

Pioneering for You

wilo

Abwassertechnik – Kleinhebeanlagen

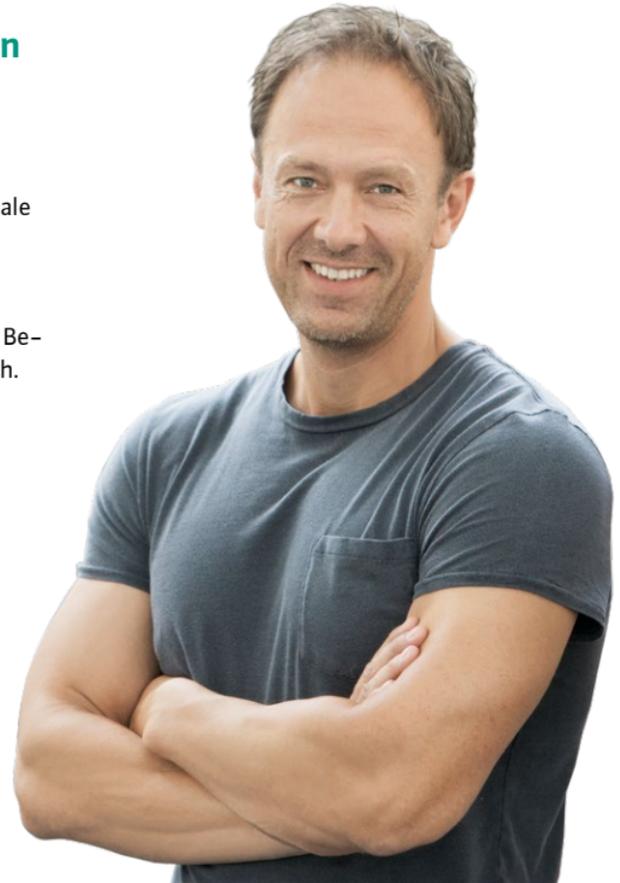
Auswahlkriterien und Berechnungsgrundlagen



Auswahlkriterien und Berechnungsgrundlagen für die Installation von Kleinhebeanlagen

Bei Abwasserhebeanlagen sind reibungslose Funktionalität und maximale Betriebssicherheit besonders wichtig, damit Sie und Ihre Kunden keine unangenehmen Überraschungen erleben.

Auf den folgenden Seiten zeigen wir Ihnen alles Wichtige zur Auswahl, Berechnung und Dimensionierung von Hebeanlagen. Wilo macht`s einfach.



Entwässerung nach DIN EN 12056-2 und EN 12056-4

Hebeanlagen für die Entsorgung
von Wasser innerhalb von Gebäuden

ohne Fäkalien



mit Fäkalien



Einzelraum



Mehrraum



Einzelraum



Mehrraum



Bemessung des Schmutzwasserabflusses (Volumenstroms)

Schmutzwasserabfluss (Q_{ww})

Berechnet wird hier der erwartete Schmutzwasserabfluss in einem Teil oder der gesamten Entwässerungsanlage, in der nur häusliche sanitäre Entwässerungsgegenstände (siehe Tabelle 2) mit der Anlage verbunden sind. Der Schmutzwasserabfluss wird als Volumenstrom in l/s oder m³/h angegeben.

$$Q_{ww} = K \sqrt{\Sigma(DU)}$$

DIN EN 12056-2, Januar 2001

Schwerkraftentwässerungsanlagen innerhalb von Gebäuden

Teil 2: **Schmutzwasseranlagen, Planung und Berechnung**

Deutsche Fassung EN 12056-2 : 2000

Dabei gilt:

Q_{ww} = Schmutzwasserabfluss

K = Abflusskennzahl

ΣDU = Summe der Anschlusswerte

Anschlusswerte (DU)

Tabelle 2, Seite 8 – Auszug

Entwässerungsgegenstand	System I DU in l/s	Entwässerungsgegenstand	System I DU in l/s
Waschbecken, Bidet	0,5	Waschmaschine bis zu 6 kg	0,8
Dusche ohne Stöpsel	0,6	Waschmaschine bis zu 12 kg	1,5
Dusche mit Stöpsel	0,8	WC mit 6,0 l Spülkasten	2,0
Einzelurinal mit Spülkasten	0,8	WC mit 7,5 l Spülkasten	2,0
Urinal mit Druckspüler	0,5	WC mit 9,0 l Spülkasten	2,5
Badewanne	0,8	Bodenablauf DN 50	0,8
Küchenspüle	0,8	Bodenablauf DN 70	1,5
Geschirrspüler (Haushalt)	0,8	Bodenablauf DN 100	2,0

Typische Abflusskennzahlen (K)

Tabelle 3

Gebäudeart	K
unregelmäßige Benutzung, z. B. in Wohnhäusern, Pensionen, Büros	0,5
regelmäßige Benutzung, z. B. in Krankenhäusern, Schulen, Restaurants, Hotels	0,7
häufige Benutzung, z. B. in öffentlichen Toiletten und/oder Duschen	1,0
spezielle Benutzung, z. B. Labor	1,2

Typische Abflusskennzahlen verknüpft mit unterschiedlicher Häufigkeit der Benutzung der Entwässerungsgegenstände. Die Entwässerungsgegenstände sind in der vorherigen Tabelle angeführt.

Schmutzwasserabflusswerte (Q_{ww})

Tabelle B.3: Die Werte wurden mit der Gleichung $Q_{ww} = K \sqrt{\Sigma(DU)}$ berechnet.

Summe der Anschlusswerte	K = 0,5	K = 0,7	K = 1,0	K = 1,2
ΣDU	Q_{ww} in l/s	Q_{ww} in l/s	Q_{ww} in l/s	Q_{ww} in l/s
10	1,6	2,2	3,2	3,8
12	1,7	2,4	3,5	4,2
14	1,9	2,6	3,7	4,5
16	2,0	2,8	4,0	4,8
18	2,1	3,0	4,2	5,1
20	2,2	3,1	4,5	5,4
25	2,5	3,5	5,0	6,0
30	2,7	3,8	5,5	6,6
35	3,0	4,1	5,9	7,1
40	3,2	4,4	6,3	7,6
45	3,4	4,7	6,7	8,0
50	3,5	4,9	7,1	8,5

Die Fließgeschwindigkeit in der Druckleitung darf 0,7 m/s nicht unterschreiten bzw. 2,3 m/s nicht überschreiten (DIN EN 12056-4, 6.1)

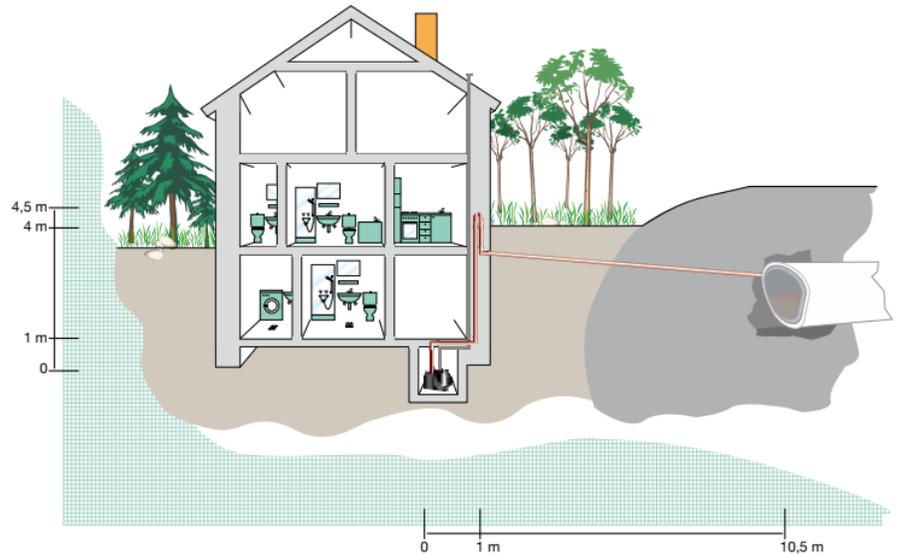
Umrechnung
l/s in m³/h mit
Multiplikator 3,6

Musterberechnung für Installationen innerhalb von Gebäuden

Geschlossene Hebeanlagen innerhalb von Gebäuden für fäkalienhaltige Medien

Steckbrief

- 1 Gäste-WC mit Handwaschbecken und WC
- 2 Badezimmer (2 WCs, 2 Duschen, 2 Handwaschbecken und 1 Badewanne, ein Badezimmer davon mit zusätzlichem Bodenablauf DN 50)
- 1 Küche inkl. Geschirrspüler
- 1 Waschküche mit 1 Waschmaschine (10 kg)
- 1 Handwaschbecken und 1 Bodenablauf DN 50



Beispiel: Berechnung des Schmutzwasserabflusses Q_{ww}

$$Q_{ww} = K \sqrt{\Sigma(DU)}$$

$$Q_{ww} = 0,5 \times \sqrt{16,6 \text{ l/s}}$$

$$Q_{ww} = 2,04 \text{ l/s} < 2,5 \text{ l/s (9 m}^3\text{/h)}$$

Da der errechnete Wert kleiner ist als der Anschlusswert des größten Entwässerungsgegenstandes (hier 9 l WC Spülkasten), muss mit dem größeren einzelnen Entwässerungsgegenstand weitergerechnet werden.

Entwässerungsgegenstände	DU-Wert
2 Duschen	2 x 0,8 l/s
1 Badewanne	1 x 0,8 l/s
1 Küchenspüle	1 x 0,8 l/s
1 Geschirrspüler	1 x 0,8 l/s
1 Waschmaschine (10 kg)	1 x 1,5 l/s
2 Bodenabläufe DN 50	2 x 0,8 l/s
3 WCs mit 9 l Spülkasten	3 x 2,5 l/s
4 Handwaschbecken	4 x 0,5 l/s
Summe:	16,6 l/s

Bestimmung der Mindestfließgeschwindigkeit bzw. Rohrleitungsauslegung

$$V_{\min} = \frac{\dot{V}_{\min}}{\pi/4 \times d_i^2}$$

$$V_{\min} = \frac{9 \text{ m}^3/\text{h}}{0,785 \times (0,08 \text{ m})^2} \left[\frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \right]$$

$$V_{\min} = 0,5 \text{ m/s}$$

Gegeben: 15,5 m Leitung

Gewählt: Leitungsmaterial Grauguss (GG)
Nennweite DN 80

Der Rohrleitungsdurchmesser ist zu groß dimensioniert, da die errechnete Fließgeschwindigkeit von 0,5 m/s kleiner ist als die Mindestfließgeschwindigkeit von **0,7 m/s < v < 2,3 m/s**.

→ Überprüfung mit Kennlinie der Pumpe bzgl. des tatsächlichen Betriebspunkts notwendig

Schutz gegen Rückstau

Der Schutz gegen Rückstau erfolgt durch Abwasserhebeanlagen mit Rückstauschleife (siehe Bilder 1 und 2). Nur die Ausführung mit Rückstauschleife bietet einen hohen Grad an Sicherheit gegen Rückstau.

Ein Rückstauverschluss kann eingesetzt werden (siehe Bild 3), wenn

- Gefälle zum Kanal besteht,
- die Räume von untergeordneter Nutzung sind, d. h., dass keine wesentlichen Sachwerte oder die Gesundheit der Bewohner bei Überflutung der Räume beeinträchtigt werden,
- der Benutzerkreis klein ist und diesem ein WC oberhalb der Rückstauenebene zur Verfügung steht oder
- bei Rückstau auf die Benutzung der Ablaufstelle verzichtet werden kann.

Prinzipskizzen

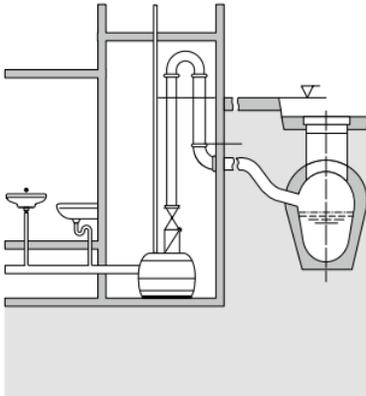


Bild 1: Schutz gegen Rückstau, wenn der Kanal höher liegt als die Entwässerungsgegenstände

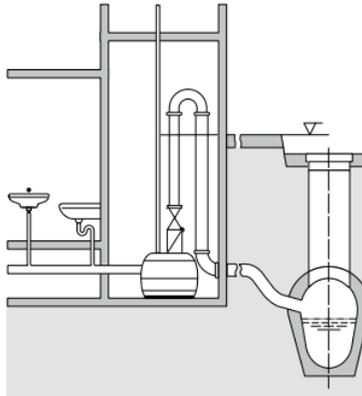


Bild 2: Schutz gegen Rückstau bei Gefälle zum Kanal durch eine Abwasserhebeanlage

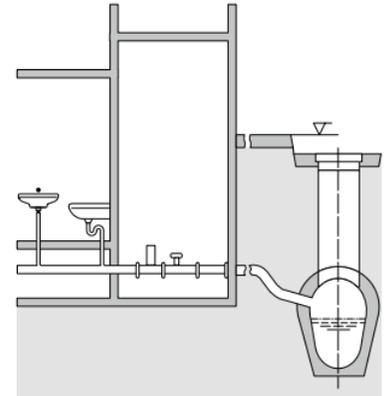


Bild 3: Schutz gegen Rückstau bei Gefälle zum Kanal von Räumen untergeordneter Nutzung durch einen Rückstauverschluss

Installation

Abwasserhebeanlagen sind verdrehsicher zu installieren. Auftriebsgefährdete Abwasserhebeanlagen sind auftriebssicher zu befestigen.

Räume für Abwasserhebeanlagen müssen so groß sein, dass neben und über allen zu bedienenden und zu wartenden Teilen ein Arbeitsraum von mindestens 60 cm Breite bzw. Höhe zur Verfügung steht. Der Aufstellungsraum muss ausreichend beleuchtet und gut be- und entlüftet sein. Für die Raumentwässerung bei Fäkalienhebeanlagen nach prEN 12050-1 ist ein Pumpensumpf anzuordnen.

Nach prEN 12050-1 sind Anlagen, bei denen der Abwasserzufluss nicht unterbrochen werden darf, als Doppelanlagen anzulegen.

Oberflächenwasser, das außerhalb des Gebäudes unterhalb der Rückstauenebene anfällt, ist getrennt vom häuslichen Abwasser und außerhalb des Gebäudes über eine Abwasserhebeanlage zu fördern.

Rohrleitungen – Mindestnennweite der Druckleitung

Auf der Zuflusseite und auf der Druckleitungsseite hinter dem Rückflussverhinderer ist ein Absperrschieber anzuordnen. Bei Abwasserhebeanlagen nach prEN 12050-2 oder prEN 12050-3 kann, wenn die Nennweite der Druckleitung $< DN 80$ ist, auf den Absperrschieber verzichtet werden. Ist kein Schieber in der Druckleitung vorhanden, muss der Rückflussverhinderer eine Anlüftevorrichtung haben oder es muss eine anderweitige Entleerung möglich sein.

An die Druckleitung dürfen keine anderen Anschlüsse angebracht werden. Druckleitungen von Abwasserhebeanlagen dürfen nicht an Abwasserfalleleitungen, sondern müssen immer an die belüftete Grundleitung oder Sammelleitung angeschlossen werden.

Typ der Abwasserhebeanlage	Mindestnennweite
Fäkalienhebeanlagen ohne Fäkalienzerteilung nach prEN 12050-1	DN 80
Fäkalienhebeanlagen mit Fäkalienzerteilung nach prEN 12050-1	DN 32
Abwasserhebeanlagen für fäkalienfreies Abwasser nach prEN 12050-2	DN 32
Fäkalienhebeanlagen zur begrenzten Verwendung ohne Fäkalienzerteilung nach prEN 12050-3	DN 32
Fäkalienhebeanlagen zur begrenzten Verwendung mit Fäkalienzerteilung nach prEN 12050-3	DN 20

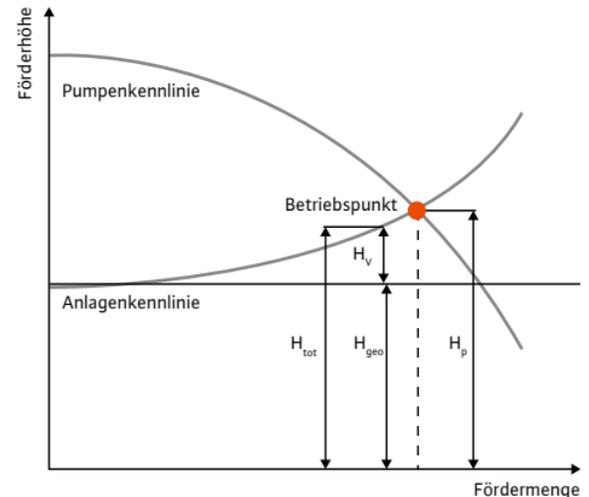
Förderhöhenbemessung H_p der Pumpe

Die Förderhöhe H_p muss größer oder gleich der Gesamtförderhöhe sein und wird berechnet nach der Formel

$$H_{\text{tot}} = H_{\text{geo}} + H_v \text{ mit } H_v = H_{v,A} + H_{v,R}$$

Dabei gilt:

- H_{tot} = Gesamtförderhöhe in Metern
- H_{geo} = statische Förderhöhe in Metern
- H_v = Druckhöhenverlust in Metern
(dynamischer Anteil)
- $H_{v,A}$ = Druckhöhenverlust in Armaturen
und Formstücken in Metern
- $H_{v,R}$ = druckseitige Rohrleitungsverluste



Verluste in Armaturen und Formstücken $H_{V,A}$

Die Druckverlusthöhen aller Armaturen und Formstücke bis zur Rückstauschleife sind einzeln zu berechnen und zu addieren

$$H_{V,A} = \sum_i \zeta_i \frac{v_i^2}{2g}$$

Dabei gilt:

- $H_{V,A}$ = Druckhöhenverlust in Armaturen und Formstücken in Metern
 v_i = Strömungsgeschwindigkeit im Abschnitt i in m/s
 g = Fallbeschleunigung 9,81 m/s²
 ζ_i = Verlustbeiwerte für Armaturen und Formstücke

Art der Einzelwiderstände	ζ
Absperrschieber*	0,5
Rückflussverhinderer*	2,2
Bogen 90°	0,5
Bogen 45°	0,3
Freier Auslauf	1,0
T-Stück 45° Durchgang bei Stromvereinigung	0,3
T-Stück 90° Durchgang bei Stromvereinigung	0,5
T-Stück 45° Abzweig bei Stromvereinigung	0,6
T-Stück 90° Abzweig bei Stromvereinigung	1,0
T-Stück 90° Gegenlauf	1,3
Querschnittserweiterung	0,3

* Es sollten vorzugsweise Herstellerangaben verwendet werden.

Druckhöhenverluste $H_{V,A}$ in Armaturen und Formstücken

Fließgeschwindigkeit v bezogen auf den tatsächlich durchflossenen Querschnitt

v in m/s	Verlustbeiwert ζ										
	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,7	0,012	0,025	0,049	0,074	0,098	0,123	0,147	0,172	0,196	0,221	0,245
0,8	0,016	0,032	0,064	0,096	0,128	0,160	0,192	0,224	0,256	0,288	0,320
0,9	0,020	0,041	0,081	0,122	0,162	0,203	0,243	0,284	0,324	0,365	0,405
1,0	0,025	0,050	0,100	0,150	0,200	0,250	0,300	0,350	0,400	0,450	0,500
1,1	0,030	0,061	0,121	0,182	0,242	0,303	0,363	0,424	0,484	0,545	0,605
1,2	0,036	0,072	0,144	0,216	0,288	0,360	0,432	0,504	0,576	0,648	0,720
1,3	0,042	0,085	0,169	0,254	0,338	0,423	0,507	0,592	0,676	0,761	0,845
1,4	0,049	0,098	0,196	0,294	0,392	0,490	0,588	0,686	0,784	0,882	0,980
1,5	0,056	0,113	0,225	0,338	0,450	0,563	0,675	0,788	0,900	1,013	1,125

v in m/s	Verlustbeiwert ζ										
	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1,6	0,064	0,128	0,256	0,384	0,512	0,640	0,768	0,896	1,024	1,152	1,280
1,7	0,072	0,145	0,289	0,434	0,578	0,723	0,867	1,012	1,156	1,301	1,445
1,8	0,081	0,162	0,324	0,486	0,648	0,810	0,972	1,134	1,296	1,458	1,620
1,9	0,090	0,181	0,361	0,542	0,722	0,903	1,083	1,264	1,444	1,625	1,805
2,0	0,100	0,200	0,400	0,600	0,800	1,000	1,200	1,400	1,600	1,800	2,000
2,1	0,110	0,221	0,441	0,662	0,882	1,103	1,323	1,544	1,764	1,985	2,205
2,2	0,121	0,242	0,484	0,726	0,968	1,210	1,452	1,694	1,936	2,178	2,420
2,3	0,132	0,265	0,529	0,794	1,058	1,323	1,587	1,852	2,116	2,381	2,645
2,4	0,144	0,288	0,576	0,864	1,152	1,440	1,728	2,016	2,304	2,592	2,880
2,5	0,156	0,313	0,625	0,938	1,250	1,563	1,875	2,188	2,500	2,813	3,125

Druckhöhenverluste $H_{v,A}$ in m basierend auf der Gleichung $H_{v,A} = \sum \zeta \times v^2/2g$

Druckseitige Rohrreibungsverluste $H_{V,R}$

Die Rohrreibungsverluste $H_{V,R}$ werden berechnet nach Bild 9, dem Anhang dieser Norm oder Herstellerangaben für alle geraden Rohrstücke in der Druckleitung bis zur Rückstauschleife. Die Werte für den Druckhöhenverlust $H_{V,j}$ gelten für Wasser von 10 °C bzw. für Flüssigkeiten gleicher kinematischer Viskosität bei voller Befüllung der Rohrleitung.

$$H_{V,R} = \sum_j (H_{V,j} \times L_j)$$

Beispiel

Gegeben: Rohr DN 80, Fördermenge 20 m³/h
Abgelesen aus Tabelle A.1: $H_{V,j} = 0,022$
Druckhöhenverlust in einem Rohr der Länge L_j :
 $H_{V,R} = 0,022 \times 10 \text{ m} = 0,22 \text{ m}$

Dabei gilt:

- $H_{V,R}$ = Rohrreibungsverlust in Metern
- $H_{V,j}$ = dimensionsloser Druckhöhenverlust bezogen auf die Rohrlänge
- L_j = Rohrleitungslänge in Abschnitt i in Metern

Tabelle A.1: Ermittlung der dimensionslosen Druckhöhenverluste $H_{v,j}$

	DN 80		DN 90		DN 100		DN 125	
m^3/h	$H_{v,j}$	v m/s	$H_{v,j}$	v m/s	$H_{v,j}$	v m/s	$H_{v,j}$	v m/s
13,0	0,009	0,7						
15,0	0,012	0,8						
17,0	0,016	0,9	0,009	0,7				
20,0	0,022	1,1	0,012	0,9	0,007	0,7		
26,0	0,036	1,4	0,020	1,1	0,011	0,9		
32,0	0,054	1,8	0,029	1,4	0,017	1,1	0,005	0,7
36,0	0,058	2,0	0,037	1,6	0,021	1,3	0,007	0,8
40,0	0,084	2,2	0,045	1,7	0,026	1,4	0,008	0,9
46,0			0,060	2,0	0,034	1,6	0,011	1,0
52,0			0,076	2,3	0,044	1,8	0,014	1,2
58,0					0,054	2,1	0,017	1,3
64,0					0,066	2,3	0,021	1,4
72,0							0,026	1,6
78,0							0,030	1,8
88,0							0,039	2,0

Basis der Druckverluste: gerade Rohrleitungen bei einer betrieblichen Rauheit von $k_b = 0,25$ mm in Abhängigkeit von der Nennweite DN, Strömungsgeschwindigkeit v und dem Förderstrom V_A

Auswahl der nötigen Armaturen und Fittings

$$H_{V,A} = \sum_i \zeta_i \frac{V_i^2}{2g}$$

$$H_{V,A} = 5,0 \times \frac{0,5^2 \text{ m}^2/\text{s}^2}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_{V,A} = 0,06 \text{ m}$$

$$H_{V,A} = 5,0 \times \frac{0,7^2 \text{ m}^2/\text{s}^2}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_{V,A} = 0,12 \text{ m}$$

1 × Absperrschieber DN 80	$\zeta = 0,5$
1 × Rückflussverhinderer DN 80	$\zeta = 2,2$
4 × Bögen DN 80 (4 × 0,5)	$\zeta = 2,0$
1 × Querschnittserweiterung	$\zeta = 0,3$
Summe:	$\zeta = 5,0$

Errechnete Fließgeschwindigkeit = 0,5 m/s
(vgl. Seite 10)

Druckverlust mit errechneter Fließgeschwindigkeit:

Druckverlust mit Mindestfließgeschwindigkeit
0,7 m/s

Berechnung der benötigten Gesamtförderhöhe

$$H_{\text{tot}} = H_{\text{geo}} + H_{\text{v}} \text{ mit } H_{\text{v}} = H_{\text{v,A}} + H_{\text{v,R}}$$

$$H_{\text{geo}} = 4,5 \text{ m}$$

$$H_{\text{v,R}} = 0,009 \times 6 \text{ m} = 0,05 \text{ m}$$

$$H_{\text{tot}} = H_{\text{geo}} + H_{\text{H,A}} + H_{\text{H,R}}$$

$$H_{\text{tot}} = 4,5 \text{ m} + 0,12 \text{ m} + 0,05 \text{ m}$$

$$H_{\text{tot}} = 4,67 \text{ m}$$

Gegeben: ca. 6 m Leitung, 4,5 m Höhe bis Rückstauschleife

Gewählt: Leitungsmaterial Grauguss (GG), Nennweite DN 80

$H_{\text{v,j}} = 0,009$ bei $v = 0,7 \text{ m/s}$

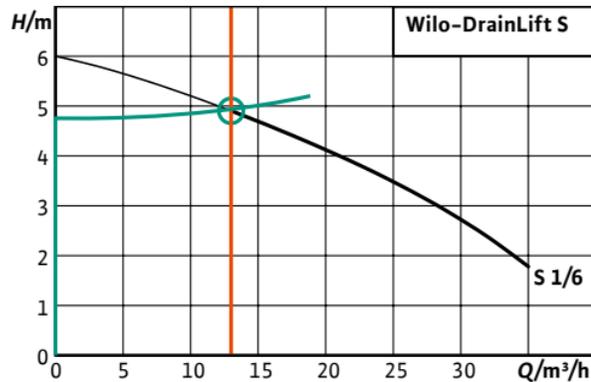
Auswahl der Hebeanlage (Einzelpumpe)

Berechnet:

9 m³/h Volumenstrom

4,67 m Förderhöhe

Wilо-DrainLift S ist geeignet, Förderhöhe und Volumenstrom werden erreicht, die Mindestfließgeschwindigkeit wird eingehalten.



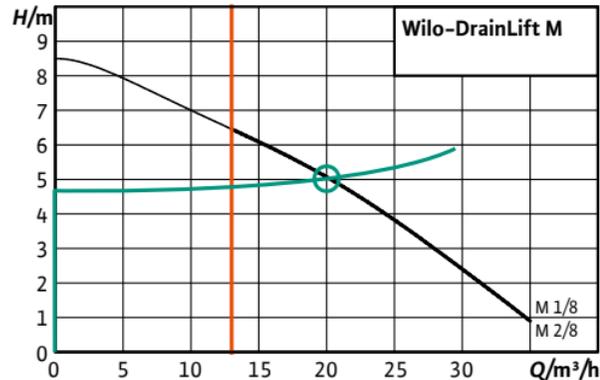
Auswahl der Hebeanlage (Einzel- oder Doppelpumpenanlage)

Berechnet:

$9 \text{ m}^3/\text{h}$ Volumenstrom

$4,67 \text{ m}$ Förderhöhe

Mit der Wilo-DrainLift M wird die Mindestfließgeschwindigkeit erreicht. Der tatsächliche Betriebspunkt liegt bei ca. $20 \text{ m}^3/\text{h}$ und $5,1 \text{ m}$ Förderhöhe. Die Fließgeschwindigkeit liegt bei ca. $1,1 \text{ m/s}$.

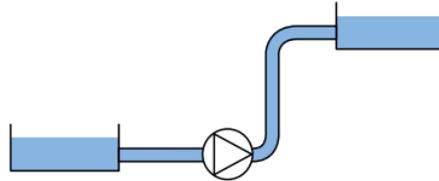


Was ist Hydraulik?

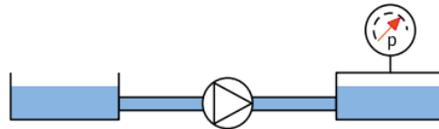
Hydros	=	Wasser
Hydraulik	=	Strömungslehre
System	=	Pumpe und Anlage
Strömung	=	Geschwindigkeit und Druck
Reibung	=	Druckverlust oder Reibung verringert den Druck im strömenden Wasser. Die Massenstromerhaltung ist konstant. Somit bleibt die Geschwindigkeit gleich.

Anlagearten

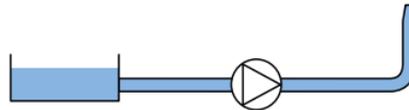
Speicheranlagen
 Pumpspeicherwerke
 Brunnen
 Offene Kühltürme
 Abwasserhebeanlagen



Speiseanlagen
 Druckerhöhung
 Speisewasser



Freistrahlanlagen
 Fontänen



Umwälzanlagen
 Heizungsanlagen
 Kühlwasseranlagen



Besonderheiten

Geodätische Höhe

Enddruck p
 evtl. Vordruck

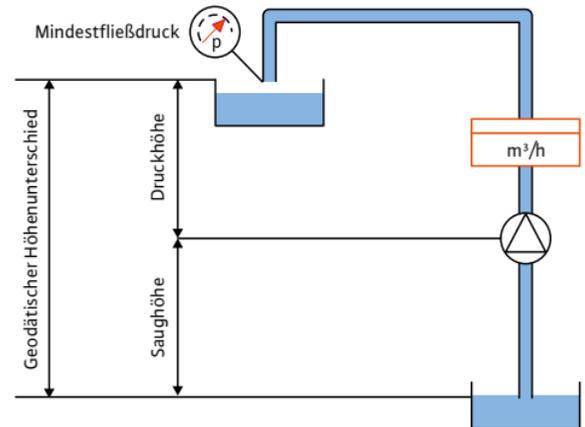
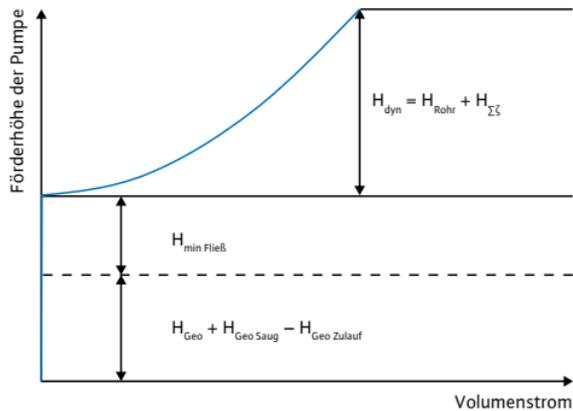
Geschwindigkeit
 (Wurfhöhe)

Nur Druckverluste
 aus Reibung

Offene Anlage

Förderhöhe der Pumpe:

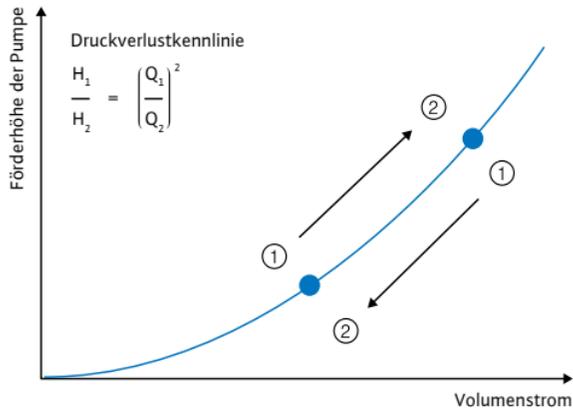
$$H = H_{\text{Geo}} + H_{\text{min Fließ}} + H_{\text{Rohr}} + H_{\Sigma\zeta}$$



Geschlossene Anlage

Förderhöhe der Pumpe: nur Druckverluste aus Strömung, $H_{\text{stat}} = 0!$

$$H_{\text{dyn}} = H_{\text{Rohr}} + H_{\Sigma\zeta}$$



Betriebspunktveränderung von ① nach ②, bitte Indizes beachten!

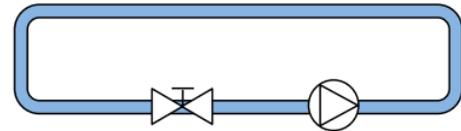
$$H_2 = H_1 \cdot \left(\frac{Q_2}{Q_1} \right)^2$$

Rohrreibungsverluste

$$H_{\text{Rohr}} = l \cdot R$$

Summe Einzelwiderstände

$$H_{\Sigma\zeta} = \Sigma\zeta \cdot \rho/2 \cdot v^2$$



$$H_{\text{Ventil}} = \left(\frac{\dot{V}}{k_v} \right)^2$$

Ventilverlust über k_v -Wert

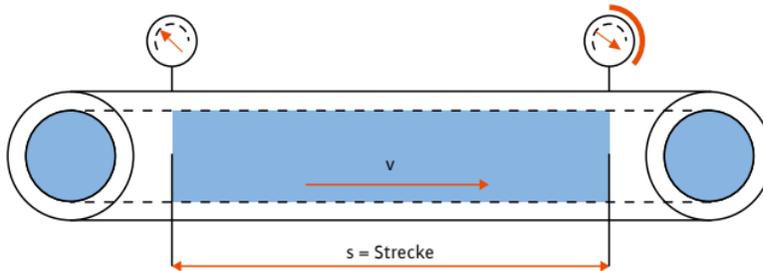
1 m = 10.000 Pa = 100 mbar = 1000 mmWS

$$Q_2 = Q_1 \cdot \sqrt{\frac{H_2}{H_1}}$$

Strömungsgeschwindigkeit v in m/s

Die **Strömungsgeschwindigkeit**, auch **Fließgeschwindigkeit** oder Flussgeschwindigkeit, ist die Geschwindigkeit in einer Strömung, einer gerichteten Bewegung von Teilchen oder kontinuierlichen Körpern (Fluiden). Strömung zeichnet sich aus durch Geschwindigkeit und dynamischen Druck!

$$v = \frac{s}{t}$$



s = Strecke in m
 t = Zeit in s

Strömungsgeschwindigkeit in Rohrleitung und Pumpe

Die Dimensionierung von Rohrquerschnitten bestimmt die Strömungsgeschwindigkeit des Fördermediums im Rohrnetz. Nachfolgend angeführte Werte sollten nicht überschritten werden:

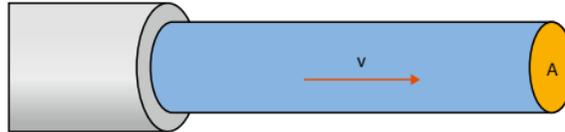
Anschlussnennweite DN mm	Strömungsgeschwindigkeit v m/s
In Gebäudeinstallationen	
HK-Anbindung, FBH, TWZ	0,3 bis 0,5
Verteilung	0,5 bis 1,0
Bis Rp 1¼ bzw. DN 32	bis 1,2
DN 40 und DN 50	bis 1,5
DN 65 und DN 80	bis 1,8
DN 80 und größer	bis 2,0
In Fernheizanlagen	2,5 bis max 3,5
Trinkwasser und Trinkwarmwasser	1,0 bis 2,0
Freispiegelentwässerung	
Waagerechte Rohrleitung	$v_{\min} = 0,7$ bis 1,0
Senkrechte Rohrleitung	$v_{\min} = 1,0$ bis 1,5
Dükerleitung	$v_{\min} = 2,0$ bis 3,0

Volumenstrom

Der Volumenstrom \dot{V} (oder ungenauer „die Durchflussrate“) ist eine physikalische Größe aus der Fluidmechanik. Sie gibt an, wie viel Volumen eines Mediums pro Zeiteinheit durch einen festgelegten Querschnitt transportiert wird. Zumeist ist das Medium ein Fluid (Flüssigkeit oder Gas). Die SI-Einheit des Volumenstroms ist m^3/s , gebräuchlich sind je nach Größenordnung des Volumenstroms auch viele andere Einheiten.

$$\dot{V} = A \cdot v$$

$$\dot{V} = \frac{V}{t}$$



Dabei gilt:

A = Rohrquerschnitt in m^2

v = Strömungsgeschwindigkeit in m/s

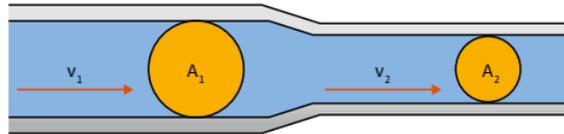
V = Volumen in m^3

t = Zeit in s

Kontinuitätsgesetz

Das **Kontinuitätsgesetz** besagt, dass der Massenstrom eines Fluids (Flüssigkeit oder Gas) in einem Rohr konstant ist. Für inkompressible (nicht zusammendrückbare) Fluide ist auch der Volumenstrom konstant. Die grundlegende mathematische Gleichung ist die Kontinuitätsgleichung. Das Kontinuitätsgesetz gilt nur für stationäre (zeitunabhängige) Strömungen sowie für reibungsfreie (ideale) und für reibungsbehaftete Fälle. Bei instationären kompressiblen Strömungen gilt das Kontinuitätsgesetz im Allgemeinen nicht.

$$\dot{V} = A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$



$$\dot{V} = \text{konstant}$$

Dabei gilt:

\dot{V} = Volumenstrom in m^3/h

v = Strömungsgeschwindigkeit in m/s

A = lichter Querschnitt in m^2

Umrechnungen:

$$1 \text{ m}^3/\text{s} = 3600 \text{ m}^3/\text{h}$$

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

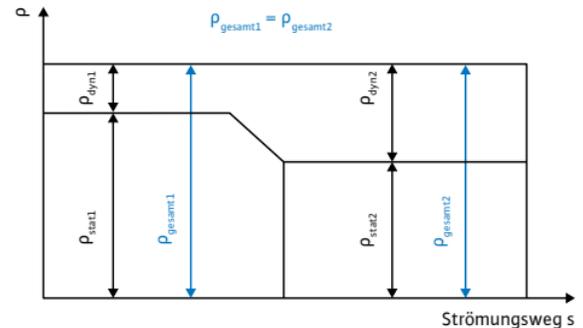
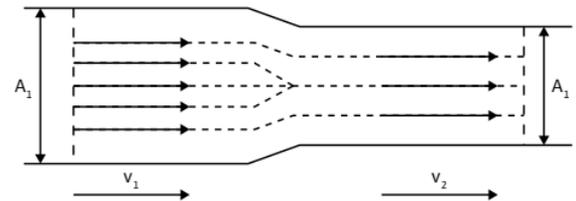
Statischer und dynamischer Druck

In einer ruhenden Flüssigkeit gibt es nur den statischen Druck. Dieser ist somit gleich dem Gesamtdruck. Wird die Flüssigkeit bewegt, teilt sich der Gesamtdruck in zwei Teile auf, den statischen Druck und den dynamischen Druck. Der dynamische Druck ist für die Geschwindigkeit der Flüssigkeit verantwortlich und treibt diese an.

Trifft die Flüssigkeit auf eine Reduzierung des Rohrdurchmessers, bleibt der Volumenstrom gleich. Wenn der Volumenstrom gleich bleibt, muss sich die Fließgeschwindigkeit v_2 deutlich erhöhen, um die gleiche Menge an Flüssigkeit durch die Engstelle zu transportieren.

Nach dem Energieerhaltungssatz (siehe Folie) muss die Summe der Energien gleich bleiben. Um die höhere Fließgeschwindigkeit aufzubauen, brauchen wir mehr dynamischen Druck und der statische Druck muss sich verringern, damit die Summe gleich bleibt.

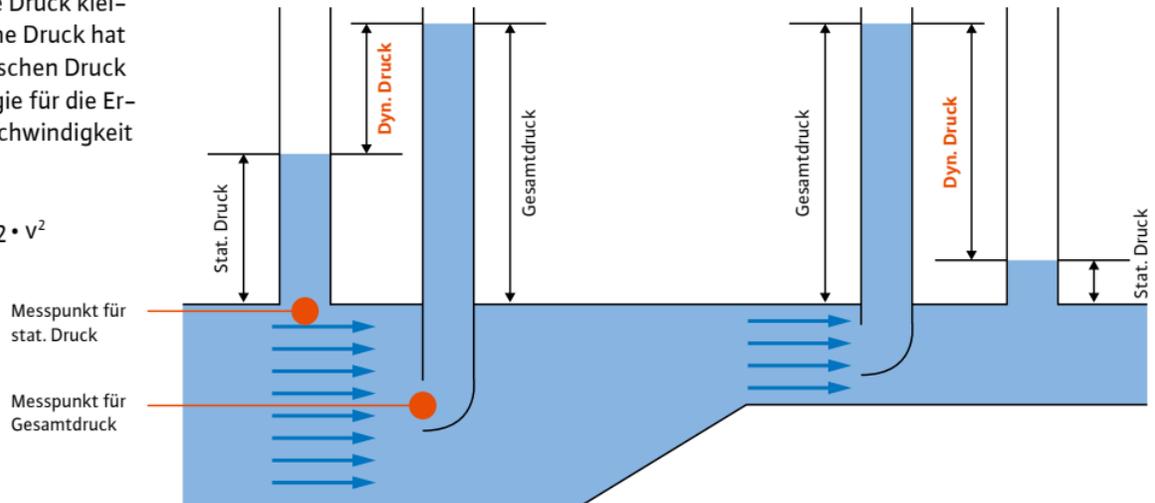
$$p_{\text{ges}} = p_{\text{stat}} + p_{\text{dyn}}$$



Statischer und dynamischer Druck

Hinter der Engstelle wird festgestellt, dass der Wasserstand stark fällt und somit auch der gemessene statische Druck kleiner wird. Der statische Druck hat sich in einen dynamischen Druck gewandelt, um Energie für die Erhöhung der Fließgeschwindigkeit bereitzustellen.

$$p_{\text{ges}} = \rho \cdot g \cdot h_{\text{stat}} + \rho/2 \cdot v^2$$



Zeta-Wert

Der **Widerstandsbeiwert** oder auch Strömungswiderstandskoeffizient ist in der Strömungslehre ein von der Form eines Körpers abhängiges **dimensionsloses Maß**. Dabei werden folgende zwei Varianten unterschieden:

- Strömungswiderstandskoeffizient (oder Strömungswiderstandsbeiwert, c_w -Wert genannt) für umströmte Körper in Strömungsrichtung
- Druckverlustbeiwert ζ (**Zeta-Wert**) für durchströmte Körper in einer **Rohrleitung** (z. B. bei einer Armatur)

Der für **Einzelkomponenten** angegebene Widerstandsbeiwert bezieht sich in der Regel auf den Einbau der Komponente in einen Kanal oder ein **Rohrstück** und bezeichnet den **zusätzlichen** Druckverlust, der sich durch Einfügen der Komponente ergibt.

$$\zeta = \frac{\Delta p}{\rho/2 \cdot v^2} \quad \Delta p = \zeta \cdot \rho/2 \cdot v^2$$

Berechnung des Zeta-Wertes

Wenn wir uns die Gleichung betrachten, sehen wir $P/2 \cdot v^2$, dieser Anteil ist uns aus der Bernoulligleichung bekannt. Die gesamte Strömungsenergie aus der Geschwindigkeit v wird als Druckverlust abgebildet. Für die Darstellung der Zeta-Werte gibt es in der einschlägigen Fachliteratur Tabellenwerte für die einzelnen Komponenten in den Rohrleitungen.

v m/s	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
Δp_{dyn} Pa	125	500	1250	2000	3125	4500	6125	8000	10125

Widerstandsbeiwerte hintereinandergeschalteter Komponenten können addiert werden, sofern sie sich auf den gleichen Querschnitt beziehen.

k_v - und k_{vs} -Wert

Der k_{vs} -Wert bezeichnet den Volumenstrom in m^3/h bei $\Delta p = 1 \text{ bar}$ und einem Nennhub von 100 %, das heißt **bei einem voll geöffneten Ventil**.

Der k_v -Wert bezeichnet den Volumenstrom durch ein Ventil. Er bezieht sich auf den Durchfluss von **Wasser** in der Einheit m^3/h bei einem Druckverlust von **1 bar** über das Ventil **und dem jeweiligen Hub**.

Wenn die Dichte ρ in etwa gleich bleibt, gilt:

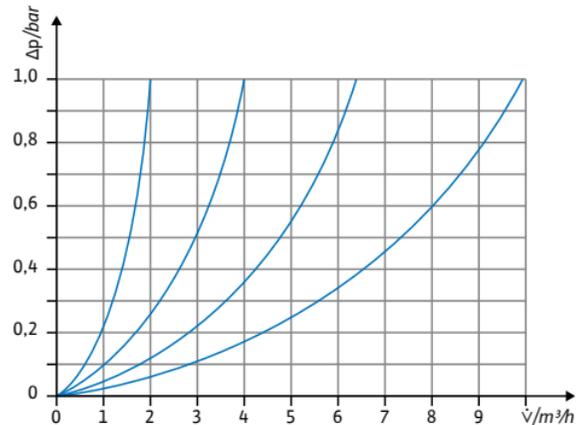
$$k_v = \frac{\dot{V}}{\sqrt{\Delta p_v}}$$

Dabei gilt:

\dot{V} = Volumenstrom in m^3/h

$\Delta p_v = 1 \text{ bar}$

Δp_0 = Differenzdruck Ventil in bar



Durchflusskoeffizient k_v in Armaturen

Beispielrechnung mit Werten:

Kugelrückflussverhinderer mit Flansch DN 80, Betriebspunkt 20 m³/h

$$\Delta_{pV} = \left(\frac{\dot{V}}{K_V} \right)^2 \quad \Delta_{pV} = \left(\frac{20}{267} \right)^2 = 0,0056 \text{ bar} = 0,056 \text{ m}$$

Armaturentyp	DN 32	DN 80	DN 100	DN 125
Rückschlagklappe	-	405	632	1423
Kugelrückflussverhinderer mit Flansch	-	267	396	890
Kugelrückflussverhinderer mit Innengewinde	26	180	-	-
Keilflachschieber	-	470	830	2000
Rohrleitungsinhalte in l/m	0,8	4,3	8,2	17

NPSH-R-Wert (net positive suction head)

Der kleinste NPSH-Wert, bei dem die Pumpe mit den gegebenen Arbeitsbedingungen (Drehzahl, Förderstrom, Förderhöhe, Förderflüssigkeit) dauernd betrieben werden kann, lässt sich aus den Kennlinien der Kataloge entnehmen. Der so definierte NPSH wird auch mit NPSH-R (NPSH erforderlich) bezeichnet. Er ist keine konstante Größe, sondern nimmt mit wachsendem Förderstrom stark zu. Vergleicht man Kreiselpumpen mit unterschiedlicher spezifischer Drehzahl, so stellt man fest, dass der NPSH-Wert mit zunehmender spezifischer Drehzahl wächst. Die Saugfähigkeit nimmt also ab. Pumpen mit großer Schnellläufigkeit können deshalb auch bei Kaltwasser häufig nur geringe Saughöhen überwinden oder sogar nur mit einer Zulaufhöhe betrieben werden. Eine Verbesserung ist möglich durch die Wahl einer kleineren Betriebsdrehzahl.

Die Herstellerangaben beziehen sich auf eine Wassertemperatur von 20 °C, bei anderen Wassertemperaturen muss der NPSH-R umgerechnet werden.

Beispiel: Eine Pumpe mit einem NPSH-R von 3 Metern kann theoretisch Wasser mit 20 °C aus einer Tiefe von 7 Metern ansaugen bei einem Luftdruck von 1013 mbar.

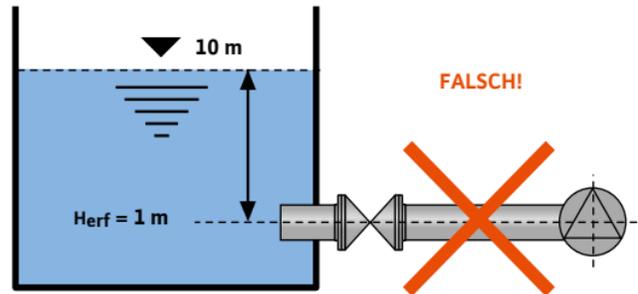
NPSH-A-Wert (Berechnungsbeispiel mit 20 °C Wassertemperatur)

In diesem Beispiel sehen wir den Anlagen-NPSH, gebildet aus dem Luftdruck 1 bar = 10 m (offener Behälter) plus 1 m Wassersäule. Davon ziehen wir 6 m saugseitige Druckverluste aus

dem Ansaugrohr ab und erhalten 5 m Anlagen-NPSH-A. Der erforderliche NPSH-R für die Pumpe liegt bei 7 Metern. Eine Kavitation im Laufrad ist mehr als wahrscheinlich.

$$\text{NPSH-A}_{\text{Anlage}} \geq \text{NPSH-R}_{\text{Pumpe}}$$

Anlage 9 m \geq Pumpe 7 m

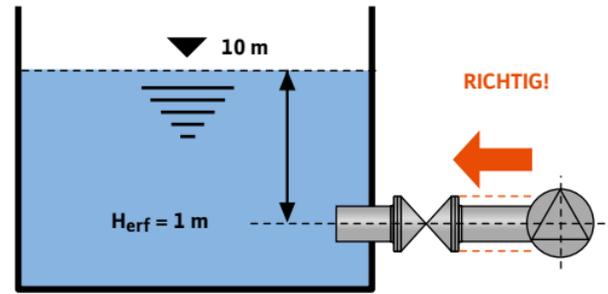


$$\underbrace{10 \text{ m} + 1 \text{ m} - 6 \text{ m}}_{5 \text{ m (NPSH}_{\text{Anlage}})}$$

Saugseitiger Verlust: 6 m

$$\longrightarrow 7 \text{ m (NPSH}_{\text{Pumpe}})$$

Anlage 9 m \geq Pumpe 7 m



$$\underbrace{10 \text{ m} + 1 \text{ m} - 2 \text{ m}}_{9 \text{ m (NPSH}_{\text{Anlage}})}$$

Saugseitiger Verlust: 2 m

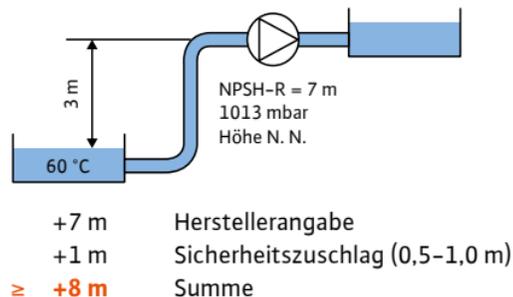
$$\geq 7 \text{ m (NPSH}_{\text{Pumpe}})$$

$$\frac{\text{NPSH}_{\text{Anlage}} 9 \text{ m}}{\text{NPSH}_{\text{Pumpe}} 7 \text{ m}}$$

$$= 1,3 \text{ Sicherheitsfaktor}$$

NPSH-A_{Anlage}

Luftdruck	+10 m
Höhenlage	(-1 m/1000 m)
Wassertemperatur 60 °C (Dampfdruck)	
$p_{\text{abs}}=0,199 \text{ bar}$	-1,99 m (-2 m)
Saugbetrieb minus	-3 m
Zulaufbetrieb plus	
Dynamische Druckverlustegabe	
$H_{\text{dyn}} = H_{\text{Rohr}} + HS\zeta$	-2 m
Summe:	+3 m

 \geq NPSH-R_{Pumpe}

Bedingung nicht erfüllt, Pumpe läuft in Kavitation!
Der Behälter muss auf eine Zulaufhöhe von mindestens +2 m gestellt werden, um die Bedingung zu erfüllen.



WiloLine
für Fachhandwerksbetriebe
WILO SE
Nortkirchenstraße 100
44263 Dortmund
T 0231 4102-7070
F 0231 4102-7666
WiloLine@wilo.com

Erreichbar:
Mo.–Do. 7–18 Uhr
Fr. 7–17 Uhr

Wilo-PlanerLine
für Planungs- und Ingenieur-
büros
WILO SE
Nortkirchenstraße 100
44263 Dortmund
T 0231 4102-7080
F 0231 4102-7666
PlanerLine@wilo.com

Erreichbar:
Mo.–Do. 8–18 Uhr
Fr. 8–17 Uhr

Werkskundendienst
WILO SE
Nortkirchenstraße 100
44263 Dortmund
T 0231 4102-7900
F 0231 4102-7126
kundendienst@wilo.com

Erreichbar:
Mo.–Do. 7–17 Uhr
Fr. 7–16 Uhr
24 Stunden technische
Notfallunterstützung

Technische Änderungen vorbehalten.

WILO SE | Nortkirchenstraße 100 | 44263 Dortmund
T 0231 4102-0 | F 0231 4102-7666 | wilo@wilo.com | www.wilo.de