

Behandlungsanlage für Hafenaushub bzw. Baggergut aus Hamburger Gewässern Moorburg/Ellerholz

Unterlagen zur Änderungsgenehmigung nach §16 BImSchG

**Umbau der Entwässerungsfelder Moorburg-Ost für die A26-Ost**

**Anlagen**

20.09.2018

---

## **ANLAGE 5.5:**

Hydraulische Bemessung – Pumpwerk PW 06neu  
und Druckleitung DN450

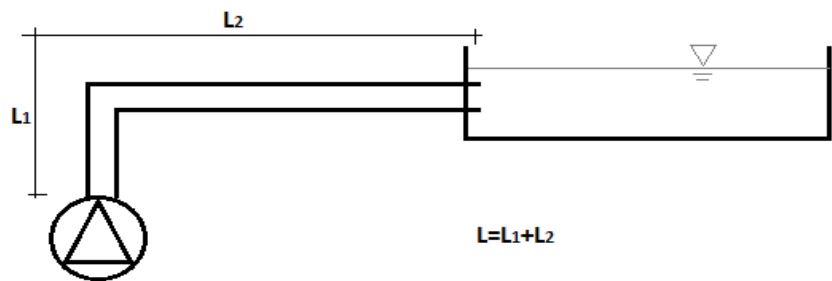


Hydraulische Bemessung Entwässerungsfeld Moorburg-Ost

Pumpwerk PW 06neu und Druckrohrleitung nach Moorburg-Mitte

1. Bemessungsgrößen / Randbedingungen:

Begrifflichkeiten / Prinzipskizze:



vorh. Fördervolumen pro Pumpe	$Q_{\text{vorh},1} =$	350 m <sup>3</sup> /h
vorh. Fördervolumen Parallelbetrieb / 2-Pumpen-Betrieb	$Q_{\text{vorh},2} =$	700 m <sup>3</sup> /h
	$Q_{\text{vorh},2} =$	194 l/s
Länge (Abschnitt 1 - Anlage MbO)	$L_1 =$	1120 m
Länge (Abschnitt 2 - Spülrohrverfahren)	$L_2 =$	660 m
Gesamtlänge der Rohrleitung	$L =$	1780 m
Innendurchmesser Rohrleitung	$d =$	450 mm
absolute Rauheit (alte PE-Leitung)	$k =$	0,10 mm
relative Rauheit	$k/d =$	2,2E-04 -
vorh. Fließgeschwindigkeit bei 2-Pumpen-Betrieb ( $v=2Q/A$ )	$v_{\text{vorh}} =$	1,22 m/s
Pumpe/Modell	z.B. 3202 MT 3~ 641 -	
vorhandene Pumphöhe bei $Q_{\text{vorh},2}$	$h_{\text{Pumpe},2} = \text{ca.}$	12,7 m

2. Bemessung Pumpwerk gemäß ATV-Arb. Bl. DWA-A 110:

2.1. Ermittlung der statischen Druckhöhe:

Einlaufhöhe (Abschnitt 1)	$h_{1E} =$	3,6 mNN	Pumpe aus
Auslauf- (Abschnitt 1)/ Einlaufhöhe (Abschnitt 2)	$h_{1A} = h_{2E} =$	6,4 mNN	Damm ca.+7,8mNN; 0,8m Frost
Auslaufhöhe (Abschnitt 2, Speicher MbM)	$h_{2A} = \text{ca.}$	7,0 mNN	Annahme (max.WSp. MbM =+6,6mNN)
Statische Druckhöhe	$h_{S0} =$	3,40 m	



2.2. Ermittlung der Verlusthöhe aus Wandrauheit (2-Pumpen-Betrieb):

Reynoldszahl ( $Re = v \cdot d / (1,3 \cdot 10^{-6})$ )  $Re = 4E+05 > 2300$  (turbulente Strömung / hyd. rau)  
Überprüfung der Rauheit  $Re \cdot k / d = 94 < 1300$  (Übergangsbereich)

mit:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \lg \left[ \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{1}{3,71} \cdot \frac{k}{4r_{hy}} \right]$$

gemäß DWA-A 110 für Widerstandsbeiwert im Übergangsbereich nach Colebrook

Startwert gemäß MOODY-Diagramm (Bild E.1)  $\lambda_0 = 0,016 -$   
Widerstandsbeiwert nach Colebrook (iterativ)  $\lambda_1 = 0,016 -$   
 $\lambda_2 = 0,016 -$   
 $\lambda_2 = 0,016 -$   
Verlusthöhe ( $h_{vr} = \lambda \cdot L / d \cdot v^2 / 2g$ )  $h_{vr} = 4,78 \text{ m}$

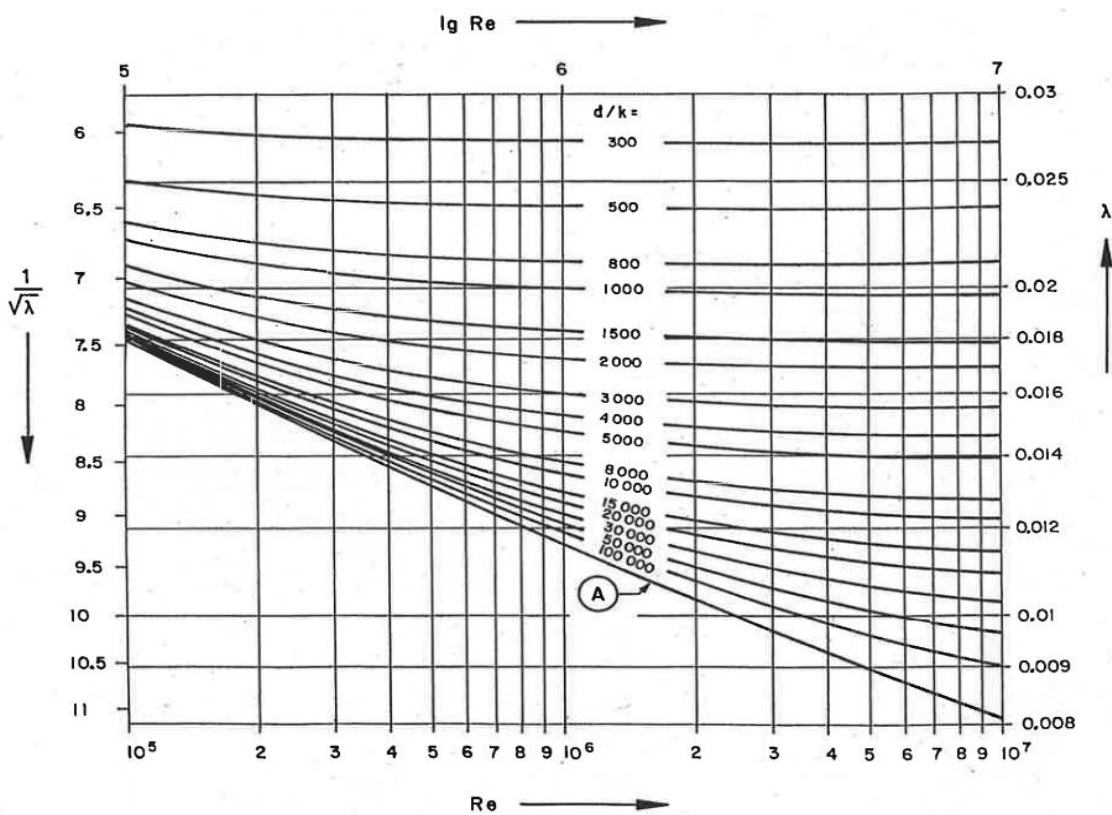


Bild E.1: Moody-Diagramm (vergrößerter Ausschnitt)

2.3. Ermittlung der Verlusthöhe für Krümmer/Rohrbögen (2-Pumpen-Betrieb):

Froude Zahl ( $Fr = v / \sqrt{g \cdot d \cdot \pi / 4}$ )  $Fr = 0,66 < 1$  (Strömender Abfluss)

mit:

$$\zeta_u = \frac{2}{3} \cdot \frac{d}{r} \cdot \sin \varphi$$

$r$  mittlerer Umlenkradius  
 $\varphi$  Umlenkwinkel

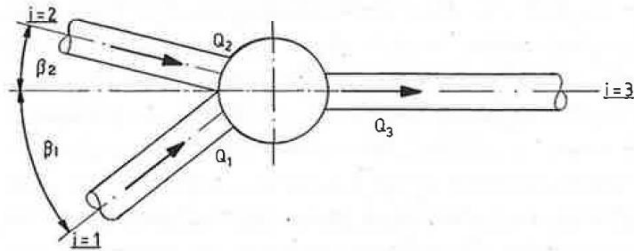
gemäß DWA-A 110 für Verluste durch Umlenkungen bei strömenden Abfluss

	$\varphi_i [^\circ] =$	11	22	30	45	90	
	$d/r [-] =$	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	(Annahme)
Verlustbeiwert	$\zeta_{u,i} [-] =$	0,04	0,07	0,10	0,14	0,20	
angesetzte Anzahl Krümmer	$n_i =$	20	5	6	10	3	

Summe der Verlustbeiwerte  $\zeta_u = \sum (\zeta_{u,i} \cdot n_i) = \zeta_u = 3,75 -$   
Verlusthöhe Krümmer ( $h_{v,u} = \zeta_u \cdot v^2 / 2g$ )  $h_{v,u} = 0,29 \text{ m}$

2.4. Ermittlung der Verlusthöhe für Vereinigungsbauwerke (2-Pumpen-Betrieb):

Begrifflichkeiten / Prinzipskizze:



mit:  $\zeta_{VB,1-3} = 1 + X \cdot \left( \frac{Q_1 \cdot A_3}{Q_3 \cdot A_1} \right)^2 - Z$  und:  $Z = 2 \cdot \left[ a_1 \cdot \left( \frac{Q_1}{Q_3} \right)^2 \cdot \frac{A_3}{A_1} + a_2 \cdot \left( \frac{Q_2}{Q_3} \right)^2 \cdot \frac{A_3}{A_2} \right]$

$\zeta_{VB,2-3} = 1 + Y \cdot \left( \frac{Q_2 \cdot A_3}{Q_3 \cdot A_2} \right)^2 - Z$

und: **Tabelle 10: Hilfsparameter der Verlustbeiwerte für Vereinigungsbauwerke<sup>14)</sup>**

$\beta_1$ [°]	$\beta_2$ [°]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
$X(\beta_1)$	$Y(\beta_2)$	0,95	0,95	0,95	0,94	0,94	0,93	0,90	0,82	0,73	0,63
$a_1(\beta_1)$	$a_2(\beta_2)$	1,00	0,97	0,90	0,80	0,68	0,56	0,45	0,35	0,26	0,19
$\beta_1$ [°]	$\beta_2$ [°]	100	110	120	130	140	150	160	170	180	
$X(\beta_1)$	$Y(\beta_2)$	0,58	0,55	0,53	0,53	0,52	0,51	0,51	0,50	0,50	
$a_1(\beta_1)$	$a_2(\beta_2)$	0,15	0,12	0,11	0,12	0,16	0,21	0,28	0,37	0,48	

gemäß DWA-A 110

Vereinigungswinkel $\beta_1$	$\beta_1 =$	90 -	sichere Seite
Vereinigungswinkel $\beta_2$	$\beta_2 =$	90 -	sichere Seite
Hilfsparameter gemäß Tabelle 10 (DWA-A 110)	$X =$	0,63	
	$Y =$	0,63	
	$a_1 =$	0,19	
	$a_2 =$	0,19	
Hilfsparameter gemäß Formel (DWA-A 110)	$Z =$	0,19	
Verlustbeiwert Vereinigung Strang 1 zu 3 $\zeta_{VB,1-3} =$	$\zeta_{VB,1-3} =$	0,97 -	
Verlustbeiwert Vereinigung Strang 2 zu 3 $\zeta_{VB,2-3} =$	$\zeta_{VB,2-3} =$	0,97 -	
Verlustbeiwert Querschnittsänderung nach Druckstutzen DN200 gemäß Borda Carnot:	$\zeta_{VB,QS} = 1,2 \cdot (1 - A_1/A_2)^2 = \zeta_{VB,QS} =$	0,37 -	
Verlusthöhe Vereinigung ( $h_{v,VB} = \zeta_{VB} \cdot v_3^2/2g$ )	$h_{v,VB} =$	0,18 m	

2.5. Summation der Verlusthöhen

erf. Gesamtförderhöhe gemäß Pumpenbemessung  $h_{erf,P} =$  8,6 m

**3. Bemessung Druckrohrleitung gemäß ATV-Arb. Bl. DWA-A 110:****3.1. Ermittlung des maximalen Abflusses der Druckrohrleitung (2-Pumpen-Betrieb):**

mit:

$$Q = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \left( -2 \cdot \lg \left[ \frac{2,51 \cdot v}{d \cdot \sqrt{2g \cdot d \cdot J_E}} + \frac{k}{3,71 \cdot d} \right] \cdot \sqrt{2g \cdot d \cdot J_E} \right)$$

und:  $k = k_b$ 

$$k = 14,84 \cdot r_{hy} \left( 10^{-1/(2\sqrt{\lambda})} - \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} \right)$$

mit:  $r_{hy} = d/4$  (bei Kreisrohren)

$$\text{und: } \lambda = \lambda_b \quad \text{mit: } \lambda_b = \lambda + \frac{4r_{hy}}{l} \cdot \sum \zeta$$

gemäß DWA-A 110

Widerstandsbeiwert infolge betrieblichen Rauheit

**erf. Gesamtförderhöhe gemäß Druckrohrbemessung**Energiegefälle ( $J_E = h_{\text{erf,D}}/L$ )

betriebliche Rauheit

 $\lambda_b =$  0,017 - $h_{\text{erf,D}} =$  **11,3 m** $J_E =$  6,35 ‰ $k_b =$  3,11 mm**=> Abfluss (bei  $h_{\text{erf,D}}$ )** **$Q_{\text{vorh}} =$  738,00 m³/h****3.2. Nachweis**

Erforderlicher Mindestabfluss (2-Pumpen-Betrieb)

 $Q_{\text{erf}} =$  700 m³/hAbfrage  $Q_{\text{vorh}} \geq Q_{\text{erf}}$ ?: **erfüllt****4. Nachweis: Maßgebende erforderliche Gesamtförderhöhe**

erf. Gesamtförderhöhe für Pumpenbemessung

 $h_{\text{erf,P}} =$  8,6 m

erf. Gesamtförderhöhe für Druckrohrbemessung

 $h_{\text{erf,D}} =$  11,3 m**Maßgebende erf. Gesamtförderhöhe** **$h_{\text{erf}} =$  11,3 m**Abfrage  $h_{\text{Pumpe}} \geq h_{\text{erf}}$ ?: **erfüllt**