Arbeitsblätter für die Trinkwasserpraxis

Rechnen im Feld: ausdrucken, abheften, mitnehmen. Jedes Blatt mit Formeln, Schnelltabelle und Beispiel.

Inhalt

Umrechnungen für das Wasserfach 2

SPÜLUNG

- Spülrechner 3

HYDRAULIK

- Druck und Höhe 4
- Druckstoß 5
- Druckverlust 6
- Fließgeschwindigkeit 7
- Füll- und Entleerzeit 8
- Leitungsinhalt 9
- Rohrdurchmesser aus Durchfluss 10

WASSERQUALITÄT

- Mischwasser 11
- Wasserhärte 12

WASSERVERLUSTE UND LECKSUCHE

- Ausfluss aus einer Öffnung 13
- Leckagekosten 14
- Leckmenge und Druck 15
- Lecktest mit dem Wasserzähler 16
- Spürgas 17
- Wasserbilanz und ILI 19

MASSE UND GEOMETRIE

- Behältervolumen 21
- Gefälle 22
- Maßstab 23
- Pool befüllen 24

Notizen 25

Aktuelle Fassung und einzelne Blätter:
trinkwasser.tools/arbeitsblaetter

Umrechnungen für das Wasserfach

Die wichtigsten Einheiten und Faustformeln auf einen Blick

Druck

1 bar = 100 kPa = 0,1 MPa
1 bar = 10,2 m Wassersäule
1 m Wassersäule = 0,0981 bar
1 bar = 14,5 psi
1 psi = 0,0689 bar
1 ft Wassersäule = 0,305 m = 0,0299 bar

Durchfluss

1 l/s = 60 l/min = 3,6 m³/h
1 l/s = 86,4 m³/Tag
1 m³/h = 0,278 l/s = 16,7 l/min
1 US gpm = 0,0631 l/s = 0,227 m³/h
1 UK gpm = 0,0758 l/s
1 MGD (US) = 43,8 l/s

Volumen

1 m³ = 1.000 l
1 l = 1 dm³ = 1.000 cm³
1 US-Gallone = 3,785 l
1 UK-Gallone = 4,546 l
1 Kubikfuß = 28,32 l
1 Acre-foot = 1.233 m³

Wasserhärte

1 mmol/l = 5,6 °dH = 10 °fH
1 mmol/l = 7,02 °e = 100,09 mg/l $CaCO_3$
1 °dH = 0,1783 mmol/l
1 gpg (US) = 17,12 mg/l $CaCO_3$ = 0,96 °dH
weich < 8,4 · mittel 8,4–14 · hart > 14 °dH

Temperatur und Geschwindigkeit

°F = °C × 1,8 + 32
°C = (°F − 32) ÷ 1,8
K = °C + 273,15
1 m/s = 3,6 km/h
1 m/s = 3,28 ft/s

Länge und Fläche

1 Zoll = 25,4 mm
1 Fuß = 0,3048 m
1 Yard = 0,9144 m
1 Meile = 1,609 km
1 ha = 10.000 m² = 100 a
1 km² = 100 ha

Faustformeln Leitung

Inhalt je Meter: $l = 0{,}785 \times d^2 \div 1.000$ (l/m, d in mm)
Fließgeschwindigkeit: $v = 1.273 \times Q \div d^2$ (m/s, Q in l/s)
Liter je Meter = Durchfluss in l/s für 1 m/s
Druckverlust: $\Delta p = 5 \times \lambda \times L \times v^2 \div d$ (bar)
10 m Höhe ≈ 1 bar

Energie und Leistung

1 kWh = 3,6 MJ
1 kW = 1,36 PS
1 PS = 0,7355 kW
Pumpenleistung $P = \rho \times g \times Q \times H \div \eta$
$P\,(kW) \approx Q\,(l/s) \times H\,(m) \div 102 \div \eta$

Alle Rechner online mit genauer Berechnung und Ketten-Editor:
trinkwasser.tools/rechner

Spülrechner

Spülmenge und Spüldauer für die Leitungsspülung berechnen

Ort / Projekt	Abschnitt / Objekt	Datum	Bearbeitet von

1 Eingaben

Innendurchmesser Tatsächlicher Innendurchmesser, nicht die Nennweite DN	**d =**		mm
Länge des Abschnitts Länge zwischen den Absperrungen	**L =**		m
Wasseraustausch Wie oft der Inhalt ausgetauscht wird, z. B. 3	**n =**		-fach
Spüldurchfluss Am Hydranten oder Standrohr gemessen	**Q =**		l/s

2 Rechnung Schritt für Schritt

a) Leitungsinhalt d in mm, L in m	$V = 0{,}785 \times d^2 \times L \div 1.000.000$	=		m^3
b) Spülmenge mit V aus a)	$S = V \times n$	=		m^3
c) Spüldauer mit S aus b), Q in l/s	$t = S \times 1.000 \div Q \div 60$	=		min
d) Fließgeschwindigkeit Q in l/s, d in mm	$v = 1.273 \times Q \div d^2$	=		m/s

Zeichen und Faktoren: V Leitungsinhalt, S Spülmenge, t Spüldauer, v Fließgeschwindigkeit. 0,785 = π ÷ 4 aus der Kreisfläche π × d² ÷ 4. ÷ 1.000.000 rechnet mm² in m² um. 1.273 = 4 ÷ π × 1.000, damit Q in l/s und d in mm direkt eingesetzt werden können.

3 Schnelltabelle und Beispiel

Innen-Ø	Inhalt je Meter	Durchfluss für 1 m/s
50 mm	1,96 l	1,96 l/s
65 mm	3,32 l	3,32 l/s
80 mm	5,03 l	5,03 l/s
100 mm	7,85 l	7,85 l/s
125 mm	12,3 l	12,3 l/s
150 mm	17,7 l	17,7 l/s
200 mm	31,4 l	31,4 l/s
250 mm	49,1 l	49,1 l/s
300 mm	70,7 l	70,7 l/s

Merkhilfe: Liter je Meter Leitung = Durchfluss in l/s für 1 m/s.

Beispiel

d = 100 mm, L = 250 m, n = 3, Q = 10 l/s

a) $V = 0{,}785 \times 100^2 \times 250 \div 1.000.000$ **= 1,96 m³**

b) S = 1,96 × 3 = 5,89 m³

c) t = 5,89 × 1.000 ÷ 10 ÷ 60 = 9,8 min

d) v = 1.273 × 10 ÷ 100² = 1,27 m/s

Online rechnen und als Kette weiterführen:

trinkwasser.tools/rechner/spuelrechner

Druck und Höhe

Statischen Druck aus der Höhe berechnen und umgekehrt

Ort / Projekt	Abschnitt / Objekt	Datum	Bearbeitet von

1 Eingaben

Höhenunterschied Zwischen Wasserspiegel und Messstelle	**h =**		m
Druck Überdruck, wie am Manometer abgelesen	**p =**		bar

2 Rechnung Schritt für Schritt

a) Druck aus Höhe h in m	p = h × 0,0981	=		bar
b) Höhe aus Druck p in bar	h = p × 10,2	=		m

Zeichen und Faktoren: p Druck, h Höhe. 0,0981 bar je Meter = 1.000 kg/m³ × 9,81 m/s² ÷ 100.000 Pa je bar. 10,2 = 1 ÷ 0,0981.

3 Schnelltabelle und Beispiel

Druck	Wassersäule	Höhe	Druck
1 bar	10,2 m	10 m	0,98 bar
2 bar	20,4 m	20 m	1,96 bar
3 bar	30,6 m	30 m	2,94 bar
4 bar	40,8 m	40 m	3,92 bar
5 bar	51,0 m	50 m	4,90 bar
6 bar	61,2 m	60 m	5,88 bar
8 bar	81,6 m	80 m	7,85 bar
10 bar	102,0 m	100 m	9,81 bar

Faustregel: 10 m Höhe ergeben etwa 1 bar.

Beispiel

Hochbehälter 52 m über dem Haus
a) p = 52 × 0,0981 = 5,10 bar
Manometer zeigt 3 bar
b) h = 3 × 10,2 = 30,6 m
Im Betrieb kommen Reibungsverluste hinzu.

Online rechnen und als Kette weiterführen:
trinkwasser.tools/rechner/druck-und-hoehe

Druckstoß

Druckstoß beim Schließen einer Armatur nach Joukowsky und Michaud

Ort / Projekt	Abschnitt / Objekt	Datum	Bearbeitet von

1 Eingaben

Wellengeschwindigkeit	**a =**		m/s	
Fließgeschwindigkeit vorher	**v =**		m/s	vor dem Schließen
Länge bis Reflexionsstelle	**L =**		m	z. B. bis zum Behälter
Schließzeit	**ts =**		s	der Armatur
Betriebsdruck	**p0 =**		bar	

2 Rechnung Schritt für Schritt

a) Joukowsky-Stoß a in m/s, v in m/s	$\Delta p = a \times v \div 100$	=		bar
b) Reflexionszeit	$T = 2 \times L \div a$	=		s
c) Bei langsamem Schließen nur wenn ts größer als T	$\Delta pm = \Delta p \times T \div ts$	=		bar
d) Höchster Druck tiefster: p0 minus Stoß	$p0 + \Delta p$ (oder Δpm)	=		bar

Zeichen und Faktoren: a Wellengeschwindigkeit, v Fließgeschwindigkeit vor dem Schließen, Δp Druckstoß nach Joukowsky, T Reflexionszeit, ts Schließzeit, Δpm Druckstoß nach Michaud. ÷ 100 fasst **ρ** = 1.000 kg/m³ und die Umrechnung von Pa in bar zusammen.

3 Wellengeschwindigkeit und Beispiel

Werkstoff	a etwa	Δp bei 1 m/s
Stahl	1.200 m/s	12 bar
Duktiles Gusseisen	1.100 m/s	11 bar
Asbestzement	1.000 m/s	10 bar
PVC	400 m/s	4 bar
PE	300 m/s	3 bar

Unter −0,8 bar droht Unterdruck. Bemessung nur durch Fachleute.

Beispiel

Guss, v = 1,27, L = 1.000, ts = 5 s

a) Δp = 1.100 × 1,27 ÷ 100 = 14,0 bar

b) T = 2 × 1.000 ÷ 1.100 = 1,82 s

c) Δpm = 14,0 × 1,82 ÷ 5 = 5,1 bar

d) p0 = 5: 10,1 bar, tiefster −0,1 bar

Online rechnen und als Kette weiterführen:
trinkwasser.tools/rechner/druckstoss

Druckverlust

Reibungsverlust einer Rohrleitung nach Darcy-Weisbach abschätzen

Ort / Projekt	Abschnitt / Objekt	Datum	Bearbeitet von

1 Eingaben

Durchfluss	**Q =**		l/s
Innendurchmesser Tatsächlicher Innendurchmesser	**d =**		mm
Länge der Leitung	**L =**		m
Rohrreibungszahl Aus der Tabelle unten, nach Rohr und Zustand	**λ =**		–

2 Rechnung Schritt für Schritt

a) Fließgeschwindigkeit Q in l/s, d in mm	$v = 1.273 \times Q \div d^2$	=		m/s
b) Druckverlust L in m, d in mm	$\Delta p = 5 \times \lambda \times L \times v^2 \div d$	=		bar
c) Als Wassersäule mit Δp aus b)	$\Delta h = \Delta p \times 10{,}2$	=		m

Zeichen und Faktoren: v Fließgeschwindigkeit, **λ** Rohrreibungszahl, **Δp** Druckverlust, **Δh** Verlusthöhe. Der Faktor 5 fasst die Dichte von Wasser (1.000 kg/m³), das ½ aus $v^2 \div 2$ und die Umrechnung von Pa in bar und von mm in m zusammen. 10,2 m Wassersäule entsprechen 1 bar.

3 Rohrreibungszahl λ und Beispiel

Innen-Ø	PE, neu	Guss/ZM 0,1 mm	Δp je 100 m
80 mm	0,0203	0,0241	0,151 bar
100 mm	0,0194	0,0228	0,114 bar
125 mm	0,0184	0,0216	0,086 bar
150 mm	0,0177	0,0207	0,069 bar
200 mm	0,0167	0,0193	0,048 bar
250 mm	0,0160	0,0184	0,037 bar
300 mm	0,0154	0,0176	0,029 bar
400 mm	0,0146	0,0166	0,021 bar

λ bei 1 m/s und 10 °C; Δp-Spalte für Guss/ZM bei 1 m/s.

Beispiel

Q = 10 l/s, d = 100 mm, L = 1.000 m, **λ** = 0,022

a) $v = 1.273 \times 10 \div 100^2 = 1{,}27$ m/s

b) $\Delta p = 5 \times 0{,}022 \times 1.000 \times 1{,}27^2 \div 100 = 1{,}78$ bar

c) Δh = 1,78 × 10,2 = 18,2 m

Online mit genauer Iteration: 1,80 bar

Online rechnen und als Kette weiterführen:

trinkwasser.tools/rechner/druckverlust

- Einzelwiderstände wie Bögen und Armaturen sind hier nicht enthalten, im Online-Rechner schon.

Fließgeschwindigkeit

Mittlere Fließgeschwindigkeit aus Durchfluss und Innendurchmesser

Ort / Projekt	Abschnitt / Objekt	Datum	Bearbeitet von

1 Eingaben

Durchfluss 1 l/s = 3,6 m³/h	**Q =**		l/s
Innendurchmesser Tatsächlicher Innendurchmesser	**d =**		mm

2 Rechnung Schritt für Schritt

a) Querschnittsfläche d in mm	$A = 0{,}785 \times d^2 \div 1.000.000$	=		m²
b) Fließgeschwindigkeit Q in l/s, d in mm	$v = 1.273 \times Q \div d^2$	=		m/s
c) Kontrolle mit A aus a)	$v = Q \div 1.000 \div A$	=		m/s

Zeichen und Faktoren: A Querschnittsfläche, v Fließgeschwindigkeit. 0,785 = π ÷ 4 aus der Kreisfläche π × d² ÷ 4. 1.273 = 4 ÷ π × 1.000, damit Q in l/s und d in mm direkt eingesetzt werden können.

3 Durchfluss für und Beispiel

Innen-Ø	0,5 m/s	1,0 m/s	1,5 m/s	2,0 m/s
50 mm	1,0 l/s	2,0 l/s	2,9 l/s	3,9 l/s
80 mm	2,5 l/s	5,0 l/s	7,5 l/s	10,1 l/s
100 mm	3,9 l/s	7,9 l/s	11,8 l/s	15,7 l/s
125 mm	6,1 l/s	12,3 l/s	18,4 l/s	24,5 l/s
150 mm	8,8 l/s	17,7 l/s	26,5 l/s	35,3 l/s
200 mm	15,7 l/s	31,4 l/s	47,1 l/s	62,8 l/s
250 mm	24,5 l/s	49,1 l/s	73,6 l/s	98,2 l/s
300 mm	35,3 l/s	70,7 l/s	106,0 l/s	141,4 l/s
400 mm	62,8 l/s	125,7 l/s	188,5 l/s	251,3 l/s

Werte in l/s; Richtwerte für Betrieb und Spülung siehe Regelwerk.

Beispiel

Q = 5 l/s, d = 80 mm

a) A = 0,785 × 80² ÷ 1.000.000 = 0,00503 m²

b) v = 1.273 × 5 ÷ 80² = 0,99 m/s

Halber Durchmesser bedeutet vierfache Geschwindigkeit.

Online rechnen und als Kette weiterführen:

trinkwasser.tools/rechner/fliessgeschwindigkeit

Füll- und Entleerzeit

Dauer für das Füllen oder Entleeren aus Volumen und Durchfluss

Ort / Projekt	Abschnitt / Objekt	Datum	Bearbeitet von

1 Eingaben

Volumen Behälter, Becken oder Leitungsinhalt	**V =**		m³
Zu- oder Abfluss Gleichbleibend angenommen	**Q =**		l/s

2 Rechnung Schritt für Schritt

a) Dauer in Sekunden V in m³, Q in l/s	t = V × 1.000 ÷ Q	=		s
b) Dauer in Minuten	t = V × 1.000 ÷ Q ÷ 60	=		min
c) Dauer in Stunden	t = V × 1.000 ÷ Q ÷ 3.600	=		h

Zeichen und Faktoren: t Dauer, V Volumen, Q Durchfluss. × 1.000 rechnet m³ in Liter um; eine Minute hat 60, eine Stunde 3.600 Sekunden.

3 Zeit für 100 m³ und Beispiel

Durchfluss	entspricht	Dauer für 100 m³
1 l/s	3,6 m³/h	27,8 h
2 l/s	7,2 m³/h	13,9 h
5 l/s	18,0 m³/h	5,6 h
10 l/s	36,0 m³/h	2,8 h
20 l/s	72,0 m³/h	1,4 h
30 l/s	108,0 m³/h	56 min
50 l/s	180,0 m³/h	33 min
100 l/s	360,0 m³/h	17 min

Freier Auslauf: Abfluss sinkt mit dem Wasserstand, Dauer eher länger.

Beispiel

Hochbehälter V = 500 m³, Q = 20 l/s
a) t = 500 × 1.000 ÷ 20 = 25.000 s
b) t = 25.000 ÷ 60 = 416,7 min
c) t = 25.000 ÷ 3.600 = 6,94 h

Online rechnen und als Kette weiterführen:
trinkwasser.tools/rechner/fuell-und-entleerzeit

Leitungsinhalt

Wasservolumen eines Leitungsabschnitts berechnen

Ort / Projekt	Abschnitt / Objekt	Datum	Bearbeitet von

1 Eingaben

Innendurchmesser Bei PE-Rohren: Außendurchmesser minus zweimal Wanddicke	d =		mm
Länge des Abschnitts Länge zwischen den Absperrungen	L =		m

2 Rechnung Schritt für Schritt

a) Inhalt je Meter d in mm	$l = 0{,}785 \times d^2 \div 1.000$	=		l/m
b) Leitungsinhalt mit l aus a), L in m	$V = l \times L \div 1.000$	=		m³
c) Leitungsinhalt in Litern mit l aus a)	$V = l \times L$	=		l

Zeichen und Faktoren: l Inhalt je Meter, V Leitungsinhalt. 0,785 = π ÷ 4 aus der Kreisfläche π × d² ÷ 4. ÷ 1.000 rechnet Quadratmillimeter mal Meter in Liter um.

3 PE-Rohre und Beispiel

Außen-Ø	SDR 11: Innen-Ø	SDR 17: Innen-Ø
63 mm	51,4 mm · 2,07 l/m	55,4 mm · 2,41 l/m
90 mm	73,6 mm · 4,25 l/m	79,2 mm · 4,93 l/m
110 mm	90,0 mm · 6,36 l/m	96,8 mm · 7,36 l/m
125 mm	102,2 mm · 8,20 l/m	110,2 mm · 9,54 l/m
160 mm	130,8 mm · 13,4 l/m	141,0 mm · 15,6 l/m
200 mm	163,6 mm · 21,0 l/m	176,2 mm · 24,4 l/m
250 mm	204,6 mm · 32,9 l/m	220,4 mm · 38,2 l/m

Wanddicken nach üblicher Reihe; maßgeblich ist die Angabe des Herstellers.

Beispiel

PE 125 × 11,4 (SDR 11), L = 300 m
d = 125 − 2 × 11,4 = 102,2 mm
a) l = 0,785 × 102,2² ÷ 1.000 = 8,20 l/m
b) V = 8,20 × 300 ÷ 1.000 = 2,46 m³
c) V = 2.461 l

Online rechnen und als Kette weiterführen:
trinkwasser.tools/rechner/leitungsinhalt

Rohrdurchmesser aus Durchfluss

Mindest-Innendurchmesser für eine gewählte höchste Fließgeschwindigkeit

Ort / Projekt	Abschnitt / Objekt	Datum	Bearbeitet von

1 Eingaben

Durchfluss 1 l/s = 3,6 m³/h	**Q =**		l/s
Höchste Fließgeschwindigkeit Richtwerte siehe Regelwerk	**v =**		m/s

2 Rechnung Schritt für Schritt

a) Mindest-Innendurchmesser Q in l/s, v in m/s	$d = \sqrt{(1.273 \times Q \div v)}$	=		mm
b) Gewähltes Rohr, Innen-Ø	nächstgrößerer Wert aus der Tabelle	=		mm
c) Kontrolle Fließgeschwindigkeit (mit d aus b) $v = 1.273 \times Q \div d^2$		=		m/s

Zeichen und Faktoren: Q Durchfluss, v Fließgeschwindigkeit, d Innendurchmesser. 1.273 = 4 ÷ π × 1.000, damit Q in l/s und d in mm direkt eingesetzt werden können.

3 PE-Rohre SDR 11 und Beispiel

Rohr	Innen-Ø	Q bei 1,0 m/s	Q bei 1,5 m/s
63 × 5,8	51,4 mm	2,1 l/s	3,1 l/s
90 × 8,2	73,6 mm	4,3 l/s	6,4 l/s
110 × 10,0	90,0 mm	6,4 l/s	9,5 l/s
125 × 11,4	102,2 mm	8,2 l/s	12,3 l/s
160 × 14,6	130,8 mm	13,4 l/s	20,2 l/s
200 × 18,2	163,6 mm	21,0 l/s	31,5 l/s
250 × 22,7	204,6 mm	32,9 l/s	49,3 l/s
315 × 28,6	257,8 mm	52,2 l/s	78,3 l/s

Wanddicken nach üblicher Reihe; Herstellerangabe ist maßgeblich.

Beispiel

Q = 5 l/s, v höchstens 1,5 m/s
a) d = √(1.273 × 5 ÷ 1,5) = 65,1 mm
b) PE 90 × 8,2: Innen-Ø 73,6 mm
c) v = 1.273 × 5 ÷ 73,6² = 1,18 m/s

Online rechnen und als Kette weiterführen:
trinkwasser.tools/rechner/rohrdurchmesser-aus-durchfluss

Mischwasser

Härte einer Mischung aus zwei Wässern berechnen

Ort / Projekt	Abschnitt / Objekt	Datum	Bearbeitet von

1 Eingaben

Härte Wasser A	Ha =		°dH
Härte Wasser B	Hb =		°dH
Durchfluss Wasser A oder Menge je Tag	Qa =		l/s
Durchfluss Wasser B gleiche Einheit wie Qa	Qb =		l/s

2 Rechnung Schritt für Schritt

a) Anteil Wasser A als Dezimalzahl, z. B. 0,4	a = Qa ÷ (Qa + Qb)	=		–
b) Mischhärte mit a aus a)	Hm = Ha × a + Hb × (1 – a)	=		°dH
c) In mmol/l für den Härtebereich	c = Hm ÷ 5,6	=		mmol/l

Zeichen und Faktoren: a Anteil von Wasser A, Ha und Hb Härte der Wässer A und B, Hm Härte der Mischung, c Härte in mmol/l. 5,6 °dH entsprechen 1 mmol/l.

3 Härtebereiche und Beispiel

Bereich	mmol/l	°dH
weich	unter 1,5	unter 8,4
mittel	1,5 bis 2,5	8,4 bis 14
hart	über 2,5	über 14

pH-Wert und Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht mischen sich nicht anteilig.

Beispiel

Ha = 20 °dH, Hb = 8 °dH, Qa = 12 l/s, Qb = 18 l/s

a) a = 12 ÷ (12 + 18) = 0,4

b) Hm = 20 × 0,4 + 8 × 0,6 = 12,8 °dH

c) c = 12,8 ÷ 5,6 = 2,29 mmol/l

Ergebnis: Härtebereich mittel

Online rechnen und als Kette weiterführen:

trinkwasser.tools/rechner/mischwasser

Wasserhärte

Härteangaben umrechnen und den Härtebereich bestimmen

Ort / Projekt	Abschnitt / Objekt	Datum	Bearbeitet von

1 Eingaben

Härte in °dH Aus Analyse oder Angabe des Versorgers	**H =**		°dH
Härte in mmol/l Summe Erdalkalien, alternativ zu H	**c =**		mmol/l

2 Rechnung Schritt für Schritt

a) mmol/l aus °dH	$c = H \times 0{,}1783$	=		mmol/l
b) °dH aus mmol/l	$H = c \times 5{,}6$	=		°dH
c) Französische Grad mit c aus a)	$°fH = c \times 10$	=		°fH
d) Als Calciumcarbonat mit c aus a)	$CaCO_3 = c \times 100{,}09$	=		mg/l

Zeichen und Faktoren: c Erdalkali-Ionen in mmol/l, H Härte in °dH. 1 °dH = 10 mg Calciumoxid je Liter = 0,1783 mmol/l, umgekehrt 1 mmol/l = 5,6 °dH. 100,09 g/mol ist die molare Masse von $CaCO_3$.

3 Härtebereiche und Beispiel

Bereich	mmol/l	°dH
weich	unter 1,5	unter 8,4
mittel	1,5 bis 2,5	8,4 bis 14
hart	über 2,5	über 14
1 mmol/l	1	5,6 °dH
1 °dH	0,1783	1,78 °fH · 17,8 mg/l $CaCO_3$
1 °e	0,1425	0,80 °dH

Härtebereiche nach Wasch- und Reinigungsmittelgesetz.

Beispiel

Versorger nennt 16,8 °dH
a) c = 16,8 × 0,1783 = 3,00 mmol/l
c) °fH = 3,0 × 10 = 30 °fH
d) $CaCO_3$ = 3,0 × 100,09 = 300 mg/l
Ergebnis: Härtebereich hart

Online rechnen und als Kette weiterführen:
trinkwasser.tools/rechner/wasserhaerte-umrechnen

Ausfluss aus einer Öffnung

Wassermenge aus einem Loch oder Riss nach Torricelli abschätzen

Ort / Projekt	Abschnitt / Objekt	Datum	Bearbeitet von

1 Eingaben

Durchmesser der Öffnung Riss: Kreis gleicher Fläche	**d =**		mm
Druck an der Öffnung Leitungsdruck an dieser Stelle	**p =**		bar
Ausflussbeiwert scharfkantig etwa 0,6	**μ =**		–
Preis je m³ optional, für die Kosten	**P =**		€/m³

2 Rechnung Schritt für Schritt

a) Fläche der Öffnung d in mm	$A = 0{,}785 \times d^2$	=		mm²
b) Austrittsgeschwindigkeit p in bar	$v = \sqrt{(200 \times p)}$	=		m/s
c) Ausfluss mit A aus a), v aus b)	$Q = \mu \times A \times v \div 1.000$	=		l/s
d) Ausfluss im Jahr Kosten im Jahr: Qj × P	$Qj = Q \times 31.536$	=		m³

Zeichen und Faktoren: A Fläche der Öffnung, v Austrittsgeschwindigkeit, μ Ausflussbeiwert, Q Ausfluss, Qj Ausfluss im Jahr. 0,785 = π ÷ 4. 200 × p entspricht 2 × p ÷ ρ mit p in bar und ρ = 1.000 kg/m³. 31.536 rechnet l/s in m³ je Jahr um.

3 Ausfluss in l/min und Beispiel

Öffnung	2 bar	4 bar	6 bar	8 bar
1 mm	0,6	0,8	1,0	1,1
2 mm	2,3	3,2	3,9	4,5
3 mm	5,1	7,2	8,8	10,2
5 mm	14	20	24	28
10 mm	57	80	98	113
20 mm	226	320	392	452

Werte für μ = 0,6 und freien Austritt; im Erdreich meist weniger.

Beispiel

d = 3 mm, p = 4 bar, μ = 0,6
a) A = 0,785 × 3² = 7,07 mm²
b) v = √(200 × 4) = 28,3 m/s
c) Q = 0,6 × 7,07 × 28,3 ÷ 1.000 = 0,120 l/s
d) Qj = 3.783 m³
bei 4,50 €/m³: 17.023 € im Jahr

Online rechnen und als Kette weiterführen:
trinkwasser.tools/rechner/ausfluss-aus-einer-oeffnung

Leckagekosten

Was eine undichte Stelle im Jahr an Wasser und Geld kostet

Ort / Projekt	Abschnitt / Objekt	Datum	Bearbeitet von

1 Eingaben

Verlust je Stelle und Tag Richtwerte siehe Tabelle	q =		l/Tag
Anzahl undichter Stellen	n =		Stück
Preis Wasser und Abwasser Laut Abrechnung, ohne Grundgebühr	P =		€/m³

2 Rechnung Schritt für Schritt

a) Verlust im Jahr	Vl = q × n × 365	=		l
b) In Kubikmetern	V = Vl ÷ 1.000	=		m³
c) Kosten im Jahr mit V aus b)	K = V × P	=		€

Zeichen und Faktoren: Vl Verlust in Litern, V Verlust in m³, K Kosten. Das Jahr hat 365 Tage; ÷ 1.000 rechnet Liter in m³ um.

3 Richtwerte und Beispiel

Undichte Stelle	je Tag	je Jahr	bei 4,50 €
Tropfender Hahn	4 l	1,5 m³	6,57 €
Dünnes Rinnsal	50 l	18,2 m³	82,12 €
Laufende WC-Spülung	100 l	36,5 m³	164,25 €

Test: Alle Hähne zu, dreht sich das Rad am Zähler, gibt es ein Leck.

Beispiel

Laufende WC-Spülung: q = 100 l/Tag, n = 1, P = 4,50 €/m³

a) Vl = 100 × 1 × 365 = 36.500 l

b) V = 36.500 ÷ 1.000 = 36,5 m³

c) K = 36,5 × 4,50 = 164,25 €

Online rechnen und als Kette weiterführen:

trinkwasser.tools/rechner/leckagekosten

Leckmenge und Druck

Einsparung an Leckverlusten durch Druckabsenkung abschätzen (FAVAD)

Ort / Projekt	Abschnitt / Objekt	Datum	Bearbeitet von

1 Eingaben

Leckmenge heute	L0 =		m³/h	
Druck heute	P0 =		bar	mittlerer Druck der Zone
Druck nach Absenkung	P1 =		bar	geplanter mittlerer Druck
Exponent	N1 =		–	siehe Tabelle, Faustwert 1,0
Kosten je m³ Verlust	K =		€/m³	

2 Rechnung Schritt für Schritt

a) Leckmenge neu hoch N1, Taste x^y	L1 = L0 × (P1 ÷ P0)^N1	=		m³/h
b) Einsparung	E = L0 – L1	=		m³/h
c) Einsparung im Jahr bei Absenkung rund um die Uhr	Ej = E × 8.760	=		m³
d) Ersparte Kosten	€ = Ej × K	=		€/Jahr

Zeichen und Faktoren: L0 Leckmenge heute, L1 Leckmenge nach Absenkung, P0 und P1 Druck heute und neu, N1 Exponent nach FAVAD, r Druckverhältnis, E Einsparung, Ej Einsparung im Jahr, K Kosten je m³. 8.760 Stunden hat das Jahr. r^N1 heißt r hoch N1.

3 Exponent N1 und Beispiel

N1	typisch für	L1 bei –20 % Druck
0,5	feste Öffnung, starres Rohr	89 %
1,0	gemischtes Netz, Faustwert	80 %
1,15	größere Netze, Literaturwert	77 %
1,5	Kunststoff, sich öffnende Risse	72 %
2,5	sehr flexible Risse	57 %

Letzte Spalte: Leckmenge nach 20 % Druckabsenkung, bezogen auf heute.

Beispiel

L0 = 10 m³/h, P0 = 5 bar, P1 = 4 bar, N1 = 1,0, K = 1 €/m³

a) L1 = 10 × (4 ÷ 5)¹ = 8,00 m³/h
b) E = 10 – 8,00 = 2,00 m³/h
c) Ej = 2,00 × 8.760 = 17.520 m³
d) 17.520 € im Jahr

Online rechnen und als Kette weiterführen:
trinkwasser.tools/rechner/leckmenge-und-druck

Lecktest mit dem Wasserzähler

Mit zwei Zählerständen prüfen, ob Wasser verloren geht

Ort / Projekt	Abschnitt / Objekt	Datum	Bearbeitet von

1 Eingaben

Zählerstand zu Beginn alle Nachkommastellen	**S1 =**		m³
Zählerstand am Ende ohne Entnahme dazwischen	**S2 =**		m³
Dauer der Messung am besten über Nacht	**h =**		Stunden
Preis Wasser und Abwasser laut Abrechnung	**P =**		€/m³

2 Rechnung Schritt für Schritt

a) Verlust in Litern	VL = (S2 – S1) × 1.000	=		l
b) Verlust je Stunde	q = VL ÷ h	=		l/h
c) Verlust im Jahr 8.760 Stunden ÷ 1.000	V = q × 8,76	=		m³
d) Kosten im Jahr	K = V × P	=		€

Zeichen und Faktoren: S1 und S2 Zählerstände, VL Verlust in Litern, h Dauer in Stunden, q Verlust je Stunde, V Verlust im Jahr, P Preis, K Kosten. 8,76 = 8.760 Stunden im Jahr ÷ 1.000 Liter je m³.

3 Was ein Leck kostet und Beispiel

Verlust	je Tag	je Jahr	bei 4,50 €
0,5 l/h	12 l	4,4 m³	20 €
1 l/h	24 l	8,8 m³	39 €
2 l/h	48 l	17,5 m³	79 €
5 l/h	120 l	43,8 m³	197 €
10 l/h	240 l	87,6 m³	394 €
20 l/h	480 l	175,2 m³	788 €
50 l/h	1.200 l	438,0 m³	1.971 €

Vorher Geräte wie Waschmaschine und Bewässerung ausschalten.

Beispiel

S1 = 1.234,567 m³, S2 = 1.234,612 m³, h = 8, P = 4,50 €/m³

a) VL = 0,045 × 1.000 = 45 l

b) q = 45 ÷ 8 = 5,62 l/h

c) V = 5,62 × 8,76 = 49,3 m³

d) K = 49,3 × 4,50 = 222 €

Online rechnen und als Kette weiterführen:

trinkwasser.tools/rechner/lecktest-wasserzaehler

Spürgas

Entleeren und Befüllen einer Leitung für die Lecksuche mit Spürgas

Ort / Projekt	Abschnitt / Objekt	Datum	Bearbeitet von

1 Eingaben

Innendurchmesser	**d =**		mm	
Länge des Abschnitts	**L =**		m	
Abfluss beim Entleeren	**q =**		l/s	
Prüfdruck (Überdruck)	**p =**		bar	an Leitung anpassen
Reserve	**R =**		%	z. B. 20
Flaschengröße	**Vf =**		l	10, 20, 50, Bündel 600
Fülldruck der Flasche	**pf =**		bar	z. B. 200
Restdruck in der Flasche	**pr =**		bar	z. B. 10
Füllstrom am Druckminderer	**s =**		l/min	

2 Rechnung Schritt für Schritt

a) Leitungsinhalt d in mm, L in m	$V = 0{,}785 \times d^2 \times L \div 1.000.000$	=		m³
b) Dauer des Entleerens	$te = V \times 1.000 \div q \div 60$	=		min
c) Spürgasbedarf bei Umgebungsdruck	$G = V \times p \div 1{,}013 \times (1 + R \div 100)$	=		m³
d) Nutzbar je Flasche	$F = Vf \div 1.000 \times (pf - pr) \div 1{,}013$	=		m³
e) Anzahl Flaschen	$N = G \div F$, aufrunden	=		Stück
f) Dauer des Befüllens s in l/min	$tf = G \times 1.000 \div s$	=		min

Zeichen und Faktoren: V Leitungsinhalt, te und tf Dauer von Entleeren und Befüllen, G Gasbedarf, F nutzbarer Flascheninhalt, N Anzahl Flaschen. 1,013 bar ist der Luftdruck: Gasmengen gelten bei Umgebungsdruck. Die Luft in der Leitung füllt den Anteil bis Umgebungsdruck schon aus, deshalb zählt nur der Überdruck. 0,785 = π ÷ 4.

3 Nutzbarer Inhalt und Beispiel

Flasche	200 bar	300 bar
10 Liter	1,88 m³	2,86 m³
20 Liter	3,75 m³	5,73 m³
50 Liter	9,38 m³	14,31 m³
Bündel 12 × 50 l	112,54 m³	171,77 m³

Restdruck 10 bar, ideales Gas. Angabe des Lieferanten ist genauer.

Beispiel

d = 100 mm, L = 500 m, q = 2 l/s, p = 3 bar, R = 20 %
50-l-Flasche 200 bar, Rest 10 bar, s = 100 l/min
a) V = 3,93 m³ b) te = 32,7 min
c) G = 3,93 × 3 ÷ 1,013 × 1,2 = 13,96 m³
d) F = 9,38 m³ e) N = 2 Flaschen
f) tf = 13,96 × 1.000 ÷ 100 = 140 min

Online rechnen und als Kette weiterführen:
trinkwasser.tools/rechner/spuergasrechner

- Nur für Trinkwasser zugelassenes Spürgas verwenden. Flaschen sichern, Gas beim Entspannen ins Freie ableiten.
- Vor der Wiederinbetriebnahme spülen und die Wasserqualität nach den geltenden Regeln prüfen.

Wasserbilanz und ILI

Wasserverluste nach IWA und Infrastructure Leakage Index berechnen

Ort / Projekt	Abschnitt / Objekt	Datum	Bearbeitet von

1 Eingaben

Systemeinspeisung	**E =**		m³/a	
Abgerechneter Verbrauch	**A =**		m³/a	
Nicht abgerechneter Verbrauch	**N =**		m³/a	z. B. Spülung, Feuerwehr
Scheinbare Verluste	**S =**		m³/a	geschätzt
Länge Versorgungsleitungen	**Lm =**		km	ohne Anschlussleitungen
Anzahl Hausanschlüsse	**Nc =**		Stück	
Anschlussleitung privat, Mittel	**Lp =**		m	Grundstücksgrenze bis Zähler
Mittlerer Betriebsdruck	**p =**		bar	

2 Rechnung Schritt für Schritt

a) Wasserverluste	WV = E – A – N	=		m³/a
b) Reale Verluste	RV = WV – S	=		m³/a
c) Je km und Stunde	RV ÷ (Lm × 8.760)	=		m³/(km·h)
d) Unvermeidbare reale Verluste (p in bar)	UARL = (18 × Lm + 0,8 × Nc + 0,025 × Nc × Lp) × p × 3,72	=		m³/a
e) Infrastructure Leakage Index	ILI = RV ÷ UARL	=		–

Zeichen und Faktoren: WV Wasserverluste, RV reale Verluste, UARL unvermeidbare reale Verluste, ILI Infrastructure Leakage Index. 8.760 Stunden hat das Jahr. 18, 0,8 und 25 sind die Beiwerte der UARL-Formel in Litern je Tag und Meter Druck, bezogen auf km Leitung, Anschluss und km Anschlussleitung. 0,025 = 25 ÷ 1.000 (m in km). 3,72 = 10,2 m je bar × 365 Tage ÷ 1.000 (Liter in m³).

3 Einstufung und Beispiel

Klasse	ILI	Bewertung
A	unter 2	sehr gut
B	2 bis 4	gut, Verbesserung möglich
C	4 bis 8	schwach
D	ab 8	sehr schwach

Weltbank-Schema für Industrieländer. ILI 1 = reale Verluste wie UARL.

Beispiel

E = 1.000.000, A = 780.000, N = 20.000, S = 15.000 m³/a
Lm = 150 km, Nc = 6.000, Lp = 10 m, p = 4,5 bar
a) WV = 200.000 m³/a b) RV = 185.000 m³/a
c) 0,141 m³/(km·h)
d) UARL = 150.700 m³/a
e) ILI = 185.000 ÷ 150.700 = 1,23

Online rechnen und als Kette weiterführen:
trinkwasser.tools/rechner/wasserbilanz-und-ili

- Werte unter 1 sind möglich. Den ILI immer zusammen mit weiteren Kennzahlen und den Eigenschaften des Netzes bewerten.
- Die UARL-Formel gilt als belastbar ab etwa 3.000 Anschlüssen, 20 Anschlüssen je km und 2,5 bar.

Behältervolumen

Volumen runder Behälter und Schächte sowie rechteckiger Becken

Ort / Projekt	Abschnitt / Objekt	Datum	Bearbeitet von

1 Eingaben

Durchmesser (rund)	D =		m	Innenmaß
Wasserstand (rund)	h =		m	
Länge (rechteckig)	a =		m	Innenmaß
Breite (rechteckig)	b =		m	
Wasserstand (rechteckig)	c =		m	

2 Rechnung Schritt für Schritt

a) Rund: Volumen D und h in m	$V = 0{,}785 \times D^2 \times h$	=		m^3
b) Rechteckig: Volumen	$V = a \times b \times c$	=		m^3
c) In Litern	$V \times 1.000$	=		l

Zeichen und Faktoren: V Volumen, D Durchmesser, h, c Wasserstand, a Länge, b Breite. 0,785 = π ÷ 4 aus der Kreisfläche π × D² ÷ 4. × 1.000 rechnet m³ in Liter um.

3 Inhalt je Meter Höhe und Beispiel

Durchmesser	je Meter Höhe	je 10 cm
0,8 m	0,50 m³	50 l
1,0 m	0,79 m³	79 l
1,2 m	1,13 m³	113 l
1,5 m	1,77 m³	177 l
2,0 m	3,14 m³	314 l
2,5 m	4,91 m³	491 l
3 m	7,1 m³	707 l
5 m	19,6 m³	1.963 l
10 m	78,5 m³	7.854 l

Für runde Behälter, Schächte und Brunnen.

Beispiel

Schacht D = 1 m, h = 3 m
a) V = 0,785 × 1² × 3 = 2,36 m³
Becken a = 10 m, b = 5 m, c = 4 m
b) V = 10 × 5 × 4 = 200 m³

Online rechnen und als Kette weiterführen:
trinkwasser.tools/rechner/behaelter-volumen

Gefälle

Gefälle und Steigung in Prozent, Promille, Grad und als Verhältnis

Ort / Projekt	Abschnitt / Objekt	Datum	Bearbeitet von

1 Eingaben

Höhenunterschied	**Δh =**		m
Waagerechte Länge nicht die Schräglänge	**L =**		m

2 Rechnung Schritt für Schritt

a) In Prozent	$i = \Delta h \div L \times 100$	=		%
b) In Promille	$i = \Delta h \div L \times 1.000$	=		‰
c) Als Verhältnis	$1 : n$ mit $n = L \div \Delta h$	=		1 : n
d) In Grad Taschenrechner auf DEG	$\alpha = \arctan(\Delta h \div L)$	=		°

Zeichen und Faktoren: i Gefälle, Δh Höhenunterschied, L waagerechte Länge, α Neigungswinkel, n Verhältniszahl. arctan ist die Umkehrfunktion des Tangens, auf dem Taschenrechner meist $\tan^{-1}$.

3 Schnelltabelle und Beispiel

Prozent	Promille	Grad	Verhältnis
0,1 %	1 ‰	0,06°	1 : 1.000
0,2 %	2 ‰	0,11°	1 : 500
0,5 %	5 ‰	0,29°	1 : 200
1 %	10 ‰	0,57°	1 : 100
2 %	20 ‰	1,15°	1 : 50
3 %	30 ‰	1,72°	1 : 33
5 %	50 ‰	2,86°	1 : 20
10 %	100 ‰	5,71°	1 : 10

1 % Gefälle = 1 cm Höhe je Meter Länge.

Beispiel

Δh = 0,5 m auf L = 100 m
a) i = 0,5 ÷ 100 × 100 = 0,5 %
b) i = 5 ‰ c) 1 : 200
d) α = arctan(0,005) = 0,29°

Online rechnen und als Kette weiterführen:
trinkwasser.tools/rechner/gefaelle-steigung

Maßstab

Maße auf Plänen und Karten in Naturmaße umrechnen

Ort / Projekt	Abschnitt / Objekt	Datum	Bearbeitet von

1 Eingaben

Maß auf dem Plan mit dem Lineal gemessen	**s =**		cm
Maßstabszahl z. B. 500 bei 1 : 500	**M =**		1 : M
Maß in der Natur für die Gegenrichtung	**S =**		m

2 Rechnung Schritt für Schritt

a) Plan in Natur s in cm	S = s × M ÷ 100	=		m
b) Natur in Plan S in m	s = S × 100 ÷ M	=		cm
c) Maßstab prüfen aus bekannter Strecke	M = S × 100 ÷ s	=		1 : M

Zeichen und Faktoren: s Maß auf dem Plan, S Maß in der Natur, M Maßstabszahl, etwa 500 bei 1 : 500. ÷ 100 und × 100 rechnen zwischen cm und m um.

3 1 cm auf dem Plan und Beispiel

Maßstab	entspricht
1 : 100	1,0 m
1 : 250	2,5 m
1 : 500	5,0 m
1 : 1.000	10,0 m
1 : 2.000	20,0 m
1 : 5.000	50,0 m
1 : 10.000	100,0 m
1 : 25.000	250,0 m

Verkleinert gedruckt? Bekannte Strecke messen, Maßstab prüfen.

Beispiel

Plan 1 : 500, gemessen 7,4 cm
a) S = 7,4 × 500 ÷ 100 = 37 m
Hausfront 12 m ist auf dem Plan 2,3 cm
c) M = 12 × 100 ÷ 2,3 = 522, also nicht 1 : 500

Online rechnen und als Kette weiterführen:
trinkwasser.tools/rechner/massstab-umrechnen

Pool befüllen

Wassermenge, Füllzeit und Kosten für rechteckige und runde Pools

Ort / Projekt	Abschnitt / Objekt	Datum	Bearbeitet von

1 Eingaben

Länge (rechteckig)	L =		m	Innenmaß
Breite (rechteckig)	B =		m	Innenmaß
Durchmesser (rund)	D =		m	Innenmaß
Wassertiefe	T =		m	nicht die Randhöhe
Durchfluss am Schlauch	Q =		l/min	10-l-Eimer stoppen
Preis Wasser und Abwasser	P =		€/m³	laut Abrechnung

2 Rechnung Schritt für Schritt

a) Grundfläche rechteckig oder rund	A = L × B oder 0,785 × D²	=	m²
b) Wassermenge mit A aus a)	V = A × T	=	m³
c) Füllzeit Kosten: K = V × P	t = V × 1.000 ÷ Q ÷ 60	=	h

Zeichen und Faktoren: L Länge, B Breite, D Durchmesser, T Wassertiefe, A Grundfläche, V Wassermenge, Q Durchfluss am Schlauch, t Füllzeit, P Preis, K Kosten. 0,785 = π ÷ 4. × 1.000 rechnet m³ in Liter um, ÷ 60 Minuten in Stunden.

3 Typische Pools und Beispiel

Pool	Wasser	bei 15 l/min	bei 4,50 €
rund 3,6 m, 1,2 m tief	12,2 m³	13,6 h	55 €
rund 4,5 m, 1,2 m tief	19,1 m³	21,2 h	86 €
6 × 3 m, 1,5 m tief	27,0 m³	30,0 h	122 €
8 × 4 m, 1,5 m tief	48,0 m³	53,3 h	216 €
10 × 5 m, 1,5 m tief	75,0 m³	83,3 h	338 €

Ovale Pools: (Länge − Breite) × Breite + 0,785 × Breite².

Beispiel

8 × 4 m, 1,5 m tief, 15 l/min
a) A = 8 × 4 = 32 m²
b) V = 32 × 1,5 = 48 m³
c) t = 48 × 1.000 ÷ 15 ÷ 60 = 53,3 h
Kosten: 48 × 4,50 = 216 €

Online rechnen und als Kette weiterführen:
trinkwasser.tools/rechner/pool-befuellen

Notizen

Messwerte, Beobachtungen, Skizze

Ort / Projekt

Abschnitt / Objekt

Datum

Messprotokoll

Uhrzeit	Messstelle	Messwert	Einheit	Bemerkung

Skizze und Notizen

Notizen

Messwerte, Beobachtungen, Skizze

Ort / Projekt

Abschnitt / Objekt

Datum

Messprotokoll

Uhrzeit	Messstelle	Messwert	Einheit	Bemerkung

Skizze und Notizen