234  | 254  |
| 0,15                  | 1,4              | 72                                                                | 98  | 124  | 150  | 177  | 203  | 229  | 255  | 281  | 307  | 333  |
| 0,20                  | 1,9              | 129                                                               | 172 | 216  | 259  | 303  | 346  | 390  | 433  | 477  | 520  | 564  |
| 0,22                  | 2,1              | 156                                                               | 208 | 259  | 311  | 363  | 415  | 467  | 518  | 570  | 622  | 674  |
| 0,25                  | 2,4              | 200                                                               | 265 | 329  | 394  | 459  | 524  | 589  | 653  | 718  | 783  | 848  |
| 0,30                  | 2,8              | 274                                                               | 364 | 454  | 544  | 634  | 723  | 813  | 903  | 993  | 1083 | 1173 |
| 0,35                  | 3,3              | 375                                                               | 494 | 612  | 731  | 850  | 969  | 1088 | 1206 | 1325 | 1444 | 1563 |
| 0,40                  | 3,8              | 490                                                               | 642 | 793  | 944  | 1096 | 1247 | 1398 | 1549 | 1700 | 1852 | 2003 |
| 0,50                  | 4,7              | 746                                                               | 973 | 1200 | 1428 | 1655 | 1882 |      |      |      |      |      |

\*) Durchfluß in den Einzelzuleitungen  $\triangleq \dot{V}_S$

\*\*) Rechnerische Fließgeschwindigkeit in den Einzelzuleitungen

### Erläuterungen zu den Tabellen 7 und 8

Mit den Tabellen 7 und 8 läßt sich der Druckverlust  $\Delta p_{St}$  (abzugsfähige Druckdifferenz nach Tabelle 2, Nr 5), bestehend aus dem Druckverlust des Stockwerks-Verteilers und dem der Einzelzuleitung (aus PE-X) DN 12 mit dem hydraulisch ungünstigsten Fließweg (Berechnungsdurchfluß, Rohrlänge) als Summe der jeweils ermittelten Werte aus den Tabellen 7 und 8 pauschal ermitteln. Zwischenwerte von  $\dot{V}_R$  oder  $l$  können interpoliert werden.

Zur Auswahl der Druckverluste nach Tabellen 7 und 8 sind folgende **Vorgaben** erforderlich:

- Trinkwasserleitung kalt oder/und warm bei zentraler Trinkwassererwärmung oder Gruppen-Trinkwassererwärmung
- Mit oder ohne Waschmaschine an TW und/oder TWW
- Nennweite und Bauform der Absperrarmatur in der Stockwerksleitung (Kolbenschieber, Schrägsitzventil oder Geradsitzventil)
- Berechnungsdurchfluß der Entnahmearmatur mit der hydraulisch ungünstigsten Einzelzuleitung  $\dot{V}_R < 0,5 \text{ l/s}$
- Rohrart (für Tabelle 8), PE-X-Rohr, Nennweite der Einzelzuleitung DN 12
- Länge  $l$  der hydraulisch ungünstigsten Einzelzuleitung

**Ablesebeispiel** (siehe Bild 6)

**Vorgaben** (siehe Bild 6)

- Trinkwasserleitung kalt bei zentraler Trinkwassererwärmung
- mit Waschmaschine an Trinkwasserleitung kalt
- Kolbenschieber DN 20
- Berechnungsdurchfluß der Entnahmearmatur mit der hydraulisch ungünstigsten Einzelzuleitung  $\dot{V}_R = 0,25 \text{ l/s}$
- Rohrart: PE-X-Rohr DN 12
- Länge der hydraulisch ungünstigsten Einzelzuleitung:  $l_{EZ} = 6 \text{ m}$

### Auswahl

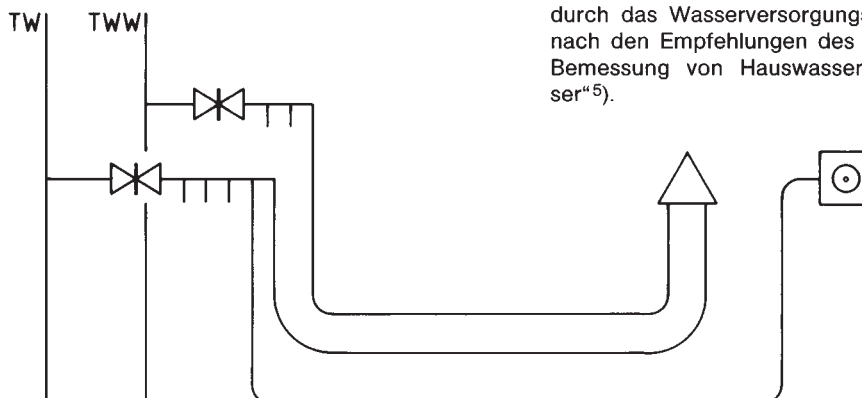
Druckverlust aus

Tabelle 7: 160 mbar (Zeile Nr 1, Spalte Nr 3)

Tabelle 8: 524 mbar ( $\dot{V}_R = 0,25 \text{ l/s}$ ,  $l_{EZ} = 6 \text{ m}$ )

$$\Delta p_{St} = 684 \text{ mbar} \approx 690 \text{ mbar}$$

Das Ergebnis ist für den vereinfachten Berechnungsgang als Druckverlust für den Stockwerks-Verteiler und die Einzelzuleitung in die Tabelle 2, Zeile Nr 5, einzutragen.



Bedeutung der Teilstreckenbezeichnung:

| Nr der Teilstrecke / Berechnungsdurchfluß $\dot{V}_R$ in l/s |
|--------------------------------------------------------------|
| 1/0,25                                                       |
| Länge $l_{EZ}$ der Teilstrecke in m / Nennweite DN           |
| 6/12                                                         |

Bild 6. Leitungsschema zum Ablesebeispiel

## 12 Pauschale Ermittlung des Rohrdurchmessers für Anschlußleitungen

Die Bemessung der Anschlußleitung erfolgt in der Regel durch das WVU.

Für den Fall, daß nur die Nennweite der Anschlußleitung ohne Berechnung der nachfolgenden Trinkwasser-Installation ermittelt werden soll, kann für die Anschlußleitung ein pauschaler Druckverlust von 200 mbar angesetzt werden.

Beispiel:

Länge der Anschlußleitung  $l = 16 \text{ m}$

Spitzendurchfluß über Summendurchfluß ermittelt  
 $\dot{V}_S = 1,3 \text{ l/s}$

Mittelschweres Gewinderohr nach DIN 2440

Gesucht: Nennweite der Anschlußleitung

Ermittlung des verfügbaren Rohrreibungsdruckgefälles  $R_{verf}$ :

Für Rohrreibung und Einzelwiderstände verfügbar: 200 mbar

Abzug für Einzelwiderstände: 40 %

Für Rohrreibung verfügbar: 120 mbar.

Verfügbares Rohrreibungsdruckgefälle:

$$R_{verf} \frac{120}{16} = 7,5 \text{ mbar/m}$$

Ausgewählt nach Tabelle 18:

Rohr DN 32 mit  $R = 7,2 \text{ mbar/m} < R_{verf} = 7,5 \text{ mbar/m}$   
und  $v = 1,3 \text{ m/s} < v_{max} = 2 \text{ m/s}$

## 13 Auswahl der Wasserzähler

Nach der „Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Wasser (AVB Wasser V)“, § 18 Absatz 2, bestimmt das Wasserversorgungsunternehmen Art, Zahl und Größe der Meßeinrichtung. Die Auswahl des Wasserzählers richtet sich nach den zu erwartenden Betriebsdurchflüssen; dabei ist entscheidend, ob der Durchfluß durch Dauerverbrauch verursacht wird. Die wirklichen Durchflüsse liegen in der Regel unter den rechnerischen Spitzendurchflüssen. In Fällen kurzzeitigen Spitzenverbrauchs darf der Wasserzähler bis zum maximalen Durchfluß  $\dot{V}_{max}(Q_{max})$  betrieben werden. Bei Dauerverbrauch darf der Wasserzähler bis zum Nenn-durchfluß  $\dot{V}_n(Q_n)$  bzw. bis zum Dauerdurchfluß nach Angabe des Herstellers betrieben werden.

Anmerkung: Die Auswahl der Wasserzähler erfolgt daher durch das Wasserversorgungsunternehmen (WVU) nach den Empfehlungen des DVGW „Auswahl und Bemessung von Hauswasserzählern für Kaltwasser“<sup>5)</sup>.

<sup>5)</sup> Veröffentlicht in: gwf Wasser/Abwasser Nr 122 (Heft 11, 1981) S. 541, R. Oldenbourg Verlag, München; DVGW-Arbeitsblatt in Vorbereitung

Tabelle 9. **Anschluß, Nenndurchfluß und maximaler Durchfluß von Wasserzählern nach DIN ISO 4064 Teil 1**

| Zählerart                                | Anschluß                                |                                                       | Nenndurchfluß*)<br>$\dot{V}_n (Q_n)$<br>$\text{m}^3/\text{h}$ | maximaler Durchfluß<br>$\dot{V}_{\text{max}} (Q_{\text{max}})$<br>$\text{m}^3/\text{h}$ |
|------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
|                                          | Anschlußgewinde nach DIN ISO 228 Teil 1 | Anschlußgröße (Nennweite des Anschlußflansches)<br>DN |                                                               |                                                                                         |
| Volumetrische Zähler und Flügelradzähler | G 1/2 B                                 | –                                                     | 0,6                                                           | 1,2                                                                                     |
|                                          | G 1/2 B                                 | –                                                     | 1                                                             | 2                                                                                       |
|                                          | G 3/4 B                                 | –                                                     | 1,5                                                           | 3                                                                                       |
|                                          | G 1 B                                   | –                                                     | 2,5                                                           | 5                                                                                       |
|                                          | G 1 1/4 B                               | –                                                     | 3,5                                                           | 7                                                                                       |
|                                          | G 1 1/2 B                               | –                                                     | 6                                                             | 12                                                                                      |
|                                          | G 2 B                                   | –                                                     | 10                                                            | 20                                                                                      |
| Woltman-Zähler                           | –                                       | 50                                                    | 15                                                            | 30                                                                                      |
|                                          | –                                       | 65                                                    | 25                                                            | 50                                                                                      |
|                                          | –                                       | 80                                                    | 40                                                            | 80                                                                                      |
|                                          | –                                       | 100                                                   | 60                                                            | 120                                                                                     |
|                                          | –                                       | 150                                                   | 150                                                           | 300                                                                                     |
|                                          | –                                       | 200                                                   | 250                                                           | 500                                                                                     |

\*) Der Nenndurchfluß dient zur Kennzeichnung des Zählers. Nach DIN ISO 4064 Teil 1 ist es zulässig, zu einem gegebenen Nenndurchfluß  $\dot{V}_n(Q_n)$  Anschlußgewinde der nächsthöheren oder der nächstniedrigeren Stufe als die in der Tabelle jeweils zugeordneten Werte zu wählen.

#### 14 Zirkulationsleitungen und Umwälzpumpen

Im Hinblick auf die Energieeinsparung ist folgendes zu beachten:

- In jedem Fall soll überprüft werden, ob eine Zirkulationsleitung bei geringen Leitungslängen und kurzen Fließzeiten vom Trinkwassererwärmer zur Entnahmestelle überhaupt notwendig ist. Bei entfernt liegenden Entnahmestellen kann dezentrale Wassererwärmung wirtschaftlicher sein.
- Durch Unterbrechung der Zirkulation in Verbrauchspausen (z. B. durch Zeitschaltuhr) wird der Wärmeverlust verringert.
- Für die Größenbestimmung der Zirkulationsleitungen und Umwälzpumpen wird folgendes Verfahren empfohlen:  
Die vertikale Zirkulationsleitung wird ab Anschluß Steigleitung mindestens in DN 12 ausgeführt. Die horizontalen Zirkulations-Sammelleitungen werden in Abhängigkeit von den Nennweiten bzw. Innendurchmessern der entsprechenden Warmwasserleitungen nach Tabelle 10 vorläufig ausgewählt.

Tabelle 10. **Richtwerte für Nennweiten von Zirkulations-Sammelleitungen**

| Warmwasserleitung<br>Nennweite<br>DN | Zirkulationsleitung<br>Nennweite<br>DN |
|--------------------------------------|----------------------------------------|
| 20                                   | 12*)                                   |
| 25                                   | 12*)                                   |
| 32                                   | 12*)                                   |
| 40                                   | 20                                     |
| 50                                   | 25                                     |
| 65                                   | 25                                     |
| 80                                   | 25                                     |
| 100                                  | 32                                     |

\*) Bei mittelschweren Gewinderohren nach DIN 2440: DN 15

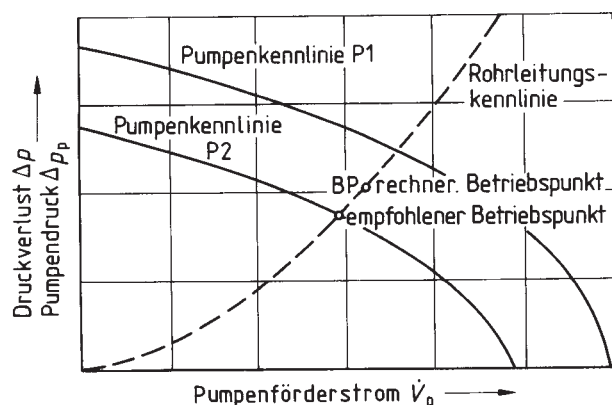
Das Volumen  $V$  in den Warmwasser- und Zirkulationsleitungen (ohne Vorratsbehälter und Trinkwassererwärmer) wird nach Anhang A, Abschnitt A.7, Spalten Nr 5 und Nr 10, aus dem längenbezogenen Volumen  $V/l$  (siehe Tabellen 18 bis 26) und der Länge  $l$  (siehe Anhang A, Abschnitt A.7, Spalten Nr 2 und Nr 7) bestimmt. Für die Ermittlung des zweckmäßigen Pumpenförderstromes  $\dot{V}_p$  gilt Gleichung (19).

$$\dot{V}_p = 3 V/t \text{ in l/h, } t = 1 \text{ h} \quad (19)$$

Die dreimalige stündliche Umwälzung ist zum Verhindern eines übermäßigen Abkühlens des erwärmten Trinkwassers ausreichend.

Der erforderliche Pumpendruck  $\Delta p_p$  ergibt sich aus der Summe der Druckverluste aus Rohrreibung und Einzelwiderständen des längsten Fließweges vom Anschluß der Zirkulationsleitung an die Warmwasserleitung bis zum Trinkwassererwärmer. Die Druckverluste sind unter Verwendung des Berechnungsschemas und des Formulars nach Anhang A, Abschnitt A.7, zu ermitteln. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Fließgeschwindigkeit  $v$  (Anhang A, Abschnitt A.7, Spalte Nr 12) den Wert von 0,5 m/s in der Zirkulationsleitung nicht überschreitet. Aufgrund des geringen Anteils der Druckverluste durch den Zirkulationsdurchfluß in den Warmwasserverteilungs- und Steigleitungen können diese bei der Ermittlung des Pumpendruckes vernachlässigt werden. Die Teildurchflüsse errechnen sich aus dem Pumpenförderstrom dividiert durch die Anzahl der Zirkulationsstränge. Diese Annahme der gleichmäßigen Teildurchflüsse erreicht man durch Abgleichen mit Drosselarmaturen, die in Fließrichtung vor den Absperrarmaturen in die Zirkulationsleitungen eingebaut werden. Die Einstellung der Drosselarmatur darf durch Betätigung der Absperrarmatur nicht verändert werden.

Mit dem Pumpenförderstrom nach Gleichung (19) und dem erforderlichen Pumpendruck ergibt sich aus den Pumpendiagrammen die geeignete Pumpengröße.



Liegt der ermittelte Betriebspunkt (BP) zwischen zwei Pumpenkennlinien (P1 und P2, siehe Bild 7), empfiehlt sich aus Wirtschaftlichkeitsgründen die Wahl der kleineren Pumpe.

## 15 Tabellen

Weitere für die Berechnung notwendige Angaben sind den Tabellen 11 bis 28 zu entnehmen. Der Anhang A enthält Formulare für die Zusammenstellung der Berechnungswerte.

Bild 7. Auswahl der geeigneten Pumpengröße (Beispiel)

Tabelle 11. Richtwerte für Mindestfließdrücke und Berechnungsdurchflüsse gebräuchlicher Trinkwasserentnahmestellen

| Mindestfließdruck<br>$p_{\min \text{ Fl}}$<br>bar | Art der Trinkwasser-Entnahmestelle              | Berechnungsdurchfluß bei der Entnahme von |                            |                                       |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|
|                                                   |                                                 | Mischwasser*)                             |                            | nur kaltem oder erwärmtem Trinkwasser |
|                                                   |                                                 | $\dot{V}_R$<br>kalt<br>l/s                | $\dot{V}_R$<br>warm<br>l/s | $\dot{V}_R$<br>l/s                    |
| 0,5                                               | Auslaufventile ohne Luftsprudler**) ..... DN 15 | –                                         | –                          | 0,30                                  |
| 0,5                                               | ..... DN 20                                     | –                                         | –                          | 0,50                                  |
| 0,5                                               | ..... DN 25                                     | –                                         | –                          | 1,00                                  |
| 1,0                                               | mit Luftsprudler ..... DN 10                    | –                                         | –                          | 0,15                                  |
| 1,0                                               | ..... DN 15                                     | –                                         | –                          | 0,15                                  |
| 1,0                                               | Brauseköpfe für Reinigungsbrausen ..... DN 15   | 0,10                                      | 0,10                       | 0,20                                  |
| 1,2                                               | Druckspüler nach DIN 3265 Teil 1 ..... DN 15    | –                                         | –                          | 0,70                                  |
| 1,2                                               | Druckspüler nach DIN 3265 Teil 1 ..... DN 20    | –                                         | –                          | 1,00                                  |
| 0,4                                               | Druckspüler nach DIN 3265 Teil 1 ..... DN 25    | –                                         | –                          | 1,00                                  |
| 1,0                                               | Druckspüler für Urinalbecken ..... DN 15        | –                                         | –                          | 0,30                                  |
| 1,0                                               | Haushaltsgeschirrspülmaschine ..... DN 15       | –                                         | –                          | 0,15                                  |
| 1,0                                               | Haushaltswaschmaschine ..... DN 15              | –                                         | –                          | 0,25                                  |
| 1,0                                               | Mischbatterie für Brausewannen ..... DN 15      | 0,15                                      | 0,15                       | –                                     |
| 1,0                                               | Badewannen ..... DN 15                          | 0,15                                      | 0,15                       | –                                     |
| 1,0                                               | Küchenspülen ..... DN 15                        | 0,07                                      | 0,07                       | –                                     |
| 1,0                                               | Waschtische ..... DN 15                         | 0,07                                      | 0,07                       | –                                     |
| 1,0                                               | Sitzwaschbecken ..... DN 15                     | 0,07                                      | 0,07                       | –                                     |
| 1,0                                               | Mischbatterie ..... DN 20                       | 0,30                                      | 0,30                       | –                                     |
| 0,5                                               | Spülkasten nach DIN 19 542 ..... DN 15          | –                                         | –                          | 0,13                                  |
| 1,0                                               | Elektro-Kochendwassergerät ..... DN 15          | –                                         | –                          | 0,10***)                              |

\*) Den Berechnungsdurchflüssen für Mischwasserentnahme liegen für kaltes Trinkwasser 15 °C und für erwärmtes Trinkwasser 60 °C zugrunde.

\*\*) Bei Auslaufventilen ohne Luftsprudler und mit Schlauchverschraubung wird der Druckverlust in der Schlauchleitung (bis 10 m Länge) und im angeschlossenen Apparat (z. B. Rasensprenger) pauschal über den Mindestfließdruck berücksichtigt. In diesem Fall erhöht sich der Mindestfließdruck um 1,0 bar auf 1,5 bar.

\*\*\*) Bei voll geöffneten Drosselschraube.

Anmerkung: in der Tabelle nicht erfaßte Entnahmestellen und Apparate gleicher Art mit größeren Armaturendurchflüssen oder Mindestfließdrücken als angegeben sind nach Angaben der Hersteller bei der Ermittlung der Rohrdurchmesser zu berücksichtigen.

Tabelle 12. **Wohngebäude**  
Summendurchfluß  $\sum \dot{V}_R$  und Spitzendurchfluß  $\dot{V}_S$

| $\sum \dot{V}_R$<br>bei Einzelentnahme |                  | $\dot{V}_S$<br>l/s |
|----------------------------------------|------------------|--------------------|
| < 0,5 l/s<br>l/s                       | ≥ 0,5 l/s<br>l/s |                    |
| 0,06                                   |                  | 0,05               |
| 0,10                                   |                  | 0,10               |
| 0,15                                   |                  | 0,15               |
| 0,21                                   |                  | 0,20               |
| 0,29                                   |                  | 0,25               |
| 0,38                                   |                  | 0,30               |
| 0,48                                   |                  | 0,35               |
| 0,60                                   |                  | 0,40               |
| 0,72                                   |                  | 0,45               |
| 0,87                                   | 0,50             | 0,50               |
| 1,03                                   | 0,55             | 0,55               |
| 1,20                                   | 0,60             | 0,60               |
| 1,39                                   | 0,65             | 0,65               |
| 1,59                                   | 0,70             | 0,70               |
| 1,81                                   | 0,75             | 0,75               |
| 2,04                                   | 0,80             | 0,80               |
| 2,29                                   | 0,85             | 0,85               |
| 2,55                                   | 0,90             | 0,90               |
| 2,83                                   | 0,95             | 0,95               |
| 3,13                                   | 1,00             | 1,00               |
| 3,45                                   | 1,15             | 1,05               |
| 3,78                                   | 1,31             | 1,10               |
| 4,12                                   | 1,50             | 1,15               |
| 4,49                                   | 1,70             | 1,20               |
| 4,87                                   | 1,92             | 1,25               |
| 5,26                                   | 2,17             | 1,30               |
| 5,68                                   | 2,44             | 1,35               |
| 6,11                                   | 2,74             | 1,40               |
| 6,56                                   | 3,06             | 1,45               |
| 7,03                                   | 3,41             | 1,50               |
| 7,51                                   | 3,80             | 1,55               |
| 8,02                                   | 4,22             | 1,60               |
| 8,54                                   | 4,67             | 1,65               |
| 9,08                                   | 5,17             | 1,70               |
| 9,63                                   | 5,70             | 1,75               |
| 10,21                                  | 6,27             | 1,80               |
| 10,80                                  | 6,89             | 1,85               |
| 11,41                                  | 7,56             | 1,90               |
| 12,04                                  | 8,28             | 1,95               |
| 12,69                                  | 9,05             | 2,00               |
| 13,36                                  | 9,88             | 2,05               |
| 14,05                                  | 10,76            | 2,10               |
| 14,76                                  | 11,71            | 2,15               |
| 15,48                                  | 12,72            | 2,20               |
| 16,23                                  | 13,80            | 2,25               |
| 16,99                                  | 14,95            | 2,30               |
| 17,78                                  | 16,17            | 2,35               |
| 18,58                                  | 17,48            | 2,40               |
| 19,40                                  | 18,86            | 2,45               |
| 20,24                                  | 20,33            | 2,50               |

| $\sum \dot{V}_R$<br>l/s | $\dot{V}_S$<br>l/s |
|-------------------------|--------------------|
| 21,89                   | 2,55               |
| 23,54                   | 2,60               |
| 25,28                   | 2,65               |
| 27,13                   | 2,70               |
| 29,08                   | 2,75               |
| 31,15                   | 2,80               |
| 33,32                   | 2,85               |
| 35,62                   | 2,90               |
| 38,04                   | 2,95               |
| 40,58                   | 3,00               |
| 43,26                   | 3,05               |
| 46,08                   | 3,10               |
| 49,04                   | 3,15               |
| 52,15                   | 3,20               |
| 55,41                   | 3,25               |
| 58,83                   | 3,30               |
| 62,41                   | 3,35               |
| 66,17                   | 3,40               |
| 70,10                   | 3,45               |
| 74,21                   | 3,50               |
| 78,51                   | 3,55               |
| 83,01                   | 3,60               |
| 87,71                   | 3,65               |
| 92,62                   | 3,70               |
| 97,74                   | 3,75               |
| 103,08                  | 3,80               |
| 108,65                  | 3,85               |
| 114,45                  | 3,90               |
| 120,50                  | 3,95               |
| 126,79                  | 4,00               |
| 133                     | 4,05               |
| 140                     | 4,10               |
| 147                     | 4,15               |
| 155                     | 4,20               |
| 162                     | 4,25               |
| 170                     | 4,30               |
| 178                     | 4,35               |
| 187                     | 4,40               |
| 196                     | 4,45               |
| 205                     | 4,50               |
| 215                     | 4,55               |
| 225                     | 4,60               |
| 235                     | 4,65               |
| 246                     | 4,70               |
| 257                     | 4,75               |
| 268                     | 4,80               |
| 280                     | 4,85               |
| 292                     | 4,90               |
| 305                     | 4,95               |
| 318                     | 5,00               |

| $\sum \dot{V}_R$<br>l/s | $\dot{V}_S$<br>l/s |
|-------------------------|--------------------|
| 331                     | 5,05               |
| 345                     | 5,10               |
| 360                     | 5,15               |
| 374                     | 5,20               |
| 390                     | 5,25               |
| 406                     | 5,30               |
| 422                     | 5,35               |
| 439                     | 5,40               |
| 456                     | 5,45               |
| 474                     | 5,50               |
| 493                     | 5,55               |
| 512                     | 5,60               |

Tabelle 13. Büro- und Verwaltungsgebäude

Summendurchfluß  $\sum \dot{V}_R$  und Spitzendurchfluß  $\dot{V}_S$ 

| $\sum \dot{V}_R$<br>l/s                                                                 | $\dot{V}_S$<br>l/s | $\sum \dot{V}_R$<br>l/s | $\dot{V}_S$<br>l/s | $\sum \dot{V}_R$<br>l/s | $\dot{V}_S$<br>l/s |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|
| für $\sum \dot{V}_R < 20$ l/s<br>gilt $\dot{V}_S$ für Wohngebäude<br>(siehe Tabelle 12) |                    |                         |                    |                         |                    |
| 20,00                                                                                   | 2,50               |                         |                    |                         |                    |
| 20,93                                                                                   | 2,55               | 90,58                   | 5,05               | 293,0                   | 9,1                |
| 21,87                                                                                   | 2,60               | 92,42                   | 5,10               | 299,3                   | 9,2                |
| 22,84                                                                                   | 2,65               | 94,28                   | 5,15               | 305,7                   | 9,3                |
| 23,82                                                                                   | 2,70               | 96,16                   | 5,20               | 312,2                   | 9,4                |
| 24,82                                                                                   | 2,75               | 98,05                   | 5,25               | 318,7                   | 9,5                |
| 25,84                                                                                   | 2,80               | 99,96                   | 5,30               | 325,2                   | 9,6                |
| 26,88                                                                                   | 2,85               | 101,89                  | 5,35               | 331,8                   | 9,7                |
| 27,94                                                                                   | 2,90               | 103,83                  | 5,40               | 338,5                   | 9,8                |
| 29,02                                                                                   | 2,95               | 105,79                  | 5,45               | 345,3                   | 9,9                |
| 30,11                                                                                   | 3,00               | 107,77                  | 5,50               | 352,1                   | 10,0               |
| 31,23                                                                                   | 3,05               | 109,76                  | 5,55               | 359,0                   | 10,1               |
| 32,36                                                                                   | 3,10               | 111,77                  | 5,60               | 365,9                   | 10,2               |
| 33,51                                                                                   | 3,15               | 113,80                  | 5,65               | 372,9                   | 10,3               |
| 34,68                                                                                   | 3,20               | 115,85                  | 5,70               | 380,0                   | 10,4               |
| 35,87                                                                                   | 3,25               | 117,91                  | 5,75               | 387,1                   | 10,5               |
| 37,08                                                                                   | 3,30               | 119,98                  | 5,80               | 394,3                   | 10,6               |
| 38,31                                                                                   | 3,35               | 122,08                  | 5,85               | 401,5                   | 10,7               |
| 39,55                                                                                   | 3,40               | 124,19                  | 5,90               | 408,8                   | 10,8               |
| 40,81                                                                                   | 3,45               | 126,32                  | 5,95               | 416,1                   | 10,9               |
| 42,09                                                                                   | 3,50               | 128,46                  | 6,00               | 423,6                   | 11,0               |
| 43,39                                                                                   | 3,55               | 132,8                   | 6,1                | 431,0                   | 11,1               |
| 44,71                                                                                   | 3,60               | 137,2                   | 6,2                | 438,6                   | 11,2               |
| 46,04                                                                                   | 3,65               | 141,7                   | 6,3                | 446,2                   | 11,3               |
| 47,39                                                                                   | 3,70               | 146,2                   | 6,4                | 453,8                   | 11,4               |
| 48,76                                                                                   | 3,75               | 150,8                   | 6,5                | 461,6                   | 11,5               |
| 50,15                                                                                   | 3,80               | 155,5                   | 6,6                | 469,3                   | 11,6               |
| 51,56                                                                                   | 3,85               | 160,2                   | 6,7                | 477,2                   | 11,7               |
| 52,98                                                                                   | 3,90               | 165,0                   | 6,8                | 485,1                   | 11,8               |
| 54,43                                                                                   | 3,95               | 169,9                   | 6,9                | 493,0                   | 11,9               |
| 55,88                                                                                   | 4,00               | 174,8                   | 7,0                | 501,0                   | 12,0               |
| 57,36                                                                                   | 4,05               | 179,8                   | 7,1                |                         |                    |
| 58,86                                                                                   | 4,10               | 184,9                   | 7,2                |                         |                    |
| 60,37                                                                                   | 4,15               | 190,0                   | 7,3                |                         |                    |
| 61,90                                                                                   | 4,20               | 195,2                   | 7,4                |                         |                    |
| 63,45                                                                                   | 4,25               | 200,4                   | 7,5                |                         |                    |
| 65,01                                                                                   | 4,30               | 205,7                   | 7,6                |                         |                    |
| 66,60                                                                                   | 4,35               | 211,1                   | 7,7                |                         |                    |
| 68,20                                                                                   | 4,40               | 216,5                   | 7,8                |                         |                    |
| 69,82                                                                                   | 4,45               | 222,0                   | 7,9                |                         |                    |
| 71,45                                                                                   | 4,50               | 227,6                   | 8,0                |                         |                    |
| 73,10                                                                                   | 4,55               | 233,2                   | 8,1                |                         |                    |
| 74,77                                                                                   | 4,60               | 238,9                   | 8,2                |                         |                    |
| 76,46                                                                                   | 4,65               | 244,7                   | 8,3                |                         |                    |
| 78,17                                                                                   | 4,70               | 250,5                   | 8,4                |                         |                    |
| 79,89                                                                                   | 4,75               | 256,4                   | 8,5                |                         |                    |
| 81,63                                                                                   | 4,80               | 262,3                   | 8,6                |                         |                    |
| 83,38                                                                                   | 4,85               | 268,4                   | 8,7                |                         |                    |
| 85,16                                                                                   | 4,90               | 274,4                   | 8,8                |                         |                    |
| 86,95                                                                                   | 4,95               | 280,6                   | 8,9                |                         |                    |
| 88,76                                                                                   | 5,00               | 286,7                   | 9,0                |                         |                    |

Tabelle 14. **Hotelbetriebe**Summendurchfluß  $\Sigma \dot{V}_R$  und Spitzendurchfluß  $\dot{V}_S$ 

| $\Sigma \dot{V}_R$<br>bei Einzelentnahme |                  |                    | $\Sigma \dot{V}_R$<br>bei Einzelentnahme |                  |                    | $\Sigma \dot{V}_R$ $\dot{V}_S$ |      | $\Sigma \dot{V}_R$ $\dot{V}_S$ |      | $\Sigma \dot{V}_R$ $\dot{V}_S$ |      |
|------------------------------------------|------------------|--------------------|------------------------------------------|------------------|--------------------|--------------------------------|------|--------------------------------|------|--------------------------------|------|
| < 0,5 l/s<br>l/s                         | ≥ 0,5 l/s<br>l/s | $\dot{V}_S$<br>l/s | < 0,5 l/s<br>l/s                         | ≥ 0,5 l/s<br>l/s | $\dot{V}_S$<br>l/s | l/s                            | l/s  | l/s                            | l/s  | l/s                            | l/s  |
| 0,10                                     |                  | 0,10               | 14,63                                    | 12,85            | 2,55               | 41,2                           | 5,1  | 122,2                          | 10,1 | 248,6                          | 15,2 |
| 0,15                                     |                  | 0,15               | 15,19                                    | 13,54            | 2,60               | 42,4                           | 5,2  | 124,1                          | 10,2 | 254,5                          | 15,4 |
| 0,21                                     |                  | 0,20               | 15,75                                    | 14,27            | 2,65               | 43,6                           | 5,3  | 126,1                          | 10,3 | 260,5                          | 15,6 |
| 0,28                                     |                  | 0,25               | 16,32                                    | 15,01            | 2,70               | 44,8                           | 5,4  | 128,2                          | 10,4 | 266,5                          | 15,8 |
| 0,36                                     |                  | 0,30               | 16,91                                    | 15,78            | 2,75               | 46,1                           | 5,5  | 130,3                          | 10,5 | 272,6                          | 16,0 |
| 0,45                                     |                  | 0,35               | 17,50                                    | 16,58            | 2,80               | 47,3                           | 5,6  | 132,5                          | 10,6 | 278,7                          | 16,2 |
| 0,56                                     |                  | 0,40               | 18,11                                    | 17,40            | 2,85               | 48,6                           | 5,7  | 134,6                          | 10,7 | 284,9                          | 16,4 |
| 0,67                                     |                  | 0,45               | 18,72                                    | 18,24            | 2,90               | 49,9                           | 5,8  | 136,8                          | 10,8 | 291,2                          | 16,6 |
| 0,79                                     | 0,50             | 0,50               | 19,34                                    | 19,11            | 2,95               | 51,2                           | 5,9  | 138,9                          | 10,9 | 297,6                          | 16,8 |
| 0,92                                     | 0,55             | 0,55               | 19,98                                    | 20,01            | 3,00               | 52,6                           | 6,0  | 141,1                          | 11,0 | 304,0                          | 17,0 |
| 1,06                                     | 0,60             | 0,60               |                                          | 20,42            | 3,05               | 53,9                           | 6,1  | 143,3                          | 11,1 | 310,5                          | 17,2 |
| 1,22                                     | 0,65             | 0,65               |                                          | 20,84            | 3,10               | 55,3                           | 6,2  | 145,6                          | 11,2 | 317,0                          | 17,4 |
| 1,38                                     | 0,70             | 0,70               |                                          | 21,26            | 3,15               | 56,7                           | 6,3  | 147,8                          | 11,3 | 323,7                          | 17,6 |
| 1,55                                     | 0,75             | 0,75               |                                          | 21,69            | 3,20               | 58,1                           | 6,4  | 150,1                          | 11,4 | 330,4                          | 17,8 |
| 1,74                                     | 0,80             | 0,80               |                                          | 22,12            | 3,25               | 59,5                           | 6,5  | 152,3                          | 11,5 | 337,1                          | 18,0 |
| 1,93                                     | 0,85             | 0,85               |                                          | 22,56            | 3,30               | 60,3                           | 6,6  | 154,6                          | 11,6 | 344,0                          | 18,2 |
| 2,14                                     | 0,90             | 0,90               |                                          | 23,00            | 3,35               | 62,4                           | 6,7  | 156,9                          | 11,7 | 350,9                          | 18,4 |
| 2,35                                     | 0,95             | 0,95               |                                          | 23,45            | 3,40               | 63,9                           | 6,8  | 159,3                          | 11,8 | 357,8                          | 18,6 |
| 2,57                                     | 1,00             | 1,00               |                                          | 23,90            | 3,45               | 65,3                           | 6,9  | 161,6                          | 11,9 | 364,9                          | 18,8 |
| 2,81                                     | 1,14             | 1,05               |                                          | 24,36            | 3,50               | 66,8                           | 7,0  | 164,0                          | 12,0 | 372,0                          | 19,0 |
| 3,05                                     | 1,30             | 1,10               |                                          | 24,82            | 3,55               | 68,4                           | 7,1  | 166,4                          | 12,1 | 379,2                          | 19,2 |
| 3,31                                     | 1,46             | 1,15               |                                          | 25,28            | 3,60               | 69,9                           | 7,2  | 168,8                          | 12,2 | 386,4                          | 19,4 |
| 3,58                                     | 1,64             | 1,20               |                                          | 25,75            | 3,65               | 71,5                           | 7,3  | 171,2                          | 12,3 | 393,7                          | 19,6 |
| 3,85                                     | 1,84             | 1,25               |                                          | 26,22            | 3,70               | 73,0                           | 7,4  | 173,6                          | 12,4 | 401,1                          | 19,8 |
| 4,14                                     | 2,05             | 1,30               |                                          | 26,69            | 3,75               | 74,6                           | 7,5  | 176,1                          | 12,5 | 408,6                          | 20,0 |
| 4,44                                     | 2,27             | 1,35               |                                          | 27,17            | 3,80               | 76,2                           | 7,6  | 178,5                          | 12,6 | 416,1                          | 20,2 |
| 4,74                                     | 2,50             | 1,40               |                                          | 27,66            | 3,85               | 77,9                           | 7,7  | 181,0                          | 12,7 | 423,7                          | 20,4 |
| 5,06                                     | 2,75             | 1,45               |                                          | 28,15            | 3,90               | 79,5                           | 7,8  | 183,5                          | 12,8 | 431,3                          | 20,6 |
| 5,39                                     | 3,02             | 1,50               |                                          | 28,64            | 3,95               | 81,2                           | 7,9  | 186,0                          | 12,9 | 439,1                          | 20,8 |
| 5,72                                     | 3,30             | 1,55               |                                          | 29,14            | 4,00               | 82,8                           | 8,0  | 188,6                          | 13,0 | 446,9                          | 21,0 |
| 6,07                                     | 3,60             | 1,60               |                                          | 29,64            | 4,05               | 84,5                           | 8,1  | 191,1                          | 13,1 | 454,7                          | 21,2 |
| 6,43                                     | 3,92             | 1,65               |                                          | 30,15            | 4,10               | 86,2                           | 8,2  | 193,7                          | 13,2 | 462,6                          | 21,4 |
| 6,80                                     | 4,25             | 1,70               |                                          | 30,66            | 4,15               | 88,0                           | 8,3  | 196,3                          | 13,3 | 470,6                          | 21,6 |
| 7,18                                     | 4,60             | 1,75               |                                          | 31,17            | 4,20               | 89,7                           | 8,4  | 198,9                          | 13,4 | 478,7                          | 21,8 |
| 7,57                                     | 4,97             | 1,80               |                                          | 31,69            | 4,25               | 91,5                           | 8,5  | 201,5                          | 13,5 | 486,9                          | 22,0 |
| 7,97                                     | 5,35             | 1,85               |                                          | 32,22            | 4,30               | 93,3                           | 8,6  | 204,1                          | 13,6 | 495,1                          | 22,2 |
| 8,38                                     | 5,76             | 1,90               |                                          | 32,74            | 4,35               | 95,1                           | 8,7  | 206,8                          | 13,7 | 503,3                          | 22,4 |
| 8,79                                     | 6,18             | 1,95               |                                          | 33,28            | 4,40               | 96,9                           | 8,8  | 209,4                          | 13,8 |                                |      |
| 9,22                                     | 6,62             | 2,00               |                                          | 33,81            | 4,45               | 98,7                           | 8,9  | 212,1                          | 13,9 |                                |      |
| 9,67                                     | 7,08             | 2,05               |                                          | 34,35            | 4,50               | 100,6                          | 9,0  | 214,8                          | 14,0 |                                |      |
| 10,12                                    | 7,56             | 2,10               |                                          | 34,90            | 4,55               | 102,4                          | 9,1  | 217,6                          | 14,1 |                                |      |
| 10,58                                    | 8,07             | 2,15               |                                          | 35,45            | 4,60               | 104,3                          | 9,2  | 220,3                          | 14,2 |                                |      |
| 11,05                                    | 8,59             | 2,20               |                                          | 36,00            | 4,65               | 106,2                          | 9,3  | 222,1                          | 14,3 |                                |      |
| 11,53                                    | 9,13             | 2,25               |                                          | 36,56            | 4,70               | 108,1                          | 9,4  | 225,8                          | 14,4 |                                |      |
| 12,02                                    | 9,69             | 2,30               |                                          | 37,12            | 4,75               | 110,1                          | 9,5  | 228,6                          | 14,5 |                                |      |
| 12,52                                    | 10,28            | 2,35               |                                          | 37,69            | 4,80               | 112,0                          | 9,6  | 231,4                          | 14,6 |                                |      |
| 13,03                                    | 10,89            | 2,40               |                                          | 38,26            | 4,85               | 114,0                          | 9,7  | 234,3                          | 14,7 |                                |      |
| 13,56                                    | 11,52            | 2,45               |                                          | 38,83            | 4,90               | 116,0                          | 9,8  | 237,1                          | 14,8 |                                |      |
| 14,09                                    | 12,17            | 2,50               |                                          | 39,41            | 4,95               | 118,0                          | 9,9  | 240,0                          | 14,9 |                                |      |
|                                          |                  |                    |                                          | 39,99            | 5,00               | 120,0                          | 10,0 | 242,8                          | 15,0 |                                |      |