



Gralle & Partner

Beratende Ingenieure VBI
Bremerhaven



**Bau der Rampe zum
Offshore-Terminal Bremerhaven**

Bemessung des Schmutzwasserpumpwerks



Seite

1.	Wasserstände / Größe des Pumpensumpfs	1
2.	Förderverluste	2
3.	Energiebedarf der SW-Pumpen	4

Ermittlung der Verlusthöhen

Anlagen- und Pumpenkennlinie



1. Wasserstände / Größe des Pumpensumpfs

Bemessungsgrundlage $Q_{\max} = 37 \text{ l/s}$ gewählt: 1 Pumpe + 1 Pumpe als Reserve

- **Ausschaltwasserspiegel** (h_{\min} im Pumpensumpf)

Nennweite der Saugstutzen: 1 x DN 150 = $0,0176 \text{ m}^2$

$$Q_{\max} = 37 \text{ l/s} = 0,037 \text{ m}^3/\text{s} = 133,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,037 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0176 \text{ m}^2} = 2,1 \text{ m/s} < v_{\max} = 3,0 \text{ m/s}$$

Empfohlene minimale Überdeckung über Saugstutzen zur Vermeidung von Luftwirbeln durch Einsaugen von Luft

$$s_{\min} = \frac{v_s^2}{2g} + 0,1 = \frac{2,10^2 \text{ m}^2/\text{s}^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} = 0,22 + 0,10 \text{ m} = 0,32 \text{ m}$$

$s_{\min} = 0,35 \text{ m}$ gewählt, um die Einbautiefe zu optimieren

Montagehöhe der Pumpen 0,30 m über Sohle $\triangleq - 1,50 \text{ mNN}$ (Achse Saugstutzen)

Oberkante Saugstutzen DN 150 $\triangleq - 1,42 \text{ mNN}$

- **Pumpensumpfvolumen** (gewählt: je Pumpe 10 Schaltspiele pro Stunde $\Rightarrow i = 20$)

$$\text{erf. } V_N = (0,9 \times Q_{\max}) / i = (0,9 \times 37 \text{ l/s}) / 20 = 1,66 \text{ m}^3$$

$$\text{vorh. } V_N = L \times B \times 0,45 \text{ m} = 2,00 \text{ m} \times 2,00 \text{ m} \times 0,45 \text{ m} = 1,80 \text{ m}^3 > 1,66 \text{ m}^3$$

- **Wasserstände im Pumpensumpf**

$$H_{\max} = - 0,55 \text{ mNN} \triangleq \text{Sohle Zulauf SW-Kanal} \triangleq \text{Einschaltpunkt}$$

$$H_{\min} = H_{\max} - 0,45 \text{ m} = - 1,00 \text{ mNN} \triangleq 0,42 \text{ m über OK Saugstutzen} \triangleq \text{Ausschaltpunkt}$$

$$H_{\text{mitt}} = - 0,78 \text{ mNN}$$



• **geodätische Förderhöhe**

Lage des Wasserspiegels Zulauf Kläranlage: $H = + 4,80 \text{ mNN}$

$$\begin{aligned} H_{\text{geo,max}} &= - 1,00 \text{ mNN} + 4,80 \text{ mNN} = 5,80 \text{ m} \\ H_{\text{geo,mitt}} &= - 0,78 \text{ mNN} + 4,80 \text{ mNN} = 5,58 \text{ m} \\ H_{\text{geo,min}} &= - 0,55 \text{ mNN} + 4,80 \text{ mNN} = 5,35 \text{ m} \end{aligned}$$

2. Förderverluste

I. Verlusthöhen im Pumpwerk $H_v = \zeta \times \frac{v^2}{2g}$

a) Verluste Saugseite (DN 150, $A = 0,0176 \text{ m}^2$), Einzelbetrieb der Pumpen

Die Saugstutzen im Pumpensumpf werden aufgrund der sonst zu hohen Ansauggeschwindigkeit mit DN 150 gewählt. Der Saugstutzen an den vorerst vorgesehenen Pumpen weist die Nennweite DN 100 auf. Im Pumpwerk erfolgt die Reduzierung auf DN 100 über eine konische Verengung.

• Einlauf ($\zeta = 1,5$)	→	$0,076 \times v^2$
• Verengung ($\zeta = 0,05$)	→	$0,002 \times v^2$
• Schieber ($\zeta = 0,2$)	→	<u>$0,011 \times v^2$</u> $0,089 \times v^2$

b) Verluste Druckseite (DN 150; $A = 0,0176 \text{ m}^2$), Einzelbetrieb der Pumpen

• 2 x Schieber ($\zeta = 0,2$)	→	$0,022 \times v^2$
• Aufweitung, konisch ($\zeta = 0,18$)	→	$0,009 \times v^2$
• RS-Klappe ($\zeta = 1,25$)	→	$0,064 \times v^2$
• 3 x Bogen 90° ($\zeta = 0,23$)	→	$0,035 \times v^2$
• Zulauf seitlich ($\zeta = 0,20$)	→	$0,011 \times v^2$
• IDM ($\zeta = 0,10$)	→	<u>$0,005 \times v^2$</u> $0,144 \times v^2$



II. Verlusthöhen in der Rohrleitung

c) Verluste Formstücke Druckrohrleitung PE-HD d_A 800 SDR 17

• Zulauf ($\zeta = 1,0$)	→	0,051 x v^2
• 4 x Bogen 45° ($\zeta = 0,14$)	→	0,028 x v^2
• 2 x Schieber ($\zeta = 0,15$)	→	<u>0,015 x v^2</u>
		0,069 x v^2

d) Verluste Formstücke Druckrohrleitung Guss DN 1.200

• 2 x Schieber ($\zeta = 0,15$)	→	0,015 x v^2
• 8 x Bogen 45° ($\zeta = 0,14$)	→	0,057 x v^2
• Auslauf ($\zeta = 0,5$)	→	<u>0,026 x v^2</u>
		0,098 x v^2

- Rohrleitung 3 x d_A 800 SDR 17, $L_{ges.} = 390$ m, $k_b = 0,25$ mm
- Rohrleitung DN 1.200, $L_{ges.}$ (Schacht 2 – ZKA) = 940 m, $k_b = 0,25$ mm

Im Anhang werden die Verlusthöhen im Pumpwerk für die angesetzten Fördermengen ermittelt. Dabei werden 3 Lastfälle betrachtet:

- Lastfall 1: das Hauptpumpwerk „Am Seedeich“ fördert nicht ($Q = 0$ l/s)
- Lastfall 2: das Hauptpumpwerk „Am Seedeich“ fördert mit der mittleren Jahresmenge ($Q = 480$ l/s)
- Lastfall 3: das Hauptpumpwerk „Am Seedeich“ fördert mit der maximalen Regenwettermenge ($Q = 2.800$ l/s)

Die Leistungsanforderung an das Nebenspumpwerk für das Gewerbegebiet „Am Seedeich“ aus der damaligen Bemessung weist sehr große Förderleistungen auf. Die tatsächlich gemessenen Fördermengen der letzten Jahre liegen erheblich unter den Anforderungsmengen.

- | | | | |
|---|---------------------------------------|-----|------------------|
| • Leistungsstufe 1: | $Q_{erf.} = 18,1$ l/s | bei | $H_{man} = 15$ m |
| • Leistungsstufe 2: | $Q_{erf.} = 23,1$ l/s | bei | $H_{man} = 14$ m |
| • Leistungsstufe 3: | $Q_{erf.} = 36,9$ l/s | bei | $H_{man} = 11$ m |
| • Festgestellte mittlere Jahresfördermenge: | $Q_{vorh.} = 1.600$ m ³ /a | ≈ | 180 l/h |



Da es jedoch momentan nicht absehbar ist, welcher Abwassermengen zukünftig vorliegen werden, soll die Option auf die genannten Mengen offen gehalten werden. Dies betrifft in erster Linie die Ausführung des Pumpensumpfes und die Anordnung der Schaltpunkte. Die Pumpen können bei Bedarf relativ einfach ausgetauscht werden.

Zusammen mit den gegebenen örtlichen Höhenunterschieden (h_{geo}) wurden nun die Gesamtförderhöhen (h_{man}) ermittelt und mit den Fördermengen zu drei Anlagenkennlinien aufgebaut sowie mit möglichen Pumpenkennlinien überlagert (s. Anhang, Tabelle III sowie Abbildung Anlagen- und Pumpenkennlinie).

Für den vorliegenden Fall wird der Einsatz von trocken aufgestellten Pumpen empfohlen. Im Folgenden wurden die Kennlinien der Anlage und von zwei beispielhaft ausgewählten Pumpen (KSB Amarex KRT F 80-250 sowie KSB Amarex KRT E 100-250) aufgetragen. Nach derzeitigem Stand wird die Einkanalradpumpe KRT E 100-250 empfohlen, da diese in beiden Betriebspunkten einen wesentlich besseren Wirkungsgrad aufweist.

3. Energiebedarf der SW-Pumpen

- Der Leistungsbedarf der Entleerungspumpe im Schacht 2 entspricht in etwa dem der SW-Pumpen im Schacht 1 (gewählt: KSB Amarex KRT E 100-250 mit Laufrad-Nr. 220)

$$P_{\text{Pumpe}} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{1.000 \cdot \eta} \text{ [kW]}$$

mit $\rho = 1,0 \text{ kg/dm}^3$ (Dichte des Fördermediums)

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$ (Erdbeschleunigung)

$Q_1 = 18 \text{ l/s}$ (Fördermenge im Betriebspunkt 1 bei 1.450 1/min)

$H_1 = 12,90 \text{ m}$ (aus hydraulischer Berechnung)

$Q_2 = 33,5 \text{ l/s}$ (Fördermenge im Betriebspunkt 2 bei 1.450 1/min)

$H_2 = 10,30 \text{ m}$ (aus hydraulischer Berechnung)

$\eta = 0,62$ (Wirkungsgrad)

$$P_{1,\text{Pumpe}} = \frac{1,0 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 18 \text{ l/s} \cdot 12,90 \text{ m}}{1.000 \cdot 0,62} = 3,67 \text{ kW}$$



$$P_{2,Pumpe} = \frac{1,0 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 33,5 \text{ l/s} \cdot 10,30 \text{ m}}{1.000 \cdot 0,70} = 4,83 \text{ kW}$$

- Motorleistung der Pumpen (Leistungszuschlag von 20 % für $P_{Pumpe} \leq 7,5 \text{ kW}$)

$$P_{Motor} = 4,83 \text{ kW} \cdot 1,20 = 5,80 \text{ kW}$$

gewählte Motorgröße: 7,5 kW

Anzahl:	2 Pumpen
Aufstellart:	trocken aufgestellte Tauchmotorpumpen
Bezeichnung:	Hersteller: KSB (nach Vorgabe EBB / BEG logistics)
	Typ: AMAREX KRT E 100 – 250
Laufrad:	geschlossenes Einkanalrad, LR 220
Kugeldurchgang:	90 mm
Saugstutzen:	DN 100
Druckstutzen:	DN 100