

Bemessung des Sielbauwerks 1

Projekt: 2527.01 HWS Nittenau

1) Berechnung der Fließtiefe

OK Sieselsohle		344,70 mÜNN
Stauziel	z_s	345,80 mÜNN
Fließtiefe bei Stauziel	h	$= z_s - \text{OK Sieselsohle}$ <u>1,10 m</u>

2) Abschätzung der Sielbreite

Fließgeschwindigkeit bei Stauziel	v	1,00 m/s
Abfluss	Q	5,70 m³/s
Sielbreite	b	$= Q / (v \cdot z_s)$ 5,18 m
	gewählt	<u>5,50 m</u>

3) Nachweis der Verlusthöhe

Länge des Sielbauwerkes	l	26,00 m
Abfluss	Q	5,70 m³/s
Sohlbreite	b	5,50 m
Sohlgefälle	i	0,00135
Böschungneigung links	m	0,00 -
Böschungneigung rechts	n	0,00 -
Rauhigkeitsbeiwert	k_{st}	30,00 m/m
Fallbeschleunigung	g	9,81 m/s²
Fließtiefe	h	1,10 m
Spiegelbreite	b_{sp}	$= b + h \cdot (m + n)$ 5,50 m
Fließquerschnitt	A	$= 0,5 \cdot (b + b_{sp}) \cdot h$ 6,05 m²
Benetzter Umfang	U	$= b + \sqrt{(h^2 + (m \cdot h)^2)} + \sqrt{h^2 + (n \cdot h)^2}$ 7,70 m
Hydraulischer Radius	R	$= A / U$ 0,79 m
Fließgeschwindigkeit	v	$= Q / A$ 0,94 m/s
	v	$= k_{st} \cdot l^{1/2} \cdot R^{2/3}$ 0,94 m/s
	h	$= Q / (v \cdot (b + b_{sp}) \cdot 0,5)$ 1,10 m
	Fr	0,29 -
Verlust		$= \text{Länge Sielbauwerk} \cdot \text{Sohlgefälle}$ <u>0,0351 m</u>
Energiegefälle = Sohlgefälle		

Bemessung des Sielbauwerks 2

Projekt: 2527.01 HWS Nittenau

1) Berechnung der Fließtiefe

OK Sielsohle		343,00 müNN
Stauziel	z_s	343,91 müNN
Fließtiefe bei Stauziel	$h = z_s - \text{OK Sielsohle}$	<u>0,91 m</u>

2) Abschätzung der Sielbreite

Fließgeschwindigkeit bei Stauziel v		1,00 m/s
Abfluss Q		5,70 m ³ /s
Sielbreite $b = Q / (v \cdot z_s)$		6,26 m
	gewählt	<u>5,50 m</u>

3) Nachweis der Verlusthöhe

Länge des Sielbauwerkes l		14,50 m
Abfluss Q		5,70 m ³ /s
Sohlbreite b		5,50 m
Sohlgefälle l		0,00240
Böschungneigung links m		0,00 -
Böschungneigung rechts n		0,00 -
Rauhigkeitsbeiwert k_{st}		30,00 m/m
Fallbeschleunigung g		9,81 m/s ²
Fließtiefe h		0,91 m
Spiegelbreite $b_{sp} = b + h \cdot (m + n)$		5,50 m
Fließquerschnitt $A = 0,5 \cdot (b + b_{sp}) \cdot h$		5,01 m ²
Benetzter Umfang $U = b + \sqrt{(h^2 + (m \cdot h)^2)} + \sqrt{h^2 + (n \cdot h)^2}$		7,32 m
Hydraulischer Radius $R = A / U$		0,68 m
Fließgeschwindigkeit $v = Q / A$		1,14 m/s
	$v = k_{st} \cdot l^{1/2} \cdot R^{2/3}$	1,14 m/s
	$h = Q / (v \cdot (b + b_{sp}) \cdot 0,5)$	0,91 m
	Fr	0,38 -
Verlust	$= \text{Länge Sielbauwerk} \cdot \text{Sohlgefälle}$	<u>0,0348 m</u>
Energiegefälle = Sohlgefälle		

Dotationsleitung Abfluss- und Verlustberechnung

Dotation kleiner Regen

Eingabefelder

Druckrohrleitung DN 300

Eingangswerte

max. WSP Mönchbauwerk	max. WSP	349,12 m üNN
WSP Überlauf im Mönchbauwerk	min. WSP	346,62 m üNN
Stauziel WSP	WSP	345,88 m üNN
max. Höhendifferenz	Δh_{\max}	3,24 m
min. Höhendifferenz	Δh_{\min}	0,74 m
Leitungsdurchmesser	DN	300,00 mm
Querschnittsfläche	A	0,07 m ²

Ermittlung des Abflusses bei maximalem Wasserspiegelunterschied

Geschwindigkeit	$v = \sqrt{2 * g * h}$	7,97 m/s
Abfluss	$Q = v * A$	0,56 m ³ /s

max. Dotation	Q_{\max}	560,00 l/s
----------------------	------------------------------	-------------------

Ermittlung des Abflusses bei minimalem Wasserspiegelunterschied

Geschwindigkeit	$v = \sqrt{2 * g * h}$	3,81 m/s
Abfluss	$Q = v * A$	0,27 m ³ /s

min. Dotation	Q_{\min}	270,00 l/s
----------------------	------------------------------	-------------------

Dotationsleitung Abfluss- und Verlustberechnung

Dotationsleitung - Verlustberechnung

Eingabefelder

Verluste in Druckrohrleitung DN 1000

Eingangswerte

Fördermenge	Q	500 l/s
min. WSP Druckseite	min. WSP	345,880 m üNN
Saugseitiger Wasserspiegel	WSP	349,120 m üNN
Rohrscheitel	DL	345,330 m üNN
Druckleitung	DN	300 mm
Durchmesser Druckleitung	d	0,3 m

Ermittlung der Geschwindigkeitshöhe in der Rohrleitung

Rauhigkeitsbeiwert	k	0,115 mm
Länge	L	15,95 m
Erdbeschleunigung	g	9,81 m/s ²
relative Sandrauheit	$r_s = k / DN$	3,83E-04
Fließgeschwindigkeit	$v = Q / A = (Q \cdot 4) / (d^2 \cdot \pi)$	7,07 m/s
Geschwindigkeitshöhe	$h_D = v^2 / 2 \cdot g$	2,550 m

Ermittlung der Rohrreibungsverluste

Reynoldszahl Re	Re	1,6E+06
Iteration		7,875
Lambda	λ	0,016
Verlustbeiwert Rohrreibung	$\zeta = \lambda \cdot (L / d)$	0,857

Ermittlung der örtlichen Verluste

Nicht erweiterter Einlauf mit rechtwinkligen Kanten		0,500
Summe Einzelverluste	ζ	0,500

Summe der Verluste	ζ_{ges}	1,357
---------------------------	---------------------------------	--------------

Verlusthöhe	$h_{v,R} = h_D \cdot \zeta_{ges}$	3,462 m
--------------------	---	----------------

Dotationsleitung Abfluss- und Verlustberechnung

Dotationsleitung - Verlustberechnung

Eingabefelder

Verluste bei Einlauf in das Mönchbauwerk

Eingangswerte

Fördermenge	Q	500 l/s 0,50 m³/s
min. WSP Druckseite	min. WSP	345,880 m üNN
Saugseitiger Wasserspiegel	WSP	349,120 m üNN
Öffnungsscheitel	DL	345,430 m üNN
Querschnittsfläche	A	0,50 m²
Erdbeschleunigung	g	9,81 m/s²

Ermittlung der Geschwindigkeitshöhe bei Eintritt

Fließgeschwindigkeit	$v = Q / A$	1,00 m/s
Geschwindigkeitshöhe	$h_D = v^2 / 2 \cdot g$	0,051 m

Ermittlung der örtlichen Verluste

Nicht erweiterter Einlauf mit rechtwinkligen Kanten	0,500
Summe Einzelverluste	0,500

Summe der Verluste	0,500
---------------------------	--------------

Verlustrhöhe	$h_{v,R} = h_D \cdot \zeta$	0,025 m
---------------------	-----------------------------	----------------

Dimensionierung Zulaufkanal Schöpfwerk

HWS Nittenau - Zulaufkanal

Eingabefelder

Betongerinne, Rechteckkanal

Eingangswerte

		WSP MQ	WSP HQ ₁₀₀
Länge Kanal	l_K	13,15	13,15 m
Breite Kanal	b_K	2,00	2,00 m
Höhenkote Kanal Einlauf	z_E	343,63	343,63 m ü. NN
Höhenkote Kanal Auslauf	z_A	343,60	343,60 m ü. NN
Höhe Wasserspiegel im Kanal	z_{WSP}	344,30	345,00 m ü. NN
Strickler-Beiwert	k_{St}	80	80 $m^{(1/3)/s}$

Berechnung Fließgeschwindigkeit und Durchfluss

Fließtiefe	$h_K = z_{WSP} - z_E$	0,67	1,37 m
durchflossener Querschnitt	$A = b_K \cdot h_K$	1,34	2,74 m ²
benetzter Umfang	$U = b_K + 2 \cdot h_K$	3,34	4,74 m
hydraulischer Radius	$R_{hy} = A / U$	0,40	0,58 m
Sohlgefälle	$I_S = (z_E - z_A) / l_K$	0,0023	0,0023
Fließgeschwindigkeit	$v = k_{St} \cdot R_{hy}^{2/3} \cdot I_S^{1/2}$	2,1	2,7 m/s
Durchfluss	$Q = v \cdot A$	2,79	7,27 m³/s

Kontrolle Strömen

Froude-Zahl	$Fr = v / (g \cdot h_K)^{1/2}$	0,81	0,72
-------------	--------------------------------	-------------	-------------

Hydraulische Dimensionierung von Sonderbauwerken nach DWA-A 112 und DIN 1184

Hochwasserschutz Nittenau - Dimensionierung Rechenfläche vor Einlaufbauwerk

Eingabefelder

Fließgeschwindigkeit bei 50 % Verlegung des Rechen

Eingangswerte

Bemessungsdurchfluss	Q	4,5 m³/s
Stabdurchmesser	s	10 mm
lichter Stababstand	a	15 mm
Rechenhöhe (Wassertiefe im Bauwerk) h		1,37 m
Rechenneigung	α	45 Grad
Rechenverlegung (50 %)	R	0,5

Variable

Rechenbreite	b	16 m
--------------	---	------

Ermittlung der Fließgeschwindigkeit am Rechen:

Fließgeschwindigkeit	$v = Q / A' = Q / (b \cdot h \cdot (a/(s+a)) \cdot R \cdot (1/\sin \alpha)) =$	0,48 m/s	Nachweis erfüllt! $v < 0,5 \text{ m/s}$
----------------------	--	-----------------	--

Rechengröße bei Teilverlegung

Eingangswerte

Bemessungsdurchfluss	Q	4,5 m³/s
Stabdurchmesser	s	10 mm
lichter Stababstand	a	15 mm
Rechenverlegung (50 %)	R	0,5
Rechenneigung	α	45 Grad
Fließgeschwindigkeit	v	0,48 m/s
Rechenbreite	b	1,37 m
Rechenhöhe (Wassertiefe im Bauwerk) h		16 m

Ermittlung Flächengröße Rechen:

geneigte effektive Rechenfläche	$A' = Q / (v \cdot (a/(s+a)) \cdot R \cdot (1/\sin \alpha)) =$	31,0 m²	
Rechenfläche	$A = A' \cdot \sin(\alpha) = b \cdot h =$	21,9 m²	Nachweis erfüllt!

Hydraulische Dimensionierung von Sonderbauwerken nach DWA-A 112

Hochwasserschutz Nittenau - Nachweis Rechen vor Einlaufbauwerk

Eingabefelder

Verluste an Feinrechen ohne Abreinigung

Eingangswerte

Bemessungsabfluss (HQ ₁₀₀)	Q	4,50 m ³ /s
Breite des Rechens	b _R	16,00 m
Sohle Einlaufbereich	S	343,63 m ü. NN
max. Wasserspiegel Regen	WSP	345,00 m ü. NN
Höhe Wasserspiegel	h _R = WSP - S	1,37 m
Projektionsfläche des Rechens senkrecht zur Strömungsrichtung	A'	22,00 m ²

Ermittlung der Geschwindigkeitshöhe vor dem Rechen

Fließgeschwindigkeit	$v = Q / A'$	0,20 m/s
Erdbeschleunigung	g	9,81 m/s ²
Geschwindigkeitshöhe vor dem Rechen	$h_R = v^2/2g$	0,002 m

Ermittlung der örtlichen Verlusthöhe am Rechen

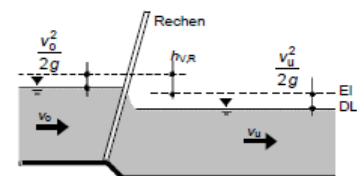
Rechenstabstärke	s _R	10,00 mm
lichter Stababstand	b _R	15,00 mm
Verlustbeiwert	ζ _R	2,67
Örtliche Verlusthöhe am Rechen	$h_{V,R} = \zeta_R \cdot h_R$	0,006 m

Örtliche Verlusthöhe für Rechenverlegung

$h_{V,V}$	0,100 m
-----------------------------	----------------

Konstruktiver Ausgleich der Rechenverluste

Die Rechenverluste können konstruktiv mit einem Sohlsprung im Bereich des Rechens ausgeglichen werden, um im Zulauf eine erhöhte Fließtiefe und eine verringerte Fließgeschwindigkeit zu vermeiden und damit Ablagerungen vorzubeugen (DWA-A 112).



EL = Energielinie
DL = Drucklinie

Erforderlicher Sohlsprung	$h_s = h_{V,R} + h_{V,V}$	0,106 m
Gewählter Sohlsprung	$h_{s, \text{gewählt}}$	0,110 m

Ermittlung der örtlichen Verlusthöhe am Eintritt in das Einlaufbauwerk

Gemäß Schneider Bautabellen, Kapitel 3.6.7 (Annahme: Eintritt aus einem Becken in ein Gerinne)

Form des Einlaufs	ζ
senkrechte Vorderwand, rechtwinklig scharfe Kanten	0,50-0,60
senkrechte Vorderwand, an Sohlschwelle und Wänden leicht abgerundete Kanten	0,30-0,40
an Sohle und Wänden strömungstechnisch gut ausgebildete Einlautrompete	0,06-0,10

Verlustbeiwert Einlaufbereich ζ_E 0,6
(gewählt, auf der sicheren Seite liegend ungünstigster Wert)

Örtliche Verlusthöhe Einlaufbereich $h_{V,E} = \zeta_E \cdot h_R$ **0,001 m**

Örtliche Verlusthöhen (Rechen und Einlaufbereich) $h_V = h_{V,E} + h_{V,V} + h_{V,R}$ **0,107 m**

Hydraulische Dimensionierung von Sonderbauwerken

Zulaufkanal zum Schöpfwerk - Berechnung Verluste durch Beschleunigung

Eingabefelder

Verluste durch Beschleunigung infolge Querschnittsänderung

Eingangswerte

Bemessungsabfluss (HQ ₁₀₀)	Q	4,50 m³/s
Sohle Einlaufbauwerk	S	343,63 m ü. NN
max. Wasserspiegel Regen	WSP	345,00 m ü. NN
Tiefe Wasserspiegel	$h_z = WSP - S$	1,37 m
Erdbeschleunigung	g	9,81 m/s²

Querschnitt Einlaufbauwerk

Breite am Einlaufbauwerk (näherungsweise)	$b_{Z,1}$	5,00 m
Querschnittsfläche vor Verengung	$A_1 = b_{Z,1} \cdot h_z$	6,85 m²
Fließgeschwindigkeit	$v_1 = Q / A_1$	0,66 m/s
Geschwindigkeitshöhe im Einlaufbauwerk	$h_E = v_1^2 / 2g$	0,02 m

Querschnittsänderung Einlaufbauwerk - Zulaufkanal

Breite Zulaufkanal	$b_{Z,2}$	2,00 m
Querschnittsfläche nach Verengung	$A_2 = b_{Z,2} \cdot h_z$	2,74 m²
Fließgeschwindigkeit Zulaufkanal	$v_2 = Q / A_2$	1,64 m/s
Geschwindigkeitshöhe im Zulaufkanal	$h_E = v_2^2 / 2g$	0,14 m

Ermittlung der Verlusthöhe durch Querschnittänderung

Gemäß Schneider Bautabellen, Kapitel 3.6.7 (Auszug von S. 13.33)

Form der Querschnittsänderung	c
scharfkantige Verengung	0,50
mäßig ausgerundete Verengung	0,25
allmähliche Verengung	0,05

Formabhängiger Beiwert hier	c	0,25
-----------------------------	---	------

Verlusthöhe Querschnittsänderung	$h_{vq} = c \cdot \frac{ v_1^2 - v_2^2 }{2 \cdot g}$	0,029 m
---	--	----------------

Hydraulische Dimensionierung von Sonderbauwerken

Zulaufkanal zum Schöpfwerk - Berechnung Verluste durch Richtungsänderung

Eingabefelder

Verluste durch Richtungsänderung

Eingangswerte

Bemessungsabfluss (HQ ₁₀₀)	Q	4,50 m ³ /s
Sohle Zulaufkanal	S	343,63 m ü. NN
max. Wasserspiegel Regen	WSP	345,00 m ü. NN
Breite Zulaufkanal	b _z	2,00 m ³ /s
Höhe Wasserspiegel	h _z = WSP - S	1,37 m
Querschnittsfläche Zulaufkanal	A ₁ = b _z * h _z	2,74 m ²

Ermittlung der Geschwindigkeitshöhe im Zulaufkanal

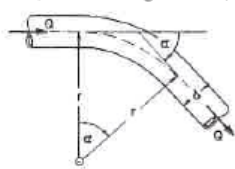
Fließgeschwindigkeit	v = Q / A ₁	1,64 m/s
Erdbeschleunigung	g	9,81 m/s ²
Geschwindigkeitshöhe im Zulaufkanal	h_E = v²/2g	0,137 m

Ermittlung der örtlichen Verlusthöhe durch Richtungsänderung im Kanal

Gemäß Schneider Bautabellen, Kapitel 3.5.3

(Annahme: Ansatz entsprechend Richtungsänderung in Rohrleitungen)

d) Richtungsänderung¹⁾
(ohne Reibungsverluste)



Durchschnittliche Verlustbeiwerte ζ für glatte Kreisrohr-Krümmen:

$\frac{r}{d}$	Umlenkwinkel α					
	15°	22,5°	30°	45°	60°	90°
2	0,030	0,045	0,060	0,090	0,120	0,140
3	0,030	0,045	0,055	0,080	0,100	0,130
5	0,030	0,045	0,050	0,070	0,080	0,110
10	0,030	0,045	0,050	0,070	0,070	0,110

Bei rauher Wandung siehe [13.13]

Breite Kanal (hier gleichzusetzen mit Durchmesser)	d _K	2,00 m
Krümmungsradius der Kanalachse	r _K	4,00 m
Umlenkwinkel	α	39,00 °
r / d		2,00
Verlustbeiwert (näherungsweise aus Tabelle)	ζ _K = (α(30°)+α(45°))/2	0,08

Örtliche Verlusthöhe durch Richtungsänderung	h_{v,K} = ζ_K * (v²/2g)	0,0103 m
---	---	-----------------

Hydraulische Dimensionierung von Sonderbauwerken

Zulaufkanal zum Schöpfwerk - Berechnung Verluste durch Reibung

Eingabefelder

Verluste durch Reibung

Eingangswerte

Bemessungsabfluss (HQ ₁₀₀)	Q	4,50 m³/s
Sohle Zulaufkanal	S	343,63 m ü. NN
max. Wasserspiegel Regen	WSP	345,00 m ü. NN
Breite Zulaufkanal	b _Z	2,00 m
Höhe Wasserspiegel	h _Z	1,37 m
Querschnittsfläche Zulaufkanal	A ₁	2,74 m²

Ermittlung der Geschwindigkeitshöhe im Zulaufkanal

Länge des Zulaufkanals	L	23,4 m
Fließgeschwindigkeit	$v = Q / A_1$	1,64 m/s
Erdbeschleunigung	g	9,81 m/s²
Geschwindigkeitshöhe im Zulaufkanal	$h_E = v^2 / 2g$	0,137 m

Ermittlung hydraulischer Durchmesser

benetzter Umfang	l _u	4,74 m
hydraulischer Radius	$r_{hy} = A / l_u$	0,58 m
hydraulischer Durchmesser	$d_{hy} = 4 \cdot r_{hy}$	2,31 m
Rauhigkeitsbeiwert	k	6,00 mm
relative Sandrauheit	$r_s = k / d_{hy}$	2,59E-03

Ermittlung des Reibungsverlusts

Kinematische Viskosität (10°C)	ν	1,3E-06 m²/s
Reynoldszahl	$Re = \frac{v \cdot d}{\nu}$	2,9E+06
Iteration		6,304
Widerstandsbeiwert	λ	0,025
Verlustbeiwert Reibung	$\zeta = \lambda \cdot (L / d_{hy})$	0,255

Örtliche Verlusthöhe im Zulaufkanal	$h_{v,Z} = \zeta \cdot h_E$	0,035 m
--	---	----------------

Hydraulische Dimensionierung von Sonderbauwerken

Eintritt vom Zulaufkanal in das Schöpfwerk - Berechnung Verluste im Einlaufbereich

Eingabefelder

Verluste im Einlaufbereich

Eingangswerte

Bemessungsabfluss (HQ ₁₀₀)	Q	4,50 m³/s
Sohle Zulaufkanal	S ₁	343,60 m ü. NN
Sohle Einlaufbereich Schöpfwerk	S ₂	343,55 m ü. NN
max. Wasserspiegel	WSP	344,75 m ü. NN
Erdbeschleunigung	g	9,81 m/s²

Querschnitt Zulaufkanal

Breite Zulaufkanal	b _Z	2,00 m
Höhe Wasserspiegel	h _{Z1} = WSP - S ₁	1,15 m
Querschnittsfläche vor Verbreiterung	A ₁ = b _Z * h _{Z1}	2,30 m²
Fließgeschwindigkeit	v ₁ = Q / A ₁	1,96 m/s
Geschwindigkeitshöhe im Zulaufkanal	h_E = v₁²/2g	0,20 m

Ermittlung der Verlusthöhe durch Querschnittsänderungen

Gemäß Schneider Bautabellen, Kapitel 3.6.7 (Auszug von S. 13.33)

Form der Querschnittsänderung	c
scharfkantige Verengung	0,50
mäßig ausgerundete Verengung	0,25
allmähliche Verengung	0,05
plötzliche Erweiterung	1,00
allmähliche Erweiterung	0,10

Querschnittsänderung Einlaufbereich Schieber (Erweiterung)

Breite Einlaufbereich	b _{E,S}	2,00 m
Höhe Wasserspiegel	h _{Z2} = WSP - S ₂	1,20 m
Querschnittsfläche nach Verbreiterung	A ₂ = b _{E,S} * h _{Z2}	2,40 m²
Fließgeschwindigkeit	v ₂ = Q / A ₂	1,88 m/s
Geschwindigkeitshöhe Einlaufbereich Schieber	h_E = v₂²/2g	0,18 m

Formabhängiger Beiwert Schieber	c	1,00
Örtliche Verlusthöhe	$h_{vq1} = c * \frac{ v_1^2 - v_2^2 }{2 * g}$	0,02 m
Querschnittsänderung Schieber		
<u>Querschnittsänderung Einlaufbereich Schöpfwerk (Erweiterung)</u>		
Breite Einlaufbereich	b_E	3,70 m
Höhe Wasserspiegel	$h_{Z3} = WSP - S_2$	1,20 m
Querschnittsfläche nach Verbreiterung	$A_3 = b_E * h_{Z2}$	4,44 m²
Fließgeschwindigkeit	$v_3 = Q / A_3$	1,01 m/s
Geschwindigkeitshöhe im Einlaufbereich	$h_E = v^2/2g$	0,05 m
Formabhängiger Beiwert Schöpfwerk	c	1,00
Örtliche Verlusthöhe	$h_{vq2} = c * \frac{ v_2^2 - v_3^2 }{2 * g}$	0,13 m
Querschnittsänderung Schöpfwerk		
Örtliche Verlusthöhen Einlauf	$h_v = h_{vq1} + h_{vq2}$	0,14 m

Hydraulische Dimensionierung von Sonderbauwerken

Verluste infolge Strömungsumleitung im Schöpfwerk

Eingabefelder

Verluste infolge Strömungsumleitung

Eingangswerte

Bemessungsabfluss (HQ ₁₀₀)	Q	4,50 m³/s
Sohle Prallwand	S ₁	343,55 m ü. NN
Unterkante Prallwand	S ₂	343,25 m ü. NN
Sohle Schöpfwerk	S ₃	342,30 m ü. NN
max. Wasserspiegel	WSP	344,75 m ü. NN
Erdbeschleunigung	g	9,81 m/s²

Querschnitt Prallwand

Breite Einlaufbereich	b _E	3,70 m
Höhe Wasserspiegel	h _Z = WSP - S ₁	1,20 m
Querschnittsfläche nach Verbreiterung	A ₁ = b _E * h _Z	4,44 m²
Fließgeschwindigkeit	v ₁ = Q / A ₁	1,01 m/s
Geschwindigkeitshöhe im Einlaufbereich	h_E = v₁²/2g	0,05 m

Ermittlung der Verlusthöhe durch Querschnittänderungen

Gemäß Schneider Bautabellen, Kapitel 3.6.7 (Auszug von S. 13.33)

Form der Querschnittsänderung	c
scharfkantige Verengung	0,50
mäßig ausgerundete Verengung	0,25
allmähliche Verengung	0,05
plötzliche Erweiterung	1,00
allmähliche Erweiterung	0,10

Querschnittsänderung Prallwand zu den drei Öffnungen

Breite der Öffnungen	b ₂	1,00 m
Länge der Öffnungen	l ₂	2,00 m
Querschnittsfläche der 3 Öffnungen	A ₂ = 3 * b ₂ * l ₂	6,00 m²
Fließgeschwindigkeit	v ₂ = Q / A ₂	0,75 m/s
Geschwindigkeitshöhe	h_E = v₂²/2g	0,03 m

Formabhängiger Beiwert	c	0,50
Örtliche Verlusthöhe	$h_{vq1} = c * \frac{ v_1^2 - v_2^2 }{2 * g}$	0,012 m
Querschnittsänderung Öffnungen		
<u>Querschnittsänderung Öffnungen zu Schöpfwerkssohle</u>		
Breite Zulauf im Schöpfwerk	b_3	6,67 m
Länge Zulauf im Schöpfwerk	l_3	7,45 m
Querschnittsfläche nach Verengung	$A_3 = b_3 * l_3$	49,69 m ²
Fließgeschwindigkeit Zulaufkanal	$v_3 = Q / A_3$	0,09 m/s
Geschwindigkeitshöhe	$h_E = v_3^2 / 2g$	0,00 m
Formabhängiger Beiwert	c	1,00
Verlusthöhe Querschnittsänderung zu Schöpfwerkssohle	$h_{vq2} = c * \frac{ v_2^2 - v_3^2 }{2 * g}$	0,028 m
Verlusthöhe Gesamt	$h_{ges} = h_{vq1} + h_{vq2}$	0,040 m

Pumpenhydraulik Verlustberechnung

Druckleitung - Berechnung der Verluste je Leitung

Eingabefelder

Verluste in Druckrohrleitung DN 1000 bei WSP Druckseite HQ_{100+15%}

Eingangswerte

Fördermenge	Q_F	1500 l/s
max. WSP Druckseite	WSP_{max}	348,64 m üNN
Max. Wasserspiegel Saugseite	$WSP_{max,S}$	344,75 m üNN
Min. Wasserspiegel Saugseite	WSP_{min}	344,30 m üNN
Rohrscheitel	DL	347,00 m üNN
Druckleitung	DN	1000 mm
Geodätische Förderhöhe 1	$h_{geo1} = DL - WSP_{min}$	2,70 m
Geodätische Förderhöhe 2	$h_{geo2} = WSP_{max} - WSP_{max,S}$	3,89 m
Geodätische Förderhöhe 3	$h_{geo3} = WSP_{max} - WSP_{min}$	4,34 m

Ermittlung der Geschwindigkeitshöhe in der Rohrleitung

Krümmungsradius	r	1000 mm
Krümmungswinkel	β	90 °
Rauigkeitsbeiwert	k	0,115 mm
relative Sandrauheit	$r_s = k / DN$	1,15E-04
Länge	L	11,67 m
Querschnittsfläche	A	0,79 m ²
Fließgeschwindigkeit	$v = Q_F / A$	1,91 m/s
Erdbeschleunigung	g	9,81 m/s ²
Geschwindigkeitshöhe	$h_D = v^2 / 2g$	0,186 m

Ermittlung der Rohrreibungsverluste

Reynoldszahl Re	Re	1,5E+06
Iteration		8,676
Lambda	λ	0,013
Verlustbeiwert Rohrreibung	$\zeta_R = \lambda \cdot (L / d)$	0,155

Ermittlung der örtlichen Verluste

Krümmung 90 Grad (2 Krümmungen)	ζ_K	0,300
Froschkappe	ζ_F	1,000
Auslauf	ζ_A	1,000
Summe Einzelverluste	$\zeta_E = \zeta_K + \zeta_F + \zeta_A$	2,300

Summe der Verluste	$\zeta_{\text{ges}} = \zeta_R + \zeta_E$	2,455
Verlusthöhe	$h_{V,R} = \zeta_{\text{ges}} \cdot h_D$	0,456 m
<u>Ermittlung der maximalen Förderhöhe</u>		
Förderhöhe	$H_F = h_{\text{geo3}} + h_{V,R}$	4,796 m

Pumpenhydraulik Verlustberechnung

Druckleitung - Berechnung der Verluste je Leitung

Eingabefelder

Verluste in Druckrohrleitung DN 1000 bei bordvollem WSP Druckseite

Eingangswerte

Fördermenge	Q_F	1500 l/s
WSP bordvoll Druckseite	WSP_{bordvoll}	349,34 m üNN
Max. Wasserspiegel Saugseite	$WSP_{\text{max,S}}$	344,75 m üNN
Min. Wasserspiegel Saugseite	WSP_{min}	344,30 m üNN
Rohrscheitel	DL	347,00 m üNN
Druckleitung	DN	1000 mm
Geodätische Förderhöhe 1	$h_{\text{geo1}} = DL - WSP_{\text{min}}$	2,70 m
Geodätische Förderhöhe 2	$h_{\text{geo2}} = WSP_{\text{bordvoll}} - WSP_{\text{max,S}}$	4,59 m
Geodätische Förderhöhe 3	$h_{\text{geo3}} = WSP_{\text{bordvoll}} - WSP_{\text{min}}$	5,04 m

Ermittlung der Geschwindigkeitshöhe in der Rohrleitung

Krümmungsradius	r	1000 mm
Krümmungswinkel	β	90 °
Rauhigkeitsbeiwert	k	0,115 mm
relative Sandrauheit	$r_s = k / DN$	1,15E-04
Länge	L	11,67 m
Querschnittsfläche	A	0,79 m²
Fließgeschwindigkeit	$v = Q_F / A$	1,91 m/s
Erdbeschleunigung	g	9,81 m/s²
Geschwindigkeitshöhe	$h_D = v^2 / 2g$	0,186 m

Ermittlung der Rohrreibungsverluste

Reynoldszahl Re	Re	1,5E+06
Iteration		0,000
Lambda	λ	0,013
Verlustbeiwert Rohrreibung	$\zeta_R = \lambda \cdot (L / d)$	0,155

Ermittlung der örtlichen Verluste

Krümmung 90 Grad (2 Krümmungen)	ζ_K	0,300
Froschklappe	ζ_F	1,000
Auslauf	ζ_A	1,000
Summe Einzelverluste	$\zeta_E = \zeta_K + \zeta_F + \zeta_A$	2,300

Summe der Verluste	$\zeta_{\text{ges}} = \zeta_{\text{R}} + \zeta_{\text{E}}$	2,455
Verlusthöhe	$h_{\text{v,R}} = \zeta_{\text{ges}} \cdot h_{\text{D}}$	0,456 m
<u>Ermittlung der maximalen Förderhöhe</u>		
Förderhöhe	$H_{\text{F}} = h_{\text{geo3}} + h_{\text{v,R}}$	5,496 m

Pumpenhydraulik Verlustberechnung

Druckleitung - Berechnung der Verluste

Eingabefelder

Verluste in Druckrohrleitung DN 400

Eingangswerte

Fördermenge	Q_F	200 l/s
max. WSP Druckseite	WSP	349,250 m üNN
min. WSP Druckseite	WSP	347,400 m üNN
max. WSP Saugseite	WSP	347,400 m üNN
min. WSP Saugseite	WSP	345,400 m üNN
Rohrscheitel	DL	347,600 m üNN
Druckleitung	DN	400 mm
Geodätische Förderhöhe max.	$h_{geo \max}$	3,850 m

Ermittlung der Geschwindigkeitshöhe in der Rohrleitung

Krümmungsradius	r	500 mm
Krümmungswinkel	β	30 °
Rauigkeitsbeiwert	k	0,1 mm
relative Sandrauheit	r_s	1,0E-04
Länge	L	10,0 m

Fließgeschwindigkeit	v	1,59 m/s
Erdbeschleunigung	g	9,81 m/s ²
Geschwindigkeitshöhe	h_D	0,129 m

Ermittlung der Rohrreibungsverluste

Reynoldszahl Re	Re	6,2E+05
Lambda	λ	0,016
Verlustbeiwert Rohrreibung	ζ	0,400

Ermittlung der örtlichen Verluste

Einlauf (90 Grad)		0,500
Krümmung 2 x 30 Grad		0,200
Froschklappe (1,5) + Schieber (0,1)		1,600
Auslauf	ζ	1,000
Summe Einzelverluste		3,300

Summe der Verluste		3,700
---------------------------	--	--------------

Verlusthöhe	$h_{v,R}$	0,478 m
--------------------	-----------	----------------