

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 5.6:**

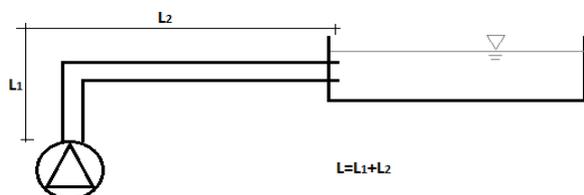
Hydraulische Bemessung – Pumpwerk PW 07neu  
und Druckleitung DN300

## Hydraulische Bemessung Entwässerungsfeld Moorburg-Ost

### Pumpwerk PW 07neu und Druckrohrleitung in den Nebenspeicher

#### 1. Bemessungsgrößen / Randbedingungen:

Begrifflichkeiten / Prinzipskizze:



vorh. Fördervolumen pro Pumpe	$Q_{\text{vorh},1} =$	175 m <sup>3</sup> /h	
vorh. Fördervolumen Parallelbetrieb / 2-Pumpen-Betrieb	$Q_{\text{vorh},2} =$	350 m <sup>3</sup> /h	
	$Q_{\text{vorh},2} =$	97 l/s	
Gesamtlänge der Rohrleitung	$L =$	10 m	
Rohrtyp	z.B. PE 100-Rohr SDR 17 -		PN 10 nach DIN 8474/75
Innendurchmesser Rohrleitung	$d =$	313 mm	-> da=355, s=21,1, di=312,8
absolute Rauheit (alte PE-Leitung)	$k =$	0,10 mm	
relative Rauheit	$k/d =$	3,2E-04 -	
vorh. Fließgeschwindigkeit bei 2-Pumpen-Betrieb ( $v=2Q/A$ )	$v_{\text{vorh}} =$	1,27 m/s	
Pumpe/Modell	z.B. 3127 LT -		
vorhandene Pumphöhe bei $Q_{\text{vorh},2}$	$h_{\text{Pumpe},2} =$	3,87 m	

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

##### 2.1. Ermittlung der statischen Druckhöhe:

Einlaufhöhe (Ringgraben)	$h_{1E} =$	3,50 mNN	Pumpe aus
Auslaufhöhe (Speicher MbO)	$h_{2A} =$	6,60 mNN	0,8 m Frostschutz
Statische Druckhöhe	$h_{S0} =$	<b>3,10 m</b>	
maximaler Wasserstand Speicherbecken	$h_W =$	7,40 mNN	max. WSp. Speicher MbO
Hydrostatische Druckhöhe	$h_{S0} =$	<b>0,49 m</b>	Eingestauter Auslauf

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

Reynoldszahl ( $Re = v \cdot d / (1,3 \cdot 10^{-6})$ )  $Re = 3E+05 > 2300$  (turbulente Strömung / hyd. rau)  
Überprüfung der Rauheit  $Re \cdot k / d = 97 < 1300$  (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)	$\lambda_0 =$	0,017 -
Widerstandsbeiwert nach Colebrook (iterativ)	$\lambda_1 =$	0,017 -
	$\lambda_2 =$	0,017 -
	$\lambda_2 =$	0,017 -
Verlusthöhe ( $h_{vr} = \lambda \cdot L / d \cdot v^2 / 2g$ )	$h_{vr} =$	<b>0,04 m</b>

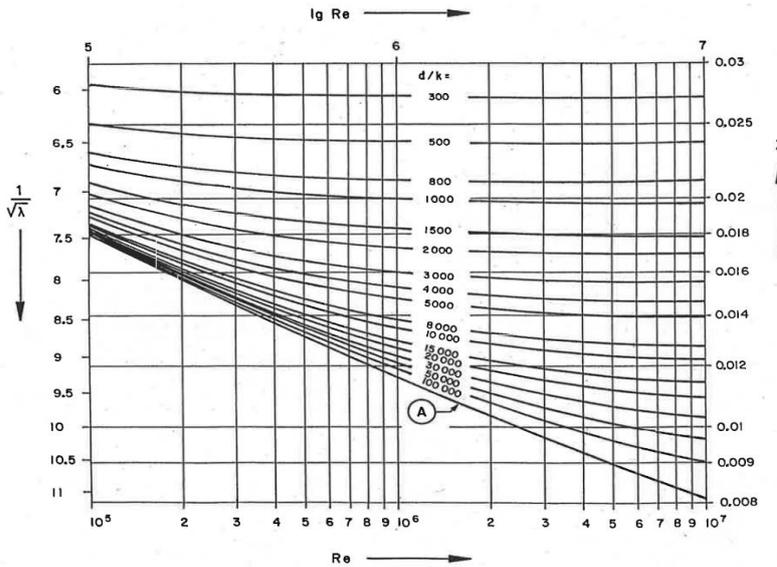


Bild E.1: Moody-Diagramm (vergrößerter Ausschnitt)

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

Froude Zahl ( $Fr = v / \sqrt{g \cdot d \cdot \pi / 4}$ )  $Fr = 0,81 < 1$  (Strömender Abfluss)

mit: 
$$\zeta_u = \frac{2}{3} \cdot \frac{d}{r} \cdot \sin \varphi$$
  
 $r$  mittlerer Umlenkradius  
 $\varphi$  Umlenkwinkel

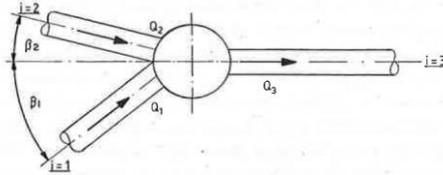
gemäß DWA-A 110 für Verluste durch Umlenkungen bei strömenden Abfluss

	$\varphi_i$ [°] =	11	22	30	45	90	
	$d/r$ [-] =	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	(Annahme)
Verlustbeiwert	$\zeta_{u,i}$ [-] =	0,03	0,06	0,08	0,12	0,17	
angesetzte Anzahl Krümmen	$n_i =$	0	0	0	0	2	

Summe der Verlustbeiwerte  $\zeta_u = \sum (\zeta_{u,i} \cdot n_i) = \zeta_u = 0,33 -$   
 Verlusthöhe Krümmen ( $h_{v,u} = \zeta_u \cdot v^2 / 2g$ )  $h_{v,u} = 0,03 \text{ m}$

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: $\zeta_{VB,QS} = 1,2 \cdot (1 - A_1/A_2)^2 =$	$\zeta_{VB,QS} =$	0,16 -	
Verlusthöhe Vereinigung ( $h_{v,VB} = \zeta_{VB} \cdot v_3^2 / 2g$ )	$h_{v,VB} =$	<b>0,17 m</b>	

2.5. Summation der Verlusthöhen

**erf. Gesamtförderhöhe gemäß Pumpenbemessung**     $h_{erf,P} =$     **3,83 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

$\lambda_b = 0,093$  -

**erf. Gesamtförderhöhe gemäß Druckrohrbemessung**

$h_{erf,D} = 3,5$  m

Energiegefälle ( $J_E = h_{erf,D}/L$ )

$J_E = 350,00$  ‰

betriebliche Rauheit

$k_b = 424,54$  mm

**=> Abfluss**

**$Q_{vorh} = 354,14$  m<sup>3</sup>/h**

**3.2. Nachweis**

Erforderlicher Mindestabfluss (2-Pumpen-Betrieb)

$Q_{erf} = 350$  m<sup>3</sup>/h

Abfrage  $Q_{vorh} \geq Q_{erf}$ ?: **erfüllt**

**4. Nachweis: Maßgebende erforderliche Gesamtförderhöhe**

erf. Gesamtförderhöhe für Pumpenbemessung

$h_{erf,P} = 3,8$  m

erf. Gesamtförderhöhe für Druckrohrbemessung

$h_{erf,D} = 3,5$  m

**Maßgebende erf. Gesamtförderhöhe**

**$h_{erf} = 3,8$  m**

Abfrage  $h_{Pumpe} \geq h_{erf}$ ?: **erfüllt**