

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Article, Published Version

Schüttrumpf, Holger; Kahlfeld, Andreas

Hydraulische Wirkungsweise des JadeWeserPorts

Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/102630>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Schüttrumpf, Holger; Kahlfeld, Andreas (2003): Hydraulische Wirkungsweise des JadeWeserPorts. In: Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau 86. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 43-47.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Hydraulische Wirkungsweise des JadeWeserPorts

DR.-ING. HOLGER SCHÜTTRUMPF, DR.-ING. ANDREAS KAHLFELD, BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU, DIENSTSTELLE HAMBURG, REFERAT ÄSTUARSYSTEME I

1 Vorbemerkungen

Vor dem Hintergrund des anhaltenden stetigen Wachstums im internationalen Containerverkehr, des Wachstums der Schiffgrößen und damit einhergehend der veränderten Logistiksysteme ist an der Innenjade in Wilhelmshaven vor dem Voslapper Groden der Bau des Tiefwassercontainerterminals „JadeWeserPort“ geplant. Mit diesem Hafenneubau soll neben den etablierten Containerterminals in Hamburg und Bremerhaven ein neuer Standort erschlossen werden, der angesichts seiner geographischen Lage und seines konkurrenzlos tiefen Fahrwassers als Transshipment-Hafen vornehmlich für den Ostseeraum und das Baltikum konzipiert ist. Der JadeWeserPort soll zu den weltweit wenigen ausgewählten Anlaufhäfen für sehr große Containerschiffe auf den stark frequentierten Atlantik- und Fernostrouten zählen, von denen aus die weitere Verteilung der Container mit kleineren Feederschiffen erfolgt (*Hub and Spoke System*). Nach dem aktuellen Stand der Planungen kennzeichnet den Hafen insbesondere eine Stromkaje von 1.725 m nutzbarer Länge, eine Sollsohlentiefe von SKN -18 m in der Zufahrt und eine Hafenfläche von rd. 320 ha (Bild 1).

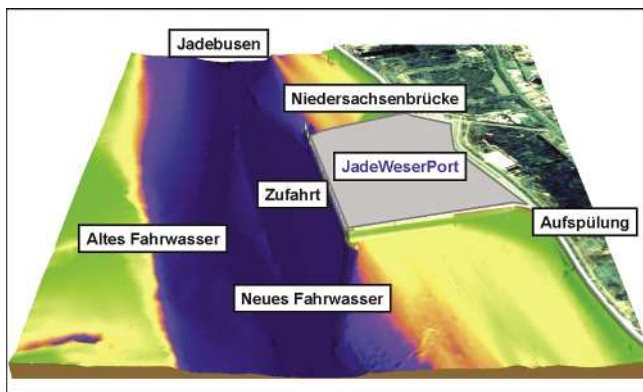


Bild 1: JadeWeserPort

Die Bundesanstalt für Wasserbau, Dienststelle Hamburg (BAW DH), begleitet das Vorhaben eines Tiefwassercontainerterminals hinsichtlich der wasserbaulichen Fragestellungen bereits seit 1998 über die verschiedenen Planungsphasen hinweg und für verschiedene Auftraggeber. Schon im Rahmen der von der Wilhelmshaverer Hafenwirtschaftsvereinigung e.V. initiierten Machbarkeitsstudie „Jade-Port“ (Projektkonsortium „Jade-Port“ 2000) wurden die im Ergebnis positiven grundlegenden hydraulischen Untersuchungen zur technischen Realisierbarkeit durchgeführt. Auch in der unmittelbar nach der Veröffentlichung der Machbarkeitsstudie aufkommenden Standortdiskussion im Jahr 2000

trug die BAW mit Modelluntersuchungen zum Alternativstandort Cuxhaven und objektiven Aussagen zur Verschlichung der Thematik und zur Entscheidungsfindung bei.

Für die Vorbereitung des anstehenden Planfeststellungsverfahrens wurde die BAW im Jahr 2002 dann vom Träger des Vorhabens, der JadeWeserPort Entwicklungsgesellschaft mbH, mit der Fortsetzung der wasserbaulichen Untersuchungen hinsichtlich folgender Kriterien beauftragt.

- Vertiefung der Hafenzufahrt auf SKN -18 m
- Formänderung der Hafenfläche
- Veränderung der Kajenlage bei verschwenktem Fahrwasser

Um die Auswirkungen der modifizierten Planung auf die Tidedynamik der Jade und damit auf die zu erwartenden Auswirkungen auf

- das Ökosystem Jade-Weser-Ästuar,
- die Unterhaltungssituation des Jade-Fahrwassers sowie
- die Nachbarbetroffenheiten (Umschlagbrücken, Hafeneinfahrten, etc.)

zu minimieren, war eine Optimierung der Kajenlage in der Innenjade unter Berücksichtigung der zukünftigen Unterhaltungssituation im Zufahrtsbereich und im Fahrwasser sowie nautischer Randbedingungen erforderlich.

Im Folgenden soll die hydraulische Wirkungsweise des JadeWeserPorts dargestellt und anhand von Modellergebnissen belegt werden, um das Ergebnis der Optimierungsuntersuchungen darzustellen.

Die Tidedynamik der Innenjade und des Jadebusens für den heutigen Zustand (ohne den JadeWeserPort) wurde umfassend von LANG (2003) im gleichen BAW-Mitteilungsheft beschrieben.

2 JadeWeserPort-Modell

(a) Modellgitter

Das Modellgebiet (s. Bild 2) wurde für die Untersuchungen mit dem dreidimensionalen hydrodynamisch-numerischen Modell UNTRIM-3D durch ca. 3 Mio. Elemente mit einer vertikalen Auflösung von 1 m (unterhalb von NN-30 m wurde eine vertikale Auflösung von

2 m gewählt) und einer horizontalen Auflösung zwischen ca. 10 m und 2.200 m nachgebildet. Fein aufgelöst wurde insbesondere die Innenjade, um die Prozesse im Nahbereich des JadeWeserPorts naturnah nachbilden zu können.

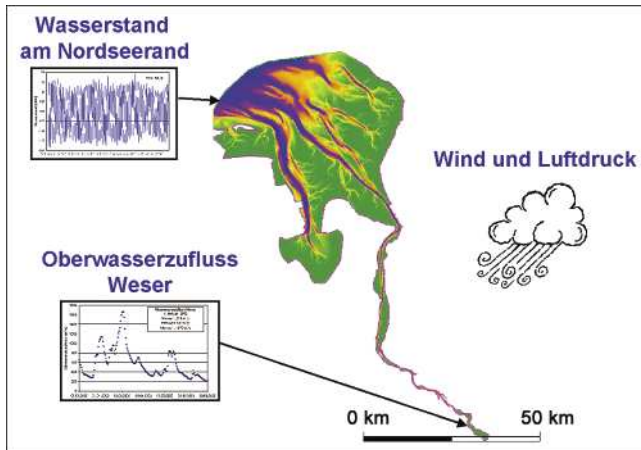


Bild 2: Modellgebiet und Randwerte

(b) JadeWeserPort

Form und Lage des JadeWeserPorts sowie die Gestaltung der Zufahrt und der verlegten Fahrrinne wurden im Modell berücksichtigt. Dazu wurden die folgenden Elemente für den **Ausbauzustand** nachgebildet:

- Kaje mit 1.725 m nutzbarer Länge
- Nördliche und südliche Bauwerksflanken mit Böschungen
- Nördliche Kajenspundwand und Unterwasserspundwand
- Zufahrtsbereich mit Sohlentiefe von SKN -18 m
- Verschwenkung des Fahrwassers
- Nördliche und südliche Wattflächen im Anschlussbereich der Flanken an den Voslapper Seedeich

(c) Randwerte

Für die Steuerung des Modells wurden Randwerte verwendet, die hinsichtlich der Strömungen und Wasserstände einen charakteristischen Systemzustand der Jade repräsentieren und den Zeitraum eines Nipp-Spring-Zyklus abdecken. Als Simulationszeitraum wurde der 31. Mai 2002 bis 15. Juni 2002 gewählt. Es wurden die folgenden Daten für die Simulationen verwendet:

- Wasserstände am offenen, seeseitigen Modellrand, die während des Simulationszeitraumes auf dem Modellrand gemessen wurden,
- Tägliche Mittelwerte des Oberwasserzuflusses für den Simulationszeitraum am Pegel Intschede,
- Stündliche Winddaten aus dem Lokalen Modell (LM) des Deutschen Wetterdienstes (DWD), die vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) zur Verfügung gestellt wurden.

Weitere Zuflüsse zum Jade-Weser-Ästuar wurden nicht berücksichtigt, da sie keinen nennenswerten Beitrag zur Tidedynamik der Innenjade liefern und somit ohne Verlust der Prognosefähigkeit in der Modellierung vernachlässigt werden können.

3 Hydraulische Wirkungsweise des JadeWeserPorts

Für die Beurteilung der hydraulischen Wirkungsweise des JadeWeserPorts sind die physikalischen Prozesse von Bedeutung, die durch die einzelnen Elemente des JadeWeserPorts beeinflusst werden:

- Neues Fahrwasser und Zufahrtsbereich
- Bauwerksflanken
- Kajenlage

Die großräumigen ausbaubedingten Änderungen der abiotischen Systemparameter infolge des JadeWeserPorts ergeben sich aus der nichtlinearen komplexen Interaktion der verschiedenen hydraulischen Prozesse, die im **Ausbauzustand** durch das neue Fahrwasser, den Zufahrtsbereich, die Kajenlage und die Bauwerksflanken verursacht werden.

Im Folgenden soll jeweils die individuelle Wirkung der verschiedenen Hauptelemente des JadeWeserPorts auf die Tidedynamik dargestellt werden, bevor abschließend eine Aussage hinsichtlich ihrer Interaktion gemacht wird.

3.1 Neues Fahrwasser und Zufahrtsbereich

Zunächst soll nur die Wirkung des neuen Fahrwassers und des Zufahrtsbereichs auf die Tidedynamik der Jade betrachtet werden. Neues Fahrwasser und Zufahrtsbereich wirken aus hydraulischer Sicht wie eine lokale Vertiefung der Innenjade. Auf Grund der erhöhten Wassertiefen nehmen die Flut- und Ebbestromgeschwindigkeiten in unmittelbarer Nähe der Vertiefung ab. Außerdem reflektieren die Böschungen des Neuen Fahrwassers und des Zufahrtsbereichs die Tideenergie, wodurch es zu einer Abnahme des Tidehubs südlich des Zufahrtsbereichs kommt. Dieser Effekt wird überlagert vom Einfluss der Sohlreibung, der bei zunehmender Wassertiefe abnimmt. Mit abnehmender Sohlreibung bei zunehmender Wassertiefe kann mehr Tideenergie in den Jadebussen einschwingen und der Tidehub nimmt zu. Tendenziell wird der Einfluss der Energiedissipation infolge Vertiefung den Einfluss abnehmender Sohlreibung überlagern, sodass das neue Fahrwasser und der Zufahrtsbereich zu einer Verringerung des Tidehubs im Jadebussen führen.

3.2 Bauwerksflanken

Die nördlichen und südlichen Bauwerksflanken des JadeWeserPorts wirken aus hydraulischer Sicht wie eine partielle Abdämmung der Innenjade, wodurch die Flut- und Ebbeströmungen umgelenkt werden. Durch die Strömungsumlenkung an den Bauwerksflanken entstehen bei voll entwickelter Flut- bzw. Ebbeströmung Strömungswalzen, die bei Flutstrom rechtsdrehend und bei Ebbestrom linksdrehend sind. Die Strömungsumlenkung bewirkt weiterhin (Bild 3 und Bild 4):

- eine Reduktion der Strömungsgeschwindigkeiten im Strömungsschatten des JadeWeserPorts sowie
- eine Reduktion der Strömungsgeschwindigkeiten im Anströmbereich auf Grund der Stauwirkung des Bauwerks,
- eine Dissipation der Tideenergie.

Aus morphologischer Sicht führen die reduzierten Strömungsgeschwindigkeiten zu

- einer verstärkten Sedimentation und zu einer Anpassung der Küstenlinie an die Stromlinien sowie
- zu Anlandungserscheinungen im Zentrum der Strömungswalzen (Teetasseneffekt)

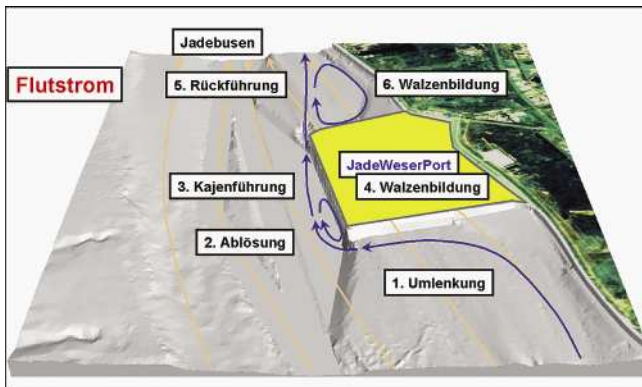


Bild 3: Umlenkung des Flutstroms durch den JadeWeser-Port

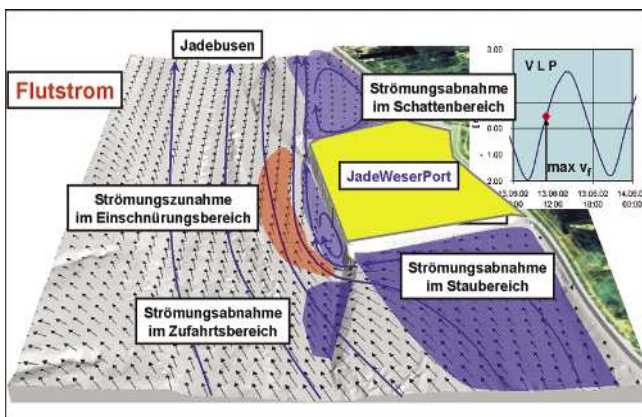


Bild 4: Auswirkungen der Strömungsumlenkung auf die Flutstromgeschwindigkeiten

Außerdem kommt es an den Kajenenden zu einer Strömungskonzentration, die u. U. zu Auskolkungen führen können.

3.3 Lage der Stromkaje

Die Lage der Kaje schnürt die Innenjade ein und wirkt somit aus hydraulischer Sicht wie eine lokale Verengung der Tiderinne, sodass die Flut- und Ebbestromgeschwindigkeiten vor der Kaje zwangsläufig zunehmen müssen. Ferner bewirkt eine Querschnittsverengung eine erhöhte Energiedissipation, die den Tidehub im Jadebusen abnehmen lässt. Überlagert wird dieser Effekt durch die Veränderung der Schwingungsverhältnisse in der Jade. Physikalisch wirkt der Jadebusen als Reflexionsstelle, an der die Tidewelle reflektiert wird. Dies lässt sich an der Zunahme des Tidehubs von der Nordsee zum Jadebusen hin erkennen. Der JadeWeserPort reflektiert bereits einen Teil der ankommenden Tideenergie, die restliche Tideenergie wird durch den Jadebusen reflektiert. Die vom Jadebusen reflektierte Tideenergie wird nun teilweise erneut durch den JadeWeserPort reflektiert bzw. fließt zurück in die Nordsee. Dadurch entsteht zwischen dem JadeWeserPort und dem Jadebusen ein zusätzliches Schwingungssystem. Insgesamt wirkt die Überlagerung der ausbaubedingten Änderung der Energiedissipation zusammen mit der Änderung des Schwingungsverhaltens.

3.4 Nichtlineare Interaktion der ausbaubedingten hydraulischen Prozesse

Die großräumigen ausbaubedingten Änderungen der abiotischen Systemparameter infolge des JadeWeserPorts ergeben sich aus der nichtlinearen Überlagerung der verschiedenen Einzeleffekte, die im **Ausbaustand** durch das neue Fahrwasser, den Zufahrtsbereich, die Kajenlage und die Bauwerksflanken verursacht werden. Auf Grund der Komplexität der Topographie des Jade-Weser-Ästuars sowie der nichtlinearen physikalischen Prozesse bei der Ausbreitung einer Tidewelle ist eine einfache lineare Überlagerung der jeweiligen hydraulischen Wirkungen der einzelnen Elemente des JadeWeserPorts nicht möglich, sondern kann nur auf der Grundlage eines hochauflösenden hydrodynamisch-numerischen Modells vorgenommen werden, das sowohl die komplexe Topographie als auch die nichtlinearen physikalischen Prozesse berücksichtigt. Dies gilt insbesondere, wenn die Auswirkungen einzelner Elemente, wie z. B. die Auswirkungen infolge Fahrwasserverlegung/Hafenzufahrt und Kajenlage, gegenläufig sind und somit die großräumigen ausbaubedingten Änderungen minimiert werden können. Auf Grund der Ausführungen in den Abschnitten 3.1 bis 3.3 ergibt sich,

- dass sich die ausbaubedingten Änderungen auf Grund der gegenläufigen physikalischen Wirkung von Vertiefung (Fahrwasser und Zufahrtsbereich)

und Verengung (Kajenvorbau) auf den Nahbereich des JadeWeserPorts konzentrieren,

- dass es auf Grund des veränderten Schwingungsverhaltens zu einer Zunahme des Tidehubs im Bereich der südlichen Bauwerksflanke und zu einer Abnahme des Tidehubs im Bereich der nördlichen Bauwerksflanke kommt,
- dass die Strömungsumlenkung an den Bauwerksflanken sowohl die Wasserstände als auch die Strömungsgeschwindigkeiten lokal beeinflusst,
- dass es im Strömungsschatten des Bauwerks bei vollentwickelter Flut- und Ebbeströmung zu Strömungswalzen kommt,
- dass sich die an den Bauwerksflanken umgelenkte Strömung an den Ecken der Kaje ablöst und somit vor der Kaje eine Zone geringer Strömungsgeschwindigkeiten entsteht.

4 Ausgewählte Modellergebnisse

Alle Modellergebnisse wurden auf der Grundlage einer vollständig dreidimensionalen hydrodynamisch-numerischen Simulation mit Untrim-3D ermittelt.

Auf Grund des Verbaus der Innenjade sowie der veränderten Schwingungsverhältnisse werden geringe Änderungen der Wasserstandsparameter in der Jade prognostiziert. Bild 5 zeigt, dass sich der Tidehub nur in den Bereichen Schillig-Mellum und südlich des JadeWeserPorts in der Größenordnung zwischen 0,5 cm und 1,0 cm ändert. Unmittelbar nördlich des JadeWeserPorts kommt es auf Grund des veränderten Schwingungsverhaltens zu einer Abnahme des Tidehubs. In den übrigen Bereichen liegen die ausbaubedingten

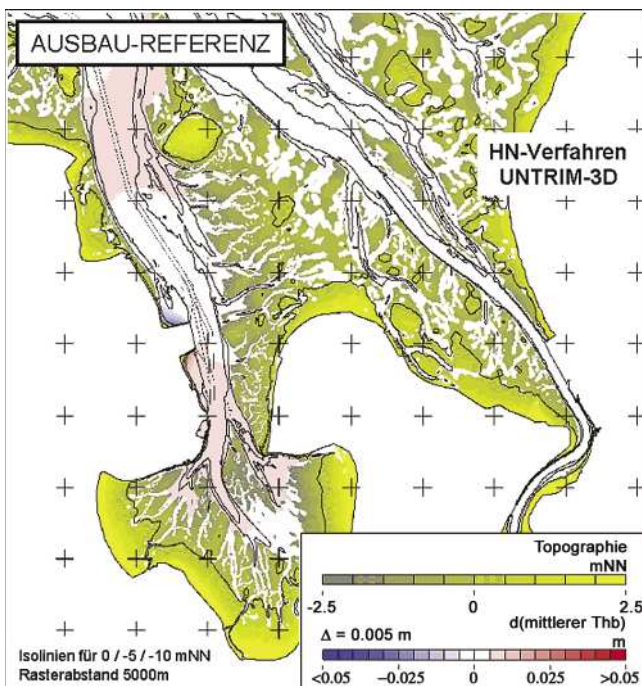


Bild 5: Ausbaubedingte Änderungen des mittleren Tidehubs

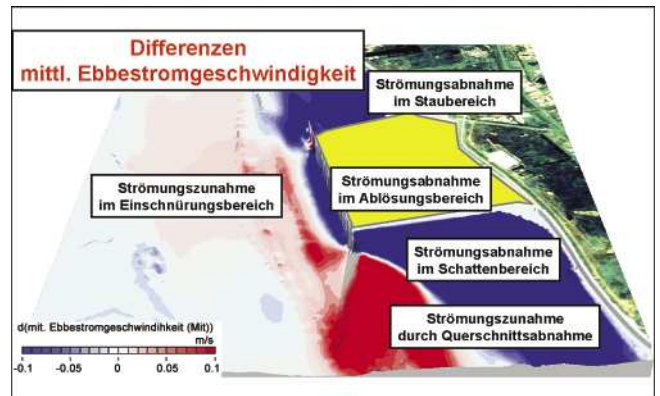


Bild 6: Ausbaubedingte Änderungen der mittleren Ebbestromgeschwindigkeiten

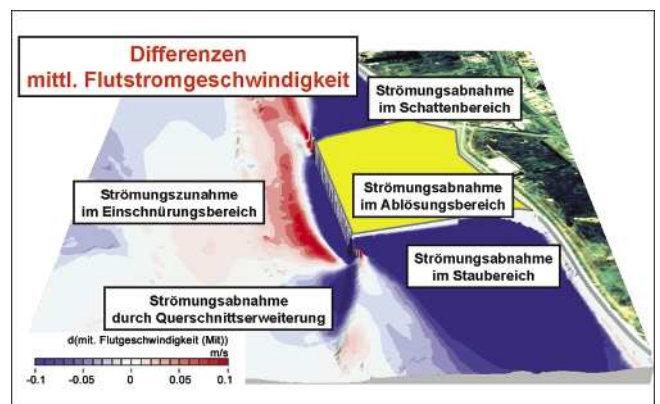


Bild 7: Ausbaubedingte Änderungen der mittleren Flutstromgeschwindigkeiten

Änderungen (Differenz Ausbauzustand - Referenzzustand) unterhalb des gewählten Schwellenwertes für die Darstellung von 0,5 cm.

Mit der Umlenkung der Flut- und Ebbeströmung kommt es zu Zu- und Abnahmen der Strömungsgeschwindigkeiten, die in Bild 6 und Bild 7 wiedergegeben werden. Änderungen der mittleren- Flut- und Ebbestromgeschwindigkeiten beschränken sich auf den Nahbereich des JadeWeserPorts, d. h. auf die südliche Innenjade. Nördlich und südlich des JadeWeserPorts treten auf Grund der Stau- bzw. Schattenwirkung des Hafengeländes Strömungsabnahmen auf, die mit lokalen Sedimentationserscheinungen verbunden sein werden. Im Zufahrtbereich vor der Kaje bewirkt die Strömungseinschnürung eine Zunahme der Strömungsgeschwindigkeiten bei Flut- und bei Ebbestrom. Unmittelbar entlang der Kaje ruft die Strömungsablösung Abnahmen in der Strömungsgeschwindigkeit hervor.

In den Übergangsbereichen von der vorhandenen Sohle zum eingeschnittenen Zufahrtsbereich kommt es bei Flutstrom zur Verringerung der Strömungsgeschwindigkeiten. Entsprechend bewirkt der Ebbestrom auf Grund der Wassertiefenabnahme vom Zufahrtsbereich in den ungestörten Bereich der Heppenser Rinne eine Erhöhung.

Ergebnisse zu weiteren Tideparametern sind auf der Internet-Homepage der Bundesanstalt für Wasserbau, Dienststelle Hamburg, zu finden.

5 Schlussbemerkungen

Die Kajenlage des JadeWeserPorts wurde auf der Grundlage hydrodynamischer Simulationen optimiert, um die Auswirkungen des Bauwerks auf das Tide- und Ökosystem Jade und die Nachbarbetroffenheiten zu minimieren.

Die Ergebnisse der wasserbaulichen Systemanalyse zu den ausbaubedingten Änderungen der Tidedynamik infolge JadeWeserPort können wie folgt zusammengefasst werden:

- Keine signifikanten Änderungen der Tidekennwerte in Weser, Jadebusen und Außenweser
- Örtlich begrenzte Änderungen der Tidekennwerte in der Innenjade
- Anhebung der Fließgeschwindigkeiten im Zufahrtsbereich und im neuen Jadefahrwasser
- Günstige Voraussetzungen für das Freibleiben des Zufahrtsbereiches und des neuen Fahrwassers
- Sedimentationen im Stau- und Schattenbereich des JadeWeserPorts

Literatur

BAW (2002): JadeWeserPort – Voruntersuchungen zur hydraulischen Optimierung von Kajenlage, Fahrwasser und Zufahrtsbereich. Gutachten BAW-Internetseiten

(a) Dokumentation Untrim
<http://www.hamburg.baw.de/pkb/untrim/untrim-de.htm>

(b) Kolloquiumsvorträge vom 19.06.03 JadeWeserPort
<http://www.hamburg.baw.de/talk/PDF/v19062003-tidhs-de.pdf>

(c) Vorstellung des JadeWeserPort-Projektes
<http://www.hamburg.baw.de/talk/PDF/v19062003-bs-de.pdf>
<http://www.hamburg.baw.de/talk/PDF/v19062003-pr-de.pdf>
<http://www.hamburg.baw.de/talk/PDF/v19062003-hr-de.pdf>

CASULLI, V., WALTERS, R.A. (2000): An unstructured grid, three-dimensional model based on the shallow water equations; International Journal for Numerical Methods in Fluids; Vol. 32, No. 3; S. 331-348

LANG, G. (2003) Ein Beitrag zur Tidedynamik der Innenjade und des Jadebusens (in diesem BAW-Mitteilungsblatt)

Projektkonsortium „Jade-Port“ IBP-ISL-PTC (2000): JadePort – Machbarkeitsstudie für einen Container- und Mehrzweckhafen in Wilhelmshaven. Erstellt für: Hafendienst Wilhelmshaven GmbH

SNIPPE, B. (2003) JadeWeserPort: HANSA, 140. Jahrgang, Heft 5