

Studie

Maßnahmen zur alternativen Wasserbereitstellung in der 1. Meile Alten Landes - Zuwässerungsgraben Schwinge -

Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg
Projektbüro Fahrrinnenanpassung

16.09.2011

Impressum

Auftraggeber: **Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg**
Projektbüro Fahrrinnenanpassung
Moorweidenstraße 14
20148 Hamburg

Auftragnehmer: **Grontmij GmbH**
Niederlassung Stade
Harburger Straße 25
21680 Stade

Bearbeitung: Dipl.-Ing. Guido Majehrke

Bearbeitungszeitraum: August – September 2011

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung und Aufgabenstellung	1
2	Konkretisierung der Planungsanforderungen	3
2.1	Lage des Planungsraumes	3
2.2	Erschließungsplanungen im Bahnhofsumfeld Stade	3
2.3	Wasserwirtschaftliche Situation im Planungsraum	5
2.4	Frostschutzberechnung	6
2.5	Funktionale Anforderungen an den Zuwässerungsgraben	7
3	Konzeptionelle Planung des Zuwässerungsgrabens	9
3.1	Trassenführung und Gewässerausbau	9
3.2	Ausbaustufe 1 – Hydraulische Anforderungen und Dimensionierung	12
3.2.1	Hydraulische Anforderungen	12
3.2.2	Dimensionierung und Regelquerschnitt	13
3.3	Ausbaustufe 2 – Hydraulische Anforderungen und Dimensionierung	14
3.3.1	Hydraulische Anforderungen	14
3.3.2	Dimensionierung und Regelquerschnitt	14
3.4	Hydraulischer Nachweis - Wasserspiegellinienberechnung	16
3.5	Kreuzung Grabenweg	17
3.6	Entwässerungsgraben – Dimensionierung und Regelquerschnitt	18
3.7	Allgemeine Angaben zur ökologischen Gestaltung	18
3.8	Variante 1 - Zuwässerung durch Pumpenlösung	19
3.9	Kostenschätzung	21
4	Zusammenfassung	23

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage des Untersuchungsgebietes (Quelle: Google Maps)	3
Abbildung 2: Entnahmepunkt am Burggraben (Quelle des Luftbildes: Geodaten der Deutschen Landesvermessung)	9

	Seite
Tabellenverzeichnis	
Tabelle 1: Ergebnisse der iterativen Wasserspiegellinienberechnung	16
Tabelle 2: Kostenschätzung gewählter Planungsansatz	21
Tabelle 3: Kostenschätzung Alternative 1 (Pumpenlösung)	22

Anhang

Anhang A-1	Hydraulische Nachweise – Iterative Wasserspiegellinienberechnung	4 Seiten
------------	--	----------

Planverzeichnis

Anlage 1	Übersichtskarte	M. 1 : 25.000
Anlage 2	Übersichtslageplan	M. 1 : 5.000

Literaturverzeichnis

- [1] GRONTMIJ GmbH, Stade (15.02.2011): Maßnahmen zur alternativen Wasserbereitstellung in den Verbandsgebieten Kehdingen und Altes Land bei zu hohen Salzgehalten in der Elbe – Studie. Im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Hamburg, Projektbüro Fahrrinnenanpassung.

1 Veranlassung und Aufgabenstellung

In den niedersächsischen Verbandsgebieten der Unterhaltungsverbände (UHV) Altes Land und Kehdingen wird seit jeher Elbwasser für landwirtschaftliche Zwecke verwendet. In der Regel wird das benötigte Wasser über die im Deich befindlichen Sielbauwerke aus der Elbe in die Verbandsgebiete eingelassen und dort über Wettern und Gräben bis in die Anbauflächen hinein verteilt. Nutzungsansprüche bestehen im Wesentlichen für die Frostschutzberegnung von Obstbaumkulturen, wobei während einer einzigen Beregnungsnacht allein im Alten Land mehrere Millionen Kubikmeter Wasser verregnet werden.

In Hinblick auf die geplante Fahrrinnenanpassung der Elbe werden sich die Rahmenbedingungen der Wasserentnahme – auch vor dem Hintergrund steigender Wasserbedarfe durch den Ausbau der Frostschutzberegnung und aufgrund von Klimaveränderungen (frühere Blütezeit und längerer Frost) – in Zukunft verändern.

Gutachterliche Untersuchungen zur Fahrrinnenanpassung im Auftrag der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung haben ergeben, dass die vorhabensbedingten Veränderungen der Tidedynamik eine stromaufwärts gerichtete Verschiebung der Brackwassergrenze sowie eine Veränderung der Salzgehalte innerhalb der Brackwasserzone bewirken. Die Größe der ermittelten Veränderung sei jedoch ungeeignet, in der Natur messbare Veränderungen beim Salzgehalt des Elbwassers hervorzurufen. Die landwirtschaftliche Nutzbarkeit des Elbwassers würde durch die Anpassung der Fahrrinne lediglich in einem sehr geringen, nicht spürbaren Maße herabgesetzt.

Dagegen befürchten die betroffenen Verbände und die Obstwirtschaft eine deutlichere Verschiebung der Brackwassergrenze stromaufwärts und in der Folge gravierende Einschränkungen hinsichtlich der Verwendbarkeit des Elbwassers für Bewässerungszwecke.

Vor diesem Hintergrund hat die Grontmij GmbH – NL Stade im Auftrag des Projektbüros Fahrrinnenanpassung des WSA Hamburg im Rahmen einer Machbarkeitsstudie einen Maßnahmenkatalog für eine alternative Wasserbereitstellung erarbeitet [1]. Darin wurden verschiedene wasserwirtschaftliche Maßnahmen entwickelt, die bei Überschreitung der Salzgehaltsgrenzwerte eine konstante Wasserversorgung der landwirtschaftlichen Nutzflächen gewährleisten.

Ein Lösungsansatz dieser Studie sah für den Bereich der 1. Meile Alten Landes die Wasserzuführung aus dem Oberlauf der Schwinge für den Fall vor, dass keine Entnahme geeigneten Wassers aus der Elbe mehr möglich sein sollte (Worst-Case-Szenario). Hierzu soll im Bereich des Stader Burggrabens ein Entnahmebauwerk entstehen, von welchem aus das Wasser über die (dazu ggf. auszubauende) *Neue Hollerner Moorwettern* oder ein noch herzustellendes Parallelgewässer zu einem ebenfalls noch herzustellenden zentralen Speicherraum am Fuß des Geesthanges bei Agathenburg transportiert wird. Diese Teilmaßnahme ist in der Machbarkeitsstudie [1] im Kapitel 5.5 konzeptionell beschrieben.

Unabhängig von diesen Überlegungen der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung betreibt die Hansestadt Stade derzeit Planungen zu einer Neugestaltung des gesamten Bahnhofsumfeldes in Stade. Unter anderem sollen die Stadtteile Campe und Altländer Viertel durch die Erschließung des Wohnquartiers „Benedixland“ städtebaulich miteinander verbunden werden. Ein Bebauungsplan für dieses Wohnquartier befindet sich derzeit in der Aufstellung, mit vorbereitenden Arbeiten für die bauliche Umsetzung (Vorbelastungsdamm) soll noch in 2011 begonnen werden. Mit den Planungsleistungen zur Erschließung sowie zur Schmutz- und Regenwasserbeseitigung wurde die Grontmij GmbH – NL Stade von der Hansestadt Stade bzw. der Abwasserentsorgung Stade (AES) beauftragt.

Die konzeptionellen Überlegungen der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung zur Herstellung eines Zuwässerungsgrabens von der Schwinge bis in das Verbandsgebiet des UHV Altes Land auf der einen

Seite und die beschriebenen, aktuellen Planungen der Hansestadt Stade im Bahnhofsumfeld auf der anderen Seite stehen zueinander in Abhängigkeit.

Ein etwaiger Zuwässerungsgraben führt durch das Plangebiet der Hansestadt Stade und muss daher in der Bauleitplanung und in der konkreten Objektplanung zur Erschließung und Entwässerung des Gebiets berücksichtigt werden. Anderenfalls käme es möglicherweise zu einer Überplanung des für den Zuwässerungsgraben erforderlichen Trassenkorridors, was diesen Lösungsansatz einer Zuwässerung aus dem Oberlauf der Schwinge erschweren oder insgesamt in Frage stellen und für die Zukunft unmöglich machen könnte. Auch sollten seitens der Hansestadt Stade jetzt neu geplante und hergestellte Brücken und Durchlässe im Idealfall so dimensioniert und hergestellt werden, dass sie ohne weitere Umbauten für die Zuwässerung von salzfreiem Wasser genutzt werden können.

Da die Hansestadt Stade eine solche Planung von sich aus nicht betreiben wird und andererseits die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes sich die planerische Option eines Zuwässerungsgrabens bis auf Weiteres offen halten möchte – ohne damit bereits die Notwendigkeit einer solchen Maßnahme als gegeben anzusehen und eine Umsetzung zuzusagen – möchte die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung eine planerische Konkretisierung des Lösungsansatzes soweit ausarbeiten lassen, dass die Berücksichtigung eines Zuwässerungsgrabens in der Bauleitplanung der Hansestadt Stade gewährleistet werden kann. Dieses beinhaltet allein die planerische Ausarbeitung. Über die Zuständigkeiten zur Umsetzung und etwaige Kostenaufteilungen wird zu gegebener Zeit eine Verabredung zwischen der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes und der Hansestadt Stade oder weiteren ggf. heranzuziehenden Dritten zu treffen sein.

Das Projektbüro Fahrrinnenanpassung des WSA Hamburg hat die Grontmij GmbH – NL Stade mit Datum vom 21.07.2011 mit den erforderlichen Leistungen zur planerischen Konkretisierung des Lösungsansatzes „Zuwässerungsgraben Schwinge“ beauftragt.

Laut Aufgabenstellung vollzieht sich die Ausarbeitung dieser Untersuchung im Wesentlichen in zwei Teilschritten, welche nachfolgend aufgeführt werden und die sich in der Gliederung des vorliegenden Erläuterungsberichtes widerspiegeln:

- Konkretisierung der Planungsanforderungen
- Konzeptionelle Planung des Zuwässerungsgrabens

Die Ergebnisse der Untersuchungen werden in dem vorliegenden Erläuterungsbericht dokumentiert.

2 Konkretisierung der Planungsanforderungen

2.1 Lage des Planungsraumes

Das Untersuchungsgebiet (vgl. Abbildung 1) liegt im östlichen Bereich der Hansestadt Stade, zwischen den Stadtteilen Campe im Südwesten und Altländer Viertel im Norden. Im Osten ist der Planungsraum von der Ostumgehung Stade, der L 111, begrenzt.

Im Zuge der geplanten Bebauung werden die bislang extensiv landwirtschaftlich genutzten Flächen (Grün- bzw. Weideland) einer Wohnnutzung zugeführt. Gleichzeitig soll das Altländer Viertel durch eine zusätzliche Straßenanbindung besser mit dem Innenstadtbereich vernetzt werden.

Innerhalb des UHV Altes Land wird zur näheren Abgrenzung von Teilgebieten häufig zwischen der 1. Meile (Schwinge bis Lühe) und der 2. Meile (Lühe bis Este) unterschieden, wonach der Planungsraum zur 1. Meile gehört.



Abbildung 1: Lage des Untersuchungsgebietes (Quelle: Google Maps)

2.2 Erschließungsplanungen im Bahnhofsumfeld Stade

Planerisch bereitet die Hansestadt Stade derzeit die Neugestaltung des gesamten Bahnhofsumfeldes in Stade vor. In einem Bereich zwischen dem Adolf-Ravelin-Platz, dem Altländer Viertel, der Anbindung Hinterm Teich / Harburger Straße und der Brinkstraße soll ein neues Quartier zum Wohnen, Arbeiten und Leben sowie als Standort für Wirtschaft und Kultur entwickelt werden. Ein hoher Anteil an Grüngürteln und Wasserflächen soll für eine hohe Lebens- und Wohnqualität sorgen.

Alle Planungsgrundlagen, die Leitziele der Planung und das städtebauliche Entwicklungskonzept sind zunächst in einen Städtebaulichen Rahmenplan „Bahnhofsumfeld“ eingeflossen und werden darin ausführlich dargestellt. Aus dem Rahmenplan wurden zwei Bebauungspläne entwickelt, die sich zurzeit in der Endabstimmung befinden und die konkreten planerischen Festsetzungen zur städtebaulichen Entwicklung des Areals vorgeben werden. Während der Bebauungsplan Nr. 469/1 „Bahnhofsumfeld Nord“ den Bereich nördlich der Bahnstrecke einschließlich der Gleisanlagen abdeckt, umfasst der Bebauungsplan Nr. 470/1 „Bahnhofsumfeld Süd“ folglich den südlichen Teilbereich um die Brinkstraße / Hinterm Teich.

Erste Maßnahmen zur baulichen Umsetzung dieses umfangreichen Planungskonzeptes sollen bereits in 2011 anlaufen, die weitere Realisierung erfolgt anschließend in einzelnen Teilabschnitten über mehrere Jahre. Die Erschließungsplanung obliegt der Hansestadt Stade als zuständiger Straßenbaulastträgerin.

In das städtebauliche Entwicklungskonzept sind sowohl brachliegende Bahn- und Gewerbeflächen als auch landwirtschaftlich genutzte Flächen am östlichen Stadtrand aufgenommen worden. Neben dem Ausbau und der Neugestaltung vorhandener Straßen sind daher auch neue Erschließungsstraßen in bislang baulich noch ungenutzten Teilflächen vorgesehen. Dies trifft insbesondere für den Geltungsbereich des Bebauungsplanes Nr. 496/1 „Bahnhofsumfeld Nord - Wohnquartier Benedixland“ um den geplanten Stadtpark zu, welcher nördlich der Bahngleise liegt und den Bereich zwischen den Gleisanlagen und dem Altländer Viertel ausfüllen wird.

Die neue Erschließungsstraße, die den Namen „Benedixbogen“ tragen wird, wurde in Verlängerung der Bahnunterführung Hinterm Teich / Am Güterbahnhof trassiert und bindet nach etwa 450 m im Norden an den Grabenweg an. In diesem Zusammenhang soll der Grabenweg ebenfalls neu gestaltet und ausgebaut werden. Unmittelbar im Einmündungsbereich der beiden Straßen entsteht als eine der ersten Hochbaumaßnahmen im Bahnhofsumfeld das neue Staatsarchiv.

In Verbindung mit der geplanten Verlängerung des Grabenweges stellt die geplante Maßnahme zukünftig eine Verbindung zwischen dem Stadtteilen Campe und Altländer Viertel her.

Von der als „Benedixbogen“ bezeichneten Erschließungsstraße zweigen kleinere Stichwege mit Wendemöglichkeit ab; ferner wird ein Erschließungsweg ringförmig an den Benedixbogen angebunden. Das Wohngebiet ist durch eine vergleichsweise aufgelockerte Siedlungsstruktur geprägt. Charakteristisch ist eine wechselnde Bebauung aus Mehrfamilien-, Reihen- und Einfamilienhäusern in loser Folge.

Die Entwässerung des Wohngebietes Benedixland wird entsprechend der Bestandssituation im Trennsystem realisiert. Schmutz- und Regenwasser werden getrennt gesammelt, abgeleitet und einer geeigneten Vorflut zugeführt.

Was die Schmutzwasserentsorgung anbelangt, kann die Erschließung des Wohngebietes nicht im konventionellen Freigefällesystem erfolgen, da die topografischen Verhältnisse einen Anschluss an das vorhandene Schmutzwasserkanalnetz nicht zulassen. Aus diesem Grunde kommen für die Erschließung des Wohngebietes ausschließlich Sonderentwässerungsverfahren in Frage. Für die Schmutzwasserentsorgung der Grundstücke wurde daher das Druckentwässerungsverfahren gewählt. In einem Druckentwässerungssystem fließt das Abwasser nicht im natürlichen Gefälle ab, sondern wird mithilfe von vielen dezentralen Kleinpumpwerken in ein Druckrohrleitungsnetz aus PE-HD Rohren mit geringem Durchmesser gepumpt. Der Anschluss des Druckentwässerungssystems soll an das bestehende Kanalnetz im Altländer Viertel erfolgen.

Was die Regenwasserbeseitigung anbelangt, ist einerseits aus gestalterischen bzw. stadtplanerischen Gründen und andererseits aufgrund von topografischen und bautechnischen Zwängen die Anlage eines offenen Grabensystems vorgesehen. Über dieses Grabensystem sollen nach derzeitigem Planungsstand alle öffentlichen und privaten Oberflächen entwässert werden. So erfolgt die Oberflächenentwäs-

serung der öffentlichen Verkehrsflächen über das geplante Quergefälle zu den Fahrbahnrändern, wo eine offene Wasserführung in Form von Mulden (Benedixbogen) oder Gräben (Planstraßen A bis D) angelegt ist. An die geplanten Gräben sollen außerdem die Baugrundstücke angeschlossen und damit entwässert werden.

Den örtlichen Vorflutverhältnissen und der Topografie folgend, ist die Fließrichtung des offenen Grabensystems entweder zum Bestandsgewässer *Camper Graben* oder aber zur *Neuen Hollerner Moorwettern* gerichtet. Wie zuvor bereits beschrieben, bindet auch der *Camper Graben* letztendlich an die *Neue Hollerner Moorwettern* an, so dass sich ein geschlossener Wasserkreislauf einstellt.

2.3 Wasserwirtschaftliche Situation im Planungsraum

Wasserwirtschaftlich liegt das Gelände im linksseitigen Einzugsbereich der Elbe, im Verbandsgebiet des Unterhaltungsverbandes (UHV) Altes Land. Der Unterhaltungsverband fungiert als Dachverband für mehrere Mitgliederverbände und übernimmt deren organisatorische und verwaltungsrechtliche Aufgaben. Im Planungsraum sind der Hollerner Binnenschleusenverband und der Hollerner Moorschleusenverband als Wasser- und Bodenverbände für die Gewässerunterhaltung zuständig.

Allerdings obliegt die Unterhaltung der *Neuen Hollerner Moorwettern* vom Burggraben bis zur L 111 der Abwasserentsorgung Stade, da der Teilabschnitt überwiegend durch Einleitungen aus der städtischen Regenwasserkanalisation geprägt ist. Die Übertragung der Unterhaltungspflicht wurde vertraglich zwischen dem Verband und der AES geregelt.

Entsprechend dieser Abgrenzung entwässert die *Neue Hollerner Moorwettern* im westlichen Teilabschnitt vom Burggraben bis zur L 111 auch in Richtung Burggraben / Schwinge. Dort ist ein Schöpfwerk (SW Grabenweg) angeordnet, welches das anfallende Oberflächenwasser in den Burggraben hebt. Etwa auf Höhe der L 111 ist der Verlauf der *Neuen Hollerner Moorwettern* dauerhaft abgedämmt, d.h. hier ist eine Wasserscheide vorhanden. Der östlich davon gelegene Teilabschnitt liegt im Obstanbaugebiet, entwässert in Richtung *Schöpfwerkskanal* und über das Deichsiel Twielenfleth in die *Elbe* und wird vom Hollerner Moorschleusenverband unterhalten. In den umliegenden Obstanbaugebieten beträgt der Regelwasserstand MW etwa NN -1,50 m; während der Frostschtzberegnung wird er verbandsabhängig auf bis zu NN -0,80 m angestaut.

Innerhalb des Stadtbereiches münden u.a. die Vorfluter *Camper Graben* und *Schwabenseegraben* vom Geestrand aus in die *Neue Hollerner Moorwettern* ein. Damit dient die *Wettern* als Vorflut für einen Großteil der daran angeschlossenen Regenwasserkanalisation. Außerdem entwässern das gesamte Altländer Viertel sowie ein Teil der RW-Kanalisation aus der Altländer Straße über ein weiteres Pumpwerk und einen Nebengraben in die *Neue Hollerner Moorwettern*.

Auch im städtischen Teilabschnitt der *Neuen Hollerner Moorwettern* wird als mittlerer Wasserstand ein MW von rd. NN -1,50 m gehalten. Kurz vor dem Schöpfwerk sind mehrere Sohlabstürze vorhanden, so dass direkt vor dem Schöpfwerk in etwa ein MW von NN -2,80 m vorherrscht. Der Wasserstand wird durch die Ein- und Ausschaltpegel der beiden Pumpen gesteuert, die im Wechsel geschaltet sind. Üblicherweise springt zunächst nur eine Pumpe an und senkt den Wasserstand ab; erst wenn der Zufluss zu stark wird und die Pumpe die Absenkung nicht leisten kann bzw. ein noch höherer Pegelstand überschritten wird, setzt unterstützend auch die zweite Pumpe ein.

Für die Zuwässerung von Beregnungswasser soll zukünftig die *Schwinge* genutzt werden. Nach dem G-Bericht des Niedersächsischen Umweltministeriums zur EG-Wasserrahmenrichtlinie (veröffentlicht im Internet unter www.wasserblick.net) betragen das Einzugsgebiet, die Gewässerkundlichen Hauptwerte und die daraus resultierenden mittleren Abflüsse der *Schwinge*:

- Schwinge, tidefrei: $A_E = 197,89 \text{ km}^2$
- $MNq = 3,8 \text{ l/sxkm}^2 \Rightarrow MNQ = 0,752 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Mq = 12,1 \text{ l/sxkm}^2 \Rightarrow MQ = 2,396 \text{ m}^3/\text{s}$
- $MHq = 55,0 \text{ l/sxkm}^2 \Rightarrow MHQ = 10,889 \text{ m}^3/\text{s}$

Höhere Abflüsse als MQ sind zum Zeitpunkt der Frostschutzberechnung nicht zu erwarten, weil die klimatischen Rahmenbedingungen zu konträr sind. Bei Nachtfrösten im Frühjahr herrschen meist Ostwindwetterlagen mit trockener Kontinentalluft vor, während höheren Gebietsabflüssen längere, feuchte Niederschlagsperioden vorangehen müssen. Demnach können realistischerweise keine höheren Abflussmengen für die Zuwässerung angenommen werden.

Bei einer möglichen Wasserentnahme ist zu berücksichtigen, dass nicht der gesamte Schwinge-Abfluss zu Bewässerungszwecken abgeleitet werden darf. Ein Mindestabfluss muss jederzeit gewährleistet sein, um das wasserwirtschaftliche und hydrobiologische System nicht ins Ungleichgewicht zu bringen. Angesetzt wird hier ein verfügbarer Anteil, welcher der Differenz zwischen mittlerem Abfluss MQ und dem Niedrigwasserabfluss MNQ entspricht. Zur Aufrechterhaltung einer stabilen Gewässerökologie sollte der MNQ auf Dauer nicht wesentlich unterschritten werden.

Folglich beträgt die für die 1. Meile maximal verfügbare Wasserentnahmemenge aus der Schwinge:

$$Q_{\text{verfügbar}} = MQ - MNQ = 2,396 - 0,752 = 1,644 \text{ m}^3/\text{s}$$

Nach der Studie zur alternativen Wasserbereitstellung beträgt der Tageswasserbedarf der 1. Meile Alten Landes für die Frostschutzberechnung rd. erf. $Q_d = 17,550 \text{ m}^3/\text{s}$ (Sollmenge gem. Rahmenentwürfe). Demnach reicht das Wasserdargebot der *Schwinge* bei weitem nicht aus, um den Tagesbedarf der 1. Meile unmittelbar zu decken. Dennoch kann der Zulauf weitgehend tideunabhängig und damit kontinuierlich über einen längeren Zeitraum erfolgen, was die Maßnahme in Hinblick auf die notwendige Speicherbevorratung vorteilhaft erscheinen lässt.

2.4 Frostschutzberechnung

Während der Frostschutzberechnung werden erhebliche Wassermengen auf den Obstanbauflächen verregnet. Für den Schutz der Obstblüten macht man sich den physikalischen Vorgang der Erstarungswärme zu Nutzen, welcher beim Frieren des Wassers auf den Blüten auftritt. Aus diesem Grunde darf die Berechnung während der gesamten Frostnacht auch nicht unterbrochen werden; bleibt die Erstarungswärme aus, sind die Blüten dem Frost schutzlos ausgeliefert.

Durch die erhebliche Wassermengenentnahme sinkt der Wasserstand in den Teichanlagen und nachfolgend auch im gesamten Gewässersystem deutlich ab. Dieser Tendenz wird in der Praxis durch rechtzeitiges Zuwässern aus der Elbe entgegen gewirkt, indem kurz nach Berechnungsbeginn die Deichsiele geöffnet werden und Elbwasser gezielt nachströmen kann. Gesteuert wird dieser Vorgang manuell durch das Öffnen und Schließen der binnenseitig angeordneten Schützenanlagen, während die außendeichs liegenden Stemmtore während der Frostberechnungsperiode in offener Stellung arretiert werden. Ein solcher Zuwässerungsvorgang wird durch Mitarbeiter des Unterhaltungsverbandes (Sielwärter) überwacht und individuell gehandhabt.

Mindestziel ist es, den Stauwasserstand in den Gewässern und Teichanlagen bis zum nächsten Abend wieder auf die ursprüngliche Ausgangshöhe anzuheben, damit die benötigten Wassermengen für eine eventuelle zweite Berechnungsnacht erneut zur Verfügung stehen.

Setzt am Tage Tauwetter ein, gelangt das abschmelzende Wasser über das vorhandene Oberflächenentwässerungssystem (Gräben, Grüppen, Dränagen, Polderpumpen) langsam wieder zurück in das Gewässernetz. Allerdings ist nach der ersten Beregnungsnacht - entgegen früherer Einschätzungen - noch nicht mit einem nennenswerten Rücklauf der Beregnungsmengen in die Speichersysteme zu rechnen. Hintergrund ist, dass die Bodenpassage länger andauert und die Dränagen vielfach zu träge und nicht leistungsfähig genug sind, um die erheblichen Wassermengen schnell aufnehmen und transportieren zu können. Aus diesem Grunde bestehen Forderungen, wonach die Obstbauern ein Wasservolumen in dezentralen Beregnungsteichen vorhalten müssen, mit dem sie zwei Nächte unabhängig von einer externen Zuwässerung beregnen können.

Der spezifische Wasserbedarf für die Frostschutzberegnung über zwei Beregnungsnächte ergibt sich nach folgender Formel.

$$Q_{\text{Ber.}} = 40 \text{ m}^3/(\text{hxha}) \times 14 \text{ h/Nacht} \times 2 \text{ Nächte} = 1.120 \text{ m}^3/\text{ha}.$$

Nach den Rahmenentwürfen für die Frostschutzbewässerung beträgt die Gesamt - Beregnungsfläche in der 1. Meile Alten Landes rd. 2.700 ha. Daraus ergibt sich ein Gesamtvolumen von $V_{\text{Ber.}} = 2.700 \text{ ha} \times 1.120 \text{ m}^3/\text{ha} = 3.024.000 \text{ m}^3$ als Wasserbedarf für zwei Beregnungsnächte.

2.5 Funktionale Anforderungen an den Zuwässerungsgraben

Über den geplanten Zuwässerungsgraben soll Wasser aus dem Burggraben / der Schwinge entnommen und in die Obstanbauflächen der 1. Meile transportiert werden.

In Anbetracht des erheblichen Wasserbedarfs und des im Vergleich dazu geringen Wasserdargebotes der Schwinge (vgl. 2.3) kann die Zuwässerung aus der Schwinge die derzeit praktizierte Zuwässerung aus der Elbe in keinem Fall ersetzen. Weder die verfügbaren Wassermengen noch die Querschnitte des Zuwässerungsgrabens und der weiterführenden Gewässersysteme sind hydraulisch darauf ausgerichtet, das sich während einer Beregnungsnacht aufbauende Wasserdefizit unmittelbar zu decken.

Allerdings bietet die Zuwässerung aus der *Schwinge* den entscheidenden Vorteil, dass das entnommene Wasser im Gegensatz zum Elbwasser praktisch salzfrei ist. Der Burggraben wird ausschließlich aus dem Oberlauf der *Schwinge* gespeist; aufgrund der betriebenen Stauwasserhaltung, die nur bei sehr hohen Abflüssen durch das Öffnen der Salztorschleuse unterbrochen wird, kann kein Elbwasser tidebedingt aus der Elbe bis an den geplanten Entnahmepunkt gelangen.

Insofern ist die Wasserentnahme aus der Schwinge im Falle einer Verschlechterung der Elbwasserqualität durchaus zielführend; allerdings gilt dies nur unter der Voraussetzung, dass man den Wasserbedarf nicht unmittelbar decken möchte. Dies ist aus hydraulischen Gründen nicht möglich. Die Zuwässerung aus der *Schwinge* kann ausschließlich der Auffüllung von Speicherräumen dienen, wobei die Befüllung rechtzeitig gestartet und über einen längeren Zeitraum durchgeführt werden muss.

Als vertretbarer Zeitraum für den Füllvorgang wird im Folgenden ein Zeitraum von 4 Wochen angesetzt. Daraus ergeben sich geringere Durchflussmengen als in der Studie [1], in der noch von einer Woche Füllzeit ausgegangen wurde. Vorteil dieses Ansatzes sind wesentlich geringere Profilabmessungen und ein entsprechend geringerer Flächenbedarf des Zuwässerungsgrabens.

Wie in der Studie zur alternativen Wasserbereitstellung ausführlich dargestellt, ist die Befüllung des zentralen Speicherraums im Freigefälle geplant. Um das Wasser wiederum im Freigefälle in die Obst-

anbauflächen überleiten und gleichzeitig ein ausreichend großes Wasservolumen zwischenspeichern zu können, muss im zentralen Speicherraum ein Zielwasserstand von etwa NN +0,50 m eingestellt werden.

Da diese angestrebten Wasserstandshöhen deutlich höher liegen als die Entwässerungswasserstände der *Neuen Hollerner Moorwetteren* – diese liegen bei NN -1,50 m –, können die beiden Funktionen nicht zeitgleich über *einen* Gewässerlauf abgedeckt werden. Folglich müssen zwei parallele Gewässer ausgebaut werden, die sich in ihrer Funktion gegenseitig nicht beeinträchtigen dürfen. Ferner liegt der Zielwasserstand überwiegend höher als das umliegende Gelände, so dass seitliche Verwallungen des Zuwässerungsgrabens erforderlich sind.

Nach der Studie zur Alternativen Wasserbereitstellung ist ein zentraler Speicherraum lediglich im Falle des Worst-Case-Szenarios, d.h. bei einer vollständig zum Erliegen kommenden Wasserentnahme aus der Elbe, erforderlich. Als Zwischenstufe bietet sich übergangsweise die Nutzung des Zuwässerungsgrabens für die ergänzende Bewässerung der unmittelbar angrenzenden Obstanbauflächen an. Für diese Übergangsnutzung müssen nicht so hohe Wasserstände erreicht werden wie zur Befüllung des zentralen Speicherraums, so dass auch die seitlichen Verwallungen noch nicht bzw. nicht in der endgültigen Höhe hergestellt werden müssen.

Stichpunktartig ergeben sich die funktionalen Anforderungen an den Zuwässerungsgraben wie folgt:

- Befüllung des zentralen Speicherraums innerhalb eines Zeitraums von max. 4 Wochen (Stufe 2)
- Zielwasserstand im zentralen Speicherraum NN +0,50 m
- Übergangsnutzung zur Bewässerung direkt angebundener Obstanbauflächen (Stufe 1)
- Optisch verträgliche Einpassung in die B-Plan-Fläche
- Keine Beeinträchtigung der Siedlungsentwässerung (bebaute Bereiche, Bestand und B-Plan)
- Keine Beeinträchtigung der Gebietsentwässerung (landwirtschaftliche Nutzflächen)
- Ausreichender Freibord im Zuwässerungsfall zum Schutz vor Überflutungen

Im Zuge der Vorabstimmungen mit der Hansestadt Stade wurde anstelle der parallelen Gewässerführung eine Pumpenlösung ins Gespräch gebracht. Danach könnte der bestehende Verlauf der *Neuen Hollerner Moorwetteren* sowohl für die Be- als auch für die Entwässerung genutzt werden, indem der heutige Wasserstand im städtischen Teilabschnitt nicht verändert und im Falle der Zuwässerung das Wasser an der Wasserscheide in den östlichen Teilabschnitt der *Neuen Hollerner Moorwetteren* übergepumpt wird. Auch dieser Lösungsansatz wird in einem separaten Kapitel untersucht und bewertet.

3 Konzeptionelle Planung des Zuwässerungsgrabens

3.1 Trassenführung und Gewässerausbau

Laut Aufgabenstellung soll die konzeptionelle Planung des Zuwässerungsgrabens auf einen Teilabschnitt von rd. 1.000 m Länge, gemessen ab Entnahmepunkt am Burggraben, beschränkt werden. Konkret betrachtet wird daher lediglich der Verlauf des Zuwässerungsgrabens zwischen dem Entnahmepunkt im Westen und der L 111 im Osten, was sich mit der Wasserscheide der Neuen Hollerner Moorwettern und in etwa auch mit der östlichen Bebauungsgrenze des Altländer Viertels deckt.

Für den weiteren Verlauf bis zur Kreuzung der Autobahn A 26 werden im Rahmen der vorliegenden Untersuchung lediglich ergänzende Hinweise gegeben.

Als Entnahmepunkt von Wasser aus der Schwinge steht im Untersuchungsraum allein der Burggraben / Floßhafen zur Verfügung. Idealerweise sollte die Wasserentnahme im Bereich des Schöpfwerkes Grabenweg liegen, das per Druckrohrleitung in den Burggraben entwässert. Gleichwohl ist auch dieser Zugang durch die Straße „Salztorscontrescarpe“ und das Industriegleis der Deutschen Bahn AG belegt, so dass diese beiden Verkehrsanlagen von einem möglichen Entnahmebauwerk unterquert werden müssen. Die örtliche Situation ist dem folgenden Luftbild zu entnehmen:

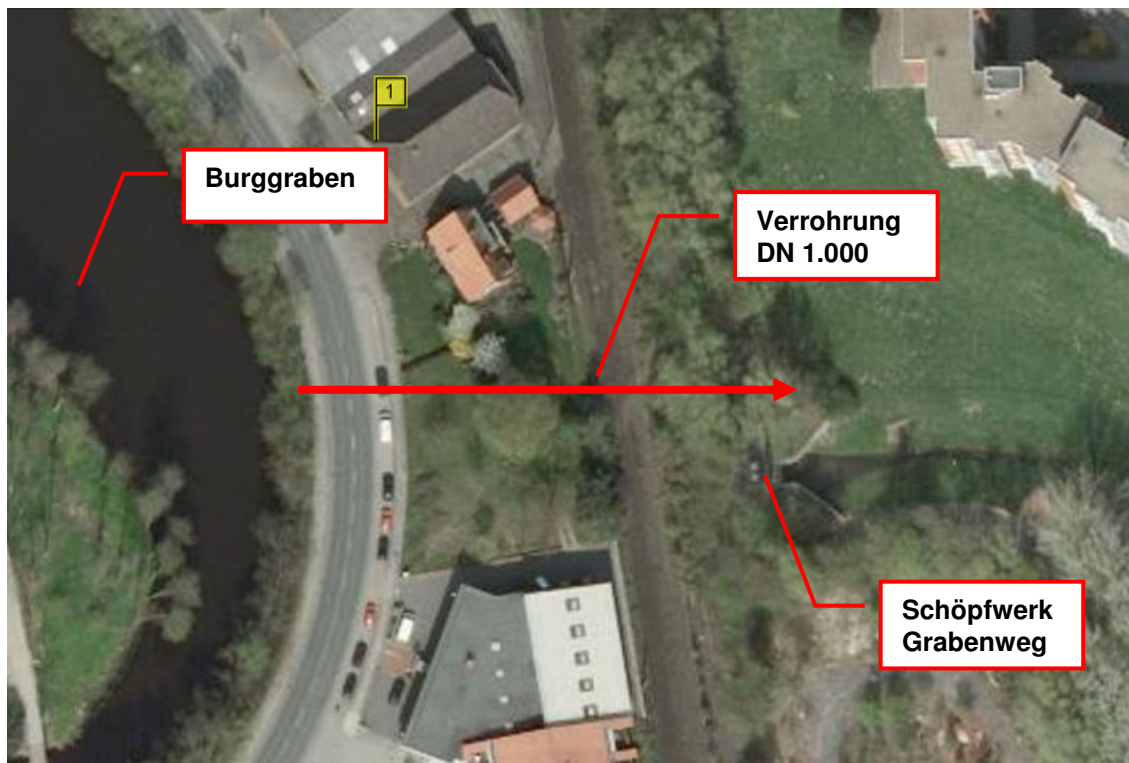


Abbildung 2: Entnahmepunkt am Burggraben (Quelle des Luftbildes: Geodaten der Deutschen Landesvermessung)

Geplant ist der Einbau einer Verrohrung DN 1.000, die im unterirdischen Vortriebsverfahren unter den genannten Verkehrsanlagen hindurch gepresst wird. Die Verrohrung soll nördlich der vorhandenen

Druckrohrleitung und des Schöpfwerks liegen. Endpunkt der Verrohrung ist die Grünanlage im Bereich des Altländer Viertels, wo die Leitung in einen offenen Gewässerverlauf übergeht.

Im Uferbereich des Burggrabens wird ein Entnahmeschacht mit einem Sperrschütz als Regelungsorgan zur manuellen Steuerung des Zuflusses errichtet. Zum Einbau des Schachtbauwerks muss die Baugrube durch eine Spundwand gegen den Wasserkörper abgedichtet werden. Die Pressbaugrube wird am Endpunkt der Verrohrung in der Grünanlage errichtet. Hinsichtlich der Tiefenlage wird die Rohrleitung mit $So = NN - 1,00$ m so tief angeordnet, dass die bestehenden Oberflächenbefestigungen und auch die Ver- und Entsorgungsleitungen nicht beeinträchtigt werden.

Im weiteren Verlauf wird der Zuwässerungsgraben offen ausgebaut und überquert dabei zwei vorhandene RW-Kanäle, die vom Altländer Viertel kommend in die *Neue Hollerner Moorwettern* ausmünden. In diesem Abschnitt liegt der Zuwässerungsgraben noch in der Grünfläche zwischen Moorwettern und Altländer Viertel. Oberhalb der RW-Kreuzungen geht der Zuwässerungsgraben dann in den bestehenden Verlauf der Neuen Hollerner Moorwettern über (etwa Stat. 0+200). Vorteil dieser Trassierung ist, dass nördlich der Moorwettern bereits eine Verwallung besteht, die zur Abgrenzung der Zuwässerungswasserstände gegen das umliegende Gelände lediglich aufgestockt werden muss. In diesem Zusammenhang ist zu berücksichtigen, dass der Wasserstand während der Zuwässerung mit $> NN + 0,50$ m deutlich höher ansteht als das umliegende Geländeniveau. Südlich der bestehenden Moorwettern ist eine solche Verwallung demzufolge zwar neu herzustellen; es wird jedoch Abstand zum geplanten Wohngebiet „Benedixland“ gewonnen, so dass eine bessere optische Einpassung der höher gelegenen Uferbefestigungen in die Umgebung möglich ist.

Zukünftig kann dann in der *Neuen Hollerner Moorwettern* bis zur Wasserscheide an der L 111 ein höherer Wasserstand für die Zuwässerung von salzfreiem Schwinde-Wasser gehalten werden. Als Voraussetzung dazu muss allerdings ein weiterer RW-Kanal, der in die teichförmige Aufweitung der Moorwettern ausmündet, in den weiter unterhalb gelegenen Teilabschnitt vor dem Schöpfwerk umverlegt werden. Zudem ist der vorhandene Entwässerungsgraben, der an der östlichen Baugrenze des Altländer Viertels in Nord-Süd-Richtung verläuft und einen Teil der Oberflächenentwässerung aufnimmt, per Düker unter dem oberen Teilabschnitt der Moorwettern durchzuleiten. Um den Wasserdruck auf die Verwallung nicht dauerhaft wirken zu lassen wird empfohlen, den mittleren Wasserstand auf ein Niveau von $NN - 0,50$ m zu begrenzen und nur im Zuwässerungsfall höhere Wasserstände zuzulassen.

Am Ausbauende wird der bestehende Verlauf der *Neuen Hollerner Moorwettern* umgelenkt und entlang des Wirtschaftsweges „Hinterdeich“ unmittelbar an die L 111 geführt, wo über einen bestehenden Straßenseitengraben eine hydraulische Anbindung an die *Hollerner Binnenwettern* und damit an das Bewässerungssystem der Unterhaltungsverbände Wöhrdener Schleusenverband, Hollerner Binnen-Schleusenverband und Hollerner Moor-Schleusenverband besteht. Auf diesem Wege können die genannten Verbandsgebiete übergangsweise mit Beregnungswasser versorgt werden (Ausbaustufe 1). Erforderlich ist dazu ein maximaler Wasserstand von etwa $NN - 0,50$ m am Ausbauende, also rd. 1,00 m niedriger als der erf. Wasserstand zur Befüllung des zentralen Speicherraums. Vor dem Übergang in den Straßenseitengraben der L 111 wird ein Schützbauwerk errichtet, mit dem der Zulauf in die Verbandsgebiete nochmals genau dosiert werden kann.

Im Endzustand (Ausbaustufe 2) ist der Zuwässerungsgraben dann ggf. östlich der geplanten A26 und der L 111 bis zum zentralen Speicherraum in rd. 3,5 km Entfernung zu führen. Möglicherweise können schon die ohnehin landwirtschaftlich nicht mehr nutzbaren Flächen zwischen A26 und L 111 sowie weitere Teilflächen um die Anschlussstelle Stade-Ost als Speicherraum genutzt werden, sofern die ursprünglich in Aussicht genommene Speicherfläche am Geestrand nicht erworben werden kann. Die Flächenverfügbarkeit wäre kurzfristig zu prüfen. Entscheidend in diesem Zusammenhang ist, dass mögliche Flächen rechtzeitig durch Ankauf gesichert werden, damit der Speicherraum mittel- bis langfristig realisierbar ist. Wo genau der Speicherraum angeordnet wird, ist dagegen eher unerheblich.

Da der obere Teilabschnitt der *Neuen Hollerner Moorwettern* wie beschrieben ausschließlich der Zuwässerung dienen soll, muss südlich davon ein neues Gewässer für die Wahrnehmung der Entwässerungsfunktionen hergestellt werden. Dazu wird der bestehende Verlauf der Moorwettern oberhalb der geplanten Straßenverbindung zwischen Grabenweg und Altländer Viertel verschwenkt und zwischen altem Verlauf und B-Plan-Gebiet neu ausgebaut. Durch die Anbindung an das Schöpfwerk Grabenweg wird der Wasserstand auf dem bisherigen Niveau von rd. NN -1,50 m gehalten, so dass das Gewässer mit einer Sohltiefe von mindestens NN -2,00 m ausgebaut werden muss. Daraus resultierend kann die offene Oberflächenentwässerung des Wohngebietes „Benedixland“ problemlos an dieses neue Gewässer angeschlossen werden. Auch die Gebietsentwässerung der südöstlich angrenzenden, landwirtschaftlichen Nutzflächen wird nicht beeinträchtigt. Optisch hebt sich das neue Gewässer – im Gegensatz zum „bedeichten“ Zuwässerungsgraben – nicht gegen das vorhandene Gelände ab, so dass die Einpassung in den Grünstreifen nördlich des neuen Wohngebietes unproblematisch erscheint.

Bodenbewegungen finden nahezu ausschließlich innerhalb der Bautrasse statt. Das Baumaterial zur Herstellung der seitlichen Verwallungen wird – vorbehaltlich der Eignungsprüfung – aus dem Bodenaushub des neuen Entwässerungsgrabens gewonnen. Nur in geringen Mengen müssen Bodenmaterialien über öffentliche Straßen und Wege angeliefert werden. Die Bauausführung darf nur bei geeigneter Witterung erfolgen, damit keine unnötigen Flurschäden an den landwirtschaftlichen Kulturen hervorgerufen werden. Der Bodenaushub und der Wiedereinbau erfolgt in der Regel durch Hydraulikbagger in konventioneller Bauweise. Im Bereich von hochwertigen Nutzungen wie beispielsweise Obstanbauflächen ist der Arbeitsbereich des Baggers einschließlich der Fahrwege ggf. durch Baggermatratzen o.ä. zu schützen, um den Untergrund zu schonen und eine unnötige Verdichtung des Untergrundes zu vermeiden.

Zwischen dem Zuwässerungs- und dem neuen Entwässerungsgraben wird ein Unterhaltungsstreifen ausgewiesen, von dem aus beide Gewässer nach Bedarf geräumt werden können. Diesbezüglich ist damit zu rechnen, dass eine regelmäßige Entkrautung des Gewässers und etwa alle 10 Jahre eine Grundräumung erforderlich wird. Ausdrücklich ist nur der hydraulisch erforderliche Durchflussquerschnitt freizuhalten. Im Bereich ökologisch gestalteter Flachwasserzonen o.ä. sollen im Normalfall keinerlei Unterhaltungsarbeiten durchgeführt werden.

Anzustreben ist, dass die Bauflächen nicht durch den Bewässerungsverband erworben, sondern von der Hansestadt Stade kostenfrei zur Verfügung gestellt werden.

3.2 Ausbaustufe 1 – Hydraulische Anforderungen und Dimensionierung

3.2.1 Hydraulische Anforderungen

In Hinblick auf die erwünschte Übergangsnutzung des geplanten Zuwässerungsgrabens wird hinsichtlich der Dimensionierung des Gewässerquerschnitts unterschieden zwischen den beiden Ausbaustufen „Zuwässerung direkt angebundener Verbandsgebiete“ als Ausbaustufe 1 und „Befüllung des zentralen Speicherraums“ als Ausbaustufe 2.

Als Grundlage für den hydraulischen Nachweis des Gewässerquerschnitts sind zunächst die erforderlichen Durchflussmengen zu ermitteln. In einem iterativen Prozess wird dann ein Gewässerprofil vordefiniert und der hydraulische Nachweis dahingehend geführt, ob die gewählten Gewässerquerschnitte in der Lage sind, die ermittelten Durchflussmengen abzuleiten. Falls dies nicht der Fall ist, wird das Gewässerprofil so lange vergrößert, bis der Durchfluss sichergestellt ist.

Für die Ermittlung der Zuwässerungsmengen in Ausbaustufe 1 werden ausschließlich diejenigen Verbandsgebiete berücksichtigt, die an den geplanten Zuwässerungsgraben unmittelbar angebunden sind. Nach der Studie zur alternativen Wasserbereitstellung [1] beträgt die Gesamt-Berechnungsfläche (Stand Rahmenentwürfe) dieser Gebiete:

<u>Nr.</u>	<u>Unterverband</u>	<u>Berechnungsfläche</u>
1	Wöhrdener SV	121,0 ha
2	Hollerner Binnen-SV	704,0 ha
3	Hollerner Moor-SV	<u>90,0 ha</u>
	Summe	915,0 ha

Damit ergibt sich folgende Berechnungswassermenge:

$$\text{erf. } Q_1 = 915,0 \text{ ha} \times 40 \text{ m}^3/(\text{hxha}) = 36.600 \text{ m}^3/\text{h} = 10,167 \text{ m}^3/\text{s} = 10.167 \text{ l/s}$$

Wie bereits angedeutet, ist diese Wassermenge durch den Zulauf aus der Schwinge nicht annähernd zu decken. Verfügbar wäre eine Entnahmemenge von $Q = 1.644 \text{ l/s}$ (vgl. 2.3), was etwa einem Sechstel der benötigten Berechnungsmenge entspricht. Folglich kann die Zuwässerung des salzfreien Schwingewassers immer nur als Ergänzung der Speicherbevorratung bzw. der Zuwässerung aus der Elbe betrachtet werden.

Setzt man auch für die Ausbaustufe 1 einen Zeitraum von 4 Wochen für die frühzeitige Befüllung der dezentralen Berechnungsteiche in den genannten Verbandsgebieten als ausreichend an, so ergibt sich folgendes Speichervolumen für zwei Berechnungsnächte und - daraus resultierend - der folgende erf. Durchfluss:

$$\text{erf. } V_1 = 915,0 \text{ ha} \times 40 \text{ m}^3/(\text{hxha}) \times 28 \text{ h} = 1.024.800 \text{ m}^3$$

$$\text{erf. } Q_1 = 1.024.800 \text{ m}^3 / (28\text{d} \times 24\text{h}/\text{d}) = 1.525 \text{ m}^3/\text{h} = 0,424 \text{ m}^3/\text{s} = 424 \text{ l/s}$$

In Ausbaustufe 1 ergibt sich ein erforderlicher Durchfluss von erf. $Q_1 = 424 \text{ l/s}$. Diese Durchflussmenge muss von dem gewählten (bzw. vorhandenen) Gewässerprofil unter den gegebenen Voraussetzungen abgeleitet werden können.

3.2.2 Dimensionierung und Regelquerschnitt

Im Zuge der Übergangsnutzung werden nicht so hohe Wasserstände benötigt wie im Endzustand. Dies führt dazu, dass der Fließquerschnitt entsprechend kleiner ist, was sich negativ auf die hydraulische Leistungsfähigkeit des Gewässersystems auswirkt. Kompensierend kann sich ein höherer hydraulischer Gradient einstellen, weil ein größerer Freibord verfügbar ist.

In den direkt angebotenen Verbandsgebieten liegt der höchste Stauwasserstand bei NN -0,50 m (SV Wöhrden). Ausgehend vom derzeitigen Mittelwasserstand im Burggraben von NN +0,80 m steht zur Befüllung der Verbandsgebiete maximal ein hydraulischer Gradient von $\Delta h = 1,30$ m zur Verfügung.

Unter der Annahme des verfügbaren Wasserspiegelgefälles wurde der hydraulisch benötigte Durchflussquerschnitt dimensioniert. Dazu wurde in einem iterativen Prozess ein Trapezprofil vorgegeben, welches anschließend durch hydraulische Nachweisrechnungen verifiziert wurde (vgl. Kapitel 3.4).

Folgende Abmessungen für den Zuwässerungsgraben (Ausbaustufe 1) wurden gewählt:

Wasserstand Burggraben MW:	NN +0,80 m
Stauwasserstand SV Wöhrden:	NN -0,50 m
Hydraulischer Gradient:	$\Delta h \leq 1,30$ m
Wasserspiegelgefälle :	$I_E = \Delta h / L = 1,30 / 1.420 \text{ m} = 0,0009 = 0,915 \%$
OK Gelände:	i.M. NN $\pm 0,00$ m (veränderlich)
OK Verwallung:	entfällt
Sohllage Gewässer:	NN -1,00 m bis NN -2,00 m (teilweise Bestand)
Sohlbreite b_{So} :	1,50 m
Böschungsneigung:	1 : 1,5
Wasserspiegelbreite b_{Wsp} :	rd. 6,00 m (je nach Gew.-Stat.)
Gesamtbreite des Querschnitts:	rd. 7,50 m (je nach Geländehöhe)

Aufgrund der Tatsache, dass in Teilabschnitten ein Neubau vorgesehen ist und in anderen Teilabschnitten der bestehende Verlauf der *Neuen Hollerner Moorwetteren* genutzt wird, differieren die tatsächlichen Ausbauquerschnitte entsprechend. Der geplante Zuwässerungsgraben ist im Lageplan und in Regelquerschnitten zeichnerisch dargestellt.

3.3 Ausbaustufe 2 – Hydraulische Anforderungen und Dimensionierung

3.3.1 Hydraulische Anforderungen

Für die Ermittlung der Zuwässerungsmengen in Ausbaustufe 2 ist die Befüllung des zentralen Speicherraumes der 1. Meile maßgebend. Nach der Studie zur alternativen Wasserbereitstellung [1] beträgt das erforderliche Gesamtvolumen des zentralen Speicherraums:

$$\text{erf. } V_2 = 960.000 \text{ m}^3$$

Unter der Voraussetzung, dass der geplante zentrale Speicherraum innerhalb eines Zeitraums von 4 Wochen befüllt werden soll, ergibt sich folgende erforderliche Durchflussmenge:

$$\text{erf. } Q_2 = 960.000 \text{ m}^3 / (28\text{d} \times 24\text{h/d}) = 1.428 \text{ m}^3/\text{h} = 0,397 \text{ m}^3/\text{s} \approx 400 \text{ l/s}$$

In Ausbaustufe 2 ergibt sich ein erforderlicher Durchfluss von erf. $Q_1 = 400 \text{ l/s}$. Diese Durchflussmenge muss von dem gewählten (bzw. vorhandenen) Gewässerprofil unter den gegebenen Voraussetzungen abgeleitet werden können.

Dass die erforderliche Durchflussmenge zur Befüllung des zentralen Speicherraums sogar etwas niedriger als in Ausbaustufe 1 ausfällt, beruht auf der Tatsache, dass die Rahmenbedingungen etwas ungünstiger sind, weil die Fließstrecke deutlich länger ist und ein geringerer hydraulischer Gradient zur Verfügung steht. Anders ausgedrückt, kann sich kein so großes Wasserspiegelliniengefälle einstellen wie in Ausbaustufe 1.

Zudem ist die errechnete Durchflussmenge der Stufe 1 eher theoretischer Natur, weil die laut den Rahmenentwürfen zur Frostschutzbewässerung angesetzte Berechnungsfläche derzeit bei weitem noch nicht erreicht ist. Faktisch wird also kein so großer Durchfluss benötigt. Ferner wird bei der hydraulischen Dimensionierung die Zuwässerung aus der Elbe, die ja immer noch stattfindet, außer acht gelassen.

3.3.2 Dimensionierung und Regelquerschnitt

Im zentralen Speicherraum soll zukünftig ein Zielwasserstand von ca. NN +0,50 m gehalten werden, damit das Wasser während der Frostschutzberechnung ebenfalls im Freigefälle in die Wettern und Gräben der Obstanbaugebiete abfließen kann. Ausgehend vom derzeitigen Mittelwasserstand im Burggraben von NN +0,80 m steht zur Befüllung des Speicherraumes maximal ein hydraulischer Gradient von $\Delta h = 0,30 \text{ m}$ zur Verfügung.

Unter der Annahme dieses verfügbaren Wasserspiegelgefälles wurde der hydraulisch benötigte Durchflussquerschnitt dimensioniert. Dazu wurde in einem iterativen Prozess ein Trapezprofil vorgegeben, welches anschließend durch hydraulische Nachweisrechnungen verifiziert wurde (vgl. Kapitel 3.4).

Folgende Abmessungen für den Zuwässerungsgraben (Ausbaustufe 2) wurden gewählt:

Wasserstand Burggraben MW:	NN +0,80 m
Zielwasserstand zentr. Speicherraum:	NN +0,50 m
Hydraulischer Gradient:	$\Delta h \geq 0,30 \text{ m}$

Wasserspiegelgefälle :	$I_E = \Delta h / L = 0,30 / 3.500 \text{ m} = 0,00008 = 0,086 \text{ ‰}$
OK Gelände:	i.M. NN $\pm 0,00 \text{ m}$ (veränderlich)
OK Verwallungen:	i.M. NN +1,00 m
Sohllage Gewässer:	NN -0,50 m bis NN -2,00 m (teilweise Bestand)
Sohlbreite b_{So} :	1,50 m
Böschungsneigung:	1 : 1,5 (Verwallung außen 1 : 2)
Wasserspiegelbreite b_{Wsp} :	rd. 9,50 m (je nach Gew.-Stat.)
Breite der Walkronen b_{Wall} :	2,00 m
Gesamtbreite des Querschnitts:	rd. 15,20 m (je nach Geländehöhe)

Aufgrund der Tatsache, dass in Teilabschnitten ein Neubau vorgesehen ist und in anderen Teilabschnitten der bestehende Verlauf der *Neuen Hollerner Moorwettern* genutzt wird, differieren die tatsächlichen Ausbauquerschnitte entsprechend. Der geplante Zuwässerungsgraben ist im Lageplan und in Regelquerschnitten zeichnerisch dargestellt.

3.4 Hydraulischer Nachweis - Wasserspiegellinienberechnung

Da ein Sohlgefälle wegen der gleichförmigen Topografie in der Elbmarsch kaum vorhanden ist, muss sich im Allgemeinen ein Wasserspiegelgefälle einstellen, um den Durchfluss sicherzustellen.

Der hydraulische Nachweis des Zuwässerungsgrabens erfolgte nach der Berechnungsformel für Gerinnehdraulik nach MANNING-STRICKLER. Dazu wurde für die gesamte Versorgungsstrecke vom Burggraben bis zur L 111 (Ausbaustufe 1) bzw. bis zum zentralen Speicherraum (Ausbaustufe 2) eine sogenannte „Iterative Wasserspiegellinienberechnung“ durchgeführt.

Bei der „Iterativen Wasserspiegellinienberechnung“ wird – ausgehend vom stromabwärts liegenden Gewässerprofil mit bekanntem bzw. vorgegebenem Wasserstand – durch Umstellung der MANNING-STRICKLER – Formel die resultierende Wasserspiegeldifferenz Δh_{Sp} zum nächsten, stromaufwärts liegenden Profil ermittelt. Vorteil dieses Verfahrens ist, dass sich das Energiegefälle E entsprechend den tatsächlichen Verhältnissen iterativ ergibt und nicht von außen vorgegeben werden muss, so dass die Ergebnisse realistischer sind als bei einem stationären Einzelnachweis.

Im vorliegenden Fall wurde die gesamte Gewässerstrecke in verschiedene Teilabschnitte mit unterschiedlichen Profilabmessungen unterteilt. So wurden die tatsächlichen (abgeschätzten) Abmessungen der *Neuen Hollerner Moorwettern* in den Teilabschnitten, wo dieser Querschnitt genutzt wird, der Bemessung zugrunde gelegt. Für die Neubauabschnitte wurde dagegen das gewählte Profil angesetzt. Ferner wurden die Durchlässe am Grabenweg und zum Burggraben bei der Berechnung berücksichtigt.

Des Weiteren wurden für die beiden Ausbaustufen je zwei verschiedene Berechnungsgänge durchgeführt. Dabei wurde im ersten Berechnungsgang zunächst ermittelt, wie hoch sich der Wasserstand bei der erforderlichen Durchflussmenge einstellen wird; im zweiten Berechnungsgang wurde dann iterativ errechnet, welche maximale Durchflussmenge bei den gewählten Profilabmessungen und dem maximalen hydraulischen Gradienten zugewässert werden könnte.

Die Ergebnistabellen der „Iterativen Wasserspiegellinienberechnung“ liegen als Anhang A-1 bei. In der nachfolgenden Tabelle werden nur die wesentlichen Berechnungsergebnisse wiedergegeben.

Berechn.-gang Nr.	Rahmenbedingungen (Ausgangswasserstand / Durchflussmenge)	Ergebnis (für gesicherten Durchfluss)	Nachweis erbracht
1 Stufe 1	NN -0,50 m im SV Wöhrden / erf. Q = 424 l/s / Ermittlung von h_{Sp}	Mindestwasserstand > NN -0,24 m im Burggraben	Ja
2 Stufe 1	NN -0,50 m im SV Wöhrden / NN +0,80 m im Burggraben / Ermittlung von max. Q	Maximaler Durchfluss Q = 1.350 l/s	Ja
3 Stufe 2	NN +0,50 m im zentralen Speicherraum / erf. Q = 400 l/s / Ermittlung von h_{Sp}	Mindestwasserstand > NN +0,69 m im Burggraben	Ja
4 Stufe 2	NN +0,50 m im zentralen Speicherraum / NN +0,80 m im Burggraben / Ermittlung von max. Q	Maximaler Durchfluss Q = 520 l/s	Ja

Tabelle 1: Ergebnisse der iterativen Wasserspiegellinienberechnung

Im Ergebnis muss der Wasserspiegel beispielsweise bei der Ausbaustufe 1, Berechnungsgang 1, nur bis auf NN -0,24 m ansteigen, damit die erforderliche Durchflussmenge abgeleitet wird. Im Maximalfall könnte dagegen bis zu 1.350 l/s zugewässert werden, wenn der hydraulische Gradient voll ausgenutzt würde (Berechnungsgang 2).

Im Endzustand, Ausbaustufe 2, müsste in der Schwinge mindestens ein Wasserstand von NN +0,69 m vorherrschen, um die erforderliche Durchflussmenge durchzuleiten (Berechnungsgang 3). Der Maximaldurchfluss bei voller Ausnutzung der Wasserspiegeldifferenz könnte lediglich auf 520 l/s gesteigert werden (Berechnungsgang 4).

Die Fließgeschwindigkeit liegt nach den Bemessungsergebnissen bei den erforderlichen Durchflussmengen (Berechnungsgänge 1 und 3) unterhalb von $v = 0,3$ m/s, so dass keine Sedimentpartikel in Bewegung geraten dürften. Folglich ist keine bauliche Stabilisierung des Gewässerbettes durch Faschinen o.ä. erforderlich.

Zusammengefasst ist das gewählte Gewässerprofil sowohl als Übergangslösung zur Versorgung der angebundenen Schleusenverbände als auch zur Versorgung des zentralen Speicherraums mit salzfreiem Beregnungswasser aus der Schwinge ausreichend dimensioniert.

3.5 Kreuzung Grabenweg

Der Grabenweg soll im Rahmen der Erschließungsmaßnahmen zum B-Plan Nr. 469/1 verlängert und als Straßenverbindung zum Altländer Viertel ausgebaut werden. Damit wird ein Kreuzungsbauwerk zur Durchleitung des Zuwässerungsgrabens durch den Grabenweg erforderlich. Dieses soll nach Möglichkeit in Form eines Durchlasses hergestellt werden.

Am Kreuzungspunkt verläuft der geplante Zuwässerungsgraben noch nördlich des bestehenden Verlaufes der *Neuen Hollerner Moorwettern*. Als Ausbauprofil von Gew.-Stat. 0+000 bis 0+200 (Abschnitt 5 nach iterativer Wasserspiegellinienberechnung, Anhang A) sind eine Sohlage von NN -1,00 m, eine Sohlbreite von 1,50 m und Böschungsneigungen von 1 : 1,5 vorgesehen. Im ungünstigsten hydraulischen Lastfall werden Wasserstandshöhen von NN +0,66 m erreicht, im Rahmen der Übergangslösung Wasserstände bis zu NN -0,07 m.

Um den maximal möglichen Durchfluss von $Q_{\max.} = 1.350$ l/s durchleiten zu können, ist folgender Durchlassquerschnitt erforderlich:

$$\text{erf. } Q_{\max.} = 1.350 \text{ l/s bei } I_E = 1,33 \text{ ‰}$$

$$\text{gew. BMR DN 1.200 mit } Q_v = 1.393 \text{ l/s} > Q_{\max.}$$

In die iterative Wasserspiegellinienberechnung wurde der gewählte Durchlass ohne planmäßiges Sohlgefälle eingestellt. Danach wird der benötigte Wasserspiegelaufstau errechnet, der sich beispielsweise beim Berechnungsgang 1 auf $\Delta h = 3,5$ cm beläuft.

Der neue Durchlass wird mit ca. NN -1,10 m in ausreichender Tiefenlage eingebaut, damit einerseits nahezu der volle Durchflussquerschnitt hydraulisch zur Verfügung steht und sich andererseits ein durchgängiges Sohlsubstrat von rd. 10 cm Stärke einstellen kann. Als seitlicher Abschluss der Verrohrung sind beidseitig Böschungsstücke vorgesehen. Beim Einbau von sieben Rohrlängen à 2,50 m zuzüglich der beiden Böschungsstücke ergibt sich eine Gesamtlänge der Durchlässe von rd. 20,50 m in der Rohrachse. Auf Geländeneiveau wird damit eine überfahrbare Breite von über 10 m realisiert.

3.6 Entwässerungsgraben – Dimensionierung und Regelquerschnitt

Eine hydraulische Dimensionierung des neu auszubauenden Entwässerungsgrabens – der ersatzweise die Entwässerungsfunktion der Neuen Hollerner Moorwettern übernimmt – muss ggf. in weiteren Planungsphasen durchgeführt werden.

Bis auf Weiteres wird der Entwässerungsgraben konstruktiv mit folgenden Abmessungen ausgebaut:

Wasserstand am Schöpfwerk:	NN -2,80 m
Mittlerer Wasserstand MW:	NN -1,50 m
OK Gelände:	i.M. NN -0,20 m (veränderlich)
Sohltiefe Gewässer:	NN -2,00 m (gleichbleibend)
Sohlbreite b_{So} :	1,00 m
Böschungsneigung:	1 : 2
Wasserspiegelbreite b_{Wsp} :	rd. 3,00 m (je nach Gew.-Stat.)
Gesamtbreite des Querschnitts:	rd. 8,20 m (je nach Geländehöhe)

Der geplante Entwässerungsgraben ist im Lageplan und im Regelquerschnitt zeichnerisch dargestellt.

3.7 Allgemeine Angaben zur ökologischen Gestaltung

Bei der Planung und beim Ausbau von Gewässern sind heutzutage nicht nur hydraulische Aspekte, sondern auch naturschutzfachliche Anforderungen in die bauliche Gestaltung einzubeziehen.

Als Stichwort sei in diesem Zusammenhang die EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) genannt, wonach unter anderem die Strukturvielfalt und die ökologische Durchgängigkeit eines Gewässers wesentliche Qualitätskriterien sind.

Zudem stellt auch der Bau eines Gewässers per se einen Eingriff in Natur und Landschaft dar, welcher durch eine geeignete, naturnahe Gestaltung – beispielsweise der Böschungen – meist in sich wieder ausgeglichen werden kann. Im Zuge des Plangenehmigungsverfahrens ist zu diesen Fragestellungen eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchzuführen. Nach erster Einschätzung kann dem Ziel eines maßnahmenimmanenten Ausgleichs durch geeignete Gestaltung entsprochen werden.

Je nach Flächenverfügbarkeit sollten daher in Teilabschnitten gestalterische Kompensationsmaßnahmen ergriffen werden, um die Strukturvielfalt des Gewässers zu erhöhen. Dazu gehören beispielsweise Maßnahmen wie die Anlage von seitlichen Flachwasserzonen, Feuchtbermen oder auch Nebenarmen. Die genannten Maßnahmen sind zu gegebener Zeit in gesonderten naturschutzfachlichen Planungunterlagen festzulegen und zu bilanzieren.

Bei der baulichen Herstellung ist im Sinne der WRRL auf eine möglichst ungleichförmige Profilierung zu achten, damit sich die erwünschten abwechslungsreichen Lebensräume und Laichhabitate entwickeln können.

3.8 Variante 1 - Zuwässerung durch Pumpenlösung

Ausgehend von einem Vorschlag der Hansestadt Stade wurde alternativ zu dem gewählten Planungsansatz – der Zuwässerung im Freigefälle aus dem Burggraben – auch eine Pumpenlösung für die Zuwässerung untersucht. Danach würde der bestehende Verlauf der Neuen Hollerner Moorwettern genutzt, ohne die bestehenden mittleren Wasserstände zu verändern. Vorteil dieser Variante ist, dass nicht zwei parallele Gewässer mit unterschiedlichen Wasserständen vorgehalten werden müssten; die *Neue Hollerner Moorwettern* würde in kombinierter Weise sowohl die Ent- als auch die Zuwässerungsfunktion übernehmen.

Gleichwohl muss bei dieser Lösung berücksichtigt werden, dass in der *Neuen Hollerner Moorwettern* vor dem Schöpfwerk einige Sohlabschürze vorhanden sind, die sich auf den Mittelwasserstand MW auswirken (vgl. 2.3). Eine Zuwässerung direkt in den Bereich vor dem Schöpfwerk macht daher keinen Sinn, weil sich kein einheitlicher Stauwasserstand in dem gesamten Teilabschnitt von der Entnahmestelle bis zur L 111 einstellen ließe. Vor dem Schöpfwerk müssten rd. 3 m Wasser aufgestaut werden, was nicht zuletzt zu einem Rückstau in die angeschlossene RW-Kanalisation führen würde.

Folglich muss – ähnlich wie beim gewählten Planungsansatz – ein separater Gewässerlauf inkl. Durchlass als Entnahmepunkt bis zur Einbindung in den bestehenden Verlauf, etwa bei Stat. 0+200, hergestellt werden. Gerade in dem vergleichsweise engen Bereich am geplanten neuen Staatsarchiv ist eine solche doppelte Gewässerführung unverzichtbar.

Im kombinierten Gewässerlauf ließe sich dauerhaft ein mittlerer Wasserstand von MW = NN -1,50 m einstellen. Die Entwässerung könnte dann über eine Überlaufschwelle zum Schöpfwerk erfolgen, wobei die Schwelle auf dem Niveau des MW liegen müsste.

Am Endpunkt der Wettern an der L 111 müsste dann ein Pumpwerk installiert werden, welches den Gewässerlauf abpumpt und das Wasser in den Straßenseitengraben zum SV Wöhrden (Ausbaustufe 1) bzw. in den weiterführenden Zuwässerungsgraben zum zentralen Speicherraum (Ausbaustufe 2) fördert. Diese Pumpenförderung müsste analog zur Freigefälle-Lösung über einen Zeitraum von rd. 4 Wochen durchgeführt werden. Ob die Wasserqualität in der *Neuen Hollerner Moorwettern*, die ja auch als Vorflut für die RW-Kanalisation dient, für die Obstberegung geeignet ist, wird in der vorliegenden Studie nicht untersucht. Das Pumpwerk wäre auf folgende Kenndaten auszulegen:

Zuwässerungsmenge $Q_{\text{erf.}}$: 424 l/s bei einer
Förderhöhe H: NN +0,50 – (NN -1,50) = 2,00 m

Für einen Fördervorgang mit rd. 4 Wochen Laufzeit wäre in etwa mit folgenden Stromkosten zu rechnen (Annahme: Strompreis 0,30 €/kWh):

Leistung der Pumpe: rd. 30 kW
Förderdauer: rd. 4 Wo. x 7 d/Wo. x 24 h/d = 672 h
Stromaufnahme: 30 kW x 672 h = 20.160 kWh
Förderkosten: 20.160 kWh x 0,30 €/kWh = 6.048,- € ~ 6.000,- €

Für die untersuchte Variante 1 wäre im Vergleich zur gewählten Planungsvariante ein zusätzliches Pumpwerk mit den genannten Kenndaten herzustellen. Pro Pumpvorgang zur einmaligen Befüllung des zentralen Speicherraumes wäre dabei mit Stromkosten von rd. 6.000,- € zu rechnen.

Dagegen kann auf die Herstellung eines separaten Entwässerungsgrabens verzichtet werden, weil die Wasserstände in der Neuen Hollerner Moorwettern nicht verändert werden und damit nicht nur die Zu-, sondern auch die Entwässerungsfunktion sichergestellt bleibt.

Ob sich diese Pumpenlösung rentiert, wird anhand der nachfolgend durchgeführten Kostenschätzung überschlägig bewertet.

3.9 Kostenschätzung

Im Folgenden werden die voraussichtlichen Herstellungskosten der geplanten Zuwässerung aus dem Burggraben über einen neuen Zuwässerungsgraben in Richtung Obstanbaugebiete der 1. Meile ermittelt. Unterschieden wird dabei zwischen den beiden Ausbaustufen; betrachtet wird außerdem die alternativ untersuchte Pumpenlösung.

Für den gewählten Planungsansatz ergeben sich folgende Herstellungskosten:

Pos.-Nr.	Maßnahme / Beschreibung	Menge / Anzahl		Schätzkosten	
				EP ca.	GP ca.
[1]	[2]	[3]		[4]	[5] = [3] x [4]
1	Ausbaustufe 1 - Burggraben bis L 111				
1.1	Entnahme-Düker DN 1.000	100	m	2.000,00 €	200.000,00 €
1.2	Ein- und Auslaufbauwerke	2	St.	50.000,00 €	100.000,00 €
1.3	Neubau Zuwässerungsgraben (0+000 bis 0+200)	200	m	250,00 €	50.000,00 €
1.4	Durchlass Grabenweg	1	St.	25.000,00 €	25.000,00 €
1.5	Neubau Entwässerungsgraben (0+200 bis 1+100)	900	m	150,00 €	135.000,00 €
1.6	Düker Entwässerungsgraben, Ostseite Altl. Viertel	1	St.	40.000,00 €	40.000,00 €
1.7	Neubau Zuwässerungsgraben (1+100 bis 1+420)	320	m	250,00 €	80.000,00 €
1.8	Schützbauwerk an der L 111	1	St.	30.000,00 €	30.000,00 €
1.9	Unwägbarkeiten, Unvorhergesehenes (10%)	1	psch	66.000,00 €	66.000,00 €
	Zwischensumme - Stufe 1				726.000,00 €
2	Ausbaustufe 2 - Erweiterung Stufe 1 bis zentraler Speicherraum				
2.1	Neubau Zuwässerungsgraben mit Seitendämmen	2.100	m	200,00 €	420.000,00 €
2.2	Seitendämme aufstocken, Zuw.graben Stufe 1	1.420	m	50,00 €	71.000,00 €
2.3	Querung A26 (Bestand, AS Stade-Ost)	1	psch	200.000,00 €	200.000,00 €
2.4	Querung Wirtschaftswege (Annahme: 3 St.)	3	St.	25.000,00 €	75.000,00 €
2.5	Querung Entwässerungsgräben (Annahme: 20 St.)	20	St.	5.000,00 €	100.000,00 €
2.6	Anpassung Felddränagen	1	St.	100.000,00 €	100.000,00 €
2.7	Schützbauwerk an der L 111	1	St.	30.000,00 €	30.000,00 €
2.8	Unwägbarkeiten, Unvorhergesehenes (10%)	1	St.	99.600,00 €	99.600,00 €
	Zwischensumme - Stufe 2				1.096.000,00 €
	Summe Pos. 1 und 2				1.822.000,00 €
	19% MwSt.				346.180,00 €
	Summe einschl. MwSt.				2.168.180,00 €
3	Nebenkosten				
3.1	Vermessung, Gutachten, Planung, Bauleitung, Gebühren (10%)	1	St.	182.200,00 €	182.200,00 €
	Zwischensumme				182.200,00 €
	19% MwSt.				34.618,00 €
	Summe einschl. MwSt.				216.818,00 €
4	Grunderwerb				
4.1	Abschnitt Stufe 1: ca. 1.420 x 15m	21.300	m ²	25,00 €	532.500,00 €
4.2	Abschnitt Stufe 2: ca. 2.100 x 25m	52.500	m ²	5,00 €	262.500,00 €
	Zwischensumme				795.000,00 €
	Gesamtkosten über alles				3.179.998,00 €

Tabelle 2: Kostenschätzung gewählter Planungsansatz

Danach belaufen sich die reinen Baukosten auf rd. 2,17 Mio. € brutto; einschließlich der Nebenkosten und der Kosten für den Grunderwerb steigt die Gesamtsumme auf rd. 3,18 Mio. €.

Für die Variante 1, die zu untersuchende Pumpenlösung, ergeben sich folgende Herstellungskosten:

Pos.-Nr.	Maßnahme / Beschreibung	Menge / Anzahl	Schätzkosten	
			EP ca.	GP ca.
[1]	[2]	[3]	[4]	[5] = [3] x [4]
1	Ausbaustufe 1 - Burggraben bis L 111			
1.1	Entnahme-Düker DN 1.000	100 m	2.000,00 €	200.000,00 €
1.2	Ein- und Auslaufbauwerke	2 St.	50.000,00 €	100.000,00 €
1.3	Neubau Zuwässerungsgraben (0+000 bis 0+200)	200 m	250,00 €	50.000,00 €
1.4	Durchlass Grabenweg	1 St.	25.000,00 €	25.000,00 €
1.5	Neubau Entwässerungsgraben (0+200 bis 1+100)	- m	150,00 €	- €
1.6	Düker Entwässerungsgraben, Ostseite Altl. Viertel	- St.	40.000,00 €	- €
1.7	Neubau Zuwässerungsgraben (1+100 bis 1+420)	320 m	250,00 €	80.000,00 €
1.8	Pumpwerk an der L 111	1 St.	150.000,00 €	150.000,00 €
1.9	Schützbauwerk an der L 111	1 St.	30.000,00 €	30.000,00 €
1.10	Unwägbarkeiten, Unvorhergesehenes (10%)	1 psch	63.500,00 €	63.500,00 €
	Zwischensumme - Stufe 1			699.000,00 €
2	Ausbaustufe 2 - Erweiterung Stufe 1 bis zentraler Speicherraum			
2.1	Neubau Zuwässerungsgraben mit Seitendämmen	2.100 m	200,00 €	420.000,00 €
2.2	Seitendämme aufstocken, Zuw.graben Stufe 1	- m	50,00 €	- €
2.3	Querung A26 (Bestand, AS Stade-Ost)	1 psch	200.000,00 €	200.000,00 €
2.4	Querung Wirtschaftswege (Annahme: 3 St.)	3 St.	25.000,00 €	75.000,00 €
2.5	Querung Entwässerungsgräben (Annahme: 20 St.)	20 St.	5.000,00 €	100.000,00 €
2.6	Anpassung Felldränagen	1 St.	100.000,00 €	100.000,00 €
2.7	Schützbauwerk an der L 111	1 St.	30.000,00 €	30.000,00 €
2.8	Unwägbarkeiten, Unvorhergesehenes (10%)	1 St.	92.500,00 €	92.500,00 €
	Zwischensumme - Stufe 2			1.018.000,00 €
	Summe Pos. 1 und 2			1.717.000,00 €
	19% Mwst.			326.230,00 €
	Summe einschl. Mwst.			2.043.230,00 €
3	Nebenkosten			
3.1	Vermessung, Gutachten, Planung, Bauleitung, Gebühren (10%)	1 St.	171.700,00 €	171.700,00 €
	Zwischensumme			171.700,00 €
	19% Mwst.			32.623,00 €
	Summe einschl. Mwst.			204.323,00 €
4	Grunderwerb			
4.1	Abschnitt Stufe 1: ca. 1.420 x 6m	8.520 m ²	25,00 €	213.000,00 €
4.2	Abschnitt Stufe 2: ca. 2.100 x 25m	52.500 m ²	5,00 €	262.500,00 €
	Zwischensumme			475.500,00 €
	Gesamtkosten über alles			2.723.053,00 €

Tabelle 3: Kostenschätzung Variante 1 (Pumpenlösung)

Die reinen Baukosten sind demnach um rd. 125.000,- € geringer als beim gewählten Planungsansatz. Allerdings muss bei jedem Pumpvorgang mit zusätzlichen Stromkosten in Höhe von rd. 6.000,- € gerechnet werden (vgl. 3.8); bereits nach rd. 20 Füllvorgängen hätte sich demnach die Freigefälle-Lösung amortisiert. Berücksichtigt man außerdem Wartungs- und Unterhaltungskosten sowie kürzere Abschreibungszeiträume für die Maschinen- und Elektrotechnik, ist der gewählte Planungsansatz deutlich wirtschaftlicher als die Pumpenlösung der Variante 1.

4 Zusammenfassung

Zur Frostschutzberechnung in der 1. Meile Alten Landes ist qualitativ einwandfreies Elbwasser erforderlich, welches in Zukunft unter Umständen nicht jederzeit zur Verfügung steht. Bei extremen Veränderungen der Wasserqualität müssen die Wasserspeicherkapazitäten im Obstanbaugebiet weiter vergrößert werden. Neben dem Bau neuer Beregnungsteiche ist für den Fall eines vollständigen Erliegens der Elbwasserentnahme (Worst-Case-Szenario) ein zentraler Speicherraum anzulegen, der mit salzfreiem Wasser aus dem Oberlauf der Schwinge befüllt wird.

Aufbauend auf der Studie zur Alternativen Wasserbereitstellung bei zu hohen Salzgehalten in der Elbe [1] wurde in der vorliegenden Untersuchung das Konzept für einen Zuwässerungsgraben von der Schwinge bis zu einem zentralen Speicherraum im Verbandsgebiet der 1. Meile Alten Landes weiterentwickelt. Grund für diese Konkretisierung ist die zeitliche und planerische Abhängigkeit zwischen den konzeptionellen Überlegungen der WSV zur Herstellung eines Zuwässerungsgrabens auf der einen Seite und der aktuellen Bauleitplanung der Hansestadt Stade zur Umgestaltung des Bahnhofsumfeldes auf der anderen Seite. Beide Planungen müssen so koordiniert werden, dass die Umsetzung durch das jeweils andere Vorhaben nicht blockiert wird.

Zur Befüllung des zentralen Speicherraums, der ein Stauvolumen von knapp 1 Mio. m³ aufweist, ist ein neuer Zuwässerungsgraben herzustellen. Aufgrund der geplanten Zuwässerung im Freigefälle mit den damit verbundenen, höheren Wasserständen ist der Zuwässerungsgraben überwiegend mit seitlichen Verwallungen gegen das umliegende Gelände abzugrenzen. Die Zuwässerungsmengen werden nach diesem Planungsansatz hochkanalartig durch die Marsch geleitet.

Im Bereich des B-Plans Nr. 469/1 „Bahnhofsumfeld Nord – Wohnquartier Benedixland“ soll aus optisch-gestalterischen Gründen der bestehende Verlauf der *Neuen Hollerner Moorwetteren* für die Zuwässerung genutzt werden. Hier ist das Nordufer bereits mit einer (weiter aufzustockenden) Verwallung abgegrenzt. Südlich ist ein paralleles, neues Gewässer herzustellen, das zukünftig die Entwässerungsfunktion übernimmt. Vorteil dieser Lösung ist, dass der neue Entwässerungsgraben problemlos als Vorflut für den B-Plan fungieren kann und auch die Gebietsentwässerung sichergestellt ist.

Mithilfe des geplanten, neuen Zuwässerungsgrabens besteht übergangsweise die Möglichkeit, die vorhandenen, dezentralen Beregnungsteiche in den östlich angebotenen Verbandsgebieten mit salzfreiem Wasser zu versorgen. Bei ausreichendem zeitlichen Vorlauf können ausreichende Wassermengen in den Wöhrdener SV, den Hollerner Binnen-SV und den Hollerner Moor-SV transportiert werden. Für diese Übergangsnutzung sind die Wasserstände noch nicht so hoch anzusetzen, so dass auf seitliche Verwallungen weitgehend verzichtet werden kann.

Eine alternativ untersuchte Pumpenlösung ist mittel- bis langfristig mit höheren Kosten verbunden und demnach nicht für eine bauliche Umsetzung zu empfehlen.

Stade, den 16.09.2011

Grontmij GmbH

i.V.



Dipl.-Ing. Smidt

Ressortleiter Infrastruktur

i.A.



Dipl.-Ing. Majehrke

Projektleiter

ANHANG

A Hydraulische Nachweise

A-1 Iterative Wasserspiegellinienberechnung

Zuwässerungskanal Schwinge – Zentraler Speicherraum

Formel nach MANNING-STRICKLER für offene Gerinne

Bl. 1 Stufe 1 - Mindest-WSP Schwinge bei erf. Durchfluss

Bl. 2 Stufe 1 - Max. Durchfluss bei Schwinge-WSP NN+0,80m

Bl. 3 Stufe 2 - Mindest-WSP Schwinge bei erf. Durchfluss

Bl. 4 Stufe 2 - Max. Durchfluss bei Schwinge-WSP NN+0,80m

Zulauf Schwinge - Zentraler Speicherraum 1. Meile - Ausbaustufe 1 (Übergangslösung)

Iterative Wasserspiegellinienberechnung

$$\Delta h_{Sp} = \left[\left(\frac{v_m^2 \times L}{k_{St}^2 \times r_{hy,m}^{(4/3)}} \right) - \beta \times \left(\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \right) \right]$$

Mittlerer Durchflussquerschnitt $A_m = (A_1 + A_2) / 2$

β = Korrekturbeiwert, hier = 1

Mittlere Fließgeschwindigkeit $v_m = Q / A_m$

Hydraulischer Radius $r_{hy,m} = A_m / l_{u,m}$; $l_{u,m} = (l_{u,1} / l_{u,2}) / 2$

Vorgehen: Ausgehend von der bekannten WSP-Höhe bei Profil 1 wird mit der Fließformel nach MANNING-STRICKLER durch Iteration von Δh_{Sp} geschätzt (Spalte 9) und Δh_{Sp} gerechnet (Spalte 19) die Wasserspiegeldifferenz zum nächstgelegenen Profil berechnet.

Berechnungsgang 1: Mindest-WSP Schwinge für erf. Durchfluss, Ausgangs-WSP NN -0,50 m am Bauende (= Stau-WSP im SV Wördrden)

P:\01_WEI\0964\Proj\0964-11-018-SchwingeZuwaessGraben\080-Bearbeitung\110916-Hydraulik-SpiegellinieSchwinge-MAJ.xls\Stufe 1 - Qerf ab NN-0,50m

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Station [Nr.]	Δl [km]	Δl [m]	Profil	Q erf. [m³/s]	Sohlhöhe [m+NN]	Bösch.-OK [m+NN]	WSP [m+NN]	Δh_{sp} (gesch.) [cm]	mittl. Bösch.- neig. [1:n]	b_{So} in [m] o. DN in [mm]	b_{Vsp} [m]	A_o bzw. A_u [m²]	A_m [m²]	U_o bzw. U_u [m]	r_{hy} [m]	v_m [m/s]	k_{St} [m ^{1/3} /s]	I_E [o/o]	Δh_{sp} (berech.) [cm]	Freibord [m]	Bemerkung	
1	1 + 420	320	Trapez	0,424	-2,00	0,00	-0,50	0,4	1,5	1,50	6,00	5,6	5,6	6,9	0,8	0,08	25	0,001	0,38	0,50	Neubau	
	1 + 100		Trapez	0,424	-2,00	0,00	-0,50		1,5	1,50	6,01	5,6		6,9			25					
2	1 + 100	700	Trapez	0,424	-2,00	0,00	-0,50	0,8	1,5	1,50	6,01	5,6	5,7	6,9	0,8	0,07	25	0,001	0,82	0,50	Bestand	
	0 + 400		Trapez	0,424	-2,00	0,00	-0,49		1,5	1,50	6,04	5,7		7,0			25				Moorwettern	
3	0 + 400	100	Trapez	0,424	-2,00	0,00	-0,49	0,0	1,5	20,00	24,54	33,7	33,7	25,5	1,3	0,01	25	0,000	0,00	0,49	Teich	
	0 + 300		Trapez	0,424	-2,00	0,00	-0,49		1,5	20,00	24,54	33,7		25,5			25					
4	0 + 300	100	Trapez	0,424	-2,00	0,00	-0,49	0,1	1,5	1,50	6,04	5,7	5,7	7,0	0,8	0,07	25	0,001	0,12	0,49	Bestand	
	0 + 200		Trapez	0,424	-2,00	0,00	-0,49		1,5	1,50	6,04	5,7		7,0			25				Moorwettern	
5	0 + 200	20	Kreis	0,424	-1,00	0,00	-0,49	3,5		1200		0,5	0,5	1,7	0,3	0,88	45	0,211	3,54	0,49	Durchlass	
	0 + 180		Kreis	0,424	-1,00	0,00	-0,45			1200		0,5		1,8			45				Grabenweg	
6	0 + 180	180	Trapez	0,424	-1,00	0,00	-0,45	8,8	1,5	1,50	3,15	1,3	1,4	3,5	0,4	0,30	25	0,050	8,83	0,45	Neubau	
	0 + 000		Trapez	0,424	-1,00	0,00	-0,36		1,5	1,50	3,41	1,6		3,8			25					
7	0 + 000	100	Kreis	0,424	-1,00	3,00	-0,36	12,2		1000		0,5	0,6	1,8	0,3	0,73	45	0,133	12,24	3,36	Neubau	
	-0 + 100		Kreis	0,424	-1,00	3,60	-0,24			1000		0,6		2,1			45				(Düker)	
		1.520						25,9												25,92		

Ergebnis: 25,9 cm erf. Aufstau bis Schwinge / Burggraben
Erf. Durchfluss ist bei einem Wasserstand von > NN -0,24 m in der Schwinge sichergestellt!

Zulauf Schwinge - Zentraler Speicherraum 1. Meile - Ausbaustufe 1 (Übergangslösung)

Iterative Wasserspiegellinienberechnung

$$\Delta h_{Sp} = \left[\left(\frac{v_m^2 \times L}{k_{St}^2 \times r_{hy,m}^{(4/3)}} \right) - \beta \times \left(\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \right) \right]$$

Mittlerer Durchflussquerschnitt $A_m = (A_1 + A_2) / 2$

β = Korrekturbeiwert, hier = 1

Mittlere Fließgeschwindigkeit $v_m = Q / A_m$

Hydraulischer Radius $r_{hy,m} = A_m / l_{u,m}$; $l_{u,m} = (l_{u,1} / l_{u,2}) / 2$

Vorgehen: Ausgehend von der bekannten WSP-Höhe bei Profil 1 wird mit der Fließformel nach MANNING-STRICKLER durch Iteration von Δh_{Sp} geschätzt (Spalte 9) und Δh_{Sp} gerechnet (Spalte 19) die Wasserspiegeldifferenz zum nächstgelegenen Profil berechnet.

Berechnungsgang 2: Max. Durchfluss bei Ausgangswasserstand NN -0,50 m am Bauende (= Stauwasserstand im SV Wörden)																							
P:\01_WEI\0964\Pro\0964-11-018-SchwingeZuwaessGraben\080-Bearbeitung\110916-Hydraulik-SpiegellinieSchwinge-MAJ.xls\Stufe 1 - Qerf ab NN-0,50m																							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13	14	15	16	17	18	19	20	21		
Station	Δl	Profil	Q erf.	Sohlhöhe	Bösch.-OK	WSP	Δh_{sp} (gesch.)	mittl. Bösch.-neig.	b_{So} in [m] o. DN in [mm]	b_{Vsp}	A_o bzw. A_u	A_m	U_o bzw. U_u	r_{hy}	v_m	k_{St}	l_E	Δh_{sp} (berech.)	Freibord	Bemerkung			
[Nr.]	[km]	[m]	[m³/s]	[m+NN]	[m+NN]	[m+NN]	[cm]	[1:n]	[m]	[m]	[m²]	[m²]	[m]	[m]	[m/s]	[m¹/³/s]	[o/o]	[cm]	[m]				
1	1 + 420	320 Trapez	1,350	-2,00	0,00	-0,50	3,7	1,5	1,50	6,00	5,6	5,7	6,9	0,8	0,24	25	0,012	3,66	0,50	Neubau			
	1 + 100	Trapez	1,350	-2,00	0,00	-0,46		1,5	1,50	6,11	5,8		7,0			25							
2	1 + 100	700 Trapez	1,350	-2,00	0,00	-0,46	6,9	1,5	1,50	6,11	5,8	6,1	7,0	0,8	0,22	25	0,010	6,91	0,46	Bestand			
	0 + 400	Trapez	1,350	-2,00	0,00	-0,39		1,5	1,50	6,32	6,3		7,3			25				Moorwettern			
3	0 + 400	100 Trapez	1,350	-2,00	0,00	-0,39	0,0	1,5	20,00	24,82	36,0	36,0	25,8	1,4	0,04	25	0,000	0,01	0,39	Teich			
	0 + 300	Trapez	1,350	-2,00	0,00	-0,39		1,5	20,00	24,82	36,0		25,8			25							
4	0 + 300	100 Trapez	1,350	-2,00	0,00	-0,39	0,9	1,5	1,50	6,32	6,3	6,3	7,3	0,9	0,21	25	0,009	0,89	0,39	Bestand			
	0 + 200	Trapez	1,350	-2,00	0,00	-0,39		1,5	1,50	6,34	6,3		7,3			25				Moorwettern			
5	0 + 200	20 Kreis	1,350	-1,00	0,00	-0,39	10,7		1200		0,6	0,6	1,9	0,3	2,09	45	0,982	10,72	0,39	Durchlass			
	0 + 180	Kreis	1,350	-1,00	0,00	-0,28			1200		0,7		2,1			45				Grabenweg			
6	0 + 180	180 Trapez	1,350	-1,00	0,00	-0,28	22,4	1,5	1,50	3,67	1,9	2,3	4,1	0,5	0,58	25	0,133	22,41	0,28	Neubau			
	0 + 000	Trapez	1,350	-1,00	0,00	-0,05		1,5	1,50	4,34	2,8		4,9			25							
7	0 + 000	100 Kreis	1,350	-1,00	3,00	-0,05	85,9		1000		0,8	0,8	2,7	0,3	1,74	45	0,865	85,87	3,05	Neubau			
	-0 + 100	Kreis	1,350	-1,00	3,60	0,80			1000		0,8		3,1			45				(Düker)			
1.520				130,5																	130,48		

Ergebnis: 130,5 cm erf. Aufstau bis Schwinge / Burggraben
Max. Durchfluss = 1,350 m³/s bei einem Wasserstand von > NN +0,80 m in der Schwinge!

Zulauf Schwinge - Zentraler Speicherraum 1. Meile - Ausbaustufe 2 (Endzustand)

Iterative Wasserspiegellinienberechnung

$$\Delta h_{Sp} = \left[\left(\frac{v_m^2 \times L}{k_{St}^2 \times r_{hy,m}^{(4/3)}} \right) - \beta \times \left(\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \right) \right]$$

Mittlerer Durchflussquerschnitt $A_m = (A_1 + A_2) / 2$

β = Korrekturbeiwert, hier = 1

Mittlere Fließgeschwindigkeit $v_m = Q / A_m$

Hydraulischer Radius $r_{hy,m} = A_m / l_{u,m}$; $l_{u,m} = (l_{u,1} / l_{u,2}) / 2$

Vorgehen: Ausgehend von der bekannten WSP-Höhe bei Profil 1 wird mit der Fließformel nach MANNING-STRICKLER durch Iteration von Δh_{Sp} geschätzt (Spalte 9) und Δh_{Sp} gerechnet (Spalte 19) die Wasserspiegeldifferenz zum nächstgelegenen Profil berechnet.

Berechnungsgang 3: Mindest-WSP Schwinge für erf. Durchfluss, Ausgangs-WSP NN +0,50 m am Bauende (= Stauziel zentraler Speicherraum)																											
P:\01_WE\0964\Pro\0964-11-018-SchwingeZuwaessGraben\080-Bearbeitung\110916-Hydraulik-SpiegellinieSchwinge-MAJ.xls\Stufe 1 - Qerf ab NN+0,50m																											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13	14	14	15	16	17	18	19	20	21					
Station [Nr.]	[km]	Δl [m]	Profil	Q erf. [m³/s]	Sohlhöhe [m+NN]	Bösch.-OK [m+NN]	WSP [m+NN]	Δh_{sp} (gesch.) [cm]	mittl. Bösch.- neig. [1:n]	b_{so} in [m] o. DN in [mm]	b_{Wsp} [m]	A_o bzw. A_u [m²]	A_m [m²]	U_o bzw. U_u [m]	LU_m [m]	r_{hy} [m]	v_m [m/s]	k_{St} [m¹/³/s]	I_E [o/o]	Δh_{sp} (berech.) [cm]	Freibord [m]	Bemerkung					
1	3 + 500	2080	Trapez	0,400	-0,50	1,00	0,50	9,8	1,5	1,50	4,50	3,0	3,2	5,1	5,3	0,6	0,12	25	0,005	9,83	0,50	Neubau					
	1 + 420		Trapez	0,400	-0,50	1,00	0,60			1,50	4,79	3,5		5,5				25									
2	1 + 420	320	Trapez	0,400	-2,00	1,00	0,60	0,0	1,5	1,50	9,29	14,0	14,0	10,9	10,9	1,3	0,03	25	0,000	0,03	0,40	Bestand					
	1 + 100		Trapez	0,400	-2,00	1,00	0,60			1,50	9,30	14,0		10,9				25					Moorwettern				
3	1 + 100	700	Trapez	0,400	-2,00	1,00	0,60	0,1	1,5	1,50	9,30	14,0	14,0	10,9	10,9	1,3	0,03	25	0,000	0,06	0,40	Bestand					
	0 + 400		Trapez	0,400	-2,00	1,00	0,60			1,50	9,30	14,0		10,9				25					Moorwettern				
4	0 + 400	100	Trapez	0,400	-2,00	1,00	0,60	0,0	1,5	20,00	27,80	62,1	62,1	29,4	29,4	2,1	0,01	25	0,000	0,00	0,40	Teich					
	0 + 300		Trapez	0,400	-2,00	1,00	0,60			1,5	20,00	27,80	62,1	29,4				25									
5	0 + 300	100	Trapez	0,400	-2,00	1,00	0,60	0,0	1,5	1,50	9,30	14,0	14,0	10,9	10,9	1,3	0,03	25	0,000	0,01	0,40	Bestand					
	0 + 200		Trapez	0,400	-2,00	1,00	0,60			1,5	9,30	14,0		10,9				25					Moorwettern				
6	0 + 200	20	Kreis	0,400	-1,00	1,00	0,60	0,6		1200		1,1	1,1	3,8	3,8	0,3	0,35	45	0,031	0,62	0,40	Durchlass					
	0 + 180		Kreis	0,400	-1,00	1,00	0,61			1200		1,1		3,8				45					Grabenweg				
7	0 + 180	180	Trapez	0,400	-1,00	1,00	0,61	0,1	1,5	1,50	6,32	6,3	6,3	7,3	7,3	0,9	0,06	25	0,001	0,14	0,39	Neubau					
	0 + 000		Trapez	0,400	-1,00	1,00	0,61			1,5	6,32	6,3		7,3				25									
8	0 + 000	100	Kreis	0,400	-1,00	3,00	0,61	8,1		1000		0,8	0,8	3,1	3,1	0,3	0,51	45	0,081	8,13	2,39	Neubau					
	-0 + 100		Kreis	0,400	-1,00	3,60	0,69			1000		0,8		3,1				45					(Düker)				
				3.600					18,8															18,82			

Ergebnis: 18,8 cm erf. Aufstau bis Schwinge / Burgraben
Erf. Durchfluss ist bei einem Wasserstand von > NN +0,69 m in der Schwinge sichergestellt!

= seitliche Verwallung erforderlich

Zulauf Schwinge - Zentraler Speicherraum 1. Meile - Ausbaustufe 2 (Endzustand)

Iterative Wasserspiegellinienberechnung

$$\Delta h_{Sp} = \left[\left(\frac{v_m^2 \times L}{k_{St}^2 \times r_{hy,m}^{(4/3)}} \right) - \beta \times \left(\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \right) \right]$$

Mittlerer Durchflussquerschnitt $A_m = (A_1 + A_2) / 2$

β = Korrekturbeiwert, hier = 1

Mittlere Fließgeschwindigkeit $v_m = Q / A_m$

Hydraulischer Radius $r_{hy,m} = A_m / l_{u,m}$; $l_{u,m} = (l_{u,1} / l_{u,2}) / 2$

Vorgehen: Ausgehend von der bekannten WSP-Höhe bei Profil 1 wird mit der Fließformel nach MANNING-STRICKLER durch Iteration von Δh_{Sp} geschätzt (Spalte 9) und Δh_{Sp} gerechnet (Spalte 19) die Wasserspiegeldifferenz zum nächstgelegenen Profil berechnet.

Berechnungsgang 4: Max. Durchfluss bei Ausgangswasserstand NN +0,50 m am Bauende (= Stauziel zentraler Speicherraum)																										
P:\01_WE\0964\Pro\0964-11-018-SchwingeZuwaessGraben\080-Bearbeitung\110916-Hydraulik-SpiegellinieSchwinge-MAJ.xls\Stufe 1 - Qerf ab NN+0,50m																										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13	14	14	15	16	17	18	19	20	21				
Station [Nr.]	Δl [km]	Δl [m]	Profil	Q erf. [m³/s]	Sohlhöhe [m+NN]	Bösch.-OK [m+NN]	WSP [m+NN]	Δh_{sp} (gesch.) [cm]	mittl. Bösch.- neig. [1:n]	b_{so} in [m] o. DN in [mm]	b_{Wsp} [m]	A_o bzw. A_u [m²]	A_m [m²]	U_o bzw. U_u [m]	LU_m [m]	r_{hy} [m]	v_m [m/s]	k_{St} [m¹¹/³ /s]	I_E [o/o]	Δh_{sp} (berech.) [cm]	Freibord [m]	Bemerkung				
1	3 + 500	2080	Trapez	0,520	-0,50	1,00	0,50	15,0	1,5	1,50	4,50	3,0	3,4	5,1	5,4	0,6	0,16	25	0,007	14,96	0,50	Neubau				
	1 + 420		Trapez	0,520	-0,50	1,00	0,65		1,5	1,50	4,95	3,7		5,6				25								
2	1 + 420	320	Trapez	0,520	-2,00	1,00	0,65	0,1	1,5	1,50	9,45	14,5	14,5	11,1	11,1	1,3	0,04	25	0,000	0,05	0,35	Bestand				
	1 + 100		Trapez	0,520	-2,00	1,00	0,65		1,5	1,50	9,45	14,5		11,1				25					Moorwettern			
3	1 + 100	700	Trapez	0,520	-2,00	1,00	0,65	0,1	1,5	1,50	9,45	14,5	14,5	11,1	11,1	1,3	0,04	25	0,000	0,10	0,35	Bestand				
	0 + 400		Trapez	0,520	-2,00	1,00	0,65		1,5	1,50	9,45	14,5		11,1				25					Moorwettern			
4	0 + 400	100	Trapez	0,520	-2,00	1,00	0,65	0,0	1,5	20,00	27,95	63,6	63,6	29,6	29,6	2,2	0,01	25	0,000	0,00	0,35	Teich				
	0 + 300		Trapez	0,520	-2,00	1,00	0,65		1,5	20,00	27,95	63,6		29,6				25								
5	0 + 300	100	Trapez	0,520	-2,00	1,00	0,65	0,0	1,5	1,50	9,45	14,5	14,5	11,1	11,1	1,3	0,04	25	0,000	0,01	0,35	Bestand				
	0 + 200		Trapez	0,520	-2,00	1,00	0,65		1,5	1,50	9,45	14,5		11,1				25					Moorwettern			
6	0 + 200	20	Kreis	0,520	-1,00	1,00	0,65	1,0		1200		1,1	1,1	3,8	3,8	0,3	0,46	45	0,052	1,04	0,35	Durchlass				
	0 + 180		Kreis	0,520	-1,00	1,00	0,66			1200		1,1		3,8				45					Grabenweg			
7	0 + 180	180	Trapez	0,520	-1,00	1,00	0,66	0,2	1,5	1,50	6,48	6,6	6,6	7,5	7,5	0,9	0,08	25	0,001	0,21	0,34	Neubau				
	0 + 000		Trapez	0,520	-1,00	1,00	0,66		1,5	1,50	6,49	6,6		7,5				25								
8	0 + 000	100	Kreis	0,520	-1,00	3,00	0,66	13,8		1000		0,8	0,8	3,1	3,1	0,3	0,66	45	0,137	13,75	2,34	Neubau				
	-0 + 100		Kreis	0,520	-1,00	3,60	0,80			1000		0,8		3,1				45					(Düker)			
3.600				30,1				30,11																		

Ergebnis: 30,1 cm erf. Aufstau bis Schwinge / Burggraben
Max. Durchfluss = 0,520 m³/s bei einem Wasserstand von > NN +0,80 m in der Schwinge!

■ = seitliche Verwallung erforderlich

PLANVERZEICHNIS

Anlage	Inhalt	Maßstab
1	Übersichtslageplan	M. 1: 5.000
2	Lageplan - Zuwässerungsgraben Schwinge	M. 1: 1.000