



Gralle & Partner

Beratende Ingenieure VBI

Bremerhaven

bremenports

Bremen  Bremerhaven |  GmbH & Co. KG

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

**Ersatz
der Abwasserdruckrohrleitung DN 1.200
zur Zentralkläranlage Bremerhaven**

Entwurfsbericht

Oktober / November 2013



Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Veranlassung und Kurzbeschreibung	1
2. Planungsgrundlagen	2
2.1 Bemessungsgrundlagen	2
2.2 Baugrunduntersuchung	2
2.3 Höhenverhältnisse	3
2.4 Materialien	4
3. Anlagenbeschreibung	5
3.1 Druckrohrleitung	5
3.2 Verlegung der Leitungen im Bauwerk	7
3.3 Schieberschächte	8
3.4 Herstellung der Schieberschächte	10
3.5 SW-Pumpwerk	14
4. Kostenberechnung	16
4.1 Allgemeines	16
4.2 Baukosten	16
4.3 Betriebskosten	16
5. Betriebliche Aspekte	18
5.1 Bauzeit	18
5.2 Betrieb	19
6. Zusammenfassung	21



Anlagen:

Anhang 1	Technische Berechnungen	
Anhang 2	Kostenberechnung	
Anhang 3	Tragwerksplanung	
Anhang 4	Plananlagen	
	07.27.10	Lageplan M 1 : 500
	07.27.11	Lageplan Schacht 1 / SW-PW M 1 : 100
	07.27.12	Lageplan Schacht 2 M 1 : 100
	07.27.21	Querschnitt Unterführungsbauwerk M 1 : 50
	07.27.22	Querschnitt Trogstrecke M 1 : 50
	07.27.30	Bauwerk Schacht 1 / SW-PW M 1 : 50
	07.27.31	Bauwerk Schacht 2 M 1 : 50
	07.27.40	Detail Schleppplatte M 1 : 50

1. Veranlassung und Kurzbeschreibung

Für die Anbindung des Offshore-Terminals Bremerhaven (OTB) an das Industrie- und Gewerbegebiet Fischereihafen / Luneort soll eine Schwerlastrampe in Verlängerung der jetzigen Start- und Landebahn des Flugplatzes Luneort gebaut werden. Die Rampe quert verschiedene Infrastruktureinrichtungen, u.a. die Abwasserdruckrohrleitung (DRL) vom Pumpwerk „Seedeich“ zur Zentralkläranlage (ZKA) Bremerhaven.

Die Leitung bindet einen Großteil der Stadt Bremerhaven an die ZKA an. Damit die Entsorgungssicherheit dieses Teils der Stadt gesichert bleibt, ist die bauzeitliche Sicherung bzw. der Ersatz der DRL erforderlich. Es handelt sich um eine Leitung der Nennweite DN 1.200, die Abwassermenge beträgt bis zu 1.800 l/s.

Darüber hinaus befindet sich im Bereich der geplanten Rampe ein kleineres Pumpwerk, an welches ein Teil des Gebietes im Fischereihafen an die DRL angebunden ist. Dieses Pumpwerk muss für die Baumaßnahme an anderer Stelle neu errichtet werden.

Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie wurden vom Verfasser verschiedene Lösungsmöglichkeiten untersucht und hinsichtlich technischer, betrieblicher und wirtschaftlicher Kriterien bewertet.

Als Vorzugslösung wurde anfangs die Überbauung der vorhandenen DRL mit einem Sicherungsbauwerk sowie die Verlegung einer redundanten Leitung auf diesem Sicherungsbauwerk gewählt.

Diese Lösung wurde zwischenzeitlich zugunsten der Verlegung einer Ersatzleitung innerhalb des Unterführungsbauwerkes, welches die Rampe quert, aufgegeben. Dabei soll der vorhandene Leitungsquerschnitt DN 1.200 in einem Schachtbauwerk (Schacht 1) auf 3 Leitungen DN 700 aufgeteilt werden. Diese sollen in eine Aussparung in der Sohle des Unterführungsbauwerkes eingebaut werden. Hinter dem Unterführungsbauwerk werden die Leitungen in einem zweiten Schacht (Schacht 2) wieder auf die vorhandene DRL DN 1.200 zusammengeführt.

Die Planung der Abwasserdruckleitung im Bereich der Rampe Offshore Terminal Bremerhaven ist Teil des Gesamtgenehmigungsverfahrens. Das Büro **Gralle & Partner** Beratende Ingenieure VBI wurde im Juni 2013 von bremenports GmbH & Co. KG mit den entsprechenden Planungsschritten beauftragt. Der Entwurf wird hiermit vorgelegt.

2. Planungsgrundlagen

2.1 Bemessungsgrundlagen

Die im Rahmen der Machbarkeitsstudie vorliegenden Unterlagen wurden durch die inzwischen weiter geführte Planung des Büros **BPR** Beraten Planen Realisieren und der **INROS LACKNER AG** ergänzt. Dabei handelt es sich um Pläne der Entwässerungsanlagen für das Rampenbauwerk, den Straßendurchlass unter der Rampe und dessen Entwässerung sowie die Entwässerungsanlagen des geplanten Gewerbegebietes.

Ergänzt werden diese Unterlagen durch mündliche Informationen seitens des Betreibers der Druckrohrleitung, der **BEG logistics GmbH** (BEG) und der **Fischereihafen-Betriebsgesellschaft mbH** (FBG).

Hier ergaben sich gegenüber den ursprünglichen Planungsgrundlagen Abweichungen bezüglich der tatsächlich geförderten Abwassermenge im Regenwetterfall. Statt der gemäß Auslegung der Leitung und der Zentralkläranlage genannten maximalen Menge von 1.800 l/s bzw. 6.480 m³/h werden derzeit bis zu knapp 2.800 l/s bzw. 10.000 m³/h gefördert. Dies entspricht der maximalen Förderleistung der drei im Pumpwerk „Seedeich“ installierten Pumpen. Von Bedeutung ist diese Änderung in Bezug auf den Querschnitt der Ersatzleitungen, die mit einer auf diese Menge ausgelegten Kapazität hergestellt werden sollte.

Die Abwassermenge, welche von dem Nebenpumpwerk in die DRL gefördert wird, beträgt gemäß damaliger Auslegung maximal 133 m³/h bzw. 37 l/s und ist damit wie bereits in der Machbarkeitsstudie angenommen in Bezug auf die Fördermenge des Pumpwerks „Seedeich“ unerheblich. Der Neubau des Nebenpumpwerks wird auf die damalige Abwassermenge ausgelegt.

Anlagenteil	Bemessungsgröße
Ersatzleitung 3 x DN 700	$Q_{\max} = 2.800 \text{ l/s}$
SW-Pumpwerk	$Q_{\max} = 37 \text{ l/s}$ bei $H_{\text{man}} = 11 \text{ m}$
	$Q = 23 \text{ l/s}$ bei $H_{\text{man}} = 14 \text{ m}$
	$Q_{\min} = 18 \text{ l/s}$ bei $H_{\text{man}} = 15 \text{ m}$

2.2 Baugrunduntersuchung

Es liegt eine Gründungsbeurteilung des **Grundbaulabor Bremen** Ingenieurgesellschaft für Geotechnik mbH (GBL) vor. Diese umfasst das gesamte Gelände der vorgesehenen Logistikfläche einschließlich der Bereiche, auf die auch das bauzeitliche Aufschütten der Rampe Einfluss nimmt.

Bei der ursprünglich angedachten Lage der Schachtbauwerke hätte sich nach wie vor ein erheblicher Einfluss der Überschüttung auf das Sicherungsbauwerk der DRL sowie auf die DRL in den Randbereichen der Rampe ergeben. Dieser Einfluss würde dazu führen, dass das Sicherungsbauwerk in Form von Bohrpfählen auch außerhalb des eigentlichen temporären Überschüttungskegels fortgesetzt werden muss, um die DRL gegen den zu erwartenden seitlichen Fließdruck des Bodens zu sichern. Eine Deckelung der Sicherung ist in diesen Bereichen nicht erforderlich. Da die Deckelung und der seitliche Schutz einen erheblichen Aufwand darstellen würden, bietet die hier vorgestellte Lösung ein signifikantes Einsparpotential.

Die Gründung der Schächte wird in Abstimmung mit dem Baugrundgutachter und dem Tragwerksplaner als Tiefgründung über Spundbohlen vorgesehen. Die Auftriebssicherung wird ebenfalls über die als verlorene Schalung verwendeten Spundbohlen gewährleistet.

Weitere Untersuchungen an den jetzt gewählten Standorten der Schächte sowie in der Trasse der Druckleitungen sind spätestens für die Ausführungsplanung durch den Gutachter vorzunehmen.

2.3 Höhenverhältnisse

Die vorhandene Druckrohrleitung DN 1.200 ist einer aktuellen Bestandsaufnahme zufolge im Bereich der Rampe in Fließrichtung betrachtet mit einer Sohlhöhe zwischen +0,10 mNN und +0,30 mNN verlegt. Das vorhandene Gelände weist im Bereich der Leitungstrasse eine Höhe von ca. +3,00 mNN bis +2,70 mNN auf.

Die Oberkante der geplanten Rampe wird in diesem Bereich bei ca. +8,50 mNN liegen. Die bauzeitliche Überhöhung der Rampe zum Erreichen der Setzungen liegt bei rd. 4,50 m über Rampenhöhe, also bei +13,00 mNN.

Der neue SW-Kanal DN 250 aus dem Gewerbegebiet „Am Seedeich“ wird am Anschluss zum SW-Pumpwerk laut Planung BPR eine Sohlhöhe von ca. -0,51 mNN aufweisen. Die Höhe für den Anschluss an das Pumpwerk wird aufgrund der noch nicht abschließend festzulegenden Position mit -0,55 mNN angenommen. Kollisionspunkte mit der neuen oder alten Druckleitungstrasse ergeben sich hier keine.

Die Höhen der RW-Entsorgung der Straße „Am Seedeich“ sind ebenfalls auf mögliche kollidierende Höhen überprüft worden. Infolge der diesbezüglichen Abstimmung mit dem Büro BPR wurde die DRL 3 x DN 700 im Bereich des Unterführungsbauwerks unter die westliche Fahrbahn verlegt. Die Kreuzung der DRL-Trasse mit dem RW-Kanal erfolgt im Süden kurz vor dem Schacht R 221, im Norden kurz vor der Einführung in die Trogstrecke.

2.4 Materialien

Die vorhandene Druckrohrleitung DN 1.200 ist aus duktilem Gussrohr mit Muffenverbindungen (Tyton-Muffen) hergestellt worden. Die Muffen sind nicht längskraftschlüssig, das heißt, dass es bei zu großen Setzungen zu Undichtigkeiten in den Muffen kommen kann.

Die Ersatzleitungen können entweder ebenfalls aus dem Material Guss hergestellt werden oder es kann als alternativer Werkstoff PE-HD verwendet werden. Bezüglich der Einbindung in die vorhandene Leitung ergibt sich kein Unterschied, da diese ohnehin aufgetrennt wird und mittels eines vorgefertigten Verteiler- bzw. Sammelstückes angebunden wird.

Das Material PE-HD bietet Vorteile aufgrund der grundsätzlich längskraftschlüssigen Verbindungen, weswegen Widerlager in Bogenstrecken oder Abwinklungen vermieden werden können. Aber auch beim Material Guss können längskraftschlüssige Muffenverbindungen im Bogenbereich eingesetzt werden.

Diese Muffenverbindungen stellen allerdings im Bereich der Trogstrecken und der Unterführung einen Nachteil dar, da sie eine größere Wanddicke aufweisen als vergleichbare PE-HD Leitungen und somit die Aussparung in der Sohle des Bauwerke ggf. etwas größer ausgeführt werden müsste.

Die vorgelegte Entwurfsplanung geht vorerst von einer Ausführung in PE-HD aus, im Endeffekt wird jedoch der Wettbewerb bei der Realisierung darüber entscheiden.

Die vorhandene Druckrohrleitung DN 150 ist sehr wahrscheinlich ebenfalls aus duktilem Gussrohr. Exakte Angaben zu dieser Leitung liegen dem Verfasser derzeit nicht vor, sind jedoch nicht relevant, da die alte Druckleitung entfernt wird.

Die neue Anbindung des SW-Pumpwerks an die Druckrohrleitung wird innerhalb des Schieberschachtes 1 im Material Edelstahl mit Flanschanschlüssen geplant.

3. Anlagenbeschreibung

Die in der Machbarkeitsstudie als **Variante 5.2** bezeichnete Variante sollte ursprünglich als Vorzugslösung weiter geplant werden. Diese Variante gewährleistet die fast unterbrechungsfreie Weiterverwendung der vorhandenen DRL in der jetzigen Trasse und bietet darüber hinaus zukünftig eine gleichwertige Redundanz mit zusätzlichen Inspektions- und Absperrmöglichkeiten in der vorhandenen DRL.

Aufgrund des erheblichen Aufwandes nur für den Schutz der vorhandenen Leitung wurde eine weitere Variante (**Variante 6.2**) in die Vorplanung einbezogen. Diese sieht die Verlegung von mehreren Ersatzleitungen mit geringerem Querschnitt in einer Aussparung der Sohle des Trog- und Unterführungsbauwerkes vor. Die Querschnitte werden mit $3 \times d_A 800$ SDR 17 gewählt, was unter hydraulischen Gesichtspunkten gegenüber der jetzigen Leitung eine Verbesserung darstellt und mit einer noch akzeptablen Größe der Aussparung in der Sohlplatte auskommt.

Die vorhandene Leitung DN 1.200 wird vor und hinter dem Unterführungsbauwerk aufgetrennt und in die „Lücke“ werden die drei Leitungen $d_A 800$ eingebaut. Die Aufteilung und Zusammenführung erfolgt jeweils in einem Schachtbauwerk. Im Folgenden wird die Variante 6.2 im Detail beschrieben. Die technischen Berechnungen sind im Anhang aufgeführt, ebenso die Kostenberechnung.

3.1 Druckrohrleitung

Die Trockenwettermenge für die Auslegung der vorhandenen Druckrohrleitung sowie für das Ersatzstück im Bereich der Rampe beträt nach den aktuell vorliegenden Informationen $Q = 900$ l/s, die Regenwettermenge beträgt bis zu 2.800 l/s. Die mittlere Fördermenge über das gesamte Jahr beträgt 480 l/s.

Im Pumpwerk „Seedeich“ sind derzeit im Regenwetterfall 3 von 5 vorhandenen Pumpen gleichzeitig in Betrieb. Die Ansteuerung der Pumpen erfolgt in Abhängigkeit des Wasserstandes im Pumpensumpf. Die maximale manometrische Förderhöhe der Pumpen im Pumpwerk „Seedeich“ ist nicht bekannt. Die Förderleistung der Pumpen beträgt nach Auskunft der BEG logistics 3.450 m³/h sowie 2×3.770 m³/h.

Es werden 2 verschiedene Leitungsquerschnitte auf der Ersatzstrecke untersucht. Einmal handelt es sich um 3 Leitungen $d_A 800$ SDR 17 sowie als Alternative 2 Leitungen $d_A 1.000$ SDR 17. Unter hydraulischen Gesichtspunkten sind die beiden Alternativen als gleichwertig zu betrachten, sie bieten einen etwas größeren Querschnitt als die vorhandene Leitung DN 1.200, was sich auf Dauer in geringeren Stromkosten bemerkbar machen dürfte.

Leitung	Querschnitt
Vorhandene Leitung 1 x DN 1.200	$A_{ges.} = 1,131 \text{ m}^2$
Ersatzleitung 3 x d_A 800 x 47,4 (SDR 17)	$A_{ges.} = 1,172 \text{ m}^2$
Ersatzleitung 2 x d_A 1.000 x 59,3 (SDR 17)	$A_{ges.} = 1,220 \text{ m}^2$

Die zwei Leitungen d_A 1.000 SDR 17 haben jedoch gegenüber den drei Leitungen d_A 800 den Nachteil, dass die Aussparung in der Bodenplatte des Unterföhrungsbauwerks um ca. 20 cm tiefer ausgeföhrt werden muss als bei Verwendung des Querschnitts d_A 800. Dies föhrt bei der Bauwerkserstellung zu deutlichen Mehraufwendungen, weswegen die Variante d_A 800 für die weitere Bearbeitung gewöhlt wurde.

Bei der hydraulischen Bemessung der Leitungsvarianten wurden zusätzlich die oben genannten Nennweiten als SDR 17,6 untersucht. Diese bieten einen etwas größeren Querschnitt, was jedoch angesichts der bereits bei SDR 17 bestehenden Vorteile nicht erforderlich ist. Bei Verwendung des Materials PE 100 bietet die Wandstärke SDR 17 den Vorteil, dass die Druckstufe PN 10 erreicht wird. Dies ist bei SDR 17,6 nicht ganz der Fall.

Die im Anhang beigefügten Anlagenkennlinien der Druckrohrleitungen beziehen sich nur auf den Abschnitt der Druckrohrleitung, welcher ersetzt wird. Die Bereiche vor dem Schieberschacht 1 und hinter dem Schieberschacht 2 werden nicht betrachtet, da es allein darum ging, den Unterschied in Hinsicht auf den Bestand festzustellen.

Vor und hinter dem Rampenbereich wird die vorhandene Leitung innerhalb von 2 Schieberschächten auf die neuen Querschnitte aufgeteilt. Die neuen Leitungen föhren seitlich von der vorhandenen Rohrleitungstrasse in Richtung Straße „Am Seedeich“. Im Straßenraum verschwenken die Leitungen in einem möglichst sanften Bogen (max. 30°) und werden zu den Stirnseiten der Trogstrecken geföhrt.

Die vorhandene Leitung unter der Rampe wird aufgegeben und vorerst an beiden Enden verschlossen. Im Zuge der Aufschüttung der Rampe kann dann beobachtet werden, ob die Leitung Schaden nimmt und für eine alternative Nutzung, bspw. als Leerrohr nicht mehr nutzbar ist und verdämmt werden muss. Sollte die Leitung wider Erwarten intakt bleiben, kann sie mit einem Inliner versehen und zukünftig als Leitungstrasse genutzt werden. Andernfalls muss das Teilstück verdämmt werden, um Versackungen im Rampenbereich zu vermeiden.

Der Höhenverlauf der neuen Leitungen erfolgt ohne explizite Hoch- und Tiefpunkte, so dass auf automatische Be- und Entlüftungsventile verzichtet werden kann. Im Bereich der Schieberschächte wird jeweils eine manuelle Be- und Entlüftung vorgesehen, welche im Rahmen der üblichen Kontrollgänge betätigt werden kann, um ggf. sich ansammelnde Luft einschleuse aus der Leitung zu entlassen. Da die Fließgeschwindigkeit in den Leitungen d_A 800 je-

doch immer deutlich über 0,4 m/s betragen wird, ist nicht damit zu rechnen, dass sich hier Lufteinschlüsse bilden werden.

Die Leitungstrasse ist im Anhang als Anlage E 07.27.10 beigefügt. Eine detailliertere Darstellung der Verlegung in dem Verziehungsbereich unter der Straße zu den beiden Schächten ist in den Anlagen E 07.27.11 und E 07.27.12 beigefügt.

3.2 Verlegung der Leitungen im Bauwerk

Die 3 Leitungen werden jeweils auf der Stirnseite der Trogstrecke in das Bauwerk eingeführt und liegen dort unter der westlichen Fahrbahn. Die Aussparung wird nach dem Einbau der Leitungen mit Flüssigboden vergossen, so dass ein Planum mit ausreichender Tragfähigkeit für den Straßenaufbau hergestellt wird. Der Flüssigboden wird abschnittsweise eingebaut, um die Steigung der Trogstrecken aufnehmen zu können. Eventuell ist eine Nachbearbeitung der Oberfläche erforderlich, um ein gleichmäßiges Planum für den Straßenaufbau zu erhalten.

Durch die Verlegung im Flüssigboden besteht die Möglichkeit, jede Leitung einzeln aufgraben zu können, falls dies erforderlich sein sollte. Dies wäre bei der Abdeckung mit einer Betonplatte über die gesamte Aussparung nicht möglich. Somit ist bei dem – extrem unwahrscheinlichen – Fall einer Havarie einer Leitung möglich, den Verkehr in der Unterführung zumindest einspurig aufrecht zu erhalten.

Im Bereich der Einführung der Leitungen in die Trogstrecken wird jeweils eine Schleppplatte an den Trog angebunden. Dabei handelt es sich um eine Betonplatte von ca. 4,00 m Breite und 3,00 m Länge, welche über Gelenke dauerhaft mit dem Trogbauwerk verbunden wird. Die Funktion der Schleppplatte ist es, Setzungen, welche mit bis zu 6 cm erwartet werden, auszugleichen. Auf diese Weise wird das Auflager der Rohrleitungen diese Setzungen auf eine Strecke von 3,00 m verteilen und Scherkräfte auf die Leitung im Bereich der Bauwerkseinführung werden vermieden. Die Gelenke sind aus dauerhaft beständigem Material herzustellen, da diese den Auswirkungen des Grund- bzw. Schichtenwassers ausgesetzt sind.

Die Einführung der Leitungen erfolgt durch Kopfplatten aus PE-HD, welche verhindern, dass Schichtenwasser in das Trogbauwerk eindringt und sich dort sammelt. Die Kopfplatten werden über die gesamte Breite der Aussparung hergestellt und beim Betonieren ähnlich eines Fugenbandes dreiseitig in den Beton eingebunden. Die Rohrleitungen werden umlaufend mit den Kopfplatten verschweißt.

Ein Querschnitt der Leitungen innerhalb des Trog- und des Unterführungsbauwerks ist als Anlage E 07.27.20 und E 07.27.21 beigefügt.

3.3 Schieberschächte

Die beiden Schieberschächte sind weitgehend baugleich und werden deswegen gemeinsam beschrieben. Einzig der Anbau für das Schmutzwasserpumpwerk (SW-PW) bewirkt für den Schacht 1 eine Verbreiterung um ca. 1,40 m und eine um 1,10 m tiefere Ausführung. Die beiden Schächte sind im Anhang als Anlage E 07.27.30 und E 07.27.31 beigefügt, jedoch ohne Darstellung der Spundbohlen.

Der Schacht 1 (s. Anhang, Anlage 07.27.11 und 07.27.30), in Fließrichtung vor der Rampe angeordnet, dient der Aufteilung der vorhandenen Leitung auf die drei Leitungen DN 700, er nimmt das neu zu bauende SW-PW sowie die Messeinrichtung für die Schmutzwassereinspeisung aus dem Gewerbegebiet „Am Seedeich“ auf.

Der Schacht 2 (s. Anhang, Anlage 07.27.12 und 07.27.31), hinter der Rampe angeordnet, dient entsprechend dem Zusammenführen der drei Leitungen auf die vorhandene Leitung. Beide Schächte werden als Stahlbetonbauwerke vor Ort gebaut. Einzig die Deckenplatten sollen als Fertigteil vorgesehen werden, da sie zum Einen bei schon laufendem Betrieb auf die Schächte aufgelegt und zum Anderen ggf. zu einem späteren Zeitpunkt notfalls wieder abgenommen werden müssen.

Die Innenabmessungen der Schächte betragen 7,50 m (Schacht 1) bzw. 6,10 m (Schacht 2) lichte Breite, 11,00 m lichte Länge sowie 4,60 m (Schacht 1) bzw. 3,30 m (Schacht 2) lichte Höhe. Die Schächte schließen in etwa mit der vorhandenen Geländeoberfläche ab, werden jedoch, um eine größere Sicherheit gegen einströmendes Niederschlagswasser zu erhalten, um ca. 10 cm angehoben. Das umliegende Gelände wird als Zufahrt für Montagearbeiten mit einer Pflasterung befestigt, welche mit einem Gefälle von 2% vom Bauwerk wegführend ausgeführt wird.

Beide Schächte werden aus Kostengründen ohne Hochbauteil ausgeführt. Die nur selten erforderlichen Inspektions- und Wartungsarbeiten können auch bei Zugang über Montageöffnungen (1,20 m x 1,20 m) und fest installierte Leitern ausgeführt werden. Schwere Materialien und Werkzeuge können über die Montageöffnungen in die Schächte gehoben werden. Die im Schacht 1 angeordneten Schaltanlagen (SW-PW, Schiebersteuerung, Messstrecke) werden dort im Tiefbauteil untergebracht. Eine erhöhte Gefahr der Überflutung droht hier nicht.

Auch im Schacht 1 wird aus arbeitsschutzfachlichen Gründen eine separate Vor-Ort-Steuerung an den Schiebern und Pumpen vorgesehen, auch wenn diese nicht weit von den Schaltanlagen entfernt angeordnet sind.

In der Deckenplatte werden jeweils drei Montageöffnungen von 1,50 m x 1,50 m über den Schiebern angeordnet, so dass diese im Bedarfsfall ohne Abnehmen der Deckenplatte ausgebaut werden können.

Der Schacht 1 erhält eine weitere frei zugängliche Montageöffnung von 1,20 m x 1,20 m über dem Pumpensumpf, um diesen mit einem Spülfahrzeug entleeren und reinigen zu können sowie eine entsprechend dimensionierte Montageöffnung über den Pumpen. Die Montageöffnungen werden jeweils mit Aufkantungen von 30 cm Höhe auf der Schachtdecke ausgeführt, um das Eindringen von Niederschlagswasser zu verhindern.

Der Tiefbauteil der Schächte wird wie der Pumpensumpf über windbetriebene Rohrbelüfter zwangsbelüftet. Im Falle des Aufschließens der Zugangstür wird ein zusätzlicher, elektrisch betriebener Rohrventilator in Gang gesetzt, welcher einen kontinuierlichen Luftaustausch im Tiefbauteil gewährleistet.

Die Rohrleitungen DN 1.200 werden in den Schächten auf Konsolen abgestützt, die als Stahlbetonscheibe mit einer nach oben offenen Halbschale ausgeführt werden. Die Leitung DN 1.200 wird über Bügel auf diesen Konsolen fixiert.

Die Leitungsinstallation in den Schächten ist in den Bauwerksplänen (s. Anhang) dargestellt und wird im Folgenden erläutert.

Die vorhandene Druckleitung DN 1.200 Guss wird aufgetrennt und es werden mindestens 2 Rohrlängen von je 6 m Länge entfernt. Der unter der Rampe verbleibende Abschnitt der Druckrohrleitung wird verdämmt und verschlossen.

An die Enden der vorhandenen Druckleitung wird jeweils ein komplett vorbereitetes Fächerstück angesetzt, um die Aufteilung auf drei Leitungen DN 700 bzw. die Zusammenführung auf die Leitung DN 1.200 zu realisieren.

Diese Leitungsabschnitte werden aus einer Stahlrohrleitung DN 1.200 (Edelstahl, Werkstoff-Nr. 1.4541) hergestellt, an welche die Stützen DN 700 im Winkel von 45° angeschweißt werden. Das Ende des Fächerstücks DN 1.200 wird mit einem Blindflansch verschlossen, auf den im Falle des Schachtes 2 ein Flanschanschluss DN 200 für den Anschluss der Entleerungspumpe aufgesetzt wird. Das offene Ende wird über ein Flanschstück mit Muffe (Schacht 1) bzw. Flanschstück mit Spitze (Schacht 2) an die vorhandene Leitung DN 1.200 angeschlossen. Diese Formstücke werden aus dem Material Guss hergestellt, um die Kompatibilität mit der vorhandenen Leitung zu gewährleisten.

Die Verbindung zwischen den Stützen und den in den Schacht ragenden Enden der jetzt bereits verlegten Leitungen DN 700 werden mit jeweils einem Schieber DN 700, einem Pass- und Ausgleichsstück sowie einen Bogen 45° versehen. In diesen Abschnitt wird jeweils eine Belüftung DN 200 nach oben sowie ein Entleerungsanschluss DN 200 nach unten eingebaut. An diesen Anschlüssen wird jeweils ein Handschieber DN 200 vorgesehen.

Eine gesonderte Revisionsöffnung in den Leitungen DN 700 ist bislang nicht vorgesehen. Falls die Leitungen mit einer Kamera befahren werden sollen, kann das Pass- und Ausbau-

stück entfernt werden und die Kamera hier eingeführt werden. Eine Begehung der Leitung ist aufgrund der geringen Nennweite nicht zulässig.

Die von Zeit zu Zeit durchzuführende Entlüftung der Leitungen wird durch einen Kugelhahn direkt unterhalb der Belüftungsschieber gesichert, welcher per Hand zu öffnen ist. An den Kugelhahn wird eine Schlauchleitung angeschlossen, über welchen ggf. bei der Entlüftung austretendes Abwasser in einen Eimer geführt wird. Dieser kann dann in den Pumpensumpf entleert werden.

Die Entleerungsleitung wird im Schacht 1 in den Pumpensumpf des SW-PWs geführt und über die Schmutzwasserpumpen in die Transportleitung gefördert. Im Schacht 2 erfolgt die Entleerung über eine fest installierte Entleerungspumpe, welche mit den Entleerungsanschlüssen über eine Sammelleitung verbunden ist und das Wasser der zu entleerenden Leitung in die Transportleitung fördert.

Diese Pumpe kann ggf. auch als transportable Pumpe nur bei Bedarf installiert und über fliegende Leitungen angeschlossen werden. Allerdings ist es sinnvoll, die Entleerungspumpen von Zeit zu Zeit in Betrieb zu nehmen, um Ablagerungen und Verfestigungen in den Leitungen zu vermeiden.

3.4 Herstellung der Schieberschächte

Über Suchschachtungen wird an beiden Standorten jeweils eine Muffenverbindung der vorhandenen Rohrleitung lokalisiert. Diese muss sich in einem genau definierten Bereich des Schieberschachtes befinden, damit der Schacht von den Abmessungen her möglichst klein gehalten werden kann.

Phase 1

Nach Ortung der Muffenverbindung wird die vorhandene Leitung unter laufendem Betrieb durch Spundbohlen in den geplanten Schachtabmessungen umschlossen. Die Spundbohlen dienen einerseits als Baugrubenverbau, andererseits als Tiefgründung und Auftriebssicherung. Des Weiteren werden sie als Schalung für die Schachtwände verwendet. Die Durchführung der Rohrleitung DN 1.200 vorn und hinten wird separat abgedichtet. Um den Verbau herum wird eine Wasserhaltung zur Absenkung des Schichtenwassers eingebaut, um die Kräfte auf die Spundbohlen zu verringern.

Phase 2

Im Anschluss wird der Boden innerhalb des Verbaus bis auf Höhe der Achse der Rohrleitung DN 1.200 abgetragen und es wird ein Stützrahmen innerhalb des Verbaus eingebaut. An diesen wird die Leitung an mehreren Stellen aufgehängt, um eine Beschädigung der Leitung sowie Verschiebungen in den Muffen zu vermeiden.

Phase 3

Der Bodenaushub wird bis zur geplanten Unterkante der Sauberkeitsschicht fortgesetzt, wobei parallel hierzu das innerhalb des Verbaus vorhandene Grund- und Schichtenwasser abgepumpt wird. Die Sauberkeitsschicht wird in der ausgehobenen und möglichst trockenen Baugrube hergestellt.

Phase 4

Als nächster Schritt werden die Bodenplatte und die Wände bis zur Höhe der Rohrachse hergestellt. Dabei wird der Teil der vorhandenen Druckleitung DN 1.200, welcher im Schacht verbleibt, über einen auf dem Rohr angeschweißten Mauerkragen oder über eingelegte Quelldichtungen gegen die Wand abgedichtet. Die Konsolen für die Druckrohrleitung DN 1.200 sowie ggf. für die Leitungen DN 700 werden ebenfalls betoniert.

Die drei neuen Druckrohrleitungen d_A 800 werden außerhalb der Schächte vom Material PE-HD auf Stahl gewechselt, um innerhalb des Schachtes einheitliche Flanschmaße zu erhalten. Diese Leitungen enden damit als Stahlrohr DN 700 (Edelstahl, Werkstoff-Nr. 1.4541) mit Flansch innerhalb des Schachtes. Sie werden mit aufgeschweißten Mauerkragen direkt in die Wand einbetoniert.

Phase 5

Anschließend werden die oben liegenden Traversen, welche die Leitung DN 1.200 getragen haben, entfernt. Sie werden ebenso wie der aussteifende Rahmen innerhalb des Verbaus abgenommen und die Schachtwände werden bis zur Unterkante der Deckenplatte betoniert. Die Unterzüge werden noch nicht betoniert, da der Schacht nach oben offen bleiben muss. Für die Unterzüge wird die Anschlussbewehrung eingebaut.

Wenn die innere Aussteifung der Spundbohlen entfernt wird, werden in den Schacht Aussteifungen eingesetzt, um die Wände gegen den Erd- und Wasserdruck abzustützen. Eventuell sollte das Gelände außen etwas abgetragen werden, um den Erddruck zu vermindern. In jedem Fall sollte der Schichtenwasserdruck weiterhin über eine außen liegende Drainage abgesenkt werden.

In diesem Arbeitsschritt werden auch die Abdichtungen der Rohrdurchführungen mit ihrem oberen Teil in die Wand einbetoniert.

Die Durchführung desjenigen Teils der vorhandenen Druckleitung, welcher außer Betrieb genommen wird, wird nicht separat abgedichtet, da das Rohrende nach Fertigstellung des Umschlusses entfernt wird. Die Öffnung in der Wand wird mit einer nachträglich einbetonierten Scheibe verschlossen.

Phase 6

Der wohl spannendste Bauabschnitt erfolgt jetzt, wenn die vorhandene Leitung DN 1.200 entleert, aufgetrennt und das neue vorbereitete Abzweig- bzw. Vereinigungsstück eingebaut wird. In dieser Phase muss die Druckrohrleitung zur Zentralkläranlage außer Betrieb genommen werden. Da die Speicherkapazität des Kanalnetzes bei Trockenwetterzulauf $Q_{TW} = 3.200 \text{ m}^3/\text{h}$ für eine Zeitspanne von ca. 8 h Betriebsunterbrechung ($T_1 = 8 \text{ h}$) aus-

reicht, sind einige zusätzliche Vorbereitungen im Bereich des Pumpwerks „Am Seedeich“ zu treffen. Darüber hinaus sollte für die Umschlussarbeiten eine Phase mit etwas länger anhaltendem trockenem Wetter abgewartet werden. Als Puffer muss schon aufgrund der Entleerung der vorhandenen Leitung ein zusätzliches Reservoir vorgehalten werden.

Bei 3.200 m³/h Trockenwetterzulauf zur Kläranlage bietet die Lösung in Form eines Tankschiffes mit ca. 20.000 m³ Kapazität, welches im Fischereihafen liegt und über fliegende Leitungen und Tauchpumpen aus dem Pumpensumpf des Pumpwerks „Seedeich“ beschickt wird, einen Puffer von zusätzlich 20.000 m³ / 3.200 m³/h = T₂ = 6,25 h. Damit stünde ein Zeitfenster von T_{ges,1} = 14 h zur Verfügung, was für den Umschluss ausreichen sollte, sofern keine Komplikationen auftreten.

Da aber ein Abbruch der Umschlussarbeiten nur sehr schlecht möglich ist, sollte ein zweites Schiff gleich eingeplant werden, um eine weitere Zeitreserve bereit zu halten. Daraus ergibt sich eine Zeitfenster von T_{ges} = 20 h.

Als Alternative zu einem zweiten Tankschiff ist das Vorhalten eines vorbereiteten Passstückes denkbar, welches im Falle des Abbruchs in den aufgetrennten Leitungsabschnitt eingebaut wird. Dies bedeutet zwar einen etwas geringeren finanziellen Aufwand, hat aber zur Folge, dass bei Komplikationen der gesamte Prozess neu gestartet werden muss. Insbesondere die zu berücksichtigenden Vorlaufzeiten für das Chartern eines passenden Schiffes (mehrere Monate) würde in dem Fall zu einer erheblichen Verzögerung des gesamten Projektes führen, so dass von dieser Variante abgeraten wird.

Die Entfernung des Hafenbeckens zum Pumpwerk beträgt etwa 100 m. Im Pumpensumpf werden Tauchmotorpumpen installiert, welche das zufließende Abwasser mit Q = 2.000 m³/h notfalls über fliegende Leitungen in das Schiff fördern können. Die Stromversorgung der Pumpen erfolgt über die Schaltanlagen des Pumpwerks selber.

Durch die beiden Schiffe wird die maximale Dauer der Betriebsunterbrechung bei Trockenwetterverhältnissen um $2 \times 2.000 \text{ m}^3/\text{h} / 3.200 \text{ m}^3/\text{h} = 2 \times 0,625 \times 10 \text{ h} = T_2 = 12 \text{ h}$ verlängert (T_{ges.} = 8 h + 2 x 6 h = 20 h).

6.1

Sobald die Transportpumpen im Pumpwerk „Am Seedeich“ abgeschaltet sind, wird die Leitung vor der ZKA abgeschiebert und rückwärts über den Pumpensumpf des Pumpwerks in die Schiffe entleert. Dabei handelt es sich um eine Menge von ca. 1.200 m³, was ca. eine $\frac{3}{4}$ Stunde in Anspruch nehmen wird. Einschließlich eines gewissen Nachlaufs von Restmengen wird hierfür 1 Stunde angesetzt (T_{Rest} = 19 h).

6.2

Im Anschluss wird die Leitung DN 1.200 im Bereich der beiden Schächte gleichzeitig aufgetrennt und die Anschlüsse für die vorbereiteten Fächerstücke werden gesäubert und ggf. nachgeschnitten. Die hierfür benötigte Zeit wird mit 3 Stunden angesetzt ($T_{\text{Rest}} = 16 \text{ h}$).

6.3

Das Flansch-/Muffenstück (Schacht 1) bzw. das Flanschstück mit Spitze DN 1.200 (Schacht 2) wird aufgesetzt und fixiert, Dauer ca. 1 Stunde ($T_{\text{Rest}} = 15 \text{ h}$).

6.4

Im Anschluss werden die beiden Fächerstücke eingesetzt, mittels der Pass- und Ausbaustücke eingepasst und die Muffenverbindungen werden hergestellt. Die Fächerstücke werden mit Halbschalen von oben auf den Konsolen fixiert ($T_{\text{Rest}} = 12 \text{ h}$).

6.5

Die Leitungen $d_A 800$ in der Trog- und Unterführungsstrecke sind bereits vorab hergestellt und abgedrückt worden, so dass nur noch die Dichtigkeit der Flanschverbindungen in den Schächten überprüft werden muss. Dies kann durch eine Unterdruckprüfung oder – besser – durch Überdruck mit Luft geprüft werden ($T_{\text{Rest}} = 10 \text{ h}$). Dabei ist darauf zu achten, dass es nicht zu einem Druckabfall in einem anderen Bereich der Leitung kommen kann, wodurch das Prüfergebnis verfälscht würde. Als Anschluss für die Druckprüfung können die Flanschanschlüsse an den Be- und Entlüftungsleitungen verwendet werden.

Im Anschluss kann die Leitung im optimalen Fall direkt wieder in Betrieb genommen werden, ohne die Kapazität des ersten Schiffes vollständig ausgenutzt zu haben. Das im Schiff befindliche Abwasser wird zurück in den Pumpensumpf gepumpt und von dort über die Druckrohrleitung zur ZKA gefördert.

Phase 7

Nach Inbetriebnahme der neuen Druckrohrleitungen werden die Schieberschächte fertig gestellt, indem die Unterzüge und die Deckenplatten einbetoniert bzw. aufgesetzt und alle erforderlichen Installationen in den Tiefbauteilen eingebaut werden. Die Wasserhaltung außerhalb der Schächte kann jetzt abgestellt und das Gelände kann bis zur Oberkante der Bauwerke angefüllt werden.

In den Schacht 1 kann jetzt die EMSR-Technik installiert werden. Bis dahin muss die Betätigung der Schieber, so es denn erforderlich ist, per Handbetrieb erfolgen. Die Leerrohrverbindungen zwischen Pumpwerk „Am Seedeich“ und Schieberschacht 1 sowie weiterführend zum Schieberschacht 2 sind vorab hergestellt worden, die bereits eingezogenen Leitungen können jetzt angeschlossen werden.

3.5 SW-Pumpwerk

Das neue SW-Pumpwerk für die Schmutzwasserentsorgung des Gewerbegebietes „Am Seedeich“ wird in den Schacht 1 integriert. Hier soll auch die Installation der Mengenmessung und die Einspeisung in die DRL erfolgen.

Das vorhandene Pumpwerk ist mit nass installierten Tauchmotorpumpen ausgerüstet. Im neuen Pumpwerk sollen diese trocken aufgestellt werden, um die Wartung zu vereinfachen. Es werden wie bisher zwei Pumpen installiert, die im Wechsel betrieben werden. Die Pumpen werden jeweils auf eine Förderleistung im Bereich von ca. $Q = 18$ l/s gegen $H_{\text{man}} = 15$ mWS bis zu $Q_{\text{max}} = 37$ l/s gegen $H_{\text{man}} = 11$ mWS ausgelegt. Die Auslegung ist im Anhang detailliert beschrieben.

Empfohlen wird der Einbau von Pumpen mit Einkanalrad, Typ KSB Amarex KRT E 100-250. Diese weist gegenüber einer Pumpe mit Freistromrad einen deutlich höheren Wirkungsgrad auf. Die ursprüngliche Auslegungsmenge wird mit der gewählten Pumpe nicht ganz erreicht, was als nicht erheblich eingestuft wird, da die vorliegenden Messungen der BEG logistics aus den letzten Jahren deutlich unter den Auslegungswerten liegen.

Entweder sollte die Wahl der Pumpen bei Vorliegen konkreter Bemessungszahlen aus dem Gewerbegebiet überarbeitet werden oder die gewählten Pumpen werden installiert und nach Erreichen der Kapazitätsgrenze werden die Laufräder gegen leistungsstärkere Laufräder ausgetauscht.

Der Pumpensumpf wird von oben über eine Abdeckung 1,20 m x 1,20 m zugänglich sein, damit ein Saug- und Spülfahrzeug bis an den Sumpf heran fahren kann. Der Sumpf wird zwangsweise über einen windbetriebenen Rohrbelüfter belüftet.

Im Tiefbauteil des Schachtes 1 werden die beiden Pumpen auf Sockeln montiert. Die Pumpen erhalten saug- und druckseitig jeweils einen handbetätigten Absperrschieber sowie druckseitig eine Rückschlagklappe. Da der Saug- und Druckstutzen an der Pumpe die Nennweite DN 100 aufweist, wird diese saugseitig auf DN 150 erweitert, um die Fließgeschwindigkeit im Saugstutzen zu verringern und damit die Gefahr des Einzugs von Luft aus dem Pumpensumpf zu vermeiden (s. Erläuterungen zur Bemessung). Andernfalls hätte die Mindestüberdeckung erhöht werden müssen, so dass die Pumpen (und damit der Schacht) noch tiefer hätten gebaut werden müssen.

Die Druckleitungen werden in einer gemeinsamen Leitung DN 200 zusammen geführt und über einen Flanschanschluss an die Hauptdruckleitung DN 1.200 angebunden. In die Leitung DN 200 wird die Mengenmessung installiert, welche über eine magnetisch induktive Durchflussmessung (MID) erfolgt. Vor der Anbindung wird ein weiterer Absperrschieber vorgesehen.



Die Entleerungspumpe im Schacht 2 kann prinzipiell auf die gleiche Größe wie die SW-Pumpen im Schacht 1 ausgelegt werden. Da der Fall „Entleerung einer Leitung d_A 800“ sehr selten vorkommen wird und planbar ist, sollte überlegt werden, ob für diesen Fall nicht eine der beiden Pumpen aus dem Schacht 1 in den Schacht 2 gebracht wird und dort in vorbereitete Flanschanschlüsse eingesetzt wird. Stromversorgung und Vor-Ort-Steuerung wären im Schacht 2 einzubauen, aber es würde vermieden, dass eine Pumpe 99% der Zeit steht und im Ernstfall festgegangen ist.

4. Kostenberechnung

4.1 Allgemeines

Die verwendeten Kostenansätze basieren auf allgemein zugänglichen aktuellen Baupreisen, auf Ausschreibungsergebnissen (Mittelbieterpreise) des Verfassers sowie Informationen verschiedener Lieferanten und Firmen, die mit der teils sehr spezifischen Materie vertraut sind.

Für die Kostenberechnung der einzelnen Bauteile wurde eine Massenermittlung auf Grundlage der Tragwerksplanung sowie der aktuell vorgesehenen Positionierung der Schächte aufgestellt. Die Installationen, welche für den Betrieb erforderlich sind bis auf die EMSR-Technik in den Plananlagen dargestellt. Des Weiteren wurden Ansätze für die Aufwendungen des Umschlusses eingebunden.

4.2 Baukosten

Die Ermittlung der Baukosten ist im Anhang 2 beigefügt und beinhaltet im Wesentlichen die folgenden Positionen:

- Bau der Schieberschächte einschließlich aller Gewerke (Gründung, Erdarbeiten, Wasserhaltung, Verbau, Stahlbetonarbeiten, Installationen und maschinentechnische Ausstattung, EMSR-Technik)
- Rohrleitungsbauarbeiten im Unterführungsbauwerk sowie zwischen den Schächten und dem Unterführungsbauwerk (Verbau, Wasserhaltung, Erdarbeiten, Rohrleitungsbau)
- Umschluss der Leitung (Tankschiffe als Notreservoir, Pumpen und Leitungsinstallationen am Pumpwerk „Seedeich“, erhöhter Betriebsaufwand)

Die Kostenberechnung ist tabellarisch im Anhang beigefügt.

4.3 Betriebskosten

Die Betriebskosten der Ersatzleitung dürften sich gegenüber dem jetzigen Zustand nicht wesentlich ändern. Aufgrund des etwas größeren Gesamtleitungsquerschnitts werden die Stromkosten - bei gleichbleibenden Fördermengen - wahrscheinlich etwas geringer sein als momentan.

Zusätzlich wird der Aufwand für die Betriebspunkte „Schieberschächte“ einzukalkulieren sein. Momentan existiert zwar ebenfalls ein SW-Pumpwerk und ein Messschacht, welche zukünftig innerhalb des Schachtes 1 angeordnet sein werden. Dadurch wird der betriebliche Aufwand etwas reduziert, jedoch kommt der Aufwand für die Pflege der Schieber und die EMSR-Technik hinzu.



Durch den Verzicht auf einen Hochbauteil auf den Schächten entstehen hier keine Betriebs- und Instandhaltungskosten.

5. Betriebliche Aspekte

Bei der Bewertung der betrieblichen Aspekte der gewählten Lösung für den Ersatz der Leitung DN 1.200 ist die Betriebssicherheit das zentrale Bewertungskriterium. Zu unterscheiden ist zwischen der Bauphase und dem dauerhaften Betrieb.

5.1 Bauzeit

Während der Bauzeit des Unterführungsbauwerks und der Ersatzleitung gehen Gefährdungen vom Baubetrieb auf die vorhandene Druckrohrleitung aus. Dies betrifft im Wesentlichen die Herstellung der Rammpfähle zur Gründung des Trogbauwerks und der Unterführung sowie die Herstellung der Bohrpfahlwände zur Gründung der Deckenplatte des Unterführungsbauwerks. Da die Bohrpfähle, welche näher an der vorhandenen Druckrohrleitung liegen, zuerst hergestellt werden und erst im Anschluss die Rammpfähle eingebracht werden, geht von den Bohrpfählen eine Schutzwirkung auf die Leitung aus.

Der Abstand der östlichen Bohrpfahlreihe zur Druckrohrleitung beträgt mindestens 6 m, so dass hier keine direkte Gefährdung der Leitung zu befürchten ist. Dem Hersteller (St. Gobain) sowie dem Unterzeichner sind jedenfalls aus vergleichbaren Maßnahmen keine Schäden an in Betrieb befindlichen Rohrleitungen bekannt.

Zu beachten ist, dass das Bohrgerät nicht auf der Leitung zum Stehen kommt und dass eine ggf. erfolgende Auflockerung der Überdeckung im Bauverlauf regelmäßig kontrolliert und unterbunden bzw. umgehend wieder rückgängig gemacht wird.

Gleiches gilt für das Einrammen oder -vibrieren der Spundwände zur Herstellung der Trogstrecken. Hierbei sind möglichst vibrationsarme Verfahren zu wählen und es ist ebenfalls die mögliche Auflockerung der Überdeckung zu kontrollieren. Bei Bedarf sind die Rammarbeiten zu unterbrechen und die Überdeckung ist zu korrigieren.

Dieser Punkt trifft insbesondere auf die Herstellung der Spundwand um die Schachtbauwerke zu. Diese müssen bis in unmittelbare Nähe der Leitung eingepresst werden, um als Verbau, Gründung und Schalung dienen zu können. Aus dem Kanal- und Leitungsbau ist ein solches Vorgehen jedoch nicht unbekannt, so dass bei entsprechender Qualifikation der ausführenden Firma nicht mit Schäden gerechnet werden muss.

Als weiteren kritischen Moment kann das Betonieren der Schächte um die freigelegte Rohrleitung eingestuft werden. Hierbei ist ebenfalls sehr vorsichtig und konzentriert vorzugehen, da die Leitung ständig in Betrieb bleiben muss. Die Leitungsabschnitte sind schrittweise frei zu legen und direkt über Traversen abzufangen, so dass maximal ein Teilstück eines Rohres ($L_{\text{ges}} = 6,00 \text{ m}$) frei liegt, ohne gesichert zu sein. Jede Rohrlänge muss an zwei Stellen gesichert werden, um ein Auslenken aus den Muffenverbindungen zu verhindern.

5.2 Betrieb

Im dauerhaften Betrieb ist die betriebliche Sicherheit der hier vorgestellten Lösung deutlich größer als derzeit, da der Leitungsquerschnitt auf 3 Leitungen aufgeteilt ist und somit selbst bei Ausfall einer Leitung immer noch 2/3 der Kapazität zur Verfügung stehen. Die Erhöhung der betrieblichen Sicherheit erfolgt aus den folgenden Gründen:

Die Leitung wird im Verlauf der Trogstrecke und der Unterführung gesichert in die Sohlplatte eingebaut, so dass hier keine unbeabsichtigten Beschädigungen durch Baumaßnahmen Dritter eintreten können.

Die ggf. noch auftretenden Setzungen des Bauwerks gegenüber der Verlegung im Straßenraum in begrenztem Umfang werden durch die Schlepplatten ausgeglichen und werden zu keiner Gefährdung der Leitungen d_A 800 führen.

Chemischen oder biochemischen Angriffen von innen (Abwasser) oder außen (Grundwasser, Boden) werden durch die Wahl des Materials begegnet, wobei sowohl bei Gussrohr als auch PE-HD kein plötzliches Versagen von Leitungen durch die genannten Einwirkungen bekannt ist.

Ein schleichendes Versagen der Rohrleitung durch derzeit unbekannte, aggressive Abwasserinhaltsstoffe kann durch eine regelmäßige Kamerabefahrung der Strecke oder, einfacher und besser, durch eine Druckprüfung der einzelnen Leitungsstränge erkannt werden.

Physische Angriffe erfolgen einerseits von außen auf die Rohrleitung und sind in der Regel Gewalteinwirkungen infolge unaufmerksamer Baubetriebe bzw. nicht ausreichender Vorbereitung von Baumaßnahmen. Hier besteht bei Gussrohr eine vergleichsweise große Sicherheit gegen das schlagartige Versagen der Leitung. Aber auch PE-HD Rohrleitungen sind sehr robust, was äußere Einwirkungen anbetrifft, wenngleich äußerlich beschädigte Stellen dieses Materials im Anschluss präventiv ausgetauscht werden sollten.

Die andere Form der physischen Gewalteinwirkung besteht durch Druckstöße in der Leitung. Dies wird nach Möglichkeit durch den Betrieb sowie die entsprechenden Regelorgane des Pumpwerks vermieden und kann bei entsprechender Dimensionierung sowohl durch PE-HD Leitungen als auch durch Gussrohr in einem durch die Normung festgelegten Umfang abgefangen werden.

Bleibt der Aspekt der Zugänglichkeit der Leitung im dauerhaften Betrieb. Die Verlegung innerhalb der Sohlplatte des Bauwerks und die Überbauung mit der Fahrbahn ermöglicht es, die Rohrleitungen im Ernstfall einzeln aufzugraben. Der „Flüssigboden“, mit dem die Leitungen umhüllt werden, kann ohne Probleme auch mit leichtem Gerät wieder aufgegraben werden, so dass eine schmale Rohrleitungstrasse freigelegt werden kann, ohne den Verkehr in der Unterführung komplett zu sperren.



Eine dauerhafte Überwachung der Leitung mit Druckwächtern ist möglich, wird aber im Zweifel auch erst dann ansprechen, wenn eine größere Leckage auftritt. Es bleibt das Problem der natürlich auftretenden unterschiedlichen Druckverhältnisse infolge des regulären Betriebes, welche dann zu Fehlalarmen führen können.

Insgesamt gesehen kann festgestellt werden, dass die Betriebssicherheit der Druckrohrleitung durch den Ersatz des Teilstücks im Bereich der Rampe gegenüber der jetzigen Lösung eher größer, zumindest aber nicht eingeschränkt wird.

6. Zusammenfassung

Durch den Bau des Offshore-Terminals Bremerhaven wird die Abwasserdruckleitung DN 1.200 zur Zentralkläranlage Bremerhaven mit einer Rampe überbaut. Aufgrund der dabei auftretenden Belastungen und zu erwartenden Setzungen muss die Leitung bauzeitlich bzw. dauerhaft geschützt oder ersetzt werden.

Es wird, ausgehend von einer vom Unterzeichner im Mai 2013 vorgelegten Machbarkeitsstudie sowie weiterer Abstimmungen mit dem Auftraggeber die sogenannte Variante 6.2 als Lösung für den Ersatz der Leitung im Bereich der Rampe vorgestellt. Dabei handelt es sich um den Einbau von 3 Rohrleitungen DN 700 in die Sohle des Unterführungsbauwerks. Das unter der Rampe verbleibende Teilstück der alten Leitung DN 1.200 wird aufgegeben und zukünftig entweder als Leerrohr genutzt oder verdämmt.

Als Material der Ersatzleitungen wird vorerst PE-HD PE 100, Abmessungen d_A 800 SDR 17 gewählt.

Die vorhandene DRL wird in einem Schieberschacht 1 auf die drei Leitungen d_A 800 aufgeteilt und in einem Schieberschacht 2 wieder zusammengeführt. Die Leitungen werden parallel auf einer Höhe in eine Aussparung in der Sohle des Unterführungs- und Trogbauwerks eingebaut.

Die Baukosten der vorgestellten Variante 6.2 sind Anhang 2 zu entnehmen. Betriebliche Mehr- oder Minderkosten gegenüber dem heutigen Zustand können derzeit nicht genau beziffert werden. Es ist aber davon auszugehen, dass der Unterhaltungsaufwand für die Schieber und sonstigen Armaturen durch die Zusammenfassung des SW-Pumpwerks mit der Messstrecke und einem der beiden Schieberschächte sowie durch die etwas geringeren Stromkosten im Pumpwerk „Seedeich“ kompensiert wird.

Neben den Kosten wurden die Aspekte der Betriebssicherheit während der Bauphase und im Dauerbetrieb betrachtet. Die Bauphase stellt potentiell immer eine etwas kritische Situation für eine in Betrieb befindliche Leitung dar. Allerdings wird sowohl seitens des Rohrleitungsherstellers als auch des Unterzeichners das Gefährdungspotential durch die Rammarbeiten und Bohrpfahlherstellung in diesem Fall aufgrund des ausreichenden Abstandes als nicht kritisch eingestuft. Bei Berücksichtigung weniger präventiver Maßnahmen geht von der Baumaßnahme keine besondere Gefahr auf die Leitung aus.

Im Moment des Umschlusses sind weitere Maßnahmen zu berücksichtigen, um die Leitung nicht zu gefährden. Auch diese sind bei entsprechender Arbeitsvorbereitung sowie Wahl einer ausreichend qualifizierten Baufirma als nicht kritisch einzustufen.

Für den anschließenden Dauerbetrieb kann festgestellt werden, dass die Betriebssicherheit an sich gegenüber der jetzigen Lösung höher sein wird, da der Leitungsquerschnitt auf 3



Leitungen aufgeteilt wird und somit selbst bei Totalausfall einer Leitung immer noch 2/3 der Transportkapazität zur Verfügung steht.

Der Entwurf wird hiermit vorgelegt.

aufgestellt:

Bremerhaven, den 29.11.2013

Gralle & Partner

Beratende Ingenieure VBI



Anhang 1

Technische Berechnungen

Teil 1	Druckrohrleitung DN 1.200 / d_A 800 SDR 17 / d_A 1.000 SDR 17
Teil 2	Schmutzwasserpumpwerk



Anhang 2

Kostenberechnung

Teil 1	Schieberschacht 1 / SW-Pumpwerk
Teil 2	Schieberschacht 2
Teil 3	Druckrohrleitung 3 x d _A 800 SDR 17
Teil 4	Umschlussarbeiten



Anhang 3

Tragwerksplanung

Teil 1	Schieberschacht 1 / SW-Pumpwerk
Teil 2	Schieberschacht 2



Anhang 4

Plananlagen

07.27.10	Lageplan	M 1 : 500
07.27.11	Lageplan Schacht 1 / SW-PW	M 1 : 100
07.27.12	Lageplan Schacht 2	M 1 : 100
07.27.21	Querschnitt Unterführungsbauwerk	M 1 : 50
07.27.22	Querschnitt Trogstrecke	M 1 : 50
07.27.30	Bauwerk Schacht 1 / SW-PW	M 1 : 50
07.27.31	Bauwerk Schacht 2	M 1 : 50
07.27.40	Detail Schleppplatte	M 1 : 20