

Dipl. Naut. Kapitän  
Hermann von Morgenstern  
Kulenkampffallee 117  
28213 Bremen  
Germany

Email: hermann.vonmorgenstern@t-online.de

## SIMULATIONS-STUDIE

# Neubau fünfte Schleusenkommer im Bereich der NOK-Schleusen Brunsbüttel

## ABSCHLUSSBERICHT

Band 1 von 7



## BERICHTSTEIL

30. Mai 2008

Projekt: 917 –WSA-2007

Client:



Wasser- und Schifffahrtsamt  
Brunsbüttel

Author:

Dipl.Naut. Kapt. Hermann von Morgenstern

Document:

917\_WSA\_VOL1\_Bericht\_30MAY2008.pdf  
Rev. F3.3.11 30.Mai 2008



# INHALTSVERZEICHNIS

<b>0</b>	<b>KURZFASSUNG (MANAGEMENT SUMMARY)</b>	<b>4</b>
0.1	AUFGABENSTELLUNG UND METHODIK	5
0.2	LAUFDURCHFÜHRUNG	5
0.3	VARIANTE 1	6
0.3.1	<i>Geometrie der Variante 1</i>	7
0.3.2	<i>Ergebnisse Variante 1</i>	8
0.4	VARIANTE 3	11
0.4.1	<i>Geometrie der Variante 3</i>	11
0.4.2	<i>Ergebnisse Variante 3</i>	12
0.5	VARIANTEN-VERGLEICH	15
0.6	FAZIT -UNTERSUCHUNGSPHASE 1	18
0.7	VARIANTE 4	21
0.7.1	<i>Geometrie der Variante 4</i>	21
0.7.2	<i>Ergebnisse Variante 4</i>	22
0.8	EMPFEHLUNGEN -UNTERSUCHUNGSPHASE 2	24
	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b>	<b>27</b>

## **BERICHTSUMFANG (vollständig auf DVD)**

---

<b>Volume-1</b>	<b>Berichtsband</b>	<b>234 Seiten</b>
<b>Volume-2</b>	<b>Datenplotts (V0/V1)</b>	<b>192 Seiten</b>
<b>Volume-3</b>	<b>Datenplotts (V3/V4)</b>	<b>334 Seiten</b>
<b>Volume-4</b>	<b>Dokumentation (V0/V1)</b>	<b>198 Seiten</b>
<b>Volume-5</b>	<b>Dokumentation (V3/V4)</b>	<b>300 Seiten</b>
<b>Volume-6</b>	<b>Strömungsdaten (V0/V1)</b>	<b>168 Seiten</b>
<b>Volume-7</b>	<b>Strömungsdaten (V3/V4)</b>	<b>148 Seiten</b>

### **Anmerkung**

- **Alle Berichtsbände sind für doppelseitigen Druck ausgelegt auf dem auch die Seitenzahlen basieren.**

Bericht erstellt am 30.Mai 2008 von

**Dipl.Naut. Kapitän**  
**Hermann von Morgenstern**  
**Kulenkampffallee 117**  
**28213 Bremen**

**Bremen, den 30.5.2008**



(H.v.Morgenstern)

**Simulations-Studie**  
**„Neubau 5. Schleuse Brunsbüttel“**  
**Kurzfassung**

**Dipl.Naut. Kapitän**  
**Hermann von Morgenstern**

Date: 30. Mai 2008

## **0 KURZFASSUNG (MANAGEMENT SUMMARY)**

In der Zeit vom 31. Oktober 2007 bis 14. Dezember 2007 wurden an 12 Simulationstagen im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamts Brunsbüttel Simulationen im Rahmen der Untersuchung

**NEUBAU 5. SCHLEUSENKAMMER**  
**im Bereich der**  
**NOK-SCHLEUSEN IN BRUNSBÜTTTEL**

an der Simulationsanlage der Hochschule Bremen (Institut für maritime Simulation) durchgeführt. Die Projektleitung der Simulationsdurchführung oblag hierbei dem Verfasser dieses Berichtes.

Die Durchführung der Simulationen erfolgte in vier Abschnitten zu je 3 Tagen, wobei die im weiteren Verlauf dieses Berichtes noch näher zu beschreibende Variante 1 (Erhalt der Mole 3) und Variante 3 (großer Versatz der Mole 3) näher zu untersuchen waren in Hinblick auf die Beurteilung der jeweiligen nautisch/technischen Machbarkeit des Ein- und Auslaufens. Daneben wurden auch Untersuchungsläufe in der heutigen IST-Situation gefahren, um Vergleichsgrößen dahingehend zu ermitteln, inwieweit die nautischen Prozeduren der unterschiedlichen Planungsvarianten (V1 und V3) vom IST-Zustand abweichen. Daneben galt es zu prüfen, ob zusätzliche Optimierungsmaßnahmen für eine weitere effiziente Gestaltung des Vorhafens und des Zufahrtbereiches zur 5. Schleuse möglich sind.

Aus den evaluierten Simulationsläufen der Planungsvarianten 1 und 3, zusammengefasst im Zwischenbericht vom 17. Januar 2008, haben sich zur weiteren Verbesserung der nautischen Machbarkeit der durchzuführenden Manöver Optimierungsgrößen für eine weitere Variante ergeben.

Die so entstandene Variante 4 (lange Mole 2) wurde in einer weiteren Simulationsuntersuchung (20.- 22.Februar 2008) evaluiert. Die Auswertung und Bewertung der Laufergebnisse dieser Variante 4 sind in dem neuen Kapitel 8 dieses Berichtes zusammengefasst, sodass alle Bewertungsergebnisse in einem Berichtsband vorliegen.

## **0.1 Aufgabenstellung und Methodik**

Die Aufgabenstellung dieser Simulationsuntersuchung war wie folgt definiert:

- **Durchführung und Dokumentation von nautischen Fahrversuchen zur Untersuchung der nautisch sichersten aber auch effizientesten baulichen Gestaltung des Vorhafens und der weiteren Zufahrt zur 5. Schleuse mit Hinsicht auf die Formgebung, Bauausführung, der geplanten Bathymetriem, der zur Verfügung zu stellenden Schleppkraft und den äußeren Randbedingungen bezüglich Wind und Strom, mit dem noch ein sicheres Anlaufen und Verlassen der 5.Schleuse und des Vorhafens gewährleistet ist.**

Zur Bewertung der einzelnen Simulationsläufe wurde das so genannte "Expert Rating" verwendet. Im Gegensatz zur Analyse nach statistischen Verfahren, die nur auf der Grundlage vieler Simulationsläufe (mindesten ein "kleines Sample" mit 10 Läufen) unter identischen Bedingungen möglich ist, wird bei dem hier verwendeten Verfahren jeder Lauf individuell von Experten bewertet. Die fachkundigen Beobachter waren dabei

- **Experten der WSD-Nord**
- **Experten des WSA-Kiel Brunsbüttel**
- **Experten der Lotsenbrüderschaft NOK I**
- **Experten der Lotsenbrüderschaft Elbe** und der
- **Projektleiter der Simulation** (Verfasser dieses Berichts)

Die für die Untersuchung bzw. den jeweiligen Simulationslauf relevanten Aussagen der beteiligten Experten wurden in den Debriefinggesprächen ausführlich diskutiert und abschließend dokumentiert. Daneben wurden während der Versuchsläufe bestimmte, sorgfältig ausgesuchte physikalische Simulationsdaten in regelmäßigen Intervallen (1 Sekunde) aufgezeichnet. Die Ergebnisse der Auswertung dieser Daten bilden eine wichtige Grundlage der Bewertung.

## **0.2 Laufdurchführung**

In der ersten Untersuchungsphase vom 31. Oktober 2007 bis 14. Dezember 2007 (12 Simulationstage) wurden insgesamt **109 Untersuchungsläufe** durchgeführt, nicht eingerechnet die täglichen Familisierungsläufe für die neuen Lotsen.

In einem weiteren Untersuchungsabschnitt wurde, wie schon erwähnt, eine neue Variante 4 (lange Mole 2), die sich aus den Laufergebnissen der 1. Untersuchungsphase ergeben hatte, untersucht.

Für diese Variante wurden in der Zeit vom 20. Februar bis zum 22. Februar (3 Simulationstage) insgesamt **30 Untersuchungsläufe** durchgeführt

Für die Läufe wurden mehrere Lotsen der Brüderschaft NOK I (für die Einlaufmanöver von See sowie Ein- und Auslaufmanöver vom/zum NOK) und Lotsen der Brüderschaft Elbe (für die Auslaufmanöver nach See) eingesetzt, wobei ein tägliches Wechseln stattfand. Dieses um einerseits die breite Palette der verfügbaren Erfahrungen mit in die Simulationsuntersuchung einzubringen und um andererseits gezielt Lerneffekte für bestimmte schwierige Manöverphasen weitestgehend auszuschalten.

Im Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** (Seite **Fehler! Textmarke nicht definiert.** ff.) und in der Anlage 1 sind tabellarische Übersichten aller gefahrenen Läufe mit den wichtigsten Szenario-Parametern zu finden.

### **0.3 Variante 1**

Die im Folgenden in Kurzform beschriebenen Ergebnisse dieser Variante beruhen, wie schon erwähnt, auf den Laufbeobachtungen, den Ergebnissen des Expert-Ratings, sowie der Auswertung der physikalischen und statistischen Werte. Dabei wird in dieser Zusammenfassung auf die Bewertung der Läufe im IST-Zustand verzichtet, da diese als Referenz für die erweiterte Bewertung der Varianten 1 und 3 dienen.

Eine ausführliche Bewertung aller Läufe der Variante 1 in der Untersuchungsphase 1 ist in dem Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** (Seite **Fehler! Textmarke nicht definiert.** ff) zu finden.



### 0.3.1 Geometrie der Variante 1

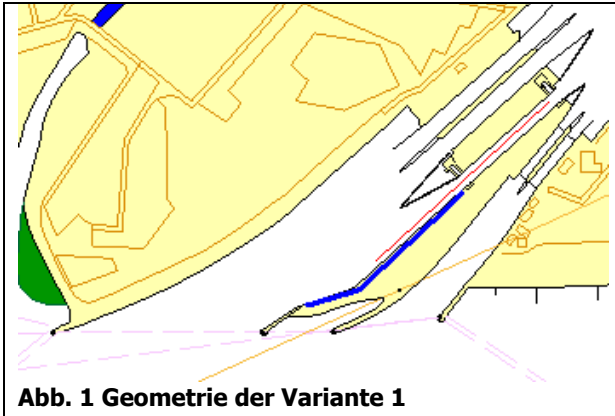


Abb. 1 Geometrie der Variante 1

Die Formgebung des Vorhafens, gegeben durch die Geometrie der Variante 1, ist in der Abb.1 dargestellt. Kennzeichnend für diese Variante ist der Erhalt der Mole 3 mit einer anschließenden, geknickten Spundwand (blaue Linie) die bis zum Schleusenaupt führt. Daneben ist vor der neu entstandenen Schleuseninsel zwischen der „Neu-Süd“ und der 5.Schleuse ein Leitwerk vorgesehen, dessen Abmaße und Formgebung von den bestehenden Leitwerken abweicht.

sehen, dessen Abmaße und Formgebung von den bestehenden Leitwerken abweicht.

Aus nautischer Betrachtungsweise sind im ersten Ansatz mehrere Auffälligkeiten zu vermerken, nämlich dass

- **keine direkte und geradlinige Einlauflinie von der Vorhafeneinfahrt zur Schleuse besteht,**
- **der verfügbare Manövrierraum östlich der Einlauflinie nur sehr gering und durch eine Spundwand begrenzt ist,**
- **die nutzbare Länge des Vorhafens, gemessen von der Verbindungslinie der Molen 3 und 4 bis zum Kopf des neuen Leitwerks kürzer geworden ist,**
- **Kursänderungen auf kurze Distanzen notwendig sind und dass**
- **einzig die Einfahrtsbreite zwischen den Molen unverändert geblieben ist.**

Für ein aus der 5.Schleuse auslaufendes Schiff, insbesondere wenn es wegen hoher Decksbelastung durch Container o.a. einen langen toten Sichtbereich vor dem Steven aufweist, ergibt sich die Situation, dass

- **vor dem Schiff kein sichtbar freies Fahrwasser liegt.**

Dies ist sicherlich unter „normalen“ Fahrbedingungen in engen Revieren nichts Außergewöhnliches, in diesem besonderen Fall muss aber das Schiff noch mit seiner gesamten Länge von 280 Meter mit Fahrtaufnahme aus der Schleuse und teilweise aus dem Leitwerk gebracht werden. Die

Distanz zwischen „Mitte Leitwerk“ und schräger Spundwand zur Mole 3 beträgt aber nur etwa 370 Meter.

### **0.3.2 Ergebnisse Variante 1**

Eine ausschließliche Betrachtung der Bahnverläufe ohne Beachtung der während der Läufe eingesetzten Kräfte lässt die grundlegenden Schlussfolgerungen zu, dass

- **aus nautischer Sicht, ohne Berücksichtigung einschränkender Randbedingung, die Möglichkeit besteht, Fahrstrategien zu entwickeln, die ein Ein- und Auslaufen der beiden Haupt-Untersuchungsschiffe erlauben,**
- **das Ein- und Auslaufen mit Schiffen der Verkehrsgruppe 4 und kleiner problemlos durchgeführt werden kann und nur geringfügig von den heutigen Gegebenheiten abweicht,**
- **die vor dem Einlaufen in den Vorhafen notwendigen Drehmanöver bei Einhaltung der bewährten Strategien, unabhängig der äußeren Randbedingungen, durchgeführt werden können.**

Dieses sagt aber noch nichts über die Qualität und die Sicherheit der Strategie bzw. des Manövers aus. Dazu ist es erforderlich die Läufe einer genaueren allgemeinen Betrachtung zu unterziehen.

Zunächst ist festzustellen, dass

- **keines der Manöver eine Kontinuität im Ablauf aufweist**

was wiederum darauf hindeutet, dass häufigere Korrekturen der Lage des Schiffes notwendig waren. Hinzu kommen noch zwei weitere Aspekte, die einen negativen Einfluss auf den Zulauf zur 5.Schleuse nehmen, nämlich

- **die Spundwand als Manövrierraumbegrenzung und**
- **die Leitwerkkonstruktion als Begrenzung der Schlepperaktivitäten.**

Aus den Manöverergebnissen des Einlaufens sowohl mit dem NOKmax-Schiff als auch mit dem Tanker der Verkehrsgruppe 5 können folgende Kernaussagen hergeleitet werden:

- **Im Prinzip besteht von nautischer Seite die grundsätzliche Möglichkeit, Manöverstrategien zu entwickeln, die ein Anlaufen der 5.Schleuse zulassen.**

- **Die versetzte Lage der Schleusenmitte bildet keine gerade Einlauflinie von der Vorhafeneinfahrt aus, sondern verlangt nach Passieren der Mole 3 eine Kursänderung.**
- **Die Bahnführung kann deshalb nur schwerlich in einem kontinuierlichen Bewegungsablauf erfolgen, es sind Kurs- und Lagekorrekturen auf kurzer Distanz notwendig, was grundsätzlich externe Kräfte verlangt.**
- **Die Verkürzung des Vorhafens für die 5.Schleuse erschwert das Aufstoppen des Schiffes bei gleichzeitiger Lageausrichtung auf die Einfahrtlinie.**
- **Die Fortführung der Spundwand im direktem Anschluss an die südliche Schleusenmauer engt den Manövrierraum, insbesondere bei ablandigem Wind (SE-Quadrant) ein und erschwert die Lageausrichtung auf die Einfahrtlinie.**
- **Auflandige Winde (NW-Quadrant) mit Stärken oberhalb Beaufort 4 verlangen eine Bauausführung der Spundwand, die ein Anlegen des Schiffes an diese erlaubt oder aber stärkere Schlepperkräfte.**
- **Wegen der geringen Einfahrtsbreite der 5.Schleuse sind besondere Schutzmaßnahmen für das Schleusenhaupt notwendig, z.B. durch Änderung der Leitwerkrichtung.**

Aus den Manöverergebnissen des **Auslaufens** sowohl mit dem NOKmax-Schiff als auch mit dem Tanker der Verkehrsgruppe 5 können folgende Kernaussagen hergeleitet werden:

- **Das Auslaufen aus der 5. Schleuse und das Eindrehen in das Elbefahrwasser sind prinzipiell machbar, da von der nautischen Seite die notwendigen Strategien bereit gestellt werden können.**

Dabei muss aber angemerkt werden, dass nur die Strategie des Aufteilens des Manövers in die drei Phasen

- 1. Nach Verlassen das Schiff parallel zur Spundwand soweit zu führen, bis der Achterschlepper eingesetzt werden kann, dann**
- 2. Querkräfte mit den Schleppern erzeugen und bei einem gleichzeitig vorsichtigem Ausdrehen des Vorstevens die Auslaufposition erreichen (Mole 3 muss gut an Backbord frei sein)**
- 3. Fahrtaufnahme zum Auslaufen und Passieren des Stromschnitts**

ein sicheres Auslaufen des Schiffes erlaubt.

Diese Verfahrensweise ist nur mit zusätzlicher Schleppkraft zu bewerkstelligen, weitestgehend unabhängig davon, ob Wind als externe Störgröße vorhanden ist oder nicht. Weiterhin nachteilig

für diese Strategie ist der immense Zeitaufwand der benötigt wird, um das Schiff quer durch das Wasser zu ziehen. Dieses und die Tatsache, dass erst kurz vor Erreichen der Mole 3 Fahrt aufgenommen werden kann, verursacht eine insgesamt deutlich längere Manöverdauer.

Diese Strategie wurde bei vielen Läufen, zum Teil leicht abgewandelt, erfolgreich angewendet. Selbst bei einem auflandigen Wind der Stärke Beaufort 7 konnten die Schiffe noch mit ausreichender Sicherheit in eine Auslaufposition gebracht werden.

- **Nachteilig an diesem Verfahren ist zunächst, dass auf jeden Fall Schleppkraft benötigt wird und zwar je ein Schlepper vorne und achtern mit mindesten 35 Tonnen Pfahlzug sowie der benötigte Zeitraum.**
- **Der Zeitbedarf vom Auslaufen aus der Schleuse bis zum Erreichen der Mole 3 kann durchaus mit 20 – 30 Minuten angesetzt werden, während der gleiche Manövriervorgang in der heutigen Situation aus einer der beiden „Neuen Schleusen“ in etwa 5 – 10 Minuten dauert.**

Für Schiffe der Verkehrsgruppe 4 und kleiner kann aus den Laufergebnissen und nach einhelliger Meinung der Experten statiert werden, dass

- **die Variante 1 keine negative Beeinflussung der geforderten Bahnführung für Schiffe der Verkehrsgruppen  $\leq 4$  verursacht und dass**
- **die Manöverdurchführung mit den bereits bewährten Strategien, d.h. auch ohne externe Schleppkraft realisierbar ist.**

Ein Vergleich der Variante 1 mit dem heutigen IST-Zustand lässt folgende Rückschlüsse zu:

- **Das Einlaufen in die heutigen Schleusen, wegen der Länge des Vorhafens und des Vorhandenseins zusätzlichen Manövrierraums an der Einlauflinie zur „Neuen Süd“, in ihrem Bahnablauf „flüssigere“ Manöver erlaubt.**
- **Dies gilt gleichermaßen für das Auslaufen, jedoch kommt für die Variante 1 ein erkennbarer negativer Faktor hinzu, nämlich der benötigte Zeitraum bis zum Verlassen des Vorhafens bzw. der Zulaufsektoren zum NOK.**

Grundsätzlich gilt aber auch, dass

- **kompliziertere Manöverabläufe, wie die im Vorhafen der Variante 1 im Zulauf zur bzw. im Abgang von der 5.Schleuse, potenzielle Risiken in sich tragen als vergleichsweise kontinuierlich durchzuführende Manöver.**

Letztlich ist es auch notwendig, einen Hinweis auf die psychologisch/gefühlsmäßige Akzeptanz der Variante 1 durch die ausführenden Lotsen zu geben. Aus allen De-Briefingskommentaren ist erkennbar, dass

- **die Lotsen sich bei den meisten Manövern der Variante 1 „innerlich unwohl“ fühlten**

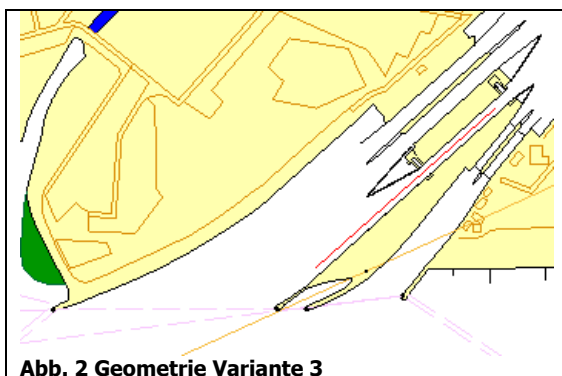
und dies auch entsprechend zum Ausdruck brachten.

## **0.4 Variante 3**

Die im Folgenden in Kurzform beschriebenen Ergebnisse dieser Variante beruhen, wie schon erwähnt, auf den Laufbeobachtungen, den Ergebnissen des Expert-Ratings, sowie der Auswertung der physikalischen und statistischen Werte. Dabei wird in dieser Zusammenfassung auf die Bewertung der Läufe im IST-Zustand verzichtet, da diese als Referenz für die erweiterte Bewertung der Varianten 1 und 3 dienen.

Eine ausführliche Bewertung aller Läufe der Variante 3 in der Untersuchungsphase 1 ist in dem Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** (Seite **Fehler! Textmarke nicht definiert.** ff) zu finden.

### **0.4.1 Geometrie der Variante 3**



Die Formgebung bzw. Geometrie der Variante 3 unterscheidet sich gegenüber der Variante 1 ausschließlich in der Linienführung der an die südliche Kaimauer der 5. Schleuse anschließenden Spundwand und der Position der Mole 3. Die Größe und Lage der eigentlichen Schleuse und des südlichen Mittelleitwerks sind dabei unverändert geblieben.

Aus nautischer Betrachtungsweise sind im ersten Ansatz Verbesserungen gegenüber der Variante 1 hinsichtlich der grundsätzlichen Manöverdurchführung zu vermerken, nämlich dass

- **fast eine direkte und geradlinige Einlauflinie von der Vorhafeneinfahrt zur Schleuse besteht,**
- **vor dem Schiff freies Fahrwasser liegt**
- **nur noch geringe Kursänderungen auf kurze Distanzen notwendig sind und dass**
- **die Einfahrtsbreite zwischen den Molen größer geworden ist und möglicherweise mehr Spielraum für die Einlaufstrategie erlaubt**

Demgegenüber muss weiterhin als nachteilig bezeichnet werden, da im Vergleich zur Variante 1 unverändert geblieben, dass

- **der verfügbare Manövrierraum östlich/südlich der Einlauflinie zur 5.Schleuse nur sehr gering und durch eine Spundwand begrenzt ist,**
- **die nutzbare Länge des Vorhafens, gemessen von der Verbindungslinie der Molen 3 und 4 bis zum Kopf des neuen Leitwerks unverändert kurz ist.**

### **0.4.2 Ergebnisse Variante 3**

Eine ausschließliche Betrachtung der Bahnverläufe ohne Beachtung der während der Läufe eingesetzten Kräfte lässt die grundlegende Schlussfolgerung zu, dass

- **im Vergleich zur Variante 1 deutliche Verbesserungen in der Manöverbearbeitbarkeit, sowohl einlaufend als auch auslaufend erkennbar sind, die ausschließlich auf die Änderung der Linienführung der Spundwand und dem östlichen Versatz der Mole 3 zuzuschreiben sind.**

Aus den Manöverergebnissen des Einlaufens sowohl mit dem NOKmax-Schiff als auch mit dem Tanker der Verkehrsgruppe 5 können folgende Kernaussagen hergeleitet werden:

- **Im Prinzip besteht von nautischer Seite die grundsätzliche Möglichkeit, Manöverstrategien zu entwickeln, die ein Anlaufen der 5.Schleuse zulassen.**

- **Der Bahnführungsverlauf erscheint aufgrund der veränderten Linienführung der Spundwand insgesamt kontinuierlicher und ohne große Kursänderungen nach dem Passieren der Mole 3 machbar zu sein.**
- **Die nahezu geradlinige Ausführung der Spundwand vom Schleusenhaupt zur Einfahrt ist im Vergleich zur Variante 1 eine erhebliche Erleichterung.**
- **Die Fortführung der Spundwand im direktem Anschluss an die südliche Schleusenmauer engt den Manövrierraum, insbesondere bei ablandigem Wind (SE-Quadrant) ein und erschwert die Lageausrichtung auf die Einfahrtlinie.**
- **Auflandige Winde (NW-Quadrant) mit Stärken oberhalb Beaufort 5 verlangen eine Bauausführung der Spundwand, die ein Anlegen der Schiffe an diese erlaubt oder aber stärkere Schleppkräfte.**
- **Wegen der geringen Einfahrtsbreite der 5.Schleuse sind besondere Schutzmaßnahmen für das Schleusenhaupt notwendig, z.B. durch Änderung der Leitwerkrichtung.**

Die Manöverergebnisse der untersuchten Versuchsläufe als auch in der Gesamtheit aller Läufe lassen hinsichtlich des Zulaufs vom Elbrevier zur Vorhafeneinfahrt die folgenden Kernaussagen zu:

- **Die Drehmanöver können, unabhängig der äußeren Randbedingungen, bei Einhaltung der bewährten Strategien durchgeführt werden.**

Daraus kann weiter abgeleitet werden, dass

- **die notwendigen Drehmanöver nicht präjudizierend für die Einlaufstrategie sind, sondern ausreichend Spielraum für Strategieänderungen bezüglich des Einlaufens zulassen, sofern solche Änderungen notwendig sind.**

Aus den Laufergebnissen und nach Meinung aller Experten ist weiterhin festzustellen, dass

- **das Einlaufen mit Schiffen der Verkehrsgruppe 4 und kleiner problemlos durchgeführt werden kann und nur kaum von den heutigen Gegebenheiten abweicht.**

Unterzieht man die einzelnen einkommenden Läufe einer näheren Betrachtung, so wird erkennbar, dass

- **die Manöverstrategien einfacher umzusetzen sind als dies vergleichsweise bei der Variante 1 der Fall ist.**

- **Allerdings bleiben dabei die für Variante 1 genannten Einschränkungen des aktiven Ansteuerns der Schleuseneinfahrt durch die Lage und Linienführung der Spundwand weiterhin erhalten.**

Aus den Manöverergebnissen des **Auslaufens** sowohl mit dem NOKmax-Schiff als auch mit dem Tanker der Verkehrsgruppe 5 können folgende grundlegenden Kernaussagen hergeleitet werden:

- **Das Auslaufen aus der 5. Schleuse und das Eindrehen in das Elbefahrwasser in der Variante 3 ist prinzipiell machbar, da von der nautischen Seite die notwendigen Strategien bereit gestellt werden können.**

Betrachtet man einmal den Beginn des Auslaufmanövers (vom Verlassen der Schleuse bis zum „Freifahren“ vom Mittelleitwerk) so zeigen sich bei Läufen mit ablandigem Wind

- **exakt die gleichen Probleme, die auch in der Variante 1 erkennbar waren, nämlich dass das Schiff Gefahr läuft mit zunehmender Quergeschwindigkeit an das Mittelleitwerk zu kommen.**

Ursächlich hierfür ist, dass der Achterschlepper in seinem Austauwinkel in Richtung der Spundwand behindert wird und somit nicht genügend Kraft aufbringen kann um das Heck zu halten, woraus folgt,

- **die Einschränkungen aus der Variante 1 bezüglich der Austaurichtung des Achterschleppers in der Anfangsphase des Manövers und bezüglich eines frühen Andrehens des Schiffes besitzen weiterhin Gültigkeit.**

Andererseits ergeben sich aus der Geometrie der Variante 3 auch relevante Vorteile gegenüber der Variante 1:

- **Die Versetzung der Mole nach Osten verlangt kein zeitaufwendiges Querschleppen des Schiffes.**
- **Bei ablandigem Wind erlaubt die Versetzung der Mole mit dem dadurch zusätzlich gewonnenen Raum auch ein Ablegen ohne Schlepper.**

Da im Zeitvergleich des Auslaufens der Variante 1 und dem IST-Zustand durchaus deutliche Unterschiede zum Tragen gekommen sind, muss auch dieser Stelle auch ein Zeitvergleich der Auslaufmanöver in der Variante 3 mit den Manövern der Variante 1 vorgenommen werden.

Die Gesamt-Lauflänge des Auslaufens mit dem **Containerschiff** in dieser Variante betrug



- **Minimal: 9 Minuten Maximal: 21 Minuten Durchschnitt: etwa 13 Minuten**

in der Variante 1 dagegen

- **Minimal: 15 Minuten Maximal: 33 Minuten Durchschnitt: etwa 21 Minuten**

Die Gesamt-Lauflänge des Auslaufens mit dem **Massengutschiff** in dieser Variante betrug

- **Minimal: 8 Minuten Maximal: 18 Minuten Durchschnitt: etwa 14 Minuten**

in der Variante 1 dagegen

- **Minimal: 16 Minuten Maximal: 25 Minuten Durchschnitt: etwa 18 Minuten**

Da die Gesamtlauflänge zu einem großen Teil von der ersten Phase des Manövers innerhalb des Vorhafens abhängt wird deutlich, dass die Möglichkeit der Verkürzung der Manöverlänge hier ein deutlicher Gewinn im Gesamtzeitbedarf nach sich zieht und somit als ein weiterer positiver Aspekt der Variante 3 eingeordnet werden kann.

## **0.5 Varianten-Vergleich**

Die Grundüberlegung eines Vergleiches der Varianten mit dem heutigen Zustand ist darauf begründet, dass es anzustreben ist, die Schifffahrt während der Überholungszeit der „Neuen Schleusen“ in keiner Weise zu beeinträchtigen.

Aus den wesentlichen Kernaussagen der Simulationsergebnisse aus den Versuchsläufen mit den beiden Hauptuntersuchungsschiffen (NOKmax und VG5-10.4m) kann für das Ein- und Auslaufen festgestellt werden:

- **Im Prinzip besteht von nautischer Seite grundsätzlich die Möglichkeit, Manöverstrategien zu entwickeln, die sowohl ein Anlaufen als auch ein Verlassen der 5. Schleuse zulassen.**
- **Der Bahnführungsverlauf in der Variante 3 erscheint aufgrund der veränderten Linienführung der Spundwand insgesamt kontinuierlicher und ohne große Kursänderungen nach dem Passieren der Mole 3 machbar zu sein.**
- **Die Fortführung der Spundwand im direktem Anschluss an die südliche Schleusenmauer engt den Manövrierraum, insbesondere bei ablandigem Wind (SE-Quadrant) ein und erschwert die Lageausrichtung auf die Einfahrtlinie.**
- **Die Drehmanöver auf der Elbe für einkommende Schiffe von Hamburg können, unabhängig der äußeren Randbedingungen, bei Einhaltung der bewährten Strategien durchgeführt werden.**

- **Das Einlaufen und Auslaufen mit Schiffen der Verkehrsgruppe 4 und kleiner kann problemlos durchgeführt werden und weicht nur kaum von den heutigen Gegebenheiten ab**

Diese ersten Kernaussagen lassen die Schlussfolgerung zu, dass

- **Die Variante 3 bezüglich der beiden Hauptuntersuchungsschiffe im Gesamtergebnis der Manöverabläufe und der Umsetzung notwendiger Fahrstrategien dem heutigen Zustand sehr nahe kommt und bezüglich kleinerer Fahrzeuge gilt, dass kaum Unterschiede bestehen.**

### Vergleich Variante 3 zur Variante 1

Für einen Vergleich der beiden Varianten untereinander können im Wesentlichen die Manöver innerhalb des Vorhafens herangezogen werden, da

- **die Ergebnisse der letzten Phase des Einlaufmanövers in den Vorhafen und in die 5.Schleuse vorrangig Einfluss nehmen auf die zu wählende Bauausführung des Zufahrtbereiches zur Schleuse.**

Allerdings gilt auch, dass

- **die gewählte Bauausführung des Zufahrtbereiches zur Schleuse einen signifikanten Einfluss auf die zeitliche Länge des Auslaufmanövers und den Einsatz von Schleppern nimmt.**

Für beide Varianten gilt im Grundsatz, dass

- **der verfügbare Manövrierraum östlich/südlich der Einlauflinie zur 5.Schleuse nur sehr gering und durch eine Spundwand begrenzt ist,**
- **die nutzbare Länge des Vorhafens, gemessen von der Verbindungslinie der Molen 3 und 4 bis zum Kopf des neuen Leitwerks unverändert kurz ist**

und somit die unterschiedliche Linienführung der Spundwand und der Lage der Mole 3 die entscheidenden Vergleichskriterien sind.

Ohne Berücksichtigung der Manöverergebnisse, sondern nur aus grundsätzlicher nautischer Betrachtung ergeben sich für die Variante 3 deutliche Verbesserungen, die wie folgt benannt werden können:

- **Es besteht eine fast direkte und geradlinige Einlauflinie von der Vorhafeneinfahrt zur Schleuse.**
- **Beim Auslaufen liegt vor dem Schiff freies Fahrwasser.**
- **Sowohl beim Einlaufen als auch beim Auslaufen sind nur noch geringe Kursänderungen auf kurze Distanzen notwendig.**
- **Die Einfahrtsbreite zwischen den Molen ist größer geworden und erlaubt möglicherweise mehr Spielraum für die Einlaufstrategie.**

Aus den Manöverergebnissen lassen sich hinsichtlich eines Vergleiches der Variante 3 mit der Variante 1 folgende Änderungen feststellen:

- **Der Bahnführungsverlauf beim Einlaufen erscheint insgesamt kontinuierlicher ohne große Kursänderungen nach dem Passieren der Mole 3 machbar zu sein als in der Variante 1.**
- **Die Manöverabfolgen konnten in einer gleichmäßigeren Form und damit auch kontrollierter durchgeführt werden, welches schon grundsätzlich auf eine Verbesserung der Manöverqualität und –Sicherheit gegenüber der Variante 1 hinweist.**
- **Die nahezu geradlinige Ausführung der Spundwand vom Schleusenaupt zur Einfahrt, erleichtert das Ausrichten des Schiffes auf die Einlauflinie erheblich im Vergleich zur Variante 1.**
- **Die Versetzung der Mole nach Osten verlangt kein zeitaufwendiges Querschleppen des Schiffes.**
- **Bei ablandigem Wind erlaubt die Versetzung der Mole mit dem dadurch zusätzlich gewonnenen Raum nach vorne auch ein Ablegen ohne Schlepper.**
- **Die Auslaufmanöver (von der 5.Schleuse bis zum Erreichen der Mole 3) konnten in deutlich kürzerer Zeit ausgeführt werden.**

Aus diesen Kernaussagen lässt sich auch ohne Berücksichtigung einzelner Manövermerkmale deutlich erkennen, dass

- **unter nautischen Gesichtspunkten und Einbeziehung der sicheren Durchführbarkeit der geforderten Manöver die Variante 3 erhebliche Vorteile gegenüber der Variante 1 aufweist.**

Gleichwohl gilt aber weiterhin auch, dass im Grundsatz für beide Varianten noch Einschränkungen bestehen wie z.B. die Einschränkung des Manövrierraums an der Einlauflinie oder die Einschränkung der des Arbeitsbereiches der Schlepper durch die Spundwandführung.

## **0.6 Fazit -Untersuchungsphase 1**

Aus allen Kernaussagen und unter Berücksichtigung einzelner Manövermerkmale wird deutlich zu erkennen, dass

- **unter nautischen Gesichtspunkten und Einbeziehung der sicheren Durchführbarkeit der geforderten Manöver die Variante 3 erheblich Vorteile gegenüber der Variante 1 aufweist.**

Die Untersuchungsläufe haben ergeben, dass beide Varianten gleichermaßen mit Einschränkungsmerkmalen belegt sind, die auf die geplante Ausführung im Vorhafen und an der Schleuse selber zurückzuführen sind und somit als nautisch neuralgische Punkte zu bezeichnen sind.

Zu diesen Punkten, die die nautische Umsetzung der erforderlichen Manöver behindern, erschweren oder ein grundsätzliches Gefährdungspotenzial enthalten, zählen

- **Die Spundwand als Begrenzung des Manövrierraums im Allgemeinen,**
- **die Linienführung der Spundwand, insbesondere in der Variante 1**
- **die geplante Ausführung der Leitwerke an der 5. Schleuse**

Die Problemstellungen, die sich aus diesen Gegebenheiten ergeben, sind in den Bewertungskapiteln ausführlich beschrieben und sollen hier nur zusammenfassend dargestellt werden:

- **Die Begrenzung des Manövrierraums durch die Spundwand ergibt sich aus ihrer geringen parallelen Distanz zur Einlauflinie der 5.Schleuse und erlaubt dem einkommenden Fahrzeug kein Steuern eines Vorhaltewinkels um Driftkomponenten auszugleichen. Ebenso schränkt die Spundwand den Aktionsradius (Begrenzung des Austauwinkels) und die Leistung (Propeller bekommen nicht genügend Wasser an der Spundwand) der Schlepper ein.**
- **Die Linienführung der Spundwand, insbesondere in der Variante 1, in Verbindung mit dem südlichen Mittelleitwerk, verlangt ein teilweises Querschleppen des ausgehenden Schiffes.**

- **Das geplante neue Mittelleitwerk an der 5.Schleuse verkürzt durch seine Länge (135 m) den Vorhafenbereich zum Aufstoppen eines für die 5.Schleuse bestimmten Schiffes.**
- **Das Leitwerk an der NOK-Seite der Schleuse bietet nicht genügend Schutz für das Schleusenaupt und somit auch nicht für das Schiff.**

Für Schiffe der Verkehrsgruppe 4 und kleiner zeigen die Laufergebnisse beider Varianten keine signifikanten Änderungen zum heutigen IST-Zustand, wenn diese in die 5.Schleuse einlaufen oder auslaufen

Somit bestünde in letzter Konsequenz die Möglichkeit zu entscheiden und zwar unabhängig von der endgültigen Bauausführung, dass Schiffe der Verkehrsgruppe 5 und größer durch die jeweils verfügbare „Neue Schleuse“ geschleust werden.

Es ist aber davon auszugehen, dass eine solche Maßnahme einen negativen Aspekt in der gesamten Verkehrsabwicklung des NOK nach sich zieht, insbesondere wenn die Anzahl solcher Schiffe steigt. Letztlich würde man sich in der Flexibilität einschränken.

Da sich die Baumaßnahme noch in der Planungsphase befindet und Änderungen in der Ausführung möglich sind, sollte über Alternativen nachgedacht werden, die neuralgischen Punkte zu entschärfen, um eine von allen Seiten akzeptierte und effiziente Lösung herauszuarbeiten.

Solche Lösungsansätze zur Verbesserung der Bauausführung sollen im Folgenden näher beschrieben werden.

Ein erster wesentlicher Punkt wäre die Umwandlung der Spundwand in eine Böschungskante. Die Anböschung sollte dabei so weit wie möglich entfernt von der jetzigen Linienführung der Spundwand angesetzt werden.

Eine solche Böschungsausführung hätte mehrere Vorteile.

- **Einerseits würde dadurch, wenn die Böschungskante weiter von der jetzigen Linienführung der Spundwand entfernt wäre, das einkommende Schiffe aktiver, d.h. unter reduziertem Schleppereinsatz und mit der Möglichkeit einen Vorhaltewinkel fahren zu können, sicherer und auch bei erschwerteren Randbedingungen hinsichtlich Windrichtung und –stärke die 5.Schleuse anlaufen können.**
- **Bei Ein- und Auslaufmanövern stünde bei einer Böschung zusätzlicher Manövrierraum für die Schlepper zur Verfügung, d.h. die Austauwinkel könnten besser den Windverhältnissen entsprechend angepasst werden, gleichzeitig erhöht sich durch einen besse-**

**ren Wasserzufluss zu den Propellern der Schlepper ihre mögliche Zugkraft, wenn sie in Richtung der Schleuseninsel ziehen müssen.**

- **Inwieweit die Installierung von zusätzlichen Dalben entlang der Böschung von Nutzen sind, sollte erst nach Festlegung und Überprüfung der Alternativvariante näher betrachtet werden.**

In den Bewertungskapiteln wurde auch mehrfach auf die Länge des geplanten neuen Mittelleitwerks eingegangen. Die jetzige Länge von 135 m und die Richtungsgebung erscheinen nach den Laufergebnissen nicht optimal zu sein.

Vorzuschlagen ist hier,

- **das Leitwerk auf eine Länge von etwa 70 m zu verkürzen und die Richtung so auszulegen, wie sie bei dem Mittelleitwerk der „Neuen Schleusen“ ausgelegt ist. Das neue Leitwerk sollte so ausgelegt sein, dass es Berührungen mit dem Seeschiff abfangen kann und Hilfe gibt beim Einlaufen in die 5.Schleuse.**

Diese Maßnahme hätte folgende Vorteile:

- **Das Schleusenaupt wäre besser geschützt.**
- **Die verfügbare Strecke zum Aufstoppen des Schiffes vergrößert sich.**
- **Die besagten Einschränkungen beim Einsatz des Achterschleppers werden minimiert**

Für die südliche Zufahrt zur 5.Schleuse von der Elbe ist letztlich noch ein Punkt anzusprechen, der ebenfalls variantenunabhängig ist. Hierbei geht es um einen möglichen Windschutz auf der Schleuseninsel, ähnlich wie er durch den Baumbestand am Nordufer des Vorhafens existiert.

Die Versuchsläufe haben gezeigt, dass bei dem eingeeengten Raum in der Zufahrt zur 5.Schleuse Winde aus dem östlichen Quadranten bei Windstärken ab Beaufort 5 die Manöver mit dem windanfälligen Containerschiff stark beeinträchtigen.

Es wäre also zu überlegen,

- **auch auf der Südseite des Vorhafens Maßnahmen zu treffen, die den Schiffen einen Windschutz geben würden. Dies könnte z.B. durch Aufschüttung eines Walls oder durch entsprechende Bepflanzung erfolgen.**

Abschließend muss mit Hinblick auf die Umsetzung der Baumaßnahme auch der Einfluss des „human factors“ beleuchtet werden.

Bei Untersuchungen dieser Art, Neukonzipierung bzw. Anpassung eines bestehenden Fahrwasserbereiches, zeigt sich in der Simulation immer wieder, dass die Lotsen einen gewissen Zeitraum benötigen, sich auf die neuen Gegebenheiten einzustellen. Dies war auch hier der Fall, was dazu führte, dass immer wieder einmal die altbewährte und täglich angewendete Strategie gefahren wurde, obgleich diese in einigen Fällen hätte angepasst werden müssen.

Dieses Verhaltensmuster muss bei der späteren Umstellung berücksichtigt werden.

Alle beteiligten Experten waren sich einig darüber, dass

- **präventive Schulungsmaßnahmen (Simulatortraining) für die Lotsen unabdingbar sind, um eine frühzeitige Problemerkennung zu garantieren und damit einhergehend einen möglichst störungsfreien Übergang von der alten zur neuen Vorhafengestaltung und der Zufahrt zur 5. Schleuse zu gewährleisten.**

## **0.7 Variante 4**

Die im Folgenden in Kurzform beschriebenen Ergebnisse dieser Variante beruhen wiederum auf den Laufbeobachtungen, den Ergebnissen des Expert-Ratings, sowie der Auswertung der physikalischen und statistischen Werte.

Eine ausführliche Bewertung aller Läufe der Variante 4 in der Untersuchungsphase 2 ist in dem Kapitel 8 (Seite **Fehler! Textmarke nicht definiert.** ff) zu finden.

### **0.7.1 Geometrie der Variante 4**

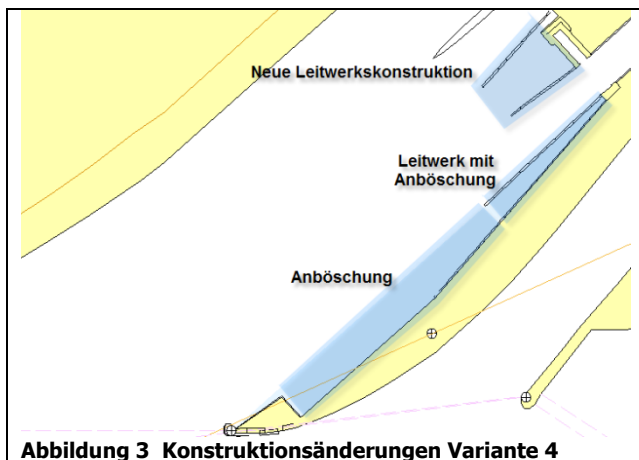


Abbildung 3 Konstruktionsänderungen Variante 4

Die Geometrie der Planungsvariante 4 (lange Mole 2) beruht im Wesentlichen auf den Erkenntnissen der Versuchsläufe für die Varianten 1 und 3.

Neben den markierten Änderungen sehen die Planungen auch noch eine Vergrößerung der Schleusenkammer auf 400m x 40m vor, anstelle der bisher geplanten 350m x 35m. Auch diese

Änderung kann indirekt als eine Vergrößerung des verfügbaren Manövrierraums angesehen werden.

Die markentesten Änderungen der Variante 4 gegenüber der Variante 3 können folgendermaßen definiert werden:

- **Wegfall der Mole 3 und Verlängerung der Mole 2, wodurch sich eine neue Einfahrtsbreite von 750 Meter gegenüber von 705 Meter bei der Variante 3 ergibt.**
- **Ersatz der festen seitlichen Begrenzung in Form einer Spundwand im südlichen Anlaufbereich zur 5. Schleuse durch eine geböschte Begrenzung.**
- **Geänderte Anordnung und Linienführung aller zur 5.Schleuse führenden Leitwerke.**
- **Eine vergrößerte 5.Schleuse, sowohl in der Länge (400 Meter anstatt 350 Meter) als auch in der Breite (45 Meter anstatt 35 Meter).**

Ebenso wurde seitens der BAW für diese Variante ein neues Strommodell gerechnet, jeweils für eine Normaltide und eine Springtide.

Bezieht man die unverändert übernommenen Schiffsmodelle in den Implementierungsprozess ein, so kann gesagt werden, dass diese Variante unter exakt den gleichen Simulationsbedingungen untersucht wurde und somit auch für einen Ergebnisvergleich zu den bisherigen Varianten herangezogen werden kann.

## 0.7.2 Ergebnisse Variante 4



Aus den in den Unterkapiteln 8.1 und 8.2 (Seite **Fehler! Textmarke nicht definiert.** ff.) detailliert beschriebenen Laufergebnissen lassen sich die folgenden Kernaussagen bezüglich der nautischen Machbarkeit der durchzuführenden Manöver Ein- und Auslaufen ableiten.

- **Die Läufe in der Variante 4 wurden von den Experten als deutlich sicherer empfunden als vergleichsweise in den Varianten 1 und 3.**
  - **Hierzu hat positiv der Umstand beigetragen, dass sich die Ansteuerungsphase zur Einfahrt der 5. Schleuse durch die ca. 45 Meter weiter entfernte (sichtbare) Landbegrenzung, verglichen mit den Spundwand-Ausführungen, weniger dramatisch darstellt.**
- **Nach Aussage der beteiligten Experten (Lotsen) kommt die Variante 4 dem heutigen Zustand, mit all seinen Vorzügen am nächsten.**
- **Die momentan angewendeten und bewährten Strategien zum Einlaufen in den Vorhafen besitzen weiterhin Gültigkeit.**
- **Die Einlaufphase in die 5. Schleuse konnte aufgrund der neuen Vorhafengeometrie deutlich aktiver, d.h. mit geringeren Änderungen der Schleppkräfte und –richtungen durchgeführt werden.**
- **Positiv für die jetzige Machbarkeit der Ein- und Auslaufmanöver, sowohl auf der Seeseite als auch auf der NOK-Seite wurde seitens der Experten die vergrößerte Schleusenbreite (45 m anstatt 35 m) beurteilt, die etwas mehr Spielraum in der Kurslage zulässt und somit zur Entschärfung der Ansteuerungs- und Auslaufproblematik beiträgt.**
- **Für das Auslaufen aus der 5.Schleuse nach See bzw. Hamburg sind Anpassungen an die Manöverstrategie notwendig, um den Zeitaufwand zu optimieren.**
- **Unabhängig von den Parametern „Wind“ und „Strom“ ist es möglich, beide Eindrehvarianten in das Elbefahrwasser (direktes Eindrehen mit einem großen Bogen bzw. Eindrehen mit kleinem Bogen auf die NO-Reede) sicher durchzuführen.**
- **Schiffe der Verkehrsgruppe 4 und kleiner, sind weiterhin in keiner Weise durch die Vorhafengestaltung beeinträchtigt.**

Schon die oben gemachten Kernaussagen zeigen, dass die gemachten Änderungen in der Vorhafengeometrie (Anböschungen), der Leitwerkskonfigurationen und der Größe (Breite) der Schleuse merkbare Verbesserungen der Manöverdurchführung und damit auch der sicheren Erreichbarkeit der neuen 5. Schleuse erbracht haben.

Weiterhin ist anzumerken, dass sich aus den Debriefinggesprächen ergeben hat, dass bei der Variante 4 ein wesentliches psychologisches Moment zum Tragen, welches dadurch hervorgerufen wird, dass selbst bei einer kursgerechten Lage des Schiffes auf der Einlauflinie zur 5. Schleuse noch ein deutlicher Abstand zu Land erkennbar ist, anstelle der Tatsache, wie es bei den anderen Varianten der Fall war, dass man sich mit dem Schiff dramatisch einem festen Bauwerk (Spundwand) genähert hatte.

- **Dieses psychologische Moment sollte auf keinen Fall in seiner positiven Auswirkung unterschätzt werden, da es nicht nur für den Lotsen, sondern auch für den Kapitän des Schiffes von Bedeutung ist.**

Hinsichtlich der Grenzbedingung „Windstärke“ und der zur Verfügung zu stellenden Schleppkraft kann gesagt werden, dass

- **die hierzu in der Variante 3 gemachten Feststellungen sowohl für das NOKmax-Schiff als auch den Tanker der VG5 übernommen werden können.**

## **0.8 Empfehlungen -Untersuchungsphase 2**

Auch wenn die Variante 4 aus nautischer Sicht eine deutliche Verbesserung für die sichere Durchführung aller Manöver gegenüber der Variante 3 darstellt, so haben sich doch noch einige Anmerkungen zur Variantengestaltung ergeben. Hierbei handelt es sich nicht um gravierende Änderungen der Variante 4, sondern um Modifizierungen bzw. Änderungen, die bisher nicht berücksichtigt wurden.

Aus den Versuchsläufen der Variante 4 ist mehrfach zu beobachten gewesen, dass insbesondere das Containerschiff bei nordwestlichem Wind so geführt wurde, dass es an das südliche Leitwerk gelegt wurde und aus dieser Position heraus in die 5. Schleuse einlief. Im momentanen Planungszustand ist das Leitwerk mit etwa 2 Grad gegenüber der südlichen Schleusenmauer abgewinkelt, was zur Folge hat, dass am Übergang vom Leitwerk zur Schleuse Punktbelastungen am Schiff und somit auch am Bauwerk auftreten können.

Es ist daher vorzuschlagen,

- **das südliche Leitwerk in gerader Fortsetzung der südlichen Schleusenmauer auszuführen.**

Für alle Leitwerke zur 5. Schleuse ist anzustreben,

- **diese in ihrer Belastungsfähigkeit so auszulegen, dass Berührungen durch das Seeschiff abgefangen werden können.**

Wie schon bei der Bewertung der vorherigen Versuchsläufe erwähnt wurde, ist weiterhin dem Übergang Leitwerk zum Schleusenhaupt besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Hier sollte

- **ein großer Geländesprung vermieden werden, um Schäden am Schiff und am Bauwerk zu verhindern, wenn das Fahrzeug aus den verschiedensten Gründen heraus, nicht kursgerecht in der Schleuseneinfahrt liegt.**

Alle Untersuchungsläufe haben ergeben, dass die bewährten Einlaufstrategien weiterhin übernommen werden können. Es gilt aber auch, dass insbesondere bei Flut sehr präzise auf der so genannten „Einlauflinie“ gefahren werden muss.

Da in der Variante 4 die Mole 2 versetzt wird, sollte versucht werden,

- **das Einfahrtsfeuer der Mole 2 so zu positionieren, dass sich bei Deckung mit Mole 1 wiederum eine Einlauflinie von 83° ergibt.**

Um das Einlaufen bei schlechter Sicht (Nebel, starker Regen usw.) nicht nur auf Radarnavigation oder Lagebeurteilung von der ECDIS zu beschränken, sondern so weit möglich die Sichtnavigation zu unterstützen, wäre es hilfreich,

- **die Mole 2 ausreichend stark zu beleuchten und mit einer markanten Farbgebung zu versehen.**

Durch die Errichtung zusätzlicher Leitwerke im Vorhafen ist es nicht auszuschließen, dass eine präzise Lagebestimmung bei verminderter Sicht erschwert wird. Hier reicht in vielen Fällen die begrenzte Radarauflösung nicht mehr aus, einen bestimmten Referenzpunkt zu fixieren. Daher ist zu empfehlen,

- **auf einem der Leitwerke, vorzugsweise dem nördlichen der 5.Schleuse, einen elektronischen Signalgeber (RACON<sup>1</sup> o.Ä.) zu installieren.**

Hinsichtlich der erweiterten Maßnahmen für den Windschutz kann gesagt werden, dass

- **die hierzu in der Variante 3 gemachten Feststellungen weiterhin übernommen werden können, sofern sie sich noch durch die neue Gestaltung der Variante 4 umsetzen lassen.**

Es verbleibt letztlich noch die Betrachtung der NOK-Seite der 5. Schleuse. Wie schon mehrfach erwähnt, ist das Schleusenaupt um etwa 65 Meter östlich verlegt, dies wegen der veränderten Lage und der Verlängerung der Schleuse auf insgesamt 400 Meter.

Diese Verlagerung hat zur Folge, dass der Zulaufbereich um eben diese 65 Meter verkürzt wird. Da die 5.Schleuse nicht wie die bisherigen „Neuen Schleusen“ in einem direkten Kurs vom NOK aus angesteuert werden kann, sondern eine Lage- bzw. Kursänderung notwendig ist, sollte

- **während der Bewegung großer Schiffe ( $\geq$  der Verkehrsgruppe 5) in diesem Bereich auf die Entwässerung des NOK verzichtet werden, um zusätzliche quer wirkende Kräfte zu vermeiden.**

Mit der Umsetzung der oben genannten Empfehlungen bzw. Anregungen wird aus nautischer Sicht die optimalste und auch sicherste Variante erzielt, die sowohl den Ansprüchen der Verwaltung hinsichtlich der Erhaltung der Leichtigkeit und Sicherheit des Schiffsverkehrs genügt als auch den ausführenden Lotsen ausreichend Hilfestellung gibt, die anspruchsvollen Manöver weiterhin sicher durchführen zu können.

Weiterhin gilt jedoch, dass

- **präventive Schulungsmaßnahmen (Simulatortraining) für die Lotsen unabdingbar sind, um eine frühzeitige Problemerkennung zu garantieren und damit einhergehend einen möglichst störungsfreien Übergang von der alten zur neuen Vorhafengestaltung und der Zufahrt zur 5. Schleuse zu gewährleisten.**

---

<sup>1</sup> **RA**dar bea**CON** (Radar-Antwortbake)

## **Abbildungsverzeichnis**

ABB. 1 GEOMETRIE DER VARIANTE 1 .....	7
ABB. 2 GEOMETRIE VARIANTE 3 .....	11
ABBILDUNG 235 KONSTRUKTIONSÄNDERUNGEN VARIANTE 4 .....	22