

Mit dem Wasserrohr-Rechner für Strömung und Widerstände werden erfaßt:

- Druckwasser- und Abwasser-Leitungen,
- Wasser bei turbulenter Strömung,
- alle Rohrleitungen mit rundem, eckigem, ovalem Querschnitt,
- alle Rauigkeiten der Rohrinnenwand,
- alle Dichten bei allen Temperaturen und Drücken,
- Voll- und Teilfüllung bei Abwasser,
- Dränrohre aus Ton und PVC hart.

Besondere Vorteile des Rechners: **Alle** wasserführenden Leitungen werden erfaßt. Für die Berechnung ist nur **eine** Einstellung und eine Läuferverschiebung erforderlich.

Formelzeichen siehe auch Rückseite des Rechners.

Rohrreibung nach Colebrook gerechnet mit:
 Kinematischer Viskosität $\nu = 1,31 \text{ m}^2/\text{s}$, d. h. Wasser von 10°C .
 Rohrreibungszahl λ_0 bei hydraulisch glattem Rohr und 10°C .
 Längenbezogener Druck $R_0 = [\lambda_0/d_1 \cdot (\nu^2 \cdot \rho) : 2] \cdot 10^{-2}$ in mbar/m (Skala ⑦) oder $R = \frac{81114,847 \cdot \lambda \cdot \dot{V}_v^2}{(100 d)^5}$ in mbar/m

für Wasser 10°C , mit \dot{V}_v in l/s und d in m.
 Gefälle $J = g \cdot R_0$ in ‰/m = mm WS/m (Skala ⑧).
 Längenbezogener Druck, rau bei 10°C $R_k = c_k \cdot R_0$ in mbar/m (Rückseite).

Rauigkeits-Korrekturfaktor c_k bereits bei Skalen der Rückseite berücksichtigt. Weitere Zwischenwerte s. Diagramm.

Gebrauchsanweisung:

Mit dem Wasserrohr-Rechner wird die fast immer vorhandene turbulente Strömung berechnet. Laminare Strömung s. später. – Kurze Gebrauchsanweisung s. auch Rückseite des Rechners.

Die Skalen ① bis ⑤ stellen die Kontinuitätsgleichung dar: Volumenstrom $\dot{V}_v = \pi/4 \cdot d^2 \cdot v$. Von den 3 Größen \dot{V}_v , d und v brauchen nur 2 gegeben zu sein. Die dritte Größe ergibt sich dann. – Die Größe \dot{V}_v kann in l/s ② oder in m^3/h ③ oder in BW (Belastungswerten) ④ gegeben sein. Mit diesen Skalen lassen sich auch Umrechnungen der Einheiten ausführen.

1. Druckwasser

a) Wenn Volumenstrom \dot{V}_v in l/s ② oder in m^3/h ③ und Geschwindigkeit v ⑤ bei Vollfüllung gegeben, diese Werte übereinander stellen. Der erforderliche Durchmesser d_1 ④ wird vom Pfeil der Skala ④ angezeigt. Es können dann – ohne ändern der Einstellung – mit dem Läufer über der unteren \dot{V}_v -Skala ② die Reibungswerte R_0 für hy-

draulisch glattes Rohr ⑦ oder das Gefälle J_0 ⑧ abgelesen werden. Ohne Ändern der Läufer-einstellung können nun auf der Rückseite die Reibungswerte R_k bei den Rauigkeiten k und 10°C bestimmt werden.

Bei anderen Temperaturen als 10°C ist mit c_t -Diagramm zuerst die Temperatur-Korrektur des Wertes R_0 $10^\circ\text{C} \cdot c_t$ auszuführen. Dann diesen Wert auf Skala ⑦ einstellen und auf Rückseite $R_{k,1}$ ablesen.

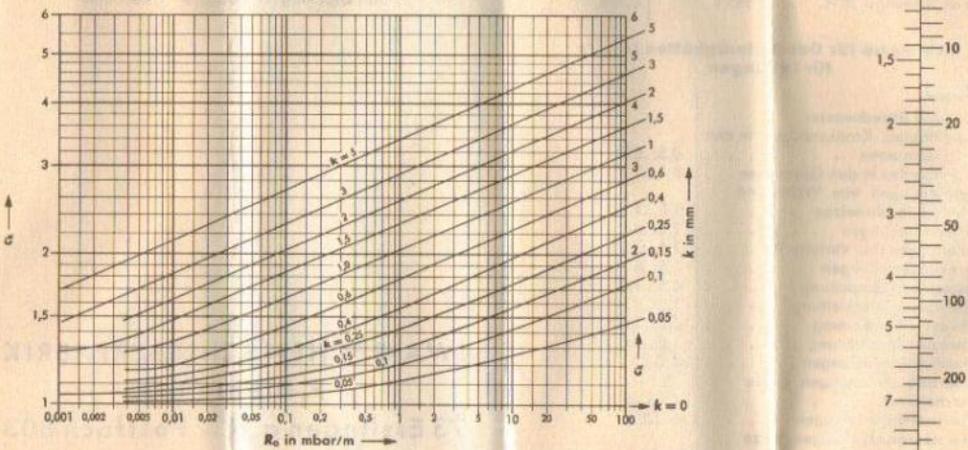
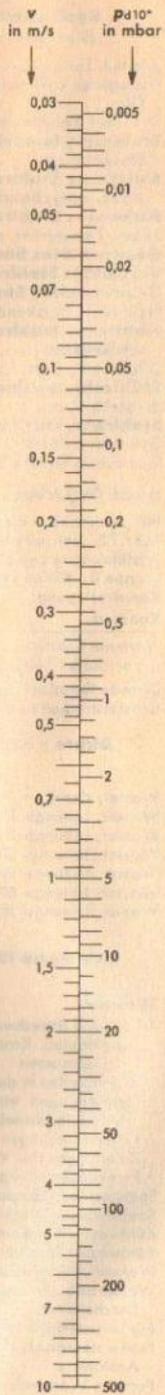
Ergebnis: $R_{k,1} = R_0 \cdot c_t \cdot c_k$.

b) Wenn Durchmesser d_1 und Gefälle J_0 oder J_k gegeben: d_1 auf Skala ④ einstellen. Mit Skalen ② und ③ J_k in R_k umwandeln und auf Rückseite aus R_k den Wert R_0 auf ⑦ ermitteln. Darüber \dot{V}_v in l/s bestimmen und nach ② ohne Verschieben der Zunge übertragen. Auf ⑤ ergibt sich die Geschwindigkeit v in m/s bei Vollfüllung unter \dot{V}_v ②.

c) Bei gegebenem \dot{V}_v in l/s und J_0 oder (J_k) diese Werte auf ⑥ und ⑧ übereinanderstellen. Es ergibt sich d_1 auf ④ und v auf ⑤.

Die Skalen ⑦ und ⑧ können auch zur Umrechnung von R_0 -Werten in J_0 -Werte ⑧ sowie von R_k -Werten in J_k -Werte und umgekehrt benutzt werden.

Der **dynamische Druck** p_d 10°C in mbar – für die Ermittlung der Einzelwiderstände $\zeta_{ges} \cdot p_d$ benötigt – kann der nebenstehenden Doppelskala entnommen werden. Bei anderen Temperaturen als 10°C ist $f \cdot p_d$ 10°C zu bilden. Es sind Gesamt-Zeta-Werte ζ_{ges} zu verwenden, die auch den Reibungseinfluß enthalten.



Druckverluste in Wasserleitungen

Korrekturdiagramm für verschiedene Rauigkeiten k

$$R_k = c_k \cdot R_0 \text{ in mbar/m} \triangleq J_k \text{ in } \text{‰/m}; R_0 \text{ für } 10^\circ\text{C Wasser}; \nu = 1,31 \text{ m}^2/\text{s}$$

Laminare Strömung ist bei Wasser selten, z. B. bei einer Berechnung mit 100% Volumenstrom, aber dauernd sehr geringer Entnahme. Als Anhalt für laminare Strömung bei 10 °C ($Re \leq 2320$) kann dienen:

Kritische Geschwindigkeiten und Volumenströme:

NW DIN 2440	d_i mm	v_{krit} m/s	\dot{V}_{krit} l/s
15	16	0,1899	0,0382
20	21,6	0,1407	0,0516
25	27,2	0,1117	0,0649
32	35,9	0,0847	0,0857
40	41,8	0,0727	0,0998
50	53	0,0573	0,1265
65	68,8	0,0442	0,1642

Bei laminarer Strömung ist Rohrreibungszahl $\lambda = 64 \cdot Re$, also unabhängig von Rauigkeit. Der längenbezogene Druck R ist dann nach der Gleichung für R_o zu berechnen.

Beispiel 1: Druckwasser 10 °C

Durch eine gerade Leitung von 17 m Länge mit 10 BW (Belastungswerten) und $\lambda \xi = 5,6$ soll in einem Wohnhaus Wasser von 10 °C strömen.

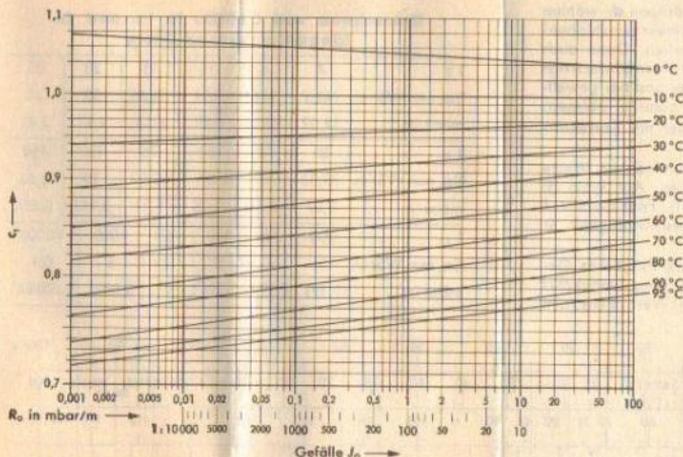
Gesucht: Wassergeschwindigkeit v in m/s; d_i von verzinktem Stahlrohr; gesamte Rohrreibung in mbar (m WS).

Lösung: Nach Tabelle für verzinktes Stahlrohr $k = 0,15$ mm (wegen Verkrustung). – Wassergeschwindigkeit v , lt. Tab. am Schluß, rd. 1 m/s auf ⑤ mit Läuferstrich unter 10 BW (auf ①) stellen (10 BW $\approx 0,8$ l/s). Über Pfeil $d_i = rd. 32$ mm \varnothing ablesen. Nächstliegendes Gewinderohr, verzinkt, nach DIN 2440 = mittelschwer, ist NW 32 mit $d_i = 35,9$ mm \varnothing . Korrigierte Einstellung ergibt bei 0,8 l/s: $v = rd. 0,8$ m/s. – Für Rohrreibung nur Läuferstrich auf $\dot{V}_{Reibg} = 0,8$ l/s ② verschieben – Zunge bleibt stehen I – ergibt auf ⑦ $R_o \approx 2,4$ mbar/m bzw. $J \approx 24,5$ mm WS/m.

Auch Läuferstrich auf $R_o \approx 2,4$ stehen lassen und auf Rückseite Werte $R_{k0,1} = 3,1$ und $R_{k0,25} = 3,7$ mbar/m ablesen. Interpolation für $R_{k0,15}$ ergibt 3,3 mbar/m.

Weitere Möglichkeit für $R_{k0,15}$: Aus c_k -Diagramm bei $R_o = 2,4$ ergibt bei $k = 0,15$ mm Faktor $c_k = 1,38$. – $R_o \cdot c_k = 2,4 \cdot 1,38 = 3,3$ mbar/m.

Temperatur-Korrektur-Faktor f für p_d 10 °C von Wasser					
t °C	20	30	50	80	90
$f =$	rd. 1	0,996	0,988	0,972	0,966



Gleiche Lösung in Kurzform:

Schritt	von	nach	ergibt
1.	$v \approx 1$ m/s ⑤	10 BW ($\approx 0,8$ l/s)	$d_i = 32$ mm \varnothing ④ gewählt NW 32 $d_i = 35,9$ mm \varnothing
2. Korrektur	$\dot{V}_v = 0,8$ l/s ②	$d_i = 35,9$ mm \varnothing ④	$v = 0,8$ m/s ③

Zunge stehen lassen I Läuferstrich verstellen auf:

3.	$\dot{V}_{Reibg} = 0,8$ l/s ②	$R_o \approx 2,4$ mbar/m ⑦
		$J \approx 24,5$ mm WS/m ⑧

Auch Läuferstrich stehen lassen und auf Rückseite ablesen:

$R_{k0,1} = 3,1$ mbar/m
$R_{k0,25} = 3,7$ mbar/m

Interpoliert: $R_{k0,15} = 3,3$ mbar/m

Oder mit c_k -Diagramm:

$$R_o = 2,4 \quad k = 0,15 \quad c_k = 1,38$$

Rechnung $R_{k0,15} = 2,4 \cdot 1,38 = 3,3$ mbar/m. Keine Temperatur-Korrektur, da 10 °C.

Rechnung $\xi \cdot p_d = 5,6 \cdot 3,2 = 17,9 + (17 \text{ m} \cdot 3,3 = 56,1) = 74,0$ mbar.

Beispiel 2: Druckwasser 50 °C (Warmwasser-Leitung)

In einem Industriebetrieb werden 1,2 m³/h Warmwasser von 50 °C benötigt. Leitungslänge 23 m mit $\lambda \xi = 9$.

Gesucht: Rohrabmessungen (Stahlrohr, verzinkt); Geschwindigkeit v ; gesamte Rohrreibung in mbar (m WS).

Lösung (in Kurzform): Gewählt lt. Tabellen: $v = 1 \dots 1,5$ m/s für Industriebetrieb; $k = 0,1$ mm, geringe Verkrustungen.

Schritt von nach ergibt

1.	$\dot{V}_v = 1,2$ m³/h ③	$v = rd. 1$ m/s ⑤	$d_i = 21$ mm \varnothing ④ gewählt NW 20 $d_i = 21,6$ mm \varnothing
----	--------------------------	-------------------	---

2. Korrektur:

$$\dot{V}_v = 1,2 \text{ m}^3/\text{h} \quad d_i = 21,6 \text{ mm } \varnothing \quad v = 0,91 \text{ m/s } \textcircled{3}$$

Zunge stehen lassen I Läuferstrich verstellen auf:

3.	$\dot{V}_{Reibg} = 0,333$ l/s ②	$R_o = 6,0$ mbar/m ⑦
		$J = 61$ mm WS/m ⑧

Auch Läuferstrich stehen lassen und auf Rückseite ablesen:

$$R_{k0,1} = 8,1 \text{ mbar/m}$$

Oder mit c_k -Diagramm:

$$R_o = 6,0 \text{ mbar/m } k = 0,1 \text{ mm } c_k = 1,36$$

Rechnung $R_{k0,1} = 6,0 \cdot 1,36 = 8,1$ mbar/m.

Temperatur-Korrektur-Faktor c_k
für Wasser von 10 °C

Temperatur-Korrektur für 50 °C aus c_f -Diagramm bei $R_o = 6,0 \text{ mbar/m}$:

$$R_{k0,1} \cdot c_f = 8,1 \cdot 0,865 = 7,0 \text{ mbar/m.}$$

Einzelwiderstände: Aus Doppel-Leiter bei $v = 0,91 \text{ m/s}$ ist $p_{d10} = 4,2 \text{ mbar} \cdot f = 4,2 \cdot 0,988 = 4,15 \text{ mbar}$ bei 50 °C.
 $\Sigma \Sigma \cdot p_{d50} = 9 \cdot 4,15 = 37,35 \text{ mbar.}$

Gesamte Rohrreibung: $23 \text{ m} \cdot 7,0 = 161 \text{ mbar}$
 Einzelwiderstände = $37,35 \text{ mbar}$

$$\frac{198,35 \text{ mbar}}{98,066} = 2,02 \text{ m WS}$$

Prüfen, ob zulässig.

Beispiel 3: Heizungs-Steigleitung WWP 90/70 °C

Bei einer Warmwasser-Pumpenheizung wird ein Wärmestrom $\phi = 18,4 \text{ kW}$ (Heizleistung) verlangt; $\Delta t = 20 \text{ K}$; Strömungsgeschwindigkeit $v = \text{max. } 0,8 \text{ m/s}$.

Gesucht: Stahlrohr-Abmessung bei Mitteltemperatur 80 °C; längenbezogener Druck R_{k80} in mbar/m (mm WS/m und Pa/m).

Lösung (in Kurzform): Für Heizungen mit Stahlrohren ist Rauigkeit $k = 0,045 \text{ mm}$; wegen Skala auf Rückseite gewählt $k = 0,05 \text{ mm}$.

Aus Wärmestrom ϕ zunächst bei $\Delta t = 20 \text{ K}$ erforderlichen Wasser-Volumenstrom $\dot{V}_v = \dot{V}_{\text{Reibg}}$ errechnen.

$$\text{Ansatz: } \phi = \frac{c \cdot \Delta t \cdot \dot{V}_v}{860} \text{ in kW}$$

$$\dot{V}_v = \frac{860 \cdot \phi}{c \cdot \Delta t} = \frac{860 \cdot 18,4}{1000 \cdot 20} = 0,7912 \text{ m}^3/\text{h}$$

(mit den Skalen ③/②) = $0,22 \text{ l/s}$

Schritt von	nach	ergibt
1.	$\dot{V}_v = 0,791 \text{ m}^3/\text{h}$ ③ $v = 0,8 \text{ m/s}$	$d_1 = 18,6 \text{ mm}$ ④ gewählt: $21,6 \text{ mm } \varnothing =$ NW 20, DIN 2440
2. Korrektur	$\dot{V}_v = 0,791 \text{ m}^3/\text{h}$ ③ $d_1 = 21,6 \text{ mm } \varnothing$ ④ $v = 0,6 \text{ m/s}$ ⑤	
3.	$\dot{V}_{\text{Reibg}} = 0,22 \text{ l/s}$ ⑥	$R_o = 2,8 \text{ mbar/m}$
4. Temp.-Korr. für 80 °C mit c_f -Diagramm:	$R_o \cdot c_f = 2,8 \cdot 0,79 = R_{o80} = 2,2 \text{ mbar/m}$	
5. Läuferstrich auf $R_o = 2,2$ ⑦	$R_{k0,05,80} = 2,6 \text{ mbar/m}$ (Rücks.)	
6.	$2,6 \text{ mbar/m}$ ⑦	= $26,5 \text{ mm WS/m}$ ⑧
7.	$2,6 \text{ mbar/m} \cdot 10^2$ (s. Umrechnungen)	= 260 Pa/m

2. Abwasser

2.1 Vollfüllung (Kreisquerschnitt)

Bei Abwasser und Vollfüllung läßt sich dasselbe Berechnungs-Prinzip wie bei Druckwasser anwenden. Da hier fast ausschließlich mit dem „Gefälle“ in $\text{‰} \triangleq \text{m/km} = \text{mm WS/m}$ oder $1 : \dots$ gearbeitet wird, sind für Umrechnungen die Skalen ⑦/⑧ oder die Tabelle zu benutzen. Das Gefälle $1 : \dots$ erzeugt einen längenbezogenen (je m) Druck, der mit gleichem Betrag von der Rohrreibung verbraucht wird.

Für die vorhandene Betriebsrauigkeit k_b wird am Ende der Berechnung auf der Rückseite zunächst der R_k -Wert in mbar/m abgelesen. Er wird anschließend auf der R_o -Skala ⑦ mit Läuferstrich eingestellt und auf ⑧ als „rauhes“ Gefälle abgelesen. So wird das verschieden raue Gefälle erfaßt.

Wenn bei Nachrechnungen das vorhandene raue Gefälle $J = 1 : \dots$ und die Betriebsrauigkeit k_b (lt. Tabelle) sowie d_1 gegeben sind, so muß J zunächst mit der Tabelle in ‰ ($\triangleq \text{m/km} = \text{mm WS/m}$) bzw. in einen längenbezogenen Druck $R_k \dots$ in mbar/m umgewandelt werden (siehe auch Umrechnungen); z. B. $1 : 100 \triangleq 0,981 \text{ mbar/m}$. Dieser vorhandene betriebsraue Wert $R_k \dots$ ist auf der Rückseite des Rechners entsprechend dem k_b -Wert mit dem Läuferstrich einzustellen. Er kann dann ohne Verschieben der Läuferstrich auf der Vorderseite als R_o -Wert ⑦ weiterverarbeitet werden. – Läuferstrich bleibt auf R_o ⑦ stehen, d_1 -Pfeil auf

Zunge wird auf vorhandenes d_1 ④ eingestellt. Auf ⑧ wird nun unter dem Läuferstrich der Wasser-Volumenstrom $\dot{V}_{\text{Reibg}} = \dot{V}_v$ in l/s angezeigt.

Beispiel 4: Vorhandene runde Abwasserleitung NW 300 aus Beton, verkrustet, $k_b = \text{rd. } 1,5 \text{ mm}$, ist mit Gefälle $1 : 500$ verlegt.

Gesucht: Wieviel m^3/h Abwasser können maximal abgeführt werden?

Lösung: Laut Tabelle ist $J = 1 : 500 = 2 \text{ ‰} = 2 \text{ mm WS/m} = R_{k1,5} = 0,196 \text{ mbar/m}$.

Schritt von	nach	ergibt
1.	$k_b = 1,5 \text{ mm}$ (Rücks.)	$R_{k1,5} = 0,196 \text{ mbar/m}$ (Rücks., rauh)
		$R_o = 0,105 \text{ mbar/m}$ ⑦
2.	$d_1 = 300 \text{ mm } \varnothing$ ④ mit ②/③	$\dot{V}_{\text{Reibg}} = \dot{V}_v = 43 \text{ l/s}$ ② = $150 \text{ m}^3/\text{h}$
3.	$\dot{V}_v = 43 \text{ l/s}$ ② $d_1 = 300 \text{ mm } \varnothing$ ④	$v = 0,61 \text{ m/s}$
	1) Kontrolle mit c_k -Diagramm: $R_o \cdot c_k = R_{k1,5} = 0,105 \cdot 1,85 = 1,95 \text{ mbar/m}$.	
	2) Kontrolle: $V_v = (\pi \cdot 0,3^2 \cdot 0,61) : 4 = 43 \text{ l/s}$.	

Wie ändern sich die Verhältnisse, wenn Gefälle $1 : 100$ ist?
 Lösung: $J = 1 : 100$; $R_{k1,5} = 0,981 \text{ mbar/m}$.

Bei gleicher Schrittfolge wird: $R_o = 0,48 \text{ mbar/m}$;
 $\dot{V}_{\text{Reibg}} = \dot{V}_v = 98 \text{ l/s} = 353 \text{ m}^3/\text{h}$; $v = 1,4 \text{ m/s}$.

2.2 Vollfüllung (kein Kreisquerschnitt):

Werden für Abwasser keine Kreisquerschnitte, sondern die in DIN 4263 aufgeführten Ei-, Maul- und Rinnenquerschnitte verwendet, so wird meist deren maximaler Volumenstrom gesucht. – Bei der Berechnung wird für die Ermittlung der Rohrreibung anstatt d_1 der hydraulische Durchmesser $d_h = 4 A / U = 4 R_h$ (R_h siehe DIN) benutzt, der aber nur in Verbindung mit der wirklichen Geschwindigkeit v im vollen Querschnitt A benutzt werden darf. $v = \dot{V} / A$ in m/s, hierin \dot{V} in m^3/s und A in m^2 einsetzen. A ist in DIN 4263 als $f \text{ m}^2$ angegeben.

Bei dieser Methode wird v fachüblich angenommen, die Nennweite $b \cdot h$ und damit A lt. DIN gewählt. Volumenstrom $\dot{V} = A \cdot v$ in m^3/s . Das erforderliche Gefälle J muß dann nachgeprüft werden; evtl. Rechnung wiederholen.

Der andere Weg geht, wie bei Beispiel 4, vom möglichen Gefälle J aus. Es wird dann R_o und $\dot{V}_{\text{Reibg}} = \dot{V}_v$ in l/s (m^3/h) ermittelt. Nun v annehmen, wodurch sich zwar d_1 in mm ergibt, dessen Fläche $0,785 \cdot d_1^2$ aber mit der Fläche $A = f$ der zu wählenden Nennweite etwa übereinstimmen muß. Nachrechnen bezüglich v . Dann mit d_h ④ und v ⑤ endgültiges R_o und $R_k \dots$ bestimmen. $R_k \dots$ (auf Rückseite) mit ⑦/⑧ in J_k umwandeln.

2.3 Teilfüllungen

Auch bei Teilfüllung von Kreis- und anderen Querschnitten wird bei der Rohrreibung mit d_h gerechnet. Für Kreisrohre sind die Teilfüllungswerte (Index T) aus der Skalen-Darstellung zu entnehmen. Die Geschwindigkeit v_T ist die wirkliche Geschwindigkeit, die für die Rohrreibung in Verbindung mit d_h zu verwenden ist. – Die Fläche des hydraulischen Durchmessers entspricht aber nicht der vom Teilstrom durchflossenen wirklichen Fläche! Es fließt also durch d_h mm \varnothing ein „fiktiver“ Volumenstrom! Zu beachten ist ferner, daß das Gefälle einer verlegten Leitung konstant bleibt.

Beispiel 5: Gegeben gleiche Verhältnisse wie bei Beispiel 4, aber $h_T = 40\%$ und damit laut Skalen $\dot{V}_T = 33\%$ $= 14 \text{ l/s}$; $v_T = 90\%$, $v = 0,54 \text{ m/s}$; $k = 1,5 \text{ mm}$.

Schritt von nach ergibt

Vollfüllung:

1. Rechnung $\dot{V}_T : 0,33 = \dot{V}_v = 43 \text{ l/s}$
2. Aus Diagramm bei \dot{V}_T %
 $v_T = 90\%$
 $d_h \text{ Wasser} = 85\%$ von d_i
3. Rechnung $v_T = 0,9 \cdot 0,61 = 0,54 \text{ m/s}$
4. $\dot{V}_v = 43 \text{ l/s}$ ② $v = 0,61 \text{ m/s}$ ③ $d_i = 300 \text{ mm}$ ④
5. $\dot{V}_{\text{reibg}} = \dot{V}_v$ $d_i = 300 \text{ mm}$ ④ $R_{k,0} = 0,105 \text{ mbar/m}$
 $= 43 \text{ l/s}$ ③
 $R_{k,1,5} = 0,19 \text{ mbar/m}$
 $J_k = 1,9\%$
 (s. Tab.) $\approx 1 : 500$

Kontrolle bei Teilfüllung:

6. $d_h = 0,85 \cdot d_i$ $v_T = 0,54 \text{ m/s}$ fiktives \dot{V}_T
 $= 255 \text{ mm}$ $= 28 \text{ l/s}$ ②
 (auf ②) (wirl. Geschw.) (wirl. $\dot{V}_T = 14 \text{ l/s}$)
7. fiktiv, $R_{k,0} = 0,105 \text{ mbar/m}$ ②
 $\dot{V}_T = 27,5 \text{ l/s}$ ③

Also gleiche Werte wie vor, insbesondere konstantes Gefälle!

3. Dränung

Im Kulturbau wird der Bodenwasser-Haushalt auch durch Rohrdränung geregelt. Einzelheiten s. DIN 1185, Bl. 2 (12.73). Es werden Tondränrohre mit einer rechnerischen Rauigkeit $k = 0,7 \text{ mm}$ und gewellte (biegsame) Kunststoffdränrohre aus PVC hart mit $k = 2,0 \text{ mm}$ verwendet. Die im DIN-Blatt wiedergegebenen Tabellen- und Diagramm-Werte (Bild 8 und 9) lassen sich auch mit dem Wasserrohr-Rechner ermitteln.

Bei Tondränrohren ist die Nennweite **NW** praktisch gleich d_i in mm, während bei gewellten Dränrohren aus PVC hart d_i aus der Tabelle 1 in DIN 1187 (1.71) zu entnehmen ist.

Lösung: Unter den erforderlichen max. Abfluß $Q = \dot{V}_v$ in l/s (Skala ②) wird mit dem Läuferstrich die wählbare Geschwindigkeit v in m/s ③ gestellt ($v = 0,3 \dots 0,8 \dots 2,5 \text{ m/s}$). Höheres v ergibt höheres erforderliches Schiefgefälle J (= Wasserspiegelgefälle) in ‰ bzw. ‰. — Der Pfeil d_i auf ③ zeigt den Innendurchmesser des Dränrohres bei Vollfüllung an. Nächstliegendes **NW** mit zugehörigem d_i wählen und Einstellung korrigieren. — Zunge nicht mehr verschieben! $Q = \dot{V}_v$ auf ② nur mit Läuferstrich einstellen. Dann auch Läufer nicht verschieben! Auf Rückseite unter Läuferstrich bei Tonrohr (angenähert) $R_{k,1,0}$ in mbar/m und bei gewelltem Kunststoffrohr (angenähert) $R_{k,3,0}$ in mbar/m ablesen. Für genaue Rechnungen interpolieren oder mit Korrektur-Diagramm arbeiten.

Umrechnen auf Gefälle: Die abgelesenen rauen Werte $R_{k,0}$ auf Skala ⑦ mit Läuferstrich einstellen. Auf Skala ⑧ Gefälle J in ‰ bestimmen (10‰ = 1‰!). Falls Gefälle J zu groß, Rechnung mit kleinerer Geschwindigkeit v wiederholen.

Wenn max. Abfluß $Q = \dot{V}_v$ in l/s und max. mögliches Gefälle J gegeben, den vorgeschriebenen Wert umgekehrt gehen: J auf ⑧ einstellen, darüber auf ⑦ Wert in mbar/m

ablesen. Diesen Wert auf Rückseite auf entsprechender Rauigkeits-Skala mit Läuferstrich einstellen. Läufer nicht mehr verschieben und auf Vorderseite $Q = \dot{V}_v$ auf ② mit Zunge unter Läuferstrich stellen. — Pfeil d_i zeigt lichten Durchmesser des Dränrohres an. Unter $\dot{V}_v = \dot{V}_v$ auf ② kann nach mit Läuferstrich v in m/s abgelesen werden.

Umrechnungen:

1 mm WS = $10^{-3} \text{ m WS} = 9,81 \text{ Pa} (= \text{N/m}^2) = 0,0981 \text{ mbar} \approx 0,1 \text{ mbar}$

1 m WS = 1000 mm WS = 9806,65 Pa (= N/m²) = 98,066 mbar $\approx 100 \text{ mbar}$

1 Pa (= N/m²) = 0,102 mm WS (= kp/m²) = 10^{-2} mbar

1 mbar = 10,2 mm WS = 0,0102 m WS = $10^2 \text{ Pa} (= \text{N/m}^2 \cdot \text{m})$

1 mm WS/m (= kp/m² · m) = 1 m WS/km = 0,1 m WS/100 m = 9,81 Pa/m = 981 Pa/100 m $\approx 0,1 \text{ mbar/m}$; Gefälle $J = 1 : 10^3 = \text{‰}$

1 mbar/m = 10,2 mm WS/m = 0,0102 m WS/m = $10^2 \text{ Pa/m} (= \text{N/m}^2 \cdot \text{m})$

1 Pa/m = 0,102 mm WS/m (= kp/m² · m) = 10^{-2} mbar/m ; $J = 1 : 10^4$

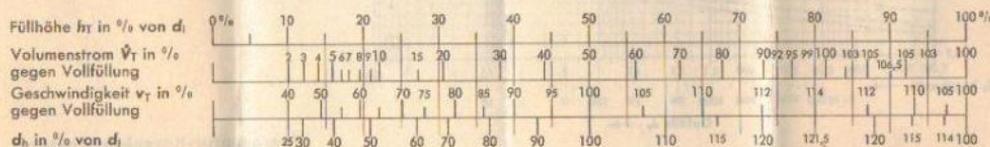
1 m WS/100 m = 1000 mm WS/100 m = 10 mm WS/m = 98,06 Pa/m = 9806,65 Pa/100 m $\approx 1 \text{ mbar/m}$; $J = 1 : 100$

1 m WS/km = 1000 mm WS/1000 m = 1 mm WS/m = 9,81 Pa/m = 980,665 Pa/1000 m $\approx 0,1 \text{ mbar/m}$; $J = 1 : 10^3 = \text{‰}$

Tabellen:

Umrechnen von Gefälle in ‰ und in längenbezogenen Druck

l :	7	8	10	15	20	25
‰, mm WS/m	142,9	125	100	66,66	50	40
mbar/m	14,02	12,26	9,81	6,54	4,91	3,92
l :	30	40	50	75	100	150
‰, mm WS/m	33,33	25	20	13,33	10	6,66
mbar/m	3,27	2,45	1,96	1,31	0,981	0,654
l :	200	250	500	750	1000	10000
‰, mm WS/m	5	4	2	1,33	1	0,1
mbar/m	0,491	0,392	0,196	0,131	0,0981	0,00981



Werte bei Teilfüllung von Kreisrohren

Rauhigkeiten k in mm für Leitungen

(Stahlrohre sind im Druck hervorgehoben)

Absolut, hydraulisch glattes Rohr	$k = 0$
Gezogenes Rohr aus Kupfer, Messing, Glas	= 0,0015
PVC-hart, Polyäthylen-Rohr	= 0,015...0,007 ¹⁾
Stahlrohr, handelsüblich, für Heizungen	= ...0,045
Nahtloses Stahlrohr mit Walzhaut, ungebeizt	= 0,03...0,06
Nahtloses Stahlrohr, gebeizt	= 0,03...0,04
Asbest-Zementrohr, neu	= 0,05...0,1
Geschweißtes Stahlrohr, neu	= 0,04...0,1
Verzinktes Stahlrohr, neu	= 0,1...0,15
Geschweißtes Stahlrohr, gebr.	= 0,15...0,3
Holzrohre, Holzkanäle	= 0,2...0,5...1,0
Nahtloses Stahlrohr, leicht verkrustet	= ...0,4
Betonrohre, glatt	= 0,3...0,8
Stahlrohr, mittlere Verkrustung	= rd. 1,5
Betonrohre, roh	= 1,0...3
Stahlrohr, stark verkrustet	= 2...3...4
Gemauerte Kanäle, wenig rau	= 3
Gemauerte Kanäle, roh	= 5

¹⁾ nach DVGW-Arb.-Bl. W 327, Jan. 65

Für Abwasserkanäle sind nach ATV-Arb.-Bl. A 110, Febr. 72, „betriebliche“ Rauhigkeiten k_b in mm anzusetzen.
Ausführungsgruppe I: Übliche Ausführungen; Ausführungsgruppe II: Kleine Wandrauhigkeiten und sehr sorgfältige Kanalverlegung.

Kanalart	Ausf.-Gr. I	Ausf.-Gr. II
Normale Kanäle mit seitlichen Zuflüssen usw.	$k_b = 1,50$	$k_b = 0,40$
Gerade Kanalstrecken, Drosselstrecken und Druckrohre	$k_b = 1,00$	$k_b = 0,25$

Dichte ρ und kinematische Viskosität ν

	ρ in kg/m^3	$\nu \cdot 10^6$ in m^2/s
Wasser, destilliert, 4 °C	1000	1,78; 0 °C
Wasser, Leitungs- 10 °C	999,7	1,304
Wasser, Leitungs- 20 °C	998,2	1,004
Wasser, Leitungs- 30 °C	995,6	0,801
Wasser, Leitungs- 50 °C	988,0	0,553
Wasser, Leitungs- 80 °C	971,8	0,365
Wasser, Leitungs- 90 °C	965,8	0,326

Richtwerte für Geschwindigkeiten in m/s für Leitungen

Wasser

Trink- und Brauchwasser	
Hotelbauten, Krankenhäuser in den Geschossen	0,5...0,7
Wohnbauten in den Geschossen	0,8...1,2
Steigleitungen von Wohn- und Industrierohrnetzen	1,0...1,5
Kellerverteilungen	1,5...2,0
Zuleitungen (bis Verteiler)	1,5...2,5
Fernwasserleitungen	1,5...3
Speisewasser-Saugleitung	0,5...1,0
Speisewasser-Druckleitung	1,5...3
Kühlwasser-Saugleitung	0,7...1,5
Kühlwasser-Druckleitung	1,0...2,0
Wasserturbinenleitungen	rd. 3
Wasserturbinenleitungen, große Durchmesser	3...6...8
Preßwasserdruckleitungen	15...20
Preßwasserdruckleitungen, kurze Anschlüsse	20...30
Pumpen-Warmwasserheizungen	[0,2]...0,5...0,8..(1,5)
Heißwasserheizung (Druckleitungen)	2...3

Wasserrohr-Rechner

für Druckwasser- und Abwasser-Leitungen

Rohrreibung nach Colebrook

SR 722 Ma — IWA 06 75

Bearbeitet für
Arbeitsgemeinschaften für wirtschaftliche Fertigung.
AWF-ART

von Dipl.-Ing. H. Röttscher, 1 Berlin 30

IWA-RECHENSCHIEBERFABRIK

F. Riehle KG

73 Esslingen a. N. - Postfach 803