

# **Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg**

Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an  
die Containerschifffahrt

Landschaftspflegerischer Ausführungsplan

Anlage:

Hydraulische Untersuchungen

21.04.2006

**IHP Ingenieurgesellschaft  
Prof. Dr.-Ing. Hoins und Partner GmbH**

Harburger Straße 25  
21680 Stade

Telefon (0 41 41) 52 00-0  
Telefax (0 41 41) 6 40 81  
info@ihp-stade.de

**[www.ihp-stade.de](http://www.ihp-stade.de)**

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	Seite
<b>1 Vorbemerkungen</b>	<b>1</b>
<b>2 Vorgehensweise und Nachweisverfahren</b>	<b>1</b>
2.1 Maßnahmenggebiet Hullen	2
2.2 Maßnahmenggebiet Allwördener Außendeich	3
<b>3 Zusammenfassung und Schlussbemerkungen</b>	<b>6</b>

## **Anhangverzeichnis**

Anhang 1: Hydraulische Nachweise für das Gebiet Hullen

Anhang 2: Hydraulische Nachweise für das Gebiet Allwördener Außendeich

## **1 Vorbemerkungen**

Die naturschutzfachliche Optimierung des Wasserhaushaltes von Binnendeichsflächen im Bereich Hullen sowie die Verstärkung des Tideeinflusses im Bereich Allwörder Außendeich bewirken eine Veränderung der Abflussverhältnisse in bestehenden Gräben und Prielen. Neue Gräben und Priele werden hergestellt. Einzelheiten der landschaftspflegerischen Ausführungsplanung können dem Erläuterungsbericht und den zugehörigen Maßnahmenplänen entnommen werden.

Diese Änderungen führen auch zu Veränderungen der hydraulischen Verhältnisse in diesen Gebieten. Da das Maßnahmenziel eine naturschutzfachliche Aufwertung des Gebietes ist, ist es weder notwendig noch Ziel führend, alle Strömungsprozesse dauerhaft in bestimmter Weise festzulegen. Eine möglichst selbst gesteuerte, naturnahe Entwicklung ist erwünscht. Einzelne Gräben und Prielabschnitte erfüllen neben Naturschutzfunktionen jedoch auch Entwässerungsfunktionen, die nicht aufgegeben werden können und dauerhaft sichergestellt sein müssen. Dieses gilt vorrangig für die Entwässerung in den Deichfußbereichen. Eine Gefährdung der Deichsicherheit infolge dauerhafter Vernässung oder nicht gewährleisteter Ableitung des Oberflächenwassers kann nicht hingenommen werden und ist daher auszuschließen.

Gemäß der Anordnung A.III des Planfeststellungsbeschlusses der WSD Nord (2005) ist eine ordnungsgemäße Entwässerung der in den Kompensationsgebieten liegenden Abschnitte des Hauptdeiches über eine ganzjährig sicherzustellende Vorflut weiterhin zu gewährleisten. Hierzu hat der Träger des Vorhabens (TdV) auf Anforderung der örtlich zuständigen Deichverbände notwendige Räumungen vorzunehmen. Der Zeitpunkt der Räumung wird unter Beteiligung der zuständigen Naturschutzbehörde festgelegt.

## **2 Vorgehensweise und Nachweisverfahren**

Die hydraulischen Untersuchungen legen ihren Schwerpunkt auf die Klärung der Fragestellungen zur Deichentwässerung. Zu unterscheiden sind tideunabhängige, freie Abflussverhältnisse und tidebeeinflusste Systeme.

## 2.1 Maßnahmengbiet Hullen

Im Binnenbereich des Maßnahmengbietes Hullen liegen **tideunabhängige, freie Abflussverhältnisse** vor. Die Fließvorgänge im Graben stellen sich hier in Abhängigkeit vom Energieliniengefälle ein. Abzuführen ist das Oberflächenwasser, welches aus Niederschlagsereignissen resultiert. Der maßgebende Regenabfluss wird für einzelne Grabenabschnitte mit ihren zugehörigen Einzugsgebieten ermittelt. Gewählt wurde ein Regenereignis mit einer Dauer von 15 Minuten und einer einjährigen Wiederkehrzeit. Die Daten werden dem KOSTRA-DWD-Atlas <sup>1</sup> entnommen (Rasterfeld: Spalte 28, Zeile 18 = Nordkehdingen). Die für die Berechnung erforderlichen Flächenparameter wurden aus dem Lageplan abgegriffen bzw. nach der örtlichen Situation festgelegt. Ergänzend wurde überprüft, ob sich ggf. bei Ansatz der sog. Landwirtschaftlichen Abflussspende für die max. Abflussspende HHQ mit  $q_{R, lw.} = 2,5 \text{ l/(s*ha)}$  größere Regenabflüsse ergeben, um den jeweils größeren Wert dann in die weitere Berechnung einzuführen. Die Landwirtschaftliche Abflussspende wurde jedoch in keinem der hier betrachteten Fälle maßgebend.

Die Berechnungen zum Abfluss im Graben erfolgen unter Anwendung der Fließformel nach Manning-Strickler. Die Sohllagen, Böschungsoberkanten und Grabenbreiten wurden für vorhandene Gewässer der im Herbst 2004 durchgeführten Vermessung des WSA Hamburg entnommen. Für neue Gräben sowie bestehende, im Querschnitt jedoch nicht ausreichende Gräben wurden vorläufige Annahmen getroffen und die endgültigen Werte im Rahmen der Berechnung iterativ ermittelt. Als Manning-Strickler-Beiwert wurde ein Wert von  $k_{st} = 30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  (= natürliche Flussbetten, Ufer verkrautet) gewählt.

Ziel der Berechnung ist es, für alle Grabenabschnitte Mindestquerschnitte zu ermitteln, welche ein Abflussvermögen aufweisen, welches mindestens dem rechnerisch ermittelten vorhandenen Regenabfluss entspricht. Als weitere Bedingung wurde festgelegt, dass die max. Fließgeschwindigkeiten im Graben den Wert von  $v = 0,30 \text{ m/s}$  nicht überschreiten sollen. Bei Einhal-

---

<sup>1</sup> Starkniederschlagshöhen für Deutschland – KOSTRA. Deutscher Wetterdienst, GF Hydrometeorologie, Offenbach, 1997.

tung dieses Wertes werden Erosionen der Grabensohle und der Grabenböschungen vermieden. Die Kenngrößen Grabensohle, Wasserspiegellage und Böschungsoberkante werden zudem grafisch dargestellt. So kann leicht überprüft werden, ob an allen Stellen des Grabens ein Abfließen innerhalb des Querschnittes gegeben ist und somit ein Ausuferen vermieden wird.

Die Berechnungen als solche wurden mit Hilfe von Kalkulationstabellen durchgeführt. Diese sind zur Dokumentation dieser Anlage als Anhang 1 beigelegt. Auf eine Erläuterung der Ergebnisse im Einzelnen wird verzichtet. Die erforderlichen Grabenquerschnitte können für jeden Grabenabschnitt den Tabellen entnommen werden, die wichtigsten Kenngrößen der Grabenabschnitte sind in eine zusammenfassenden Tabelle zusammengestellt worden. Der geforderte Nachweis konnte mit den gewählten Querschnittsabmessungen für jeden Grabenabschnitt erbracht werden.

## **2.2 Maßnahmengbiet Allwördener Außendeich**

Im Maßnahmengbiet Allwördener Außendeich sind **tideabhängige Abflussverhältnisse** anzutreffen. In diesem Fall überwiegen die aus dem Tidevolumen in den Gräben und Prielen resultierenden Wassermengen. Wesentlich ist es hier, einen freien Abfluss der Gräben der Deichfußentwässerung in das anschließende Prielsystem und weiter bis in die Elbe zu gewährleisten. Maßgebend sind dabei die Situationen, in denen das Wasser der Elbe in die Gräben und Priele vordringt, jedoch noch nicht zu einer flächenhaften Überflutung des gesamten Außendeichgeländes führt. In dem letztgenannten Fall ändern sich die Fließverhältnisse grundsätzlich, der Querschnitt eines einzelnen Grabens oder Priels ist dann nicht mehr maßgebend.

Nachgewiesen wurden die Abflussquerschnitte für die Entleerung der Priele und Gräben für eine mittlere Tide bei Ebbe, also der Entwässerungsfall. Die erforderlichen Querschnitte der Priele wurden anhand einer hydraulischen Berechnung ermittelt. Die Sohlagen, Böschungsoberkanten und Grabenbreiten wurden für vorhandene Gewässer der im Herbst 2004 durchgeführten Vermessung des WSA Hamburg entnommen. Für neue Gräben und Priele sowie bestehende, im Querschnitt jedoch nicht ausreichende Gräben wurden vorläufige Annahmen getroffen und im Rahmen der Berechnung iterativ die endgültigen Werte ermittelt. Die so gefundenen

Mindestquerschnitte werden laut Vermessung in einzelnen Bereichen bereits durch Übertiefen in vorhandenen Gräben übertroffen. Diese abschnittsweise auftretenden Übertiefen wurden rechnerisch nicht in Ansatz gebracht und werden im Laufe der Zeit aufschlickern, bis die Anschlusshöhen erreicht sind. Die Sohlhöhe des neuen Hauptprieles wurde mit Blick auf die in etwa bestehende Sohlhöhe des Priels im Mündungsbereich auf NN + 0,50m festgelegt. Damit sollen aufwendige Baggerungen im Wattsockel vermieden werden. Auch ist damit zu rechnen, dass gebaggerte, über die bestehenden Querschnitte hinausgehende Profile im Wattbereich nicht von Dauer wären und laufende Unterhaltungsmaßnahmen nach sich ziehen würden. Das soll vermieden werden.

Um die Sedimentumlagerungen in den Prielen in Grenzen zu halten, wurden die maximalen Strömungsgeschwindigkeiten durch entsprechende Wahl der Abflussquerschnitte auf i.d.R.  $v = 0,50$  m/s begrenzt. Kurzzeitige geringe Überschreitungen wurden in Einzelfällen zugelassen, da überdimensionierte Prielquerschnitte vermieden werden sollen und sich infolge Umlagerungen und Erosion diese Strömungsspitzen abbauen werden. In den meisten Prielabschnitten liegen die Fließgeschwindigkeiten deutlich geringer. Ergänzend wurde nachgewiesen, dass das kritische Energiehöhengefälle im Regelfall unterhalb des errechneten Energiehöhengefälles verbleibt, so dass sich – abgesehen von einigen unteren Prielabschnitten - kein nennenswerter Sedimenttransport einstellen wird. Dieses schließt lokale Umlagerungsprozesse nicht aus. Es wurde darauf geachtet, dass diese Bedingung im Deichgraben und in den deichnahen Graben- und Prielabschnitten in allen Fällen eingehalten ist.

Im Einzelnen liegen den Berechnungen folgende weitere Berechnungsansätze und Annahmen zu Grunde:

- Die Tidekurve wurde für die Abschätzung der Abflussverhältnisse als Cosinus-Funktion abgebildet. Hierbei wurde eine Tidedauer von 12,4 Stunden, ein MThw von NN +1,50 m, ein MTnw von NN –1,40 m angesetzt. Der maximale Abfluss aus den einzelnen Priel- und Grabenabschnitten ergibt sich für jeden Zeitpunkt t aus der Multiplikation der Wasserspiegelhöhe  $A(t)$  mit dem Differentialquotient  $dh(t)/dt$  aus der Tidekurve. Die Veränderung des Außenwasserspiegels  $dh(t)/dt$  ist bei mittlerem Wasserstand (etwa NN  $\pm$  0,0 m) am größten.

- Der Wasserstand in den Priel- und Gräben korrespondiert mit dem Außenwasserstand der Elbe.
- Zeitliche Verzögerungen der Wasserspiegelangleichung durch sich einstellende Energiehöhen-/Wasserspiegelgefälle werden aufgrund der kurzen Priel- und Grabenstrecken und der großzügig bemessenen Querschnitte vernachlässigt.
- Die Priele und Gräben erhalten ein Trapezprofil mit der Böschungsneigung 1 : 2. Flachere Böschungen können realisiert werden, sie führen zu einem größeren Abflussquerschnitt und damit höheren Abflussvermögen.
- Als Manning-Strickler-Beiwert wurde ein Wert von  $k_{st} = 48 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  (= Erdkanäle: Sand, Ton) gewählt.
- Es werden geradlinige Priel- und Grabenabschnitte mit konstantem Sohlgefälle und Abflussquerschnitt betrachtet. Für die Rauigkeit des Prielbettes wird ein feinkörniges Material angenommen. Strömungsverluste aus Unregelmäßigkeiten im Prielbett und Kurven werden vernachlässigt.
- Nachgewiesen wurden jeweils am Priel- bzw. Grabenanfang und –ende für unterschiedliche Zeitpunkte zwischen Flut- und Niedrigwasserscheitel folgende Parameter:
  - + Wasserspiegellage,
  - + Wassertiefe,
  - + Abflussquerschnitt,
  - + Wasserfläche,
  - + Wasservolumen,
  - + Differentialquotient  $dh(t)/dt$ ,
  - + Abfluss,
  - + Fließgeschwindigkeit,
  - + Energiehöhengefälle und
  - + kritisches Energiehöhengefälle (kennzeichnet den Bewegungsbeginn kohäsionsloser Lockersedimente).

Die Berechnungen als solche wurden mit Hilfe von Kalkulationstabellen durchgeführt. Diese sind zur Dokumentation dieser Anlage als Anhang 2 beigelegt. Auf eine Erläuterung der Ergebnisse im Einzelnen wird verzichtet. Die erforderlichen Priel- und Grabenquerschnitte kön-

nen für jeden Abschnitt den Tabellen entnommen werden, die wichtigsten Kenngrößen sind in einer Tabelle zusammengestellt worden. Der geforderte Nachweis konnte mit den gewählten Querschnittsabmessungen für jeden Abschnitt erbracht werden.

### **3 Zusammenfassung und Schlussbemerkungen**

In der vorliegenden Anlage zum Landschaftspflegerischen Ausführungsplan wurden hydraulische Untersuchungen durchgeführt. Hierbei wurde der Nachweis geführt, dass die geplanten Maßnahmen in den Gebieten Hullen sowie Allwördener Außendeich bei Beachtung der in den Berechnungen getroffenen Annahmen zu Grabenquerschnitten und sonstigen baulichen Aspekten die Entwässerung der Deichkörper nicht beeinträchtigen. Die ermittelten Mindestquerschnitte sind im Rahmen der Bauausführung herzustellen, soweit sie nicht bereits heute vorhanden sind.

Die Graben- und Gewässerquerschnitte sind so ausgelegt, dass das System in sich funktionsfähig ist und eine Beeinträchtigung benachbarter Anlagen außerhalb der Kompensationsflächen nicht eintritt.

In den Planungsgebieten ist mit einer hohen Sedimentfracht des Wassers der Elbe zu rechnen. Mittelfristig kann es daher zu einer Verschlickung der Graben- und Prielsysteme kommen, welche die hydraulische Leistungsfähigkeit der Gewässer beeinträchtigen. Es wird daher empfohlen, die Gräben auch weiterhin einer regelmäßigen Grabenschau zu unterwerfen und ggf. Unterhaltungsmaßnahmen durchzuführen, welche eine geregelte Entwässerung sicherstellen.

Stade, 21.04.2006

IHP Ingenieurgesellschaft Prof. Dr.-Ing. Hoins und Partner GmbH

ppa.

i.A.

.....  
Dipl.-Ing. Smidt

.....  
Dipl.-Ing. Majehrke



## **Anhang 1**

**zur Anlage „Hydraulische Untersuchungen“**

**Hydraulische Nachweise für das Gebiet Hullen**

## **Anhang 2**

**zur Anlage „Hydraulische Untersuchungen“**

**Hydraulische Nachweise für das Gebiet Allwördener Außendeich**