

# Bemessung der Trinkwasserinstallation- Differenziertes Verfahren nach DIN 1988-300

Das differenzierte Berechnungsverfahren nach DIN 1988- 300 zur Ermittlung der Rohrdurchmesser ist aus der alten DIN 1988- 3 entstanden. Die DIN 1988- 300 ist für alle Gebäudearten anzuwenden.

Nach DIN 1988- 300 dürfen die Rohrdurchmesser für Kalt- und Warmwasserverbrauchsleitungen in Wohngebäuden mit bis zu sechs Wohnungen **auch nach DIN EN 806-3** bemessen werden, wenn der **Mindestversorgungsdruck** ausreicht und **die Hygiene** sichergestellt ist.

Alle anderen Trinkwasserinstallationen müssen nach dem differenzierten Berechnungsverfahren der DIN 1988-300 dimensioniert werden.

## Wesentliche Neuerungen der DIN 1988- 300:

- Anpassung der Berechnungs- und Spitzendurchflüsse an heutige Gegebenheiten.
- Die Unterscheidung zwischen Spülkasten- und Druckspüler- Installation wurde aufgegeben.
- Einführung von Nutzungseinheiten(NE).
- Beginn der Berechnung erst nach dem Wasserzähler.
- Keine vereinfachten Rechengänge die auf geschätzten Einzelwiderständen basieren.
- Berücksichtigung von Kalt- und Warmwassertemperatur.
- Es sind herstellerspezifische Werte für Einzelwiderstände zu berücksichtigen.
- Die Referenzwerte nach DIN für Einzelwiderstände dürfen nur bei produktneutralen Ausschreibungen verwendet werden.

## Begriffe und Definitionen (Tab.1)

**Tab. 1:** - Begriffe und Definitionen vgl. DIN 1988- 300 (gekürzt)

Benennung	Symbol oder Abkürzung	Übliche Einheit	Erklärung
Anteil der Druckverluste durch Einzelwiderstände	$a$	%	$a = \frac{\Delta p_E}{\Delta p_R + \Delta p_E}$
Rohraußendurchmesser	$d_a$	mm	--
Rohrinnendurchmesser	$d_i$	mm	--
Mindestinnendurchmesser	$d_{i,min}$	mm	Innendurchmesser, den ein Rohr bei einer bestimmten Nennweite mindestens haben muss
geodätischer Höhenunterschied	$h_{geo}$	m	Höhenunterschied zwischen zwei Punkten eines Rohrleitungszuges
Durchfluss, Volumenstrom	$\dot{V}$	l/s, l/h	Quotient aus Wasservolumen und Zeit; zum Abzweig geführter Volumenstrom
Durchgangsstrom	$\dot{V}_d$	m <sup>3</sup> /h	Volumenstrom im Durchgangsweg (Zirkulation)
gegebener Durchfluss im Apparat	$\dot{V}_g$	m <sup>3</sup> /h	Volumenstrom eines bekannten Betriebspunktes des Apparates
oberer Durchfluss	$\dot{V}_o$	l/s	Durchfluss der Entnahmearmatur bei 0,3 MPa
Mindestdurchfluss	$\dot{V}_{min}$	l/s	Durchfluss zur Gebrauchstauglichkeit der Entnahmearmatur

Mindestdruck nach dem Hauswasserzähler	$p_{minWZ}$	hPa MPa	Minimaler statischer Überdruck unmittelbar nach dem Hauswasserzähler beim Spitzendurchfluss
gegebener Druckverlust	$\Delta p_g$	hPa MPa	Druckverlust eines bekannten Betriebspunktes des Apparates
Druckverlust aus geodätischem Höhenunterschied	$\Delta p_{geo}$	hPa MPa	$\Delta p_{geo} = \rho \cdot g \cdot h_{geo}$
Druckverlust in einem Apparat	$\Delta p_{Ap}$	hPa MPa	Z. B. Hauswasserzähler, Filter, Wohnungswasserzähler, Enthärtungsanlage, Dosieranlage, Gruppen-Trinkwassererwärmer
verfügbare Druckdifferenz	$\Delta p_{ges,v}$	hPa MPa	Für Rohrreibung und Einzelwiderstände verfügbare Druckdifferenz
Druckverlust durch Einzelwiderstände in einer Teilstrecke	$\Delta p_E = Z$	hPa MPa	$\Delta p_E = \sum \zeta \frac{\rho}{2} v^2$
Druckverlust durch Rohrreibung in einer Teilstrecke	$\Delta p_R$	hPa MPa	$\Delta p_R = R \cdot l$
Druckverlust in der Ringleitung der Stockwerksverteilung	$\Delta p_{Ring}$	hPa MPa	Ist bei der Ermittlung von $R_V$ zu berücksichtigen
Druckverlust im Rückflussverhinderer	$\Delta p_{RV}$	hPa MPa	Wird wegen des Ansprechdruckes nicht über den Widerstandsbeiwert $\zeta$ erfasst
Druckverlust im Wasserzähler	$\Delta p_{WZ}$	hPa MPa	Dieser ist beim Spitzendurchfluss nach DIN 1988-300 zu ermitteln.
Druckverlust in der Hausanschlussleitung	$\Delta p_{HAL}$	hPa MPa	Von der Versorgungsleitung bis zum Wasserzähler auftretender Druckverlust beim Spitzendurchfluss nach DIN 1988-300
Druckverlust im Gruppen-Trinkwassererwärmer	$\Delta p_{TE}$	hPa MPa	Dieser ist für den Spitzendurchfluss im Trinkwassererwärmer zu bestimmen; Referenzwerte siehe Tabelle 6.
Nenngröße des Wasserzählers (nach DIN EN 14154-1)	$Q_n$	m <sup>3</sup> /h	Auch als Nenndurchfluss $Q_n$ bezeichnet
Überlastungsdurchfluss des Wasserzählers (nach DIN EN 14154-1)	$Q_4$	m <sup>3</sup> /h	Auch als größter (maximaler) Durchfluss $Q_{max}$ bezeichnet
Rohrreibungsdruckgefälle	$R$	hPa/m	längenbezogener Druckverlust aus Rohrreibung $R = \frac{\Delta p_R}{l}$
verfügbares Rohrreibungsdruckgefälle	$R_V$	hPa/m	In die Berechnung eingehender Orientierungswert für das Rohrreibungsdruckgefälle
Dauerdurchfluss (Dauerverbraucher)	$\dot{V}_D$	l/s	Durchfluss an einer Entnahmestelle bei Dauerverbrauch (Dauer der Entnahme > 15 min)
Nenndurchfluss des Filters	$\dot{V}_N$	m <sup>3</sup> /h	Durchfluss (auf dem Typschild angegeben) des Filters bei einem Druckverlust von 0,02 MPa
Berechnungsdurchfluss	$\dot{V}_R$	l/s	Durchfluss der Entnahmemarmatur für die Auslegung
Summendurchfluss	$\sum \dot{V}_R$	l/s	Summe aller Berechnungsdurchflüsse

Spitzendurchfluss	$\dot{V}_s$	l/s	Unter Berücksichtigung der während des Betriebs auftretenden wahrscheinlichen Gleichzeitigkeit der Wasserentnahme für die hydraulische Berechnung maßgebender Durchfluss
Mindestfließdruck	$p_{minFl}$	hPa MPa	Erforderlicher statischer Überdruck am Anschluss einer Wasserentnahme-armatur bei ihrem Mindestdurchfluss
Mindestversorgungsdruck	$p_{minV}$	hPa MPa	Minimaler statischer Überdruck am Anschluss der Hausanschlussleitung an die Versorgungsleitung nach Angabe des zuständigen Wasserversorgungs-unternehmens (im Weiteren: WVU)

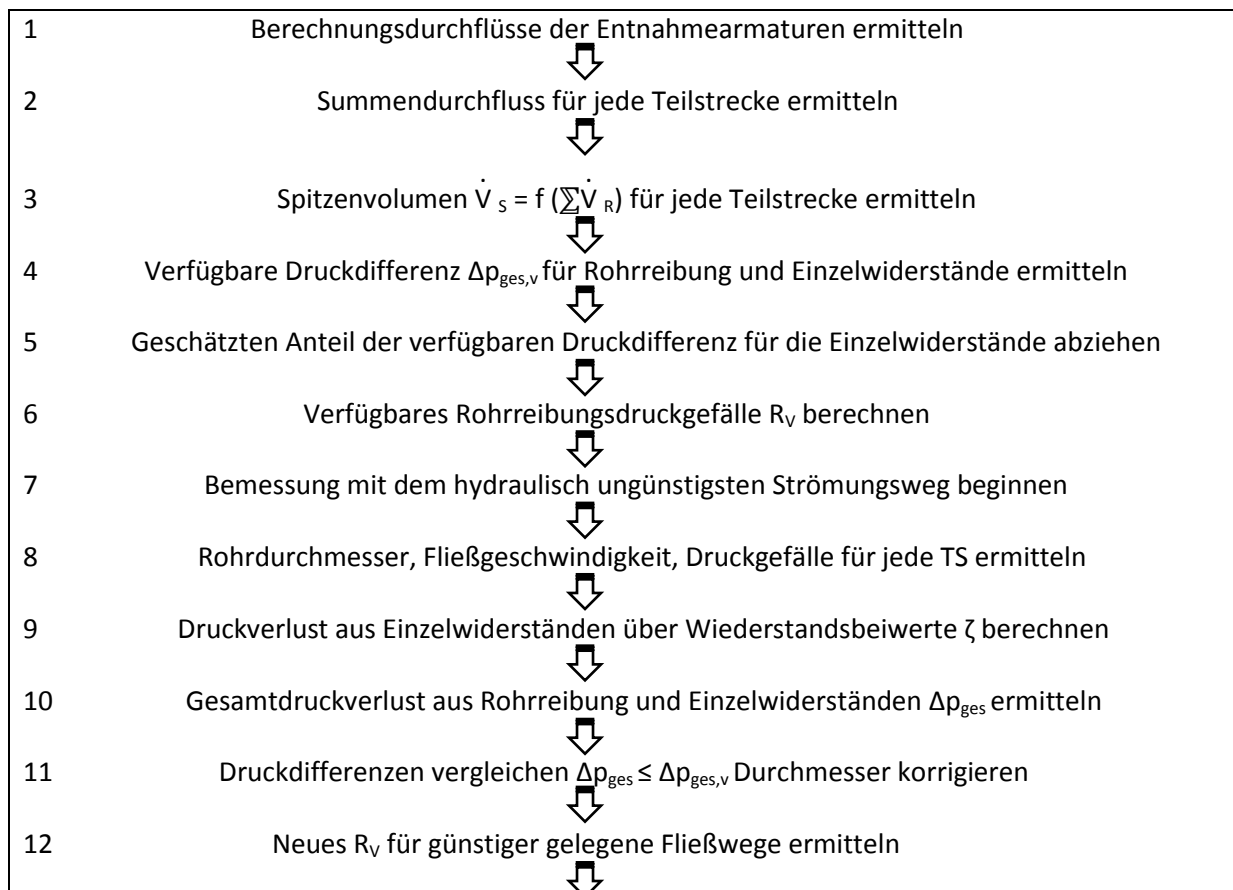
In der DIN 1988- 300 werden Formelzeichen verwendet, die zum Teil von der DIN EN 806- 3 abweichen, z.B. für den Durchfluss in Rohrleitungen, das Formelzeichen „V“ anstatt „Q“. Grund dafür ist, dass die mit der alten DIN 1988- 3 eingeführten Bezeichnungen erhalten werden sollten.

## **Berechnungsschritte nach DIN 1988- 300**

In einem ersten Schritt ist der zu erwartende **Spitzenvolumenstrom bzw. Spitzendurchfluss in l/s** und in einem zweiten Schritt das **verfügbare Druckgefälle  $R_v$  in hPa/m** für die Rohrreibung zu ermitteln.

Mit den beiden ermittelten Größen lassen sich die Rohrdurchmesser bestimmen. Die einzelnen Berechnungsschritte zeigt Tab.2.

**Tab.2:** Berechnungsschritte zur Bestimmung der Rohrdurchmesser nach DIN 1988- 300.



## I. Berechnung des Spitzenvolumenstromes $\dot{V}_s$

Die Berechnung des Spitzenvolumenstromes bzw. des Spitzendurchflusses hängt von der Art und Anzahl der installierten Entnahmearmaturen ab.

Zunächst sind die Berechnungsdurchflüsse  $\dot{V}_R$  der einzelnen Trinkwasserentnahmestellen (Tab. 3) zu ermitteln und zum Summenvolumenstrom bzw. Summendurchfluss  $\sum \dot{V}_R$  einer Teilstrecke aufzuaddieren.

**Tab.3:** Referenzwerte für Berechnungsdurchflüsse und Mindestfließdrücke von Trinkwasserentnahmestellen nach DIN 1988- 300 (Auswahl).

Art der Entnahmestelle	Berechnungsdurchfluss $\dot{V}_R$ in l/s	Mindestfließdruck $p_{\min FL}$ in MPa
Mischarmaturen , Küchenspüle, Waschtisch, Bidet	0,07	0,10 <sup>1)</sup>
Geschirrspülmaschine	0,07(0,15*)	0,05
Spülkasten	0,13	0,05
Mischarmaturen für Bade- oder Duschwanne	0,15(0,30*)	0,10
Waschmaschine	0,15(0,25*)	0,05
Druckspüler für Urinal	0,30	0,10
Auslaufventile mit Strahlregler DN 10 und DN 15	0,15	0,10
Auslaufventile <u>ohne</u> Strahlregler		
DN 15	0,30	
DN 20	0,50	
DN 25	1,00	0,05

\*alter Wert nach DIN 1988-3

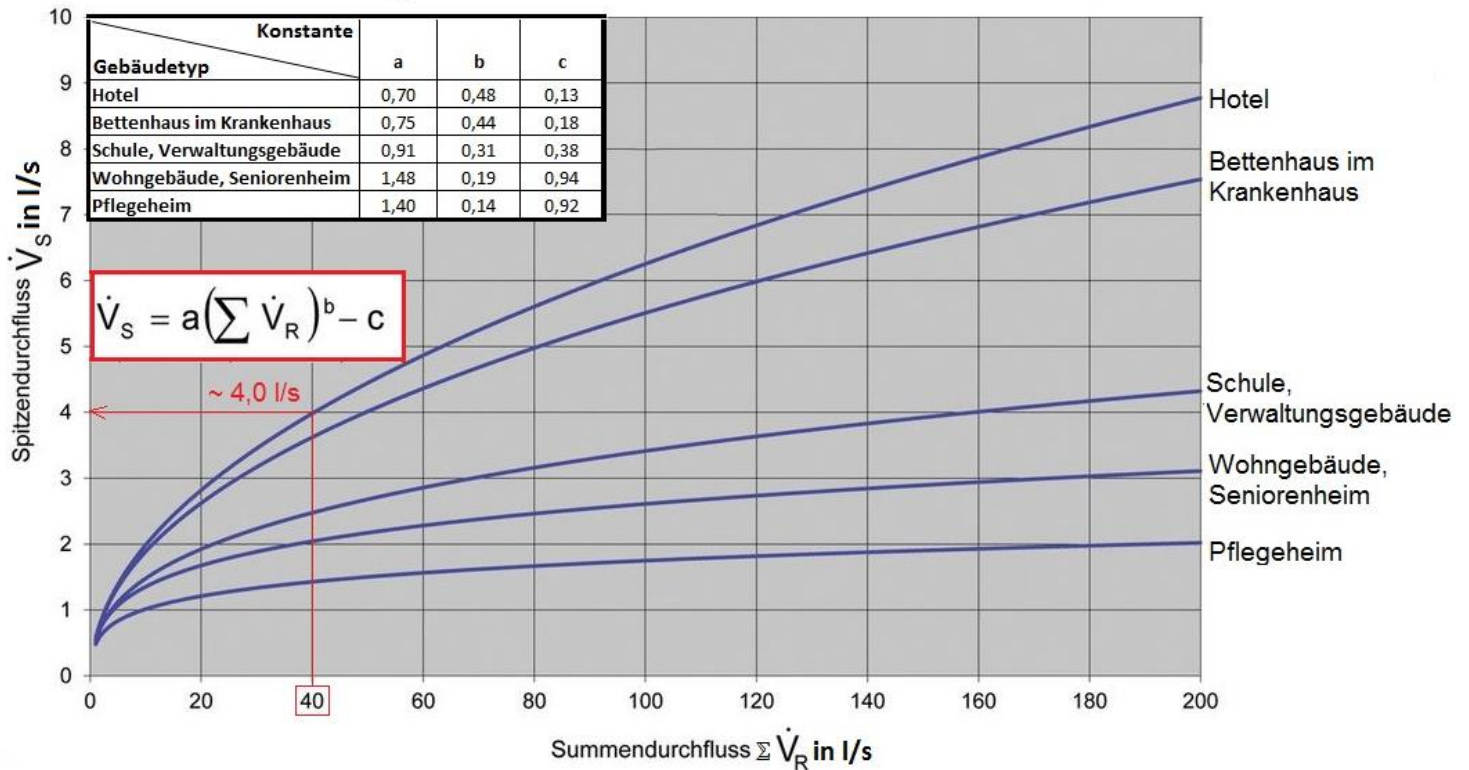
<sup>1)</sup> 0,10 MPa = 1000 mbar

Unter Berücksichtigung der von den Nutzern abhängigen Gleichzeitigkeit der Trinkwasserentnahme

reduziert sich der Summendurchfluss  $\sum \dot{V}_R$  nach der Formel und Diagramm in Abb.1 zum

Spitzendurchfluss  $\dot{V}_s$ .

Abb.1 Spitzendurchfluss  $\dot{V}_S$  in l/s in Abhängigkeit vom Summendurchfluss  $\sum \dot{V}_R$  in l/s nach DIN 1988- 300 : 2012-05



vgl. B. Rickmann 02.03.2012

#### Ablese- und Berechnungsbeispiel:

Für ein Hotel mit einem anrechenbaren Summendurchfluss  $\sum \dot{V}_R = 40$  l/s ergibt sich ein

Spitzendurchfluss nach Diagramm von  $\dot{V}_S = 4,0$  l/s.

Die Berechnung ergibt nach der Formel  $\dot{V}_S = a(\sum \dot{V}_R)^b - c = 0,70 (40)^{0,48} - 0,13 = 3,98$  l/s

Die Umrechnung von Summendurchflüssen in Spitzendurchflüsse kann auch mit Hilfe von Tab. 4 durchgeführt werden.



**Tab. 4: Umrechnung von Summendurchflüssen in Spitzendurchflüsse für verschiedene Gebäudetypen**

Summendurchfluss Konstanten	Wohngebäude Seniorenheim	Pflegeheim	Bettenhaus im Krankenhaus	Hotel	Schule Verwaltungs- gebäude
a	1,48	1,40	0,75	0,70	0,91
b	0,19	0,14	0,44	0,48	0,31
c	0,94	0,92	0,18	0,13	0,38
$\Sigma \dot{V}_R$	Spitzendurchfluss				
	$\dot{V}_S$	$\dot{V}_S$	$\dot{V}_S$	$\dot{V}_S$	$\dot{V}_S$
l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s
0,20	0,15	0,20	0,19	0,19	0,17
0,22	0,17	0,21	0,21	0,21	0,19
0,24	0,19	0,23	0,22	0,22	0,20
0,26	0,21	0,24	0,23	0,24	0,22
0,28	0,22	0,25	0,25	0,25	0,23
0,30	0,24	0,26	0,26	0,26	0,25
0,32	0,25	0,27	0,27	0,28	0,26
0,34	0,27	0,28	0,29	0,29	0,27
0,36	0,28	0,29	0,30	0,30	0,28
0,38	0,29	0,30	0,31	0,31	0,29
0,40	0,30	0,31	0,32	0,32	0,30
0,42	0,32	0,32	0,33	0,33	0,32
0,44	0,33	0,33	0,34	0,34	0,33
0,46	0,34	0,34	0,35	0,35	0,34
0,48	0,35	0,34	0,36	0,36	0,34
0,50	0,36	0,35	0,37	0,37	0,35
0,52	0,37	0,36	0,38	0,38	0,36
0,54	0,38	0,36	0,39	0,39	0,37
0,56	0,39	0,37	0,40	0,40	0,38
0,58	0,39	0,38	0,41	0,41	0,39
0,60	0,40	0,38	0,42	0,42	0,40
0,62	0,41	0,39	0,43	0,43	0,40
0,64	0,42	0,40	0,44	0,44	0,41
0,66	0,43	0,40	0,44	0,44	0,42
0,68	0,44	0,41	0,45	0,45	0,43
0,70	0,44	0,41	0,46	0,46	0,43
0,75	0,46	0,42	0,48	0,48	0,45
0,80	0,48	0,44	0,50	0,50	0,47
0,85	0,49	0,45	0,52	0,52	0,49
0,90	0,51	0,46	0,54	0,54	0,50
0,95	0,53	0,47	0,55	0,55	0,52
1,00	0,54	0,48	0,57	0,57	0,53
1,05	0,55	0,49	0,59	0,59	0,54
1,10	0,57	0,50	0,60	0,60	0,56
1,15	0,58	0,51	0,62	0,62	0,57
1,20	0,59	0,52	0,63	0,63	0,58
1,25	0,60	0,52	0,65	0,65	0,60
1,30	0,62	0,53	0,66	0,66	0,61
1,35	0,63	0,54	0,68	0,68	0,62
1,40	0,64	0,55	0,69	0,69	0,63
1,45	0,65	0,55	0,70	0,71	0,64
1,50	0,66	0,56	0,72	0,72	0,65
1,60	0,68	0,58	0,74	0,75	0,67
1,70	0,70	0,59	0,77	0,77	0,69
1,80	0,71	0,60	0,79	0,80	0,71
1,90	0,73	0,61	0,81	0,82	0,73
2,00	0,75	0,62	0,84	0,85	0,75
2,10	0,76	0,63	0,86	0,87	0,77
2,20	0,78	0,64	0,88	0,89	0,78
2,30	0,79	0,65	0,90	0,91	0,80
2,40	0,81	0,66	0,92	0,94	0,81
2,50	0,82	0,67	0,94	0,96	0,83

Summendurchfluss Konstanten	Wohngebäude Seniorenheim	Pflegeheim	Bettenhaus im Krankenhaus	Hotel	Schule Verwaltungs- gebäude
a	1,48	1,40	0,75	0,70	0,91
b	0,19	0,14	0,44	0,48	0,31
c	0,94	0,92	0,18	0,13	0,38
$\Sigma \dot{V}_R$	Spitzendurchfluss				
	$\dot{V}_S$	$\dot{V}_S$	$\dot{V}_S$	$\dot{V}_S$	$\dot{V}_S$
l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s
2,5	0,82	0,67	0,94	0,96	0,83
2,6	0,83	0,68	0,96	0,98	0,84
2,7	0,85	0,69	0,98	1,00	0,86
2,8	0,86	0,70	1,00	1,02	0,87
2,9	0,87	0,71	1,02	1,04	0,89
3,0	0,88	0,71	1,04	1,06	0,90
3,5	0,94	0,75	1,12	1,15	0,96
4,0	0,99	0,78	1,20	1,23	1,02
4,5	1,03	0,81	1,27	1,31	1,07
5,0	1,07	0,83	1,34	1,39	1,12
5,5	1,11	0,86	1,41	1,46	1,16
6,0	1,14	0,88	1,47	1,52	1,21
6,5	1,17	0,90	1,53	1,59	1,25
7,0	1,20	0,92	1,59	1,65	1,28
7,5	1,23	0,94	1,64	1,71	1,32
8,0	1,26	0,95	1,69	1,77	1,35
8,5	1,28	0,97	1,74	1,83	1,39
9,0	1,31	0,98	1,79	1,88	1,42
10,0	1,35	1,01	1,89	1,98	1,48
11,0	1,39	1,04	1,97	2,08	1,53
12,0	1,43	1,06	2,06	2,18	1,59
13,0	1,47	1,08	2,14	2,27	1,64
14,0	1,50	1,11	2,22	2,35	1,68
15,0	1,54	1,13	2,29	2,44	1,73
16,0	1,57	1,14	2,36	2,52	1,77
17,0	1,60	1,16	2,43	2,60	1,81
18,0	1,62	1,18	2,50	2,67	1,85
19,0	1,65	1,19	2,56	2,75	1,89
20,0	1,67	1,21	2,62	2,82	1,92
21,0	1,70	1,22	2,68	2,89	1,96
22,0	1,72	1,24	2,74	2,96	1,99
23,0	1,75	1,25	2,80	3,02	2,03
24,0	1,77	1,26	2,86	3,09	2,06
25,0	1,79	1,28	2,91	3,15	2,09
26,0	1,81	1,29	2,97	3,21	2,12
27,0	1,83	1,30	3,02	3,28	2,15
28,0	1,85	1,31	3,07	3,34	2,18
29,0	1,87	1,32	3,12	3,39	2,20
30,0	1,88	1,33	3,17	3,45	2,23
32,0	1,92	1,35	3,27	3,56	2,28
34,0	1,95	1,37	3,36	3,67	2,34
36,0	1,98	1,39	3,45	3,78	2,38
38,0	2,01	1,41	3,54	3,88	2,43
40,0	2,04	1,43	3,62	3,98	2,48
42,0	2,07	1,44	3,70	4,08	2,52
44,0	2,10	1,46	3,78	4,17	2,56
46,0	2,12	1,47	3,86	4,27	2,60
48,0	2,15	1,49	3,94	4,36	2,64
50,0	2,17	1,50	4,01	4,45	2,68
55,0	2,23	1,53	4,19	4,66	2,77
60,0	2,28	1,56	4,36	4,87	2,86
65,0	2,33	1,59	4,53	5,06	2,94

## AUSNAHMEN:

### Dauerverbraucher

Trinkwasserentnahmestellen mit einer Entnahmedauer > 15 Minuten z.B. eine Außenzapfstelle zur Rasenbewässerung, werden als Dauerverbraucher definiert. Der Berechnungsdurchfluss von Dauerverbrauchern wird zum Spitzendurchfluss der anderen Entnahmestellen hinzuaddiert.

### Nutzungseinheiten (NE)

Da sich bei geringem Summendurchfluss kaum eine Änderung des Spitzendurchflusses ergibt ( $\sum V_R = V_S$ ), musste in der DIN 1988- 300 für die Stockwerksinstallation ein neuer Gleichzeitigkeitsansatz gefunden werden.

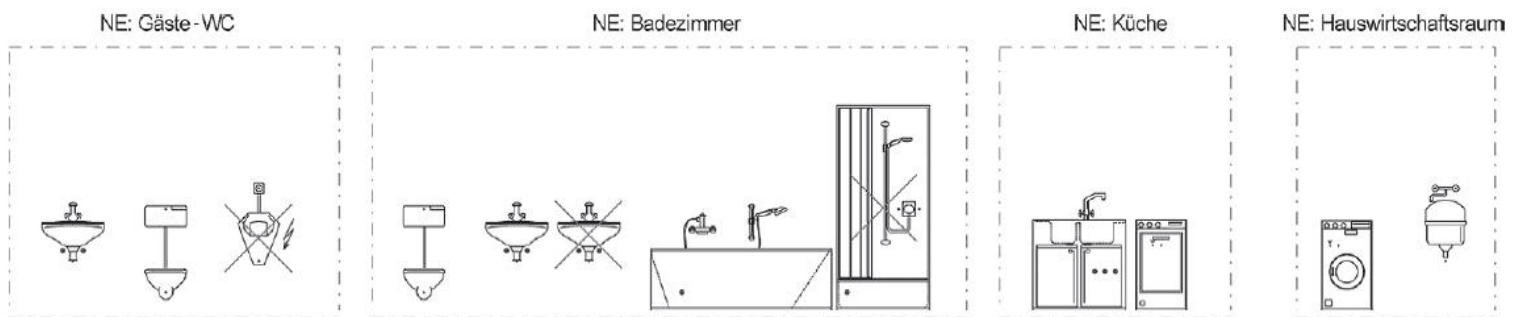
Deshalb wurden sogenannte Nutzungseinheiten (NE) definiert. Eine Nutzungseinheit ist ein Raum mit Trinkwasserentnahmestellen. Die Nutzung ist dadurch gekennzeichnet, dass maximal zwei Entnahmestellen gleichzeitig geöffnet sind.

Beispiele für Nutzungseinheiten sind Badezimmer, Küche, Hauswirtschaftsraum, Gäste- WC.

### Für den Summendurchfluss gilt:

Innerhalb einer Nutzungseinheit wird ein zweites Waschbecken, eine Duschwanne zusätzlich zur Badewanne, ein Urinal oder Bidet nicht berücksichtigt (Abb. 2).

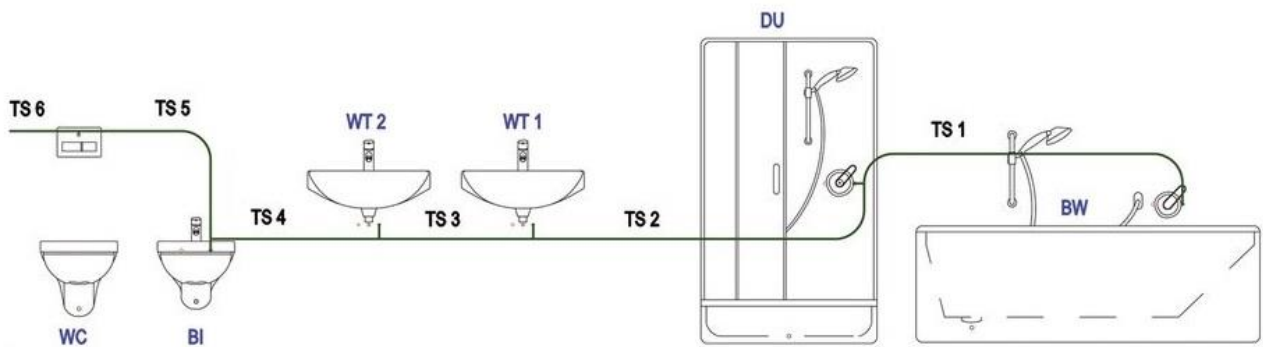
Abb. 2: Nutzungseinheiten in einem Wohngebäude und deren Berücksichtigung bei der Ermittlung des Summendurchflusses.



### Für die Ermittlung des Spitzendurchflusses gilt:

Innerhalb einer Nutzungseinheit wird der Spitzendurchfluss durch Aufsummierung der beiden größten Einzelberechnungsdurchflüsse bestimmt (Abb. 3).

Abb. 3: Beispiel Badezimmer als Nutzungseinheit; Stockwerksleitung für Kaltwasser.



Objekt		$\dot{V}_R$ [l/s]
Badewanne	BW	0,15
Dusche	DU	0,15
Waschtisch 1	WT 1	0,07
Waschtisch 2	WT 2	0,07
Bidet	BI	0,07
WC Spülkasten	WC	0,13

### Beispiel 1

- Badezimmer mit WC, Bidet, zwei Waschtischen, einer Dusche und einer Badewanne
- Stockwerksleitung PWC
- eine Nutzungseinheit

Teilstrecke	maßgebender Volumenstrom <sup>1</sup>	Ermittlung	Bemerkung
TS	[l/s]		
1	0,15	$= \dot{V}_{R(BW)}$	
2	0,15	$= \dot{V}_{R(BW)}$	Dusche wird nicht berücksichtigt
3	0,22	$0,15 + 0,07$ $= \dot{V}_{R(BW)} + \dot{V}_{R(WT\ 1)}$	Addition der beiden größten Einzelberechnungsdurchflüsse der nachgeschalteten Teilstrecken
4	0,22	$0,15 + 0,07$ $= \dot{V}_{R(BW)} + \dot{V}_{R(WT\ 1)}$	Waschtisch 2 wird nicht berücksichtigt
5	0,22	$0,15 + 0,07$ $= \dot{V}_{R(BW)} + \dot{V}_{R(WT\ 1)}$	Bidet wird nicht berücksichtigt
6	0,28	$0,15 + 0,13$ $= \dot{V}_{R(BW)} + \dot{V}_{R(WC)}$	Addition der beiden größten Einzelberechnungsdurchflüsse der nachgeschalteten Teilstrecken

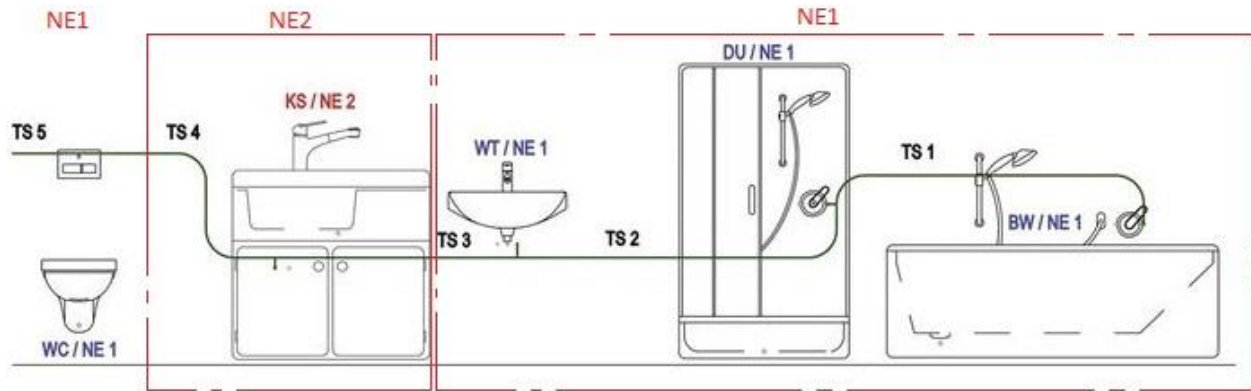
<sup>1</sup> Der maßgebende Volumenstrom ist der für die Dimensionierung anzusetzende Spitzendurchfluss der NE und wird in den Rechengang eingesetzt.

Bei zwei oder mehr Nutzungseinheiten in einer Teilstrecke werden zunächst die Spitzendurchflüsse der Nutzungseinheiten addiert. Dann wird der Spitzendurchfluss mit Hilfe der Gleichung „Nutzungsart“ berechnet.

Von beiden Ergebnissen geht der kleinere Wert in die Berechnung ein (Abb. 4).



Abb. 4: Beispiel Badezimmer (NE 1) und Küche (NE 2); Stockwerksleitung für Kaltwasser.



Objekt		$\dot{V}_R$ [l/s]	NE
Badewanne	BW	0,15	1
Dusche	DU	0,15	1
Waschtisch	WT	0,07	1
Küchenspüle	KS	0,10	2
WC Spülkasten	WC	0,13	1

#### Beispiel

- Badezimmer mit WC, Waschtisch, Dusche und Badewanne (Nutzungseinheit NE 1)
- Küche mit Küchenspüle (Nutzungseinheit NE 2)
- Gemeinsame Stockwerksleitung PWC
- Nutzungsart Wohngebäude

Teilstrecke	maßgebender Volumenstrom	Ermittlung	Bemerkung
TS	[l/s]		
1	0,15	$= \dot{V}_{R(BW)}$	
2	0,15	$= \dot{V}_{R(BW)}$	Dusche wird nicht berücksichtigt
3	0,22	$0,15 + 0,07$ $= \dot{V}_{R(BW)} + \dot{V}_{R(WT)}$	Addition der beiden größten Einzelberechnungsdurchflüsse der nachgeschalteten Teilstrecken
4a <sup>1</sup>	0,32	$0,15 + 0,07 + 0,10$ $= \dot{V}_{R(BW)} + \dot{V}_{R(WT)} + \dot{V}_{R(KS)}$	Addition der Spitzendurchflüsse beider NEs
4b <sup>1</sup>	0,25	$= \dot{V}_{S(\text{Formel})} = a(\sum \dot{V}_R)^b - c$ $\dot{V}_S = 1,48 \left( 0,32 \frac{\text{l}}{\text{s}} \right)^{0,19} - 0,94 = 0,25 \text{ l/s}$	Spitzendurchfluss nach Formel mit $\sum \dot{V}_R = \dot{V}_{R(BW)} + \dot{V}_{R(WT)} + \dot{V}_{R(KS)}$ $= (0,15 + 0,07 + 0,10) \text{ l/s} = 0,32 \text{ l/s}$
5a <sup>2</sup>	0,38	$0,15 + 0,13 + 0,10$ $= \dot{V}_{R(BW)} + \dot{V}_{R(WC)} + \dot{V}_{R(KS)}$	Addition der Spitzendurchflüsse beider NEs
5b <sup>2</sup>	0,29	$= \dot{V}_{S(\text{Formel})} = a(\sum \dot{V}_R)^b - c$ $\dot{V}_S = 1,48 \left( 0,38 \frac{\text{l}}{\text{s}} \right)^{0,19} - 0,94 = 0,29 \text{ l/s}$	Spitzendurchfluss nach Formel mit $\sum \dot{V}_R = \dot{V}_{R(BW)} + \dot{V}_{R(WC)} + \dot{V}_{R(KS)}$ $= (0,15 + 0,13 + 0,10) \text{ l/s} = 0,38 \text{ l/s}$

<sup>1</sup> Der Spitzendurchfluss nach Formel (4b) ist kleiner als die Addition der Spitzendurchflüsse der beiden Nutzungseinheiten (4a). Der kleinere Wert (0,25 l/s) wird in den Rechengang eingesetzt.

<sup>2</sup> Der Spitzendurchfluss nach Formel (5b) ist kleiner als die Addition der Spitzendurchflüsse der beiden Nutzungseinheiten (5a). Der kleinere Wert (0,29 l/s) wird in den Rechengang eingesetzt.

## II. Berechnung des verfügbaren Druckgefälles für die Rohrreibung $R_v$

Um den Innendurchmesser einer Trinkwasserleitung bestimmen zu können, muss neben dem Spitzendurchfluss  $V_s$  auch das verfügbare Rohrreibungsdruckgefälle  $R_v$  bestimmt werden. Das Rohrreibungsdruckgefälle berechnet sich nach der Formel:

$$R_v = \frac{\left(1 - \frac{a}{100}\right)}{l_{\text{ges}}} \Delta p_{\text{ges},v}$$

mit

$$\Delta p_{\text{ges},v} = p_{\text{minWZ}} - \Delta p_{\text{geo}} - \sum \Delta p_{\text{Ap}} - \sum \Delta p_{\text{RV}} - p_{\text{minFI}}$$

Dabei ist

- $R_v$  das verfügbare Druckgefälle;
- $a$  der Anteil der Druckverluste durch Einzelwiderstände
- $l_{\text{ges}}$  die Rohrleitungslänge;
- $\Delta p_{\text{ges},v}$  die verfügbare Druckdifferenz;
- $p_{\text{minWZ}}$  der Mindestdruck nach dem Hauswasserzähler;
- $\Delta p_{\text{geo}}$  der Druckverlust aus geodätischem Höhenunterschied;
- $\Delta p_{\text{Ap}}$  der Druckverlust in einem Apparat;
- $\Delta p_{\text{RV}}$  der Druckverlust im Rückflussverhinderer;
- $p_{\text{minFI}}$  der Mindestfließdruck.

Der hydraulisch ungünstigste Fließweg ist durch das kleinste verfügbare Rohrreibungsdruckgefälle  $R_v$  gekennzeichnet. Da hier der zur Verfügung stehende Druck pro Meter Leitungslänge am geringsten ist, wird hier mit der Bemessung der Rohrleitung begonnen.

Die Ermittlung des verfügbaren Rohrreibungsdruckgefälles erfolgt mit dem Formblatt nach Tab. 5:

**Tab. 5:** Formblatt zur Ermittlung des verfügbaren Rohrreibungsdruckgefälles (Bsp.)

Fließweg-/Strang- Nr. 1				
	Benennung	Bezeichnung	Wert	Einheit
1	Mindest- Versorgungsdruck	$p_{\text{minV}}$		hPa
2	Druckverlust in der Hausanschlussleitung	$\Delta p_{\text{Hal}}$		hPa
3	Druckverlust im Hauswasserzähler	$\Delta p_{\text{WZ}}$		hPa
4	Mindestdruck nach dem Hauswasserzähler	$p_{\text{min, WZ}}$	<b>3500,0</b>	hPa
5	Druckverlust aus geodätischem Höhenunterschied	$\Delta p_{\text{geo}}$	1059,0	hPa
6	Druckverlust im Rückflussverhinderer	$\Delta p_{\text{RV}}$	60,0	hPa
7	Druckverlust in Apparaten			
	Wohnungs- Wasserzähler	$\Delta p_{\text{WZ}}$	253,6	hPa
	Filter	$\Delta p_{\text{FIL}}$	101,6	hPa
	Enthärtungsanlage	$\Delta p_{\text{EH}}$		hPa
	Dosieranlage	$\Delta p_{\text{DOS}}$		hPa
	Gruppen-Trinkwassererwärmer	$\Delta p_{\text{TE}}$		hPa
	weitere Apparate	$\Delta p_{\text{Ap}}$		hPa
8	Mindestfließdruck	$p_{\text{minFL}}$	1000,0	hPa

	Entnahmearmatur: Mischarmatur für Waschtisch			
9	Summe der Druckverluste	$\sum \Delta p$	2474,2	hPa
10	Bei abgleichender Berechnung: Druckverlust aus Rohrreibung und Einzelwiderständen in bereits berechneten TS _____ bis TS _____	$\sum (l \cdot R + Z)$		hPa
11	verfügbar für Druckverlust aus Rohrreibung und Einzelwiderständen TS 01 bis TS 21	$\sum (l \cdot R + Z) v$	<b>1025,8</b>	hPa
12	geschätzter Anteil für Einzelwiderstände	a	30,0	%
13	verfügbar für Druckverlust aus Rohrreibung	$\Delta p_R$	718,1	hPa
14	Leitungslänge	$l_{ges}$	137,5	m
15	verfügbares Rohrreibungsdruckgefälle	$R_v$	<b>5,2</b>	hPa/m

### Erläuterungen zu Tab. 5:

#### **Mindestdruck nach dem Wasserzähler $p_{min\ wZ}$ ( Zeile 1 bis 4 ):**

Maßgebend für die Berechnung ist der vom WVU genannte Mindestdruck nach dem Wasserzähler  $p_{min\ wZ}$ . Wird nur der Mindestversorgungsdruck  $p_{min\ v}$  angegeben, so kann der Planer für den Druckverlust in der Hausanschlussleitung  $\Delta p_{Hal} = 200$  hPa und für den Wasserzähler  $\Delta p_{wZ} = 650$  hPa annehmen. Der Mindestdruck nach dem Wasserzähler ist dann:

$$p_{min\ wZ} = p_{min\ v} - \Delta p_{Hal} - \Delta p_{wZ}$$

#### **Druckverlust aus geodätischem Höhenunterschied $\Delta p_{geo}$ ( Zeile 5 ):**

Der Druckverlust wird mit Hilfe der Druckhöhengleichung berechnet:

$$P = h \cdot \rho \cdot g \quad \text{mit } \rho = 1000 \text{ kg/m}^3 \text{ und } g = 10 \text{ m/s}^2 = 10 \text{ N/kg}$$

$$p = h \text{ (m)} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 10 \text{ N/kg} = h \cdot 10000 \text{ N/m}^3$$

$$\Delta p_{geo} = h_{ges} \cdot 100 \text{ in hPa}$$

Der geodätische Höhenunterschied  $h_{geo}$  wird zwischen der Messstelle für  $p_{min\ wZ}$  und der höchsten Entnahmearmatur gemessen.

#### **Druckverluste in Apparaten $\Delta p_{Ap}$ ( Zeile 7 ):**

Hat der Hersteller für einen Betriebspunkt eines Apparates  $V_g$  und  $\Delta p_g$  angegeben, so kann der Druckverlust bei Spitzendurchfluss  $V_s$  ermittelt werden:

$$\Delta p_{Ap} = \Delta p_g \cdot V_s^2 / V_g^2$$

Der Druckverlust eines Filters bei Spitzendurchfluss wird ebenfalls nach dieser Gleichung ermittelt, wobei  $\Delta p_g = 200$  hPa und  $V_g = V_N$  des gewählten Filters ist.

Wird vom Hersteller der  $k_v$ - Wert angegeben, so kann der Druckverlust nach folgender Formel bestimmt werden:

$$\Delta p_{Ap} = 1000 \text{ hPa} \cdot V_s^2 / k_v^2$$

**Druckverluste in Trinkwassererwärmern  $\Delta p_{TE}$  ( Zeile 7 ):**

Für produktneutrale Ausschreibungen können die Referenzwerte nach Tab. 6 verwendet werden:

**Tab. 6:** Referenzwerte für Druckverlust  $\Delta p_{TE}$  von Gruppen- Trinkwasser erwärmern (DIN 1988-300)

Geräteart	Druckverlust $\Delta p_{TE}$ hPa
Elektro-Durchfluss-Wassererwärmer hydraulisch gesteuert	1 000
elektronisch gesteuert	800
Elektro- bzw. Gas-Speicher-Wassererwärmer Nennvolumen bis 80 l	200
Gas-Durchfluss-Wasserheizer und Gas-Kombi-Wasserheizer nach DIN EN 297, DIN EN 625	800

Zentrale Speicher- Trinkwassererwärmer können mit Hilfe der Widerstandbeiwerte für Einströmung  $g = 1$  und Ausströmung  $g = 0,5$  erfasst werden.

**Druckverluste bei Entnahmearmaturen  $p_{minFL}$  ( Zeile 8 ):**

Sind die Herstellerwerte für die Mindestfließdrücke bei Entnahmearmaturen nicht bekannt, so können die Referenzwerte nach Tab. 7 eingesetzt werden:

**Tab. 7:** Referenzwerte für den Mindestfließdruck nach DIN 1988-100

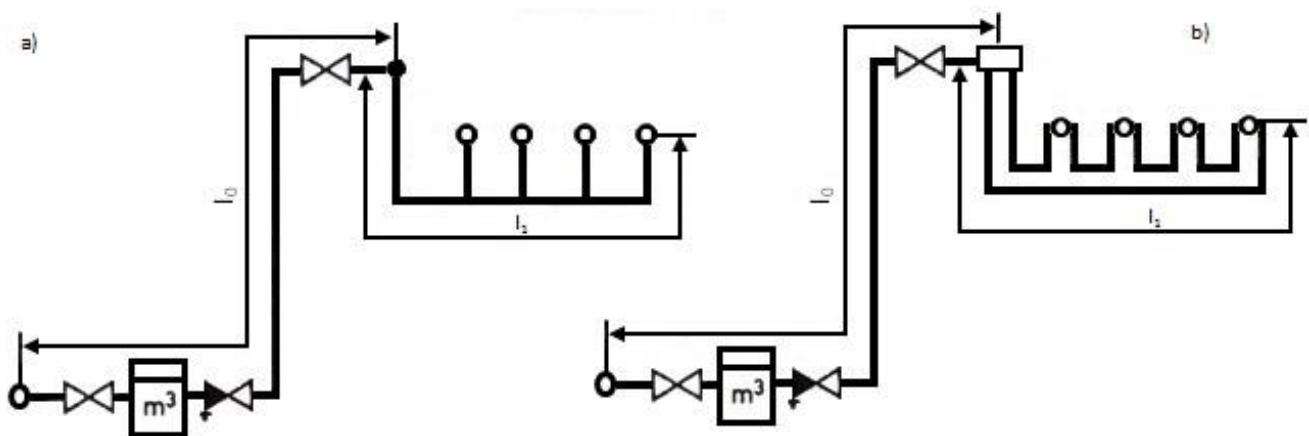
Art der Entnahmestelle	Referenzwert Mindestfließdruck
Mischarmaturen DN 15 für Duschwanne, Küchenspüle, Bidet, Auslaufventile DN 10 und DN 15 mit Stahlregler, Druckspüler für Urinale	0,10 MPa
Auslaufventile DN 15 bis DN 25 mit Stahlregler, Auslaufventile DN 15 für Wasch- und Geschirrspülmaschinen	0,05 MPa

Da die Mindestfließdrücke der Entnahmearmaturen höher liegen können als die Referenzwerte, sind den Herstellerangaben besondere Beachtung zu schenken.

**Druckverluste im Stockwerk bei Ringleitungen ( weitere Zeile einfügen )**

Geht man davon aus, dass die Ringleitung ( Abb. 5b )durchgehend in gleicher Nennweite verlegt wird, so kann die Berechnung der Druckverluste wie folgt durchgeführt werden:

**Abb. 5 :** Stockwerksverteilung als a) T- Stück- Installation b) Ringleitung



Für die T- Stück- Installation ergibt sich ein verfügbares Gesamtdruckgefälle für Rohrreibung und Einzelwiderstände von:

$$R_{ges} = \Delta p_{ges,V} / (l_0 + l_1)$$

Als Annäherungswert für den Druckverlust im Ring kann angenommen werden:

$$\Delta p_{ST} = \Delta p_{Ring} = R_{ges} \cdot l_1$$

Da die Entnahmestellen von zwei Seiten versorgt werden, kann die Nennweite der Ringleitung kleiner gewählt werden als bei der T- Stück- Installation.

Die Ringleitungsinstallation eignet sich für Kindergärten, Seniorenwohnheime und Krankenhäuser.

Die T- Stück- Installation sollte nur bei regelmäßig und täglich genutzten Entnahmestellen verwendet werden.

### **Druckverluste in geraden Rohrleitungen ( Zeile 10, 11 ):**

Die Druckverluste in geraden Rohrleitungen werden nach DIN 1988- 300 für Teilstrecken (TS) einzeln berechnet. Eine Teilstrecke ist gekennzeichnet durch gleichen Werkstoff, gleichen Rohrinne Durchmesser und gleichen Volumenstrom.

Um den Rohrreibungsdruckverlust  $\Delta p_R$  einer Teilstrecke bestimmen zu können, muss zusätzlich noch die Temperatur des Trinkwassers und die Länge der Teilstrecke bekannt sein:

$$\Delta p_R = R \cdot l \quad \text{mit} \quad \begin{aligned} \Delta p_R &= \text{Rohrreibungsdruckverlust in hPa bzw. mbar} \\ l &= \text{Länge der Teilstrecke in m} \\ R &= \text{Rohrreibungsdruckgefälle in hPa /m bzw. mbar/ m} \end{aligned}$$

Das Rohrreibungsdruckgefälle R wird aus Tabellen (Tab.8) oder Diagrammen entnommen oder ist dem Berechnungsprogramm hinterlegt.

### **Beispiel:**

Trinkwasserleitung kalt (10°C); Werkstoff: nichtrostender Stahl, DN 20, Volumenstrom  $V_s = 0,60 \text{ l/s}$ .

**Tab 8:** Ermittlung des Rohrreibungsdruckgefälles R nach DIN 1988- 300 (Auszug).

nichtrostender Stahl (k = 0,0015 mm)							
$\dot{V}$	$\dot{V}$	DN 10 $d_i = 10,0 \text{ mm}$	DN 12 $d_i = 13,0 \text{ mm}$	DN 15 $d_i = 16,0 \text{ mm}$	DN 20 $d_i = 19,6 \text{ mm}$	DN 25 $d_i = 25,6 \text{ mm}$	$\dot{V}$



		v	R	R	v	R	R	v	R	R	v	R	R	v	R	R	
			10°C	60°C		10°C	60°C		10°C	60°C		10°C	60°C		10°C	60°C	
l/s	l/h	m/s	hPa/m	hPa/m	m/s	hPa/m	hPa/m	m/s	hPa/m	hPa/m	m/s	hPa/m	hPa/m	m/s	hPa/m	hPa/m	l/s
0,56	2.016				4,22	151,3	121,8	2,79	55,9	44,5	1,86	21,2	16,7	1,09	5,9	4,6	0,56
0,57	2.052				4,29	156,2	125,8	2,83	57,7	46,0	1,89	21,9	17,3	1,11	6,1	4,8	0,57
0,58	2.088				4,37	161,1	129,8	2,88	59,5	47,5	1,92	22,5	17,8	1,13	6,3	4,9	0,58
0,59	2.124				4,45	166,1	133,9	2,93	61,4	48,9	1,96	23,2	18,4	1,15	6,5	5,1	0,59
0,60	2.160				4,52	171,2	138,1	2,98	63,2	50,5	1,99	23,9	18,9	1,17	6,7	5,2	0,60

Aus Tab. 8 ergibt sich für das Beispiel ein Rohrreibungsdruckgefälle  $R = 23,9$  hPa/m.

### **Druckverluste von Formstücken und Einzelwiderständen ( Zeile 10, 11 ):**

Unter Formstücken versteht man z.B. Winkel, Bögen, Abzweige und Reduzierstücke. Zu den Einzelwiderständen zählen z.B. Absperrarmaturen.

Apparate wie Filter und Entnahmearmaturen werden nicht den Einzelwiderständen zugeordnet, sondern einzeln mit dem jeweiligen Druckverlust im Formblatt (siehe Tab.5) aufgeführt.

Der Druckverlust  $\Delta p_{E,A}$  von Formstücken und Einzelwiderständen in einer Teilstrecke wird über die Summe der Widerstandsbeiwerte  $\sum \zeta$  erfasst:

$$\Delta p_{E,A} = Z = \sum \zeta \frac{\rho}{2} v^2$$

mit  $\sum \zeta$  = Summe der  $\zeta$ - Werte in einer Teilstrecke

$\rho$  = Dichte des Trinkwassers in  $\text{kg/m}^3$




$v$  = Strömungsgeschwindigkeit in m/s

Es sind die  $\zeta$ - Werte der Hersteller zu berücksichtigen.

### **Beispiel:**

Für ein T- Stück DN 20 aus Kupfer, Abzweig, Stromtrennung (TA), wird ein Widerstandsbeiwert  $\zeta = 1,2$  angenommen (Tab. 9). Die Strömungsgeschwindigkeit  $v$  beträgt 1,7 m/s. Die Dichte des Trinkwassers (kalt) wird mit  $\rho = 999,7 \text{ kg/m}^3$  10°C Trinkwassertemperatur ( $\rho = 983,2 \text{ kg/m}^3$  60°C) angegeben. Welcher Druckverlust  $\Delta p_{E,A}$  stellt sich ein?

**Tab. 9:** Widerstandsbeiwerte für Form- und Verbindungsstücke aus Kupfer. Referenzwerte nach DIN 1988- 300 (Auszug).

Nr	Einzelwiderstand <sup>b</sup>	Kurzzeichen nach DVGW W 575	Graphisches Symbol <sup>a</sup> , vereinfachte Darstellung	Widerstandsbeiwert $\zeta$										
				DN 12	DN 15	DN 20	DN 25	DN 32	DN 40	DN 50	DN 60	DN 65	DN 80	DN 100
				Rohraußendurchmesser $d_a$										
				mm										
				15	18	22	28	35	42	54	64	76,1	88,9	108
1	T-Stück Abzweig Stromtrennung	TA		2,1	2,3	1,2	2,0	1,6	1,0	0,9	1,0	1,1	1,1	1,1
2	T-Stück Durchgang Stromtrennung	TD		0,9	0,7	0,7	0,7	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
3	T-Stück Gegenlauf Stromtrennung	TG		0,0	0,0	0,1	0,3	0,6	0,8	0,9	1,0	1,1	1,1	1,1

$$\Delta p_{E,A} = \zeta \frac{\rho}{2} v^2$$

$$\Delta p_{E,A} = 1,2 \frac{999,7 \text{ kg/m}^3}{2} (1,7 \text{ m/s})^2$$

$$\Delta p_{E,A} = 1733 \frac{\text{kg m}^2}{\text{m}^3 \text{ s}^2} = 1733 \frac{\text{kg m}}{\text{m}^2 \text{ s}^2} = 1733 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$\Delta p_{E,A} = 1733 \text{ hPa}$$

Die Widerstandsbeiwerte werden auf diese Weise für jede Teilstrecke (TS) eines Strangs mit Hilfe eines Formblattes (Tab. 10) ermittelt.

**Tab. 10:** Formblatt zur Ermittlung der Widerstandsbeiwerte eines Strangs ( Beispiel; Werkstoff nichtrostender Stahl).

Fließweg- /Strang- Nr. 12																					
Bezeichnung der Teilstrecke	Innendurchmesser	T-Stück Abzweig Stromtrennung bzw. Gegenlauf			T-Stück Durchgang Stromtrennung			Winkel/Bogen 90°			Winkel/Bogen 45°			Absperrventil Schrägsitzventil			Speichereintritt Speicherausritt Wandscheibe				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	27	
TS	$d_i$	n	$\zeta$	$\Sigma \zeta$	n	$\zeta$	$\Sigma \zeta$	n	$\zeta$	$\Sigma \zeta$	n	$\zeta$	$\Sigma \zeta$	n	$\zeta$	$\Sigma \zeta$	n	$\zeta$	$\Sigma \zeta$	$\Sigma \zeta$	
-	mm	Stck	-	-	Stck	-	-	Stck	-	-	Stck	-	-	Stck	-	-	Stck	-	-	-	
TS 0	51,0													2	2,5	5,0				5,0	
TS 1	51,0	1	0,9	0,9				2	0,4	0,8										1,7	
TS 2	51,0	1	0,9	0,9				8	0,4	3,2										4,1	
TS 3	39,0				1	0,1	0,1													0,1	
TS 4	39,0				1	0,1	0,1													0,1	
TS 5	39,0				1	0,1	0,1													0,1	
TS 6	39,0				1	0,1	0,1													0,1	
TS 7	39,0				1	0,1	0,1													0,1	
TS 8	39,0				1	0,1	0,1													0,1	
TS 9	39,0				1	0,1	0,1													0,1	
TS 10	39,0				1	0,1	0,1													0,1	
TS 11	32,0				1	0,5	0,5													0,5	
TS 12	32,0				1	0,5	0,5													0,5	
TS 13	32,0				1	0,5	0,5	3	1,6	4,8										5,3	
TS 14	25,6													1	2,0	2,0				2,0	
TS 15	25,6				1	0,5	0,5													0,5	
TS 16	25,6				1	0,7	0,7													0,7	
TS 17	25,6				1	0,7	0,7													0,7	
TS 18	19,6							4	1,0	4,0				1	2,0	2,0				6,0	
TS 19	19,6	1	1,2	1,2				3	1,0	3,0	2	1,6	3,2							7,4	
TS 20	19,6				1	0,7	0,7													0,7	
TS 21	13,0	1	2,3	2,3													1	1,4	1,4	3,7	

### Die Wahl der Rohrdurchmesser

Der Innendurchmesser einer Trinkwasserleitung wird durch den Spitzenvolumenstrom und das verfügbare Rohrreibungsdruckgefälle festgelegt. Dabei dürfen die Strömungsgeschwindigkeiten nach Tab. 11 nicht überschritten werden:

**Tab. 11:** Max. zulässige Strömungsgeschwindigkeiten

Leistungsart	Rechnerische Geschwindigkeit [m/s]
Hausanschlussleitung	2,0
Verbrauchsleitung $\zeta < 2,5$	5,0 <sup>1</sup>
Verbrauchsleitung $\zeta \geq 2,5$	2,5 <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Bei Fließdauern  $\geq 15$  min ist in allen Leitungsabschnitten die Geschwindigkeit auf 2,0 m/s begrenzt

Eine Dimensionierung allein nach der zulässigen Strömungsgeschwindigkeit darf nicht erfolgen, da dadurch die Rohrleitung unter- oder überdimensioniert wird.

Wie nun die Innendurchmesser unter Berücksichtigung des Spitzenvolumenstromes und des verfügbaren Rohrreibungsdruckgefälles sowie der Berechnung des Druckverlustes Bemessen werden können, zeigt Tab. 12:

**Tab. 12:** Formblatt zur Ermittlung der Rohrdurchmesser (Beispiel)

Fließweg - / Strang - Nr. 12														
Bezeichnung der Teilstrecke	Länge der Teilstrecke	Werkstoff	Temperatur	Summendurchfluss	Spitzendurchfluss	Durchfluss aus Dauerverbrauch	Volumenstrom gesamt	Innendurchmesser	mittlere Fließgeschwindigkeit	Rohrreibungsdruckgefälle	Druckverlust aus Rohrreibung	Summe der Widerstandsbeiwerte	Druckverlust aus Einzelwiderständen	Druckverlust aus Einzelwiderständen
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
TS	l		$\vartheta_W$	$\Sigma \dot{V}_R$	$\dot{V}_S$	$\dot{V}_D$	$\dot{V}_S + \dot{V}_D$	$d_i$	v	R	$I \cdot R$	$\Sigma \zeta$	Z	$I \cdot R + Z$
-	m		°C	l/s	l/s	l/s	l/s	mm	m/s	hPa/m	hPa	-	hPa	hPa
TS 0	2,0	ni.-St.	9	44,64	2,11	0,30	2,41	51,0	1,18	2,9	5,8	5,0	34,7	40,5
TS 1	2,0	ni.-St.	10	30,72	1,90	0,30	2,20	51,0	1,08	2,5	5,0	1,7	28,9	33,9
TS 2	8,0	ni.-St.	10	30,72	1,90		1,90	51,0	0,93	1,9	15,3	4,1	17,7	32,9
TS 3	10,0	ni.-St.	10	28,16	1,85		1,85	39,0	1,55	6,6	65,8	0,1	1,2	67,0
TS 4	10,0	ni.-St.	10	25,60	1,80		1,80	39,0	1,51	6,3	62,7	0,1	1,1	63,8
TS 5	10,0	ni.-St.	10	23,04	1,75		1,75	39,0	1,46	5,9	59,4	0,1	1,1	60,4
TS 6	10,0	ni.-St.	10	20,48	1,69		1,69	39,0	1,41	5,6	55,8	0,1	1,0	56,8
TS 7	10,0	ni.-St.	10	17,92	1,62		1,62	39,0	1,36	5,2	52,0	0,1	0,9	52,9
TS 8	10,0	ni.-St.	10	15,36	1,55		1,55	39,0	1,30	4,8	47,9	0,1	0,8	48,7
TS 9	10,0	ni.-St.	10	12,80	1,46		1,46	39,0	1,22	4,3	43,3	0,1	0,7	44,1
TS 10	10,0	ni.-St.	10	10,24	1,36		1,36	39,0	1,14	3,8	38,2	0,1	0,7	38,9
TS 11	10,0	ni.-St.	10	7,68	1,24		1,24	32,0	1,54	8,3	83,3	0,5	5,9	89,2
TS 12	10,0	ni.-St.	10	5,12	1,08		1,08	32,0	1,34	6,5	65,0	0,5	4,5	69,5
TS 13	11,5	ni.-St.	10	2,56	0,83		0,83	32,0	1,03	4,1	47,0	5,3	28,2	75,2
TS 14	1,0	ni.-St.	10	2,56	0,83		0,83	25,6	1,61	11,9	11,9	2,0	26,0	37,8
TS 15	2,8	ni.-St.	10	1,92	0,74		0,74	25,6	1,43	9,6	26,8	0,5	5,1	31,9
TS 16	2,8	ni.-St.	10	1,28	0,61		0,61	25,6	1,19	6,9	19,3	0,7	4,9	24,3
TS 17	2,8	ni.-St.	10	0,64	0,42		0,42	25,6	0,82	3,6	10,0	0,7	2,3	12,3
TS 18	1,0	ni.-St.	10	0,64	0,42		0,42	19,6	1,39	12,7	12,7	6,0	58,0	70,8
TS 19	1,4	ni.-St.	10	0,35	0,27		0,28	19,6	0,93	6,3	8,8	7,4	31,9	40,6
TS 20	2,0	ni.-St.	10	0,20	0,15		0,20	19,6	0,66	3,5	7,0	0,7	1,5	8,5
TS 21	0,2	ni.-St.	10	0,07			0,07	13,0	0,53	4,0	0,8	3,7	5,1	5,9
$\Sigma(\text{Länge})$	137,5											$\Sigma(I \cdot R + Z) =$		965,5

### Quellen:

**Heinrichs, F. J. u.a. (2013):** Ermittlung und Berechnung der Rohrdurchmesser. Differenziertes und vereinfachtes Verfahren. Kommentar zu DIN 1988- 300 und DIN EN 806- 3. Hrsg.: DIN Deutsches Institut für Normung e. V. Zentralverband Sanitär Heizung Klima. 1. Auflage 2013. Beuth Verlag, Berlin.

**Kistemann u. a. (2012):** Gebäudetechnik für Trinkwasser. Fachgerecht planen- Rechtssicher ausschreiben- Nachhaltig sanieren. Springer Verlag, Berlin- Heidelberg 2012.

**Reichert, Peter (2012):** „Grundlagen zur Dimensionierung“ in SBZ Sanitär Heizung Klima 14,15/2012 S.42- 49.