

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

Email: hermann.vonmorgenstern@t-online.de

Simulations-Studie

OFFSHORE TERMINAL BREMERHAVEN

ABSCHLUSSBERICHT -KURZFASSUNG-

20. Juni 2012
Projekt: 949-BRP-2010

Client:

bremenports
Bremen Bremerhaven GmbH & Co. KG

**bremenPORTS
GmbH & Co. KG**

Author:

**Dipl.Naut.
Hermann von Morgenstern**

Document:

949_VOL1_Kurzbericht.pdf
Rev. F1.2.2 20JUN2012

Simulations Studie OFFSHORE TERMINAL BREMERHAVEN		Dipl.Naut. Captain Hermann von Morgenstern
Project : 949_BRP_Simulation_OTB	Abschlussbericht Kurzfassung	Date: 20 Juni 2012

BERICHTSUMFANG (Abschlussbericht)			
Volume	Titel	Anzahl Seiten -einseitig-	Anzahl Seiten -doppelseitig-
Vol-1	Abschlussbericht/Anlagen	554 Seiten	580 Seiten
Vol-2.1	Evaluationsplotts Blexer Bogen	286 Seiten	324 Seiten
Vol-2.2	Evaluationsplotts Hafenmanöver OTB	201 Seiten	226 Seiten
Vol-2.3	Evaluationsplotts Revierfahrten	133 Seiten	140 Seiten
Vol-2.4	Evaluationsplotts Blexer Bogen Session 4	246 Seiten	314 Seiten
Vol-3.1	Bahngrößen Blexer Bogen	125 Seiten	130 Seiten
Vol-3.2	Bahngrößen Revierfahrten	95 Seiten	98 Seiten
Vol-3.3	Bahngrößen Blexer Bogen Session 4	165 Seiten	190 Seiten
Vol-4.1	Strömungsdaten Blexer Bogen	91 Seiten	94 Seiten
Vol-4.2	Strömungsdaten Terminal Area	91 Seiten	94 Seiten
Vol-4.3	Geschwindigkeitsprofile –Übersicht-	92 Seiten	96 Seiten
Vol-4.4	Strömungsdaten Transit/Weser	150 Seiten	158 Seiten
Vol-4.5	Stromdaten Blexer Bogen MOD135	180 Seiten	186 Seiten
Vol-5.1	OnLine-Doku Blexer Bogen	176 Seiten	188 Seiten
Vol-5.2	OnLine-Doku Hafenmanöver	141 Seiten	172 Seiten
Vol-5.3	OnLine-Doku Transit-Läufe	133 Seiten	148 Seiten
Vol-5.4	OnLine-Doku Blexer Bogen Session 4	162 Seiten	184 Seiten
Anmerkung			
<i>Auf der beigefügten CD-Rom sind Dateien aller Bände gespeichert, sowohl für einseitigen Druck (Kennung _ES.pdf) als auch doppelseitigen Druck (Kennung _DS.pdf).</i>			
<i>Die Bände Vol-2.1 bis Vol-5.4 sind gegenüber den bereits ausgelieferten nur insoweit geändert, dass das Erstellungsdatum mit dem des endgültigen Abschlussberichtes übereinstimmt.</i>			

Bericht erstellt am 20. Juni 2012 von

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

Bremen, den 20.06.2012



(H.v.Morgenstern)

Simulations Studie OFFSHORE TERMINAL BREMERHAVEN		Dipl.Naut. Captain Hermann von Morgenstern
Project : 949_BRP_Simulation_OTB	Abschlussbericht Kurzfassung	Date: 20 Juni 2012

INHALTSVERZEICHNIS

0	KURZFASSUNG (MANAGEMENT SUMMARY)	4
0.1	EINLEITUNG	4
0.2	ERGEBNISSE SESSION 1 UND 1A „BEFAHREN DES BLEXER BOGENS“	6
0.2.1	<i>Aufgabe der Simulationen</i>	6
0.2.2	<i>Kernergebnisse</i>	6
0.2.3	<i>Empfehlungen</i>	11
0.3	ERGEBNISSE SESSION 2 „HAFENMANÖVER“	13
0.3.1	<i>Aufgaben der Simulation</i>	13
0.3.2	<i>Anmerkungen zu dem Transporteinheiten</i>	13
0.3.3	<i>Kernergebnisse</i>	14
0.3.4	<i>Empfehlungen</i>	17
0.4	ERGEBNISSE SESSION 3 „TRANSITFAHRTEN AUSSENWESER“	18
0.4.1	<i>Aufgabe der Simulation</i>	18
0.4.2	<i>Kernergebnisse</i>	19
0.5	ERGEBNISSE SESSION 4	21
0.5.1	<i>Hintergrund/Aufgaben der Simulation</i>	21
0.5.2	<i>Ergebnisse Session 4 „Vergleichsläufe –Strom“</i>	23
0.5.3	<i>Ergebnisse Session 4 „Ergänzungsläufe –Begegnungen“</i>	25
0.5.4	<i>Ergebnisse Session 4 „Störfallläufe“</i>	28
0.6	GRENZWERTIGKEITEN	30
0.6.1	<i>Parameter „Schiff“</i>	31
0.6.2	<i>Parameter „Strömungsbedingung“</i>	34
0.6.3	<i>Parameter „Wind“</i>	35
0.6.4	<i>Parameter „Verkehrssituation“</i>	37
0.7	RISIKOBETRACHTUNG.....	38
0.7.1	<i>Ausfall der Ruderanlage und Blackout</i>	38
0.7.2	<i>Ausfall der Maschinenanlage</i>	39
0.7.3	<i>Unfälle im Fahrwasser</i>	40
0.7.4	<i>Unfälle auf Blexen Reede</i>	41

Simulations Studie OFFSHORE TERMINAL BREMERHAVEN		Dipl.Naut. Captain Hermann von Morgenstern
Project : 949_BRP_Simulation_OTB	Abschlussbericht Kurzfassung	Date: 20 Juni 2012

0 KURZFASSUNG (MANAGEMENT SUMMARY)

0.1 Einleitung

In der Zeit vom 1. November 2010 bis 15. April 2011 und vom 16. Januar 2012 bis 20. Januar 2012 wurden im Auftrag von bremenports GmbH & Co. KG Simulationen an der Simulationsanlage der Hochschule Bremen (Institut für maritime Simulation) im Rahmen der Planungen zum

**BAU EINES OFFSHORE-TERMINALS
IN BREMERHAVEN**

unter der Projektleitung des Verfassers durchgeführt. Die Gesamtuntersuchung kann im Grundsatz in folgende Abschnitte bzw. Teilbereiche gegliedert werden.

- **Befahren des Blexer Bogens (Session 1 und Session 1a)**
- **Durchführung von Hafenmanövern (Session 2 und teilweise Session 3)**
- **Transitfahrten Außenweser mit Begegnungen (Session 3)**

Während dieses grundlegenden Bewertungsprozesses der abgeschlossenen Simulationsläufe im Rahmen der oben genannten Untersuchungsabschnitte wurde nach eingehenden Diskussionen beschlossen, die bisherigen Szenarienkonfigurationen für das Befahren des Blexer Bogens bezüglich der einzusetzenden Schiffe und bestimmter Umweltbedingungen zu ergänzen. Eine entscheidende Änderung, die sich aus den Diskussionen ergab, stellte das modifizierte Strömungsmodell dar. Weiterführende Informationen diesbezüglich sind im Hauptbericht in Kapitel 3.3 Hinweise zur Strömungsdynamik zusammengefasst.

Um die ergänzenden Untersuchungsbedingungen bewerten zu können, wurde in dem Zeitraum vom 16. Januar 2012 bis zum 20. Januar 2012 eine weitere Untersuchungsphase durchgeführt und zwar für das

- **Befahren des Blexer Bogens (Session 4)** mit ergänzenden Randbedingungen wie
 - **Strömungsvergleichsläufe**
 - **Ergänzungsläufe bzgl. Schiffstypen und Begegnungen**
 - **Störfallläufe**

Simulations Studie OFFSHORE TERMINAL BREMERHAVEN		Dipl.Naut. Captain Hermann von Morgenstern
Project : 949_BRP_Simulation_OTB	Abschlussbericht Kurzfassung	Date: 20 Juni 2012

Für die einzelnen Sessions 1 - 4 wurden insgesamt **184 Simulationsläufe** durchgeführt, die sich wie folgt aufteilen:

- | | |
|--|-----------------|
| ➤ Befahren des Blexer Bogens (Session 1 und 1a) | 52 Läufe |
| ➤ Hafenanmanöver (Session 2 und tlw. Session 3) | 46 Läufe |
| ➤ Transitfahrten Außenweser (Session 3) | 22 Läufe |
| ➤ Befahren des Blexer Bogens (Session 4) | 64 Läufe |

Nicht nur die Vielzahl der Untersuchungsläufe sondern auch die Tatsache, dass in diesem Bericht mehrere Untersuchungsabschnitte zu bewerten waren hat zur Folge, dass eine Fülle unterschiedlichster Ergebnisse zu beachten ist. Solche Ergebnisse können im Allgemeinen in so genannte Kernaussagen zusammengefasst werden, die wiederum jedoch häufig auf einer Vielzahl von genauer beschriebenen Detailergebnissen basieren.

In diesem Falle ist es nicht zu vermeiden, dass selbst eine Kurzfassung einen relativ großen Textumfang einnimmt, obgleich sich in dem hier zu betrachtenden Fall die Kernaussagen der einzelnen Untersuchungsabschnitte zusammengefasst worden sind und auf Detailergebnisse weitestgehend verzichtet wird. Um dem Leser die Möglichkeit zu geben auf möglichst schnellem Wege vertiefend in die Materie einsteigen zu können, ist die Kurzfassung entsprechend der Kapitel-Reihenfolge aufgebaut.

Zusammengefasst ist hier darauf hinzuweisen, dass

- **die in der Kurzfassung aufgeführten Ergebnisse der einzelnen Untersuchungsabschnitte Kernaussagen die auf einer Vielzahl von Bewertungskriterien und sich daraus ergebender Detailaussagen beruhen und daher als ein sehr komprimierter Auszug anzusehen sind.**
- **Für detaillierteres Hinterfragen einer Ergebnisgröße ist es unumgänglich, sowohl das entsprechende Bewertungskapitel als auch ggfls. die relevanten Anlagenbände mit heranzuziehen.**

Um den Umfang der Kurzfassung einigermaßen überschaubar zu halten, wird nicht nur auf die Darstellung von Detailergebnissen verzichtet, sondern auch auf einleitende Kapitel bezüglich der Simulationsgrundlagen, Erstellung der Simulationsumgebung, Bewertungsgrundlagen und Methodik verzichtet, die im Berichtsteil sehr ausführlich beschrieben sind.

Simulations Studie OFFSHORE TERMINAL BREMERHAVEN		Dipl.Naut. Captain Hermann von Morgenstern
Project : 949_BRP_Simulation_OTB	Abschlussbericht Kurzfassung	Date: 20 Juni 2012

0.2 Ergebnisse Session 1 und 1a „Befahren des Blexer Bogens“

0.2.1 Aufgabe der Simulationen

Im Rahmen des Aspektes „sichere Befahrbarkeit des Blexer Bogens“ bei Realisierung des OTB im Bereich des Blexer Bogens sollten mithilfe der Simulationen mögliche Auswirkungen auf den durchgehenden Verkehr untersucht, beschrieben und bewertet werden. Dabei waren die nachfolgenden Details und Randbedingungen für die Gestaltung der Simulationsszenarien zu berücksichtigen.

- **Durchführung von**
 - Einfeldfahrten verschiedener Schiffe zur Bestimmung des Flächenbedarfes und der machbaren Bahnführung
 - Überhol- und Begegnungsmanöver, soweit in diesem Bereich zulässig
- **Mit verschiedenen Untersuchungsschiffen**
 - Massengutschiffe unterschiedlicher Größen und Tiefgänge, sowie einem Autotransporter)
- **Bei verschiedenen Wetter- und Umweltbedingungen**
- **Bei unterschiedlichen Tidebedingungen**
- **Mit Belegung des OTB und weiterer Pierplätze in Nordenham**

Die Notwendigkeit der Durchführung zweier Untersuchungsreihen für die Überprüfung der sicheren Befahrbarkeit des Blexer Bogens (Session 1 und Session 1a) wird Kapitel 6.2 näher erläutert.

0.2.2 Kerneergebnisse

0.2.2.1 Wechselbeziehungen OTB/Transitverkehr

In der Schlussfolgerung kann für die Bewertung der Simulationsläufe hinsichtlich der Wechselbeziehungen zwischen der Fahrwassergeometrie (mit Fahrinnenverschwenkung) mit und ohne OTB konstatiert werden:

- **Primäre Geschwindigkeitsabhängigkeiten bestehen als Auswirkungen der Transitschiffe auf die am OTB liegenden Fahrzeuge, oder aber mögliche Geschwindigkeitsregularien für die Transitschiffe, um Beeinträchtigungen der am OTB liegenden Fahrzeuge zu verhindern,**

Simulations Studie OFFSHORE TERMINAL BREMERHAVEN		Dipl.Naut. Captain Hermann von Morgenstern
Project : 949_BRP_Simulation_OTB	Abschlussbericht Kurzfassung	Date: 20 Juni 2012

- sekundär können durch das dominante Erscheinungsbild des gesamten Geländes psychologische Beeinflussungen in der Bahnführung der Transitschiffe erwartet werden,
- eine Umwidmung von Teilen der heutigen Blexen Reede in den Zufahrtsbereich zum OTB für den Machbarkeitsvergleich bezüglich des Erhalts eines sicheren und uneingeschränkten Transitverkehrs von geringerer Bedeutung ist, da einerseits die verfügbare Fahrwasserfläche weitestgehend identisch ist, unabhängig davon, ob das OTB realisiert wird oder nicht.
- Die mögliche Umwidmung, Teil der Blexen Reede in den Zufahrtsbereich, spielt jedoch eine gewisse Rolle in der Bewertung bzw. des Vergleichs der Risikopotenziale bei einem möglichen Störfalleintritts im Bereich des Blexer Bogens.

0.2.2.2 Kernaussagen „Generelle Befahrbarkeit“

Unter dem Aspekt **der Grundsatzfrage Generelle Befahrbarkeit** können die nachfolgenden Kernaussagen gemacht werden.

- Eine sichere Bahnführung einkommender und ausgehender Massengutschiffe wird unter Beachtung der Detailergebnisse, insbesondere die notwendige Beibehaltung der bisherigen Fahrstrategien, nicht erkennbar negativ durch die Planungsmaßnahme des OTB beeinflusst, sondern wird primär von den allgemeinen Störgrößen Wind und Strom bestimmt.
- Der Autotransporter kann auch weiterhin den Blexer Bogen unter heute praktizierten Bedingungen, sowohl einkommend als auch ausgehend befahren, d.h., dass hier kein negativer Einfluss des geplanten OTB erkennbar ist.
- Die notwendige Fahrtreduzierung zum Schutze der Anlagen und Schiffe im Bereich Blexen und/oder Annahme der Schlepper kann weiterhin mit der notwendigen Sicherheit durchgeführt werden, wobei Versetzmanöver / Schlepperannahme möglichst außerhalb des OTB -Bereichs durchgeführt werden sollten.
- Die grundsätzlichen Fahrstrategien (Kurse und Geschwindigkeiten) für das Durchlaufen des Blexer Bogens müssen auch nach der Fahrinnenverlegung und einer Realisierung des OTB beibehalten werden was sowohl die Bahnführung als auch die gewählten Geschwindigkeiten betrifft.
- Im Blexer Bogen und damit auch im Bereich des OTB muss mit einem breiten Geschwindigkeitsprofil gerechnet werden, welches durchschnittlich in der Größenordnung von etwa 8 bis 12 Knoten durchs Wasser liegt, in Einzelfällen aber auch höher ausfallen kann und aus den besagten Gründen der sicheren Bahnführung von den Lotsen nicht unterschritten werden darf.

Simulations Studie OFFSHORE TERMINAL BREMERHAVEN		Dipl.Naut. Captain Hermann von Morgenstern
Project : 949_BRP_Simulation_OTB	Abschlussbericht Kurzfassung	Date: 20 Juni 2012

0.2.2.3 Kernaussagen „Begegnung“

Unter dem Aspekt **Grundsatzfragen Begegnung** können die nachfolgenden Kernaussagen gemacht werden.

- Die Bahnführungsergebnisse der untersuchten einkommenden als auch ausgehenden Schiffe, welche überwiegend tideabhängig in Einzelfahrten gefahren wurden, zeigen einen Flächenbedarf, der weitestgehend innerhalb der eigenen Fahrwasserhälfte lag, sodass Begegnungen im Kurvenbereich weiterhin durchführbar sind.
- Begegnungsmanöver können auch im Rahmen der bestehenden Regelungen und unter Beachtung einzelner Randbedingungen wie z.B. Bahnführung in der Wechselbeziehung zur verfügbaren Fläche, weiterhin mit der notwendigen Sicherheit im Blexer Bogen durchführbar sind.
- Die Laufergebnisse zeigen aber, dass mit Windgeschwindigkeiten oberhalb 38 Knoten (Beaufortstärke > 8) die Bahnführung der Schiffe aus Sicherheitsüberlegungen weiter in die Mitte der Fahrrinne verlegt wurde, um jederzeit auf unerwartete Bewegungsänderungen des Schiffes reagieren zu können.
- Hieraus vermindert sich die Möglichkeit zulässiger Begegnung, da neben der Verlegung der Bahnführung der verfügbare Raum für andere (abgehende) Schiffe durch das Steuern eines Vorhaltewinkels und daraus resultierenden vergrößerten Flächenbedarfs (Swept Path) verkleinert
- Dieses kann jedoch nicht als direkter Einfluss des OTB bezeichnet werden, sondern stellt eine grundsätzliche Fahrstrategie und Folge von nicht beeinflussbaren Störgrößen dar.

0.2.2.4 Kernaussagen „Windeinfluss“

Unter dem Aspekt **Grundsatzfragen Windeinfluss** können die nachfolgenden Kernaussagen gemacht werden.

- Durchschnittliche Windstärken bis zur Beaufort 6 zeigen bei den untersuchten Massengutschiffen keine signifikante Beeinflussung des Bewegungsverhaltens der Schiffe, d.h. Verdriften durch Windlast und Beeinträchtigung der Steuerfähigkeit durch das Giermoment sind kaum spürbar.
- Ein merkbarer Windeinfluss stellte sich bei den Massengutschiffe im Allgemeinen bei Windstärken ab Beaufort 8 ein, wobei Abweichungen der Einflussgröße durchaus von der Windrichtung, auch in Kombination von der jeweiligen Fahrtrichtung abhängen.
- Bei Windstärken oberhalb Beaufortstärke 8 erfahren die Massengutschiffe deutlich spürbare Drehmomente (Giermoment), die mit einer adäquaten Steuerkraft kompensiert werden müssen

Simulations Studie OFFSHORE TERMINAL BREMERHAVEN		Dipl.Naut. Captain Hermann von Morgenstern
Project : 949_BRP_Simulation_OTB	Abschlussbericht Kurzfassung	Date: 20 Juni 2012

- Die zusätzlich benötigte Steuerkraft muss dabei nicht nur durch größere Ruderlagen sondern durch erhöhte Propellerdrehzahlen mit einer daraus resultierenden Fahrterhöhung erzeugt werden.
- Eine Kombination aus Fahrtrichtung und Windrichtung aus der eine achterliche Anströmung resultiert, verlangt insbesondere bei den Massengutschiffen eine sorgfältige Planung und stetige Kontrolle des Bewegungsablaufes des Schiffes.
- Die sich auf den Windeinfluss beziehenden Anmerkungen gelten auch ohne den OTB.

0.2.2.5 Kernaussagen „Strömungseinfluss“

Unter dem Aspekt **Grundsatzfragen Strömungseinfluss** können die nachfolgenden Kernaussagen gemacht werden.

- Der Einfluss der Strömung auf die erzielbare Bahnführung muss sehr differenziert betrachtet werden, da eine Vielzahl von Randbedingungen wie z.B. Fahrt- und Strömungsrichtung, Tidezeitpunkt, Fahrstrategie usw. letztlich über die Größe des Strömungseinflusses entscheidet.
 - Nur mithilfe der Einzelbewertungskapitel können gezielte, den wechselnden Laufbedingungen entsprechende Aussagen über den Strömungseinfluss gemacht werden.
- Die Verfeinerung des Strömungsmodells erlaubt insgesamt eine realistischere Laufdurchführung.
- Der Bereich des Fahrwasserverlaufs in Nähe der nördlichen Zufahrt zum OTB konnte mit dem verfeinerten Strömungsmodell bei Befahren des Abschnittes sehr dicht an der Trassengrenze mit weniger Steuerkräften passiert werden, als dies in der Session 1 der Fall war.
- Der eben genannte Bereich sollte jedoch, gerade Anfangs nach der Fahrrinnenverlegung, weiterhin, auch ohne OTB, als sensibel angesehen werden.
- Eine auffällige Situation bei der der Strömungseinfluss deutlicher erkennbar wird, stellt der Ablauf des Lotsenwechsels der abgehenden Fahrzeuge mit der anschließenden Kurvenfahrt bei Flutstrom dar.
- Hier gilt es, das Fahrzeug möglichst an der Radarlinie mit dem entsprechenden Kurs zu halten, um Scherkräfte des Stromes, insbesondere während der Langsamfahrt zu vermeiden oder zumindest weitestgehend zu minimieren.

Simulations Studie OFFSHORE TERMINAL BREMERHAVEN		Dipl.Naut. Captain Hermann von Morgenstern
Project : 949_BRP_Simulation_OTB	Abschlussbericht Kurzfassung	Date: 20 Juni 2012

0.2.2.6 Kernaussagen „Einfluss des OTB“

Zwischen dem bestehenden Fahrwasser (mit Fahrrinnenverschwenkung) mit und ohne OTB bestehen in enger Betrachtungsweise nur wenige Abhängigkeiten und Wechselbeziehungen, welche in Kapitel 0.2.2.1 (Seite: 6) beschrieben sind.

Unter dem Aspekt **Grundsatzfragen Einfluss des OTB** können *auf Grundlage aller bisher bewerteten Läufe und unter Einbeziehung der bisher genannten Abhängigkeiten* die nachfolgenden Kernaussagen gemacht werden.

- Nur Geschwindigkeitsvorgaben und/oder erweiterte Vorgaben von Passierabständen zum OTB, die ein Abweichen von der bisherigen Bahnführungsstrategie verlangen, würden eindeutig einen Eingriff in den heute machbaren Bahnführungsprozess, verursacht durch den OTB, darstellen.
- Die Ergebnisse der Simulationsläufe im Rahmen dieser Untersuchung lassen erkennen, dass ein Abweichen von den bisherigen Bahnführungsstrategien nicht oder in nur begrenztem Maße möglich ist. Hafenseitige Lösungen (z.B. adäquates Vertäuungskonzept) können helfen, den negativen Einfluss auf den Transitverkehr zu verhindern.
- Die eben genannten Parameter (Geschwindigkeitsvorgaben, Bahnführungsstrategie usw.) gelten auch für die uneingeschränkte Nutzung der vorhandenen Fahrwasserfläche, welche nicht eingeschränkt werden darf.
- Aus den Laufergebnissen lassen sich nur geringe Einflüsse durch das dominante Erscheinungsbild der Gesamtanlage erkennen.
- Über die im Zusammenhang der Umwidmung der Blexen Reede gemachten Hinweise im Rahmen der Wechselbeziehungen des OTB zum umgebenden Fahrwasser kann hier abschließend nichts ausgesagt werden, da die endgültigen Positionen der Fahrwassertonnen noch nicht festgelegt worden sind und dieser Aspekt im Wesentlichen unter eine Störfallbetrachtung einzubeziehen ist.

Die bis hier gemachten Kernaussagen sind, wie eingangs schon gesagt, als übergreifend und zusammengefasst zu betrachten. Es ist daher unumgänglich, bei möglichem Klärungsbedarf die Bewertungskapitel zurate zu ziehen.

Simulations Studie OFFSHORE TERMINAL BREMERHAVEN		Dipl.Naut. Captain Hermann von Morgenstern
Project : 949_BRP_Simulation_OTB	Abschlussbericht Kurzfassung	Date: 20 Juni 2012

0.2.3 Empfehlungen

Aus den Ergebnissen der analysierten und evaluierten Läufe der **Session 1 und 1a** können einige Empfehlungen für die weiteren Untersuchungen bzw. ergänzende Maßnahmen zur präziseren Beschreibung der Fragestellungen, die sich aus den Planungsvorgaben des OTB im Bereich des Blexer Bogens ergeben. Diese Empfehlungen konzentrieren sich auf die Aspekte

- **Strömungsgeschwindigkeit**
- **Hydraulische Auswirkungen vorbeifahrender Fahrzeuge**
- **Ergänzende Simulationen zur Präzisierung der Aspekte**
 - Begegnungsverkehre (Erweiterung auf zwei Eigenschiffe)
 - Anlaufen der Anlagen in Nordenham (Geschwindigkeitsreduzierung im Blexer Bogen)
 - Schiffstypen (besondere Antriebe, bzw. untypische Steuerqualitäten)
- **Störfalleintritte im näheren Bereich des OTB**

➤ **An dieser Stelle ist es sinnvoll zu erwähnen, dass die genannten Empfehlungen bereits vor Fertigstellung des Endberichtes in die Diskussion genommen und in der Session 4 umgesetzt wurden.**

Aus der näheren Betrachtung der Geschwindigkeitsverläufe in Abhängigkeit der Windstärken leitet sich wegen der Wichtigkeit des Erhalts der zu fahrenden Geschwindigkeiten folgende Rückschlüsse ab, dass

- **dringend zu empfehlen ist zu prüfen, inwieweit einlaufende und auslaufende Schiffe unter Einhaltung der notwendigen Geschwindigkeiten des Transitverkehrs Einfluss auf Fahrzeuge, die am OTB festgemacht sind, nehmen können. Zu prüfen wären hier die möglichen Absinkgrößen sowie Längs- und Querschleunigungen dieser Fahrzeuge.**

Neben diesem generellen Aspekt, der aber letztlich von immenser Bedeutung für die Betrachtung der Wechselbeziehungen zwischen heutigem Befahren des Blexer Bogens und zukünftigen mit einem realisierten OTB ist, ist es nicht von der Hand zu weisen, dass auch dem immer wieder vorgetragenen Aspekt der Strömungsgeschwindigkeiten Rechnung zu tragen ist¹.

¹ Siehe hierzu Kapitel 3.3 des Hauptberichtes

Simulations Studie OFFSHORE TERMINAL BREMERHAVEN		Dipl.Naut. Captain Hermann von Morgenstern
Project : 949_BRP_Simulation_OTB	Abschlussbericht Kurzfassung	Date: 20 Juni 2012

Unabhängig von der Umsetzbarkeit der erneuten Strömungsberechnung, ist es wegen der geringen Anzahl von Begegnungsmanövern zu empfehlen

- **zusätzliche Läufe zur Überprüfung der sicheren Machbarkeit von Begegnungen durchzuführen, wobei diese Läufe mit jeweils 2 komplett gerechneten Modellen (Eigenschiffen) durchzuführen sind.**

Ein weiterer Aspekt den es hier zu betrachten gilt und der sich aus den bisherigen Läufen ergeben hat, ist die Störfallbetrachtung. Diesem Aspekt sollte rechtzeitig Aufmerksamkeit geschenkt werden, um mittels Simulationen herauszufinden ob und bei welchen möglichen Störfällen (interne wie externe) besondere Gefährdungspotenziale für das Terminal bestehen. Hierfür wäre es sinnvoll, dass von einem Expertengremium relevante Störfallgrößen definiert würden.

Simulations Studie OFFSHORE TERMINAL BREMERHAVEN		Dipl.Naut. Captain Hermann von Morgenstern
Project : 949_BRP_Simulation_OTB	Abschlussbericht Kurzfassung	Date: 20 Juni 2012

0.3 Ergebnisse Session 2 „Hafenmanöver“

0.3.1 Aufgaben der Simulation

Im Rahmen der Untersuchungsphase 2 sollte mit Hilfe verschiedenster An- und Ablegemanöver in Frage kommender Schiffstypen (Transporteinheiten) die sichere Erreichbarkeit des geplanten Terminals untersucht, beschrieben und bewertet werden.

- **Durchführung von An- und Ablegemanöver**
 - **mit und ohne Drehen zur Ermittlung des Flächenbedarfes und der Überprüfung der sicheren Erreichbarkeit des OTB.**
 - **Mit verschiedenen Untersuchungsschiffen**
 - **Standard Schwergutschiff, sowie zwei unterschiedliche**
 - **Jack-Up-Transporter –Selbstfahrer und einer**
 - **Transport-Barge (antriebslos) als Schleppeinheit**
- **Bei verschiedenen Wetter- und Umweltbedingungen**
- **Bei unterschiedlichen Tidebedingungen**
- **Mit und ohne Belegung des OTB**
- **Mit unterschiedlichen Linienführungen der südlichen Zufahrtsgrenze**

Um alle Eventualitäten bezüglich der Ausrichtung der Fahrzeuge an der Pier (Steven nach See oder Weser aufwärts) in Betracht zu ziehen, wurden sowohl die An- als auch die Ablegemanöver jeweils mit und ohne Drehen vor dem Anlegen bzw. nach dem Ablegen durchgeführt.

0.3.2 Anmerkungen zu dem Transporteinheiten

Grundsätzlich gilt, dass für die Jack-Up-Einheiten kein „Einzel-Joystick-Mode“ zur vereinfachten Steuerung über einen einzelnen Joystick für freie Wahl der Bewegungsrichtung und Bewegungsgeschwindigkeit zur Verfügung stand, da hierfür spezielle, kostenintensive Software und Hardware notwendig sind. Der Bewegungsablauf des Fahrzeuges musste von den Fahrlotsen über die Bedienung von vier einzelnen Joysticks vorgegeben werden, wobei jeder einzelne eine 360° drehbare Antriebseinheit in Bezug auf Schubrichtung (Rotation) und Schubstärke (Translation) steuerte. Hinzu kamen ggfls. noch mehrere Querstrahler.

Simulations Studie OFFSHORE TERMINAL BREMERHAVEN		Dipl.Naut. Captain Hermann von Morgenstern
Project : 949_BRP_Simulation_OTB	Abschlussbericht Kurzfassung	Date: 20 Juni 2012

Die beiden Jack-Up-Fahrzeuge waren für zwei Modi ausgelegt bzw. modelliert, nämlich den Manual-Mode und den Cruise-Mode. Im Manual-Mode waren alle drehbaren Antriebe unabhängig voneinander über getrennte Bedieneinheiten frei steuerbar. Im „Cruise-Mode“ wurden dagegen die Antriebseinheiten so gekoppelt, dass eine gemeinsame Rotation aller Einheiten, allerdings begrenzt auf +/- 25°, über ein Steuerelement (Rudergeber) möglich war.

Es muss an dieser Stelle gesagt werden, dass

- die besondere Antriebsart der beiden Spezialfahrzeuge (4 bzw. 6 drehbare Antriebe) nicht nur außergewöhnlich ist, sondern auch spezieller Kenntnisse in der Anwendung und Bedienung bedarf. Solche Spezialkenntnisse lagen den Probanden bei der Durchführung der Versuchsläufe nur sehr bedingt aus praktischen Erfahrungen vor und wurden überwiegend während der Simulationen soweit erfahren, dass ein Manövrieren mit den Fahrzeugen möglich wurde.
- Daher müssen erweiterte Toleranzen in der Bahnführungsqualität akzeptiert werden.

0.3.3 Kerneergebnisse

0.3.3.1 Generelle Kernaussagen für die Jack-Up-Schiffe

Aus den Laufergebnissen der Hafenmanöver lassen sich folgende generelle Kernaussagen für die selbstfahrenden Spezialschiffe (Jack-Up) herleiten:

- Sie verfügen über exzellente Manövrierfähigkeiten, die es erlauben, die Schiffe auch unter ungünstigsten Bedingungen sicher zu führen.
- Durch professionelle Nutzung (manuell oder automatisch) der besonderen Manöviereinrichtungen die Schiffe können diese sowohl sicher und präzise als auch auf kleinstem Raum manövriert werden.
- Die manuelle, getrennte Steuerung aller Manöviereinheiten verlangt ein sehr hohes Können und Vertrautheit mit dem System, ist jedoch als machbare Alternative anzusehen, falls der Automatikbetrieb ausfallen sollte.
- Die Störgrößen Wind und Strom können auch bei ungünstigsten Beladungszuständen (große Windangriffsfläche) mit den verfügbaren Kräften kompensiert werden.

Simulations Studie OFFSHORE TERMINAL BREMERHAVEN		Dipl.Naut. Captain Hermann von Morgenstern
Project : 949_BRP_Simulation_OTB	Abschlussbericht Kurzfassung	Date: 20 Juni 2012

0.3.3.2 Generelle Kernaussagen für das Standard-Schwergutschiff

Aus den Laufergebnissen der Hafenmanöver lassen sich hinsichtlich des **Schwergutschiffes** P2 folgende **generelle Kernaussagen** herleiten:

- Das Fahrzeug kann in die von den Lotsen manövrierten Schiffskategorien eingeordnet werden, d.h., dass die bestehenden Manöverstrategien zum An- und Ablegen solcher Schiffe auch unter Wind und Strom ihre Gültigkeit behalten.
- Im Gegensatz zu den hoch-motorisierten Spezialschiffen, kommt das Standard-Schwergutschiff beim An- und Ablegen sowie für das notwendige Drehen nicht ohne externe Assistenz (Schlepper) aus.
- Die notwendigen An- und Ablegemanöver inklusive des Drehens des Schiffes können sowohl mit der geforderten Sicherheit als auch ohne größere Beeinträchtigung des durchlaufenden Verkehrs realisiert werden.
- Sowohl die Ansteuerung inklusive Schlepperannahme beim Standardschiff, als auch das Anlegemanöver können mit aller notwendigen Sicherheit durchgeführt werden.
- Das Auslaufen mit dem Schwergutschiff kann selbst inklusive eines Drehmanövers als weitgehend unproblematisch bezeichnet werden.

Aus den Laufergebnissen der Hafenmanöver lassen sich hinsichtlich des **Schwergutschiffes** P2 folgende **Kernaussagen bezüglich Schlepperassistenz** herleiten:

- Es ist empfehlenswert dem Fahrzeug anfangs eine Schlepperassistenz von mindestens 2 Schleppern gegeben werden sollte wenn das Schiff an Deck beladen ist und zwar weitestgehend unabhängig von den Einflussgrößen Wind und Strom.
- Im Falle fehlender Deckslast kann die Zahl der Schlepper in Absprache mit dem Kapitän/Lotsen auch geringer ausfallen.
- Für Fahrzeugeinheiten die Schlepperassistenz benötigen, sollten diese einkommend rechtzeitig vor Beginn des Drehmanövers festgemacht und bei Anläufen aus Richtung Bremen spätestens bei Passieren der Tonne 56 angespannt sein.

Simulations Studie OFFSHORE TERMINAL BREMERHAVEN		Dipl.Naut. Captain Hermann von Morgenstern
Project : 949_BRP_Simulation_OTB	Abschlussbericht Kurzfassung	Date: 20 Juni 2012

0.3.3.3 Kernaussagen zu Hafenanmanöver und Transitverkehr

Hinsichtlich der Betrachtung der **Hafenanmanöver in Verbindung mit dem durchlaufenden Verkehr** lassen sich folgende Kernaussagen herleiten:

- Die Laufergebnisse und die einhellige Expertenmeinung lassen die Aussage zu, dass durch die exzellente Manövrierfähigkeit der Spezialschiffe und die Nutzung von Schleppkapazität bei den Standardschiffe davon ausgegangen werden kann, dass der durchlaufende Verkehr bei optimaler Ablaufplanung der Manöver zum/vom OTB nicht oder nur geringfügig beeinträchtigt wird.
- Diese Aussage gilt für die gesamte Palette der Hafenanmanöver, also Ablegen nach See (mit oder ohne Drehen) und das Anlegen von See bzw. von Bremen/Brake/Nordenham kommend (mit oder ohne Drehen).
- Auch wenn die Spezialschiffe auf engstem Raum (JV und RW) manövriert werden können, so wurden die Drehmanöver stets so angesetzt, dass sie mit sicherem Abstand vom Bauwerk und dort befindlichen Schiffen durchgeführt wurden.
- Die sichere Manöverstrategie durch Einhalten größerer Abstände zu den Fahrzeugen am OTB verlangt allerdings häufig eine mehr oder weniger große Nutzungsfläche des Fahrwassers.
- Der Zeitaufwand für Ansteuerung, Drehmanöver und Erreichen der Pier mit den Spezialschiffen als auch dem Standardschiff kann in etwa mit 30 Minuten angesetzt werden.
- Der notwendige Zeitraum für das Auslaufen der Schiffe bis zu Erreichen der kontrollierten Fahrt des Schiffes, inklusive Drehen, kann ebenfalls mit etwa 30 Minuten angesetzt, wobei die Zeitunterschiede aufgrund der Tidebedingungen oder den Manövern mit/ohne Drehen als nur marginal unterschiedlich angesehen werden können.
- Es wäre optimal, wenn die Drehmanöver räumlich weitestgehend im Zufahrtsbereich bei nur geringer Flächennutzung des Fahrwassers durchgeführt werden könnte, weil diese Manövervariante eine mögliche Beeinträchtigung des Transitverkehrs auf ein Minimum reduzieren lassen würde.
- Der notwendige Zeitraum für das Auslaufen des Schiffes bis zu Erreichen der kontrollierten Fahrt des Schiffes, inklusive Drehen, muss mit etwa 30 Minuten angesetzt, wobei die Zeitunterschiede zu Flutstrom oder den Manövern ohne Drehen nur marginal unterschiedlich sein werden.

Simulations Studie OFFSHORE TERMINAL BREMERHAVEN		Dipl.Naut. Captain Hermann von Morgenstern
Project : 949_BRP_Simulation_OTB	Abschlussbericht Kurzfassung	Date: 20 Juni 2012

0.3.4 Empfehlungen

Alle Experten waren sich einig darüber, dass

- **die möglicherweise zum Einsatz kommenden Spezialschiffe besondere Trainingsmaßnahmen für die Lotsen und Schiffsführungen erforderlich machen.**

Dabei dient dieses Training nicht primär dem eigenständigen Führen und Manövrieren dieser Schiffe durch die Lotsen, sondern dem Vertraut machen mit dem System für den Fall, dass

- **das mit hoher Wahrscheinlichkeit eingesetzte Bahnführungssystem ausfällt und**
- **zur Beurteilung des zu erwartenden Bewegungsfortschrittes unter Beachtung der von der Automatik eingesetzten Kräfte und zu erwartenden Störfaktoren (z.B. signifikante Änderungen der Strömungsverhältnisse o.Ä.) sowie**
- **zum Erkennen von Problemstellung beim Übergang von der Bahnführungsautomatik in den manuellen Betrieb.**

Ausführliches Training hat als Nebeneffekt, dass sich die Kommunikationsebene zwischen Kapitän und Lotsen auf gleicher Höhe befinden und dadurch die Gefahr des „one-man-Errors“ reduziert wird.

Simulations Studie OFFSHORE TERMINAL BREMERHAVEN		Dipl.Naut. Captain Hermann von Morgenstern
Project : 949_BRP_Simulation_OTB	Abschlussbericht Kurzfassung	Date: 20 Juni 2012

0.4 Ergebnisse Session 3 „Transitfahrten Aussenweser“

0.4.1 Aufgabe der Simulation

Die Aufgabe dieser Simulationsläufe war die Durchführung von nautischen Fahrversuchen im derzeitigen Außenweserlayout zur Untersuchung von

- **Standard Läufen (Einzelfahrten)**
- **sicheren Begegnungsmanövern und**
- **Überholmanöver**

Die Läufe/Begegnungsmanöver wurden mit den selbstfahrenden Spezialschiffen im Antriebs-Cruise-Mode durchgeführt, wobei jederzeit auf den Manual-Mode² umgeschaltet werden konnte. Gemäß Leistungsbeschreibung sollten die Abfahrten der Transporteinheiten nur mit ablaufendem Wasser durchgeführt werden.

Mit den beteiligten Behörden (WSA BHV und WSD Nordwest) wurden Begegnungen und Überholsituationen sowohl für die Bereiche Wremer Loch/Fedderwarder Fahrwasser als auch für den Bereich der Stromkaje mit folgenden Schiffen abgestimmt:

- **aufkommender Autotransporter (230 x 32 x 8 Meter)**
- **Containerschiff; trassengebunden (350 x 42,5 x 11.80 Meter)**
- **Massengutschiff; trassengebunden(190 x 32 x 11.10 Meter)**

Vorgegebene Randbedingungen waren dabei die Tidebedingung für die beiden Spezialschiffe, welche auf Grund ihrer maximalen Eigengeschwindigkeiten von etwa 10 – 12 Knoten³ grundsätzlich bei Ebbe fahren sollen, um den zeitlichen Verbleib im schmaleren Fahrwasser so gering wie möglich zu halten.

Für die Mehrschiffssituation entlang der Stromkaje inklusive des CT4 ab der Tonne 51a galt, dass der nördlichste Liegeplatz des CT4 mit einem Containerschiff der E-Klasse belegt war und dort mindestens eine Containerbrücke mit 63 Meter Ausladung heruntergeklappt war.

² Siehe hierzu Kapitel 3.1.6.1 Anmerkungen zu den Jack-Up-Einheiten (Self Elevating Platform)

³ Nach Abschluss der Simulationen wurde bekannt, dass das RWE-Schiff mit maximal 7,5 Knoten anzusetzen ist.

Simulations Studie OFFSHORE TERMINAL BREMERHAVEN		Dipl.Naut. Captain Hermann von Morgenstern
Project : 949_BRP_Simulation_OTB	Abschlussbericht Kurzfassung	Date: 20 Juni 2012

0.4.2 Kerneergebnisse

Da nach Auffassung der beteiligten Experten das Standard-Schwergutschiff für die Lotsen kein außergewöhnliches Schiff darstellt, wurde auf Simulationsfahrten mit diesem Schiff verzichtet und das Schwergewicht auf die selbstfahrenden Jack-Up-Einheiten gelegt.

Es ist an dieser Stelle notwendig darauf hinzuweisen, dass die Beladungsart der Schiffe in Betracht gezogen werden muss. Es ist nicht auszuschließen, dass Teile der Ladung (z.B. der Rotorstern) über die Bordwand hinausragen, was zwangsläufig den Flächenbedarf im Allgemeinen vergrößert und insbesondere bei Begegnungsmanövern berücksichtigt werden muss. Solche Informationen lagen bei Simulationsbeginn noch nicht vor, sondern wurden erst im weiteren Verlauf publik, wobei hier von Größenordnungen des Überhangs von etwa 7 Meter (und mehr) gesprochen wird, die letztlich noch nicht bestätigt sind.

- **Es ist daher von Bedeutung diesen Punkt (überstehende Ladung) im weiteren Verlauf sorgfältig zu beobachten, um sichere Begegnungsabstände im schmaleren Fahrwasser einhalten zu können.**

0.4.2.1 Generelle Kernaussagen

Aus den Laufergebnissen der Einzelfahrten und einiger weiterer Läufe lassen sich folgende **generelle Kernaussagen** für die selbstfahrenden Spezialschiffe (Jack-Up) herleiten:

- **Beginnt die Abfahrt bei der Tonne 54 mit einsetzender Ebbe, so wird Robbennordsteert nach ca. 2 Stunden erreicht**
- **Bei Beibehaltung der maximalen Geschwindigkeit der Spezialschiffe (ca. 10 – 12 Knoten über Grund⁴) setzt die Flut erst unterhalb des Bremer Kreuzes ein.**
(Läufe wurde bis nach der Passage von Robbennordsteert gefahren)
- **Kommt das Schiff in die Flut, befindet es sich bereits im breiten Bereich der Trasse und stört den einkommenden Verkehr nicht.**
- **Die Läufe haben deutlich gemacht, dass ein effizientes Verkehrsmanagement und sorgfältige Absprachen der Lotsen untereinander und mit der Verkehrszentrale erforderlich sind und helfen, den Verkehrsfluss zu optimieren**

⁴ erst nach den Simulationen der Hafenanöver wurde bekannt, dass die Geschwindigkeit des RWE-Schiffes ungestört mit nur 7,5 Knoten über Grund anzusetzen ist.

Simulations Studie OFFSHORE TERMINAL BREMERHAVEN		Dipl.Naut. Captain Hermann von Morgenstern
Project : 949_BRP_Simulation_OTB	Abschlussbericht Kurzfassung	Date: 20 Juni 2012

0.4.2.2 Kernaussagen zu den Begegnungen

Aus den Laufergebnissen der Einzelfahrten und einiger weiterer Läufe lassen sich bezüglich der **Begegnungen** folgende Kernaussagen für die selbstfahrenden Spezialschiffe (Jack-Up) herleiten:

- **Alle Begegnungen im Bereich Wremer Loch verliefen nach Meinung der beteiligten Experten mit der Realität vergleichbar.**
(die Passierabstände lagen bei ca. 100 m)
- **Die Begegnungen im Bereich CT IV mit Ladebetrieb werden von den Lotsen weitgehend als unproblematisch und machbar bezeichnet.**
- **Einige Begegnungen im Bereich CT-4 mit Ladebetrieb weisen bei den gesetzten Wetterverhältnissen (West 7 bis 9) z.T. Grenzwertigkeiten auf, die sich sowohl auf die Bahnführung der einkommenden Schiffe bezieht, als auch auf Abstände des ausgehenden Spezialschiffes zu den Fahrzeugen am CT-4 und den Auslegern der dortigen Containerkräne**
(geringster Abstand knapp 40 Meter)
- **Es sollte in die Überlegungen einbezogen werden, bei Windstärken > Bft.8 auf Begegnungen im näheren Bereich des CT-4 zwischen den Spezialfahrzeugen und windanfälligen Schiffen zu verzichten, was durchaus mithilfe eines optimierten Fahrtverlaufes des Spezialschiffes realisierbar ist.**

0.4.2.3 Kernaussagen zu den Überholmanövern

Aus den Laufergebnissen lassen sich bezüglich der **Überholvorgänge** folgende Kernaussagen für die selbstfahrenden Spezialschiffe herleiten:

- **Die Überholmanöver verliefen nach Meinung der beteiligten Experten mit der Realität vergleichbar**
 - die Passierabstände lagen jeweils bei deutlich über 100 m
- **Das ausgehende JackUp Schiff ist in der Lage, durch sorgfältig gewählte Bahnführung (in die Nähe des Trassenrandes), die erzielbaren Abstände positiv mit zu beeinflussen.**
- **Bei bestimmten Randbedingungen (Windrichtung und Windstärke) müssen Überholmanöver durchgeführt werden, weil die abgehenden Fahrzeuge die langsamen Geschwindigkeiten der Spezialschiffe nicht einhalten können, ohne in gefährliche Situationen zu geraten.**
- **Kurzfristige Fahrtreduzierungen und optimale Bahnführung können von den Spezialschiffen wegen ihrer sehr guten Manövrierfähigkeit realisiert werden.**

Simulations Studie OFFSHORE TERMINAL BREMERHAVEN		Dipl.Naut. Captain Hermann von Morgenstern
Project : 949_BRP_Simulation_OTB	Abschlussbericht Kurzfassung	Date: 20 Juni 2012

0.5 Ergebnisse Session 4

Die Auswertung der Simulationsdaten „Befahren des Blexer Bogens“ (Session 1 und 1a) und Bewertung der sich daraus resultierenden Bahnführungsergebnisse führten im zeitlichen Ablauf der Erstellung des Endberichts zu Empfehlungen bezüglich ergänzender Simulationen.

➤ **Diese Empfehlungen sind im Kapitel 6.12 Empfehlungen zu finden.**

0.5.1 Hintergrund/Aufgaben der Simulation

Wie bereits erwähnt, entstanden aus den Bewertungen und Analysen der Untersuchungsläufe Empfehlungen bezüglich ergänzender Läufe zur Festigung bestimmter Kernaussagen bzw. zur Erweiterung der Erkenntnisse und Aussagen.

Zudem wurde mehrfach, sowohl während der Simulationen als auch in Besprechungen auf die Einflussgröße „Strömungsgeschwindigkeit“ hingewiesen, der insbesondere beim Durchfahren des Blexer Bogens immense Wichtigkeit zugeschrieben wird und nach Ansicht einiger Experten in den Simulationen der Session 1 bis 3 durch das Normierungsverfahren als zu gering anzusehen war. Dieser Punkt wird in seinen Ursachen und Auswirkungen sehr detailliert im Kapitel 3.3 Hinweise zur Strömungsdynamik beschrieben.

Bei der Konzeptionierung der Szenarien für die Session 4 wurden zusätzlich zu den bereits genannten Randbedingungen auch die Überlegungsansätze „Störfall-Eintritt“ (Ausfall der Maschine -Blackout und Ausfall Ruder) und „atypische Schiffe“ (schlechte Steuerfähigkeit, untermotorisiert, ungewöhnliche Antriebsarten u. A.) in die Szenariengestaltung übernommen.

Simulations Studie OFFSHORE TERMINAL BREMERHAVEN		Dipl.Naut. Captain Hermann von Morgenstern
Project : 949_BRP_Simulation_OTB	Abschlussbericht Kurzfassung	Date: 20 Juni 2012

Um das breite Spektrum möglicher Störfallszenarien auf ein realistisches und überschaubares Maß zu halten, wurden zunächst folgende Szenarien vorgeschlagen:

- **Total-Ausfall und Ruderausfall mit**
 - **max. Schiff mit SG Nha: 290/46/12.9**
einkommend/ausgehend
 - **Autotransporter 229/32/7**
einkommend/ausgehend
bei Starkwind und maximalem Strom
 - **Tideunabhängiges Massengutschiff**
einkommend/ausgehend
bei Starkwind und maximalem Strom

Aus dem Kreis der Experten kamen ergänzend zu den bereits vorgesehenen und vorhandenen Schiffen drei weitere Untersuchungsschiffe hinzu:

- **"Schiff - 1" Großer Bulker** (ca. 290 x 46 x 7,50 m)
- **"Schiff - 2" Bulker**, steuert schlecht, schwache Maschine (ca. 190 x 32 x 7,00 m)
- **"Schiff - 3" Weser Stahl** (o.ä. mit Ruderpropeller), 75 % Füllung
 - Tfg.: 8.00 m und 7.10 m
- **Schiff-1 sollte primär als großes Begegnungsschiff dienen, da es mit einem Tiefgang von nur 7.50 Meter nicht tidegebunden ist.**
- **Schiff-2 sollte die Kategorie der Fahrzeuge vertreten, die eine geringere Steuerfähigkeit aufweisen als der große Durchschnitt ähnlicher Schiffe.**
- **Schiff-3 sollte die Kategorie der Fahrzeuge Vertreten, die mit besonderen Vortriebs- und Steueranlagen (hier Schottel-Ruderpropeller) versehen sind und daher besonders zu beachtende Steuereigenschaften aufweisen.**
 - Dabei ist anzumerken, dass die Konfigurationen mit Schiff-2 und Schiff-3 kaum etwas über den Einfluss des OTB auf das Befahren des Blexer Bogens aussagen. Könnten nämlich die beiden Versuchsschiffe aus bestimmten Gründen den Blexer Bogen nicht ausreichend sicher befahren, ist es kaum von Bedeutung, ob der OTB vorhanden ist oder nicht.

Aus den an dieser Stelle in sehr knapper Form dokumentierten Hintergründen ergibt sich, dass die Session 4 drei Hauptmerkmale in der Szenarienkonfiguration trug, nämlich

- **Vergleichsläufe**
- **Bewertungs- und Ergänzungsläufe**
- **Störfallläufe**

Die Ergebnisse der Teilkonfigurationen werden im Nachfolgenden beschrieben.

Simulations Studie OFFSHORE TERMINAL BREMERHAVEN		Dipl.Naut. Captain Hermann von Morgenstern
Project : 949_BRP_Simulation_OTB	Abschlussbericht Kurzfassung	Date: 20 Juni 2012

0.5.2 Ergebnisse Session 4 „Vergleichsläufe –Strom“

Als *Vergleichsläufe* sind die Läufe zu verstehen, bei denen Simulationen unter exakt gleichen Bedingungen in dem bisher verwendeten und dem neu generierten Strömungsprofil mit jeweils gleichen Schiffen gefahren wurden, um Änderungsgrößen des verstärkten Strömungsprofils zu erkennen und zu analysieren.

0.5.2.1 Generelle Kernaussagen

Aus den vorliegenden Ergebnissen können folgende **grundsätzlichen Kernaussagen hinsichtlich des bisherigen und des modifizierten Strömungsprofils** abgeleitet werden:

- Die Bahnführungsergebnisse lassen in der Gesamtheit und im Vergleich zu denen der Session 1 und 1a keine signifikanten Unterschiede erkennen
- Der Einfluss des modifizierten Stromes auf die Bahnführung ist auf den geraden Streckenabschnitten vernachlässigbar gering.
- Bei dem modifizierten Strom wird jedoch der Einsatz größerer Steuerkräfte, erzeugt aus Ruderlage alleine oder in Verbindung mit Erhöhung der Propellerdrehzahlen, erkennbar.
- Dies betrifft im Wesentlichen das lange Fahrzeug (Massengutschiff 290 Meter) bei maximal zulässigem Tiefgang.
- Der in den Sessions 1 und 1a als sensibel bezeichnete Bereich in Nähe des östlichen Trassenrandes und der nördlichen Zufahrtsgrenze wird durch den modifizierten Strom nicht erkennbar betroffen.
- Größere Annäherungen an den östlichen Trassenrand und damit zum Zufahrtsbereich des OTB sind in beiden Laufkonfigurationen erkennbar.
- Die Bahnabweichungen und der Platzbedarf des 290m-Massengutschiffes sind zu Beginn und während der Kurvenfahrt am größten, in der abschließenden Stabilisierungsphase aus der Kurvenfahrt in die Geradeausfahrt am geringsten.
- Die Wahl entsprechender, bewährter Fahrstrategien lässt die ergänzende Aussage zu, dass mit dem großen Massengutschiff, unabhängig vom Tiefgang, das sichere Befahren des Blexer Bogens auch bei erhöhtem Strom beherrschbar ist
- Auch wenn eine Vielzahl von technischen Simulationsdaten in Diagrammen vorliegen (siehe Anlage 11 im Hauptbericht), kann ein fester Faktor der die Störgröße des modifizierten Stroms genauer definiert, nicht benannt werden, da die Bahnergebnisse entscheidend von der jeweils gewählten Fahrstrategie (human factor!) mitbestimmt werden,

Simulations Studie OFFSHORE TERMINAL BREMERHAVEN		Dipl.Naut. Captain Hermann von Morgenstern
Project : 949_BRP_Simulation_OTB	Abschlussbericht Kurzfassung	Date: 20 Juni 2012

0.5.2.2 Kernaussagen zum großen Massengutschiff

Aus den vorliegenden Ergebnissen können für das **Massengutschiffe mit 290 Meter** Länge folgende Kernaussagen hinsichtlich des bisherigen und des modifizierten Strömungsprofils abgeleitet werden:

Einkommend

- die Bahnführungen ohne Windeinfluss aber unterschiedlichen Strömungsgeschwindigkeiten geringfügig voneinander abweichen aber jederzeit beherrschbar waren
- die Bahnführungen mit Windeinfluss aber unterschiedlichen Strömungsgeschwindigkeiten durchaus voneinander abweichen, wobei dies ausschließlich den Übergangsbereich von der Kurvenfahrt in die Geradeausfahrt betrifft, als dem Bereich, der sich schon in den Sessions 1 und 1a als sensibel gezeigt hatte.
- je nach aktueller Bahn- und Kurslage im Kurvenbereich entsteht bei dem modifizierten Strömungsprofil ein erhöhtes Drehmoment, hervorgerufen durch die unterschiedlichen Staudruckkräfte am Unterwasserschiff aufgrund der inhomogenen Anströmung,
- bei ähnlichen Größen der Propellerdrehzahlen unter erhöhten Flutstrombedingungen mehr Ruderlage erforderlich ist und zwar insbesondere für die Stabilisierungsphase aus der Kurvenfahrt in die Geradeausfahrt (Recovery Area),
- die Versuchsläufe bei Ebbe weisen keine signifikanten Abweichungen auf und sind in ihrem Ablauf und Form der Bahnführung (polygonal) denen der Läufe aus den Sessions 1 und 1a sehr ähnlich

Ausgehend

- Alle Bahnführungen ähneln grundsätzlich denen der Session 1 und 1a und konnten weitestgehend in der ausgehenden Trassenhälfte durchgeführt werden
- Die einzelnen Bahnführungsergebnisse bei identischen Bedingungen bezüglich Wind und Strömungsrichtung einander sehr ähnlich sind, was auf einen nur geringen Einfluss der Strömungsgeschwindigkeit schließen lässt,
- Große Annäherungen an den östlichen Trassenrand sind bei beiden Strömungskonfigurationen erkennbar.
- Signifikante Unterschiede weder in Drehzahländerungen noch in extremen Ruderlagen abzuleiten sind, was z.T. durch die sehr ähnlichen Bahnführungsergebnisse bestätigt wird.
- Bei den Läufen mit dem modifizierten Strom mehr Steuerbord-Ruder (Stützruder) verwendet wurde, was auf ein Drehmoment durch starke inhomogene Anströmung am Unterwasserschiff hinweist, aber, wie die Läufe zeigen, beherrschbar ist.

Simulations Studie OFFSHORE TERMINAL BREMERHAVEN		Dipl.Naut. Captain Hermann von Morgenstern
Project : 949_BRP_Simulation_OTB	Abschlussbericht Kurzfassung	Date: 20 Juni 2012

0.5.2.3 Kernaussagen zum Autotransporter

Aus den vorliegenden Ergebnissen können für **den Autotransporter** folgende Kernaussagen hinsichtlich des bisherigen und des modifizierten Strömungsprofils abgeleitet werden:

- **Der untersuchte Strömungsgeschwindigkeitsunterschied ist bei diesem Fahrzeug von geringerer Bedeutung und deshalb können weiterhin absolut sichere Bahnführungen realisiert werden.**
- **Signifikante Unterschiede der eingesetzten Drehzahlen und Ruderlagen bei den untersuchten Strömungsgeschwindigkeiten sind nicht erkennbar.**

0.5.3 Ergebnisse Session 4 „Ergänzungsläufe –Begegnungen“

Unter *Ergänzungsläufe* sind die Simulationsläufe zu verstehen, die zusätzliche oder bisher nicht eingesetzte Szenariobedingungen enthalten. Ebenso gehören in diesem Kontext die Bewertungs-Läufe zu den Ergänzungsläufen, die im neuen Strömungsprofil gefahren werden, jedoch unter vergleichbaren Szenariobedingungen, d.h. mit Wind, zu unterschiedlichen Tidezeiten, mit und ohne Begegnungen usw. Da die Bewertungs- und Ergänzungsläufe letztlich auf die Durchführung von Passiermanövern unter verschiedenen Randbedingungen konzentrierte, können sie als eine Einheit betrachtet werden.

Alle Läufe wurden mit heute zulässigen Begegnungen gefahren. Da neben großen tiefgehenden Schiffen auch solche mit geringerem Tiefgang zur Verfügung standen, konnten alle Tidezeitpunkte für das Durchlaufen des Blexer Bogens inklusive Begegnungsmanöver gewählt werden.

Die hier gefundenen Ergebnisse erlauben somit einerseits Szenarienvergleiche mit unterschiedlichen Strömungsprofilen, andererseits ergänzen sie durch die Erweiterung der Szenarienparameter den Bewertungsspielraum und erlauben letztlich in Verbindung mit den Ergebnissen der Vergleichsläufe eine Einschätzung der Wertigkeit der bisherigen Simulationsergebnisse in Hinsicht möglicher Strömungsänderungen auch in Verbindung mit Begegnungen.

Simulations Studie OFFSHORE TERMINAL BREMERHAVEN		Dipl.Naut. Captain Hermann von Morgenstern
Project : 949_BRP_Simulation_OTB	Abschlussbericht Kurzfassung	Date: 20 Juni 2012

0.5.3.1 Generelle Kernaussagen

Aus den vorliegenden Ergebnissen können folgende **generelle Kernaussagen** hinsichtlich der sicheren Bahnführung der Schiffe im Bereich des Blexer Bogens bei modifiziertem Strömungsprofil abgeleitet werden:

- Das sichere Befahren des Blexer Bogens mit verschiedensten Schiffen bleibt unter Beachtung weniger Randbedingungen (adäquate Geschwindigkeit, Bahnführung usw) auch bei Etablierung des OTB im Bereich des Blexer Bogens erhalten.
- Tiefgehende Schiffe beanspruchen aufgrund unterschiedlichen Bahnverhaltens bei variierenden Einflussgrößen (Wind, Strom, allgemeines Manövrierverhalten usw.) die gesamte Trassenbreite , während tideunabhängige Fahrzeuge aus denselben Gründen in vielen Fällen die gesamte Fahrwasserbreite beanspruchen.
- Mögliche Geschwindigkeitsvorgaben und/oder Vorgaben von Passierabständen zum OTB, die ein Abweichen von der bisherigen Bahnführungsstrategie verlangen, stellen eindeutig einen Eingriff in den heute machbaren Bahnführungsprozess, verursacht durch den OTB, dar.
- Die Ergebnisse der Simulationsläufe im Rahmen dieser Untersuchung lassen erkennen, dass ein Abweichen von den bisherigen Bahnführungsstrategien nicht oder in nur begrenztem Maße möglich ist. Hafenseitige Lösungen (z.B. adäquates Vertäungskonzept) können helfen, den negativen Einfluss auf den Transitverkehr zu verhindern.

Ein Vergleich aller evaluierten Läufe bestätigen die schon in der ersten Bewertung (Session1 und 1a) des Befahrens des Blexer Bogens gemachten Empfehlung, dass

- es nach Möglichkeit vermieden werden sollte, Begegnungen in der „Recovery Area“ durchzuführen.

Simulations Studie OFFSHORE TERMINAL BREMERHAVEN		Dipl.Naut. Captain Hermann von Morgenstern
Project : 949_BRP_Simulation_OTB	Abschlussbericht Kurzfassung	Date: 20 Juni 2012

0.5.3.2 Kernaussagen zum Bahnverhalten

Aus den vorliegenden Ergebnissen können folgende Kernaussagen in **Bezug auf das Bahnverhalten** der Schiffe gemacht werden:

- Die Bahnführung der tiefgehenden Massengutschiffe wird primär von der Komponente „Strom“ dominiert und weniger durch die vom Wind hervorgerufenen Kräfte und Momente.
- Tideunabhängige Massengutschiffe erfahren, je nach Größe der Lateralfläche, bei höheren Windstärken (hier ab Bft.7) ein merkbares Giermoment
- Einkommende Schiffe zeigen eine deutlich harmonischere Bahnführung bei Flutstrom, während bei Ebbstrom polygonale Bahnabläufe erkennbar werden.
- Ausgehende Schiffe zeigen im Allgemeinen, unabhängig von der Tidebedingung, harmonische Bahnabläufe im Blexer Bogen
- Das ausgehende Schiff zeigt bei Flutstrom in der Kurvenmitte tendenziell eine mehr westlich ausgerichtete Bahnführung, bei der auch Fläche der einkommenden Trassenhälfte belegt wird.
- Das ausgehende Schiff zeigt bei Ebbstrom in der Kurvenmitte tendenziell eine mehr östlich ausgerichtete Bahnführung mit großen Annäherungen an den Trassenrand und damit auch an den Zufahrtbereich des OTB.

0.5.3.3 Kernaussagen zu Begegnungsmanövern

Aus den vorliegenden Ergebnissen können folgende ergänzende **Kernaussagen** hinsichtlich der sicheren Durchführung von **Begegnungsmanöver** im Bereich des Blexer Bogens bei modifiziertem Strömungsprofil abgeleitet werden:

- Begegnungen der untersuchten Schiffe sind grundsätzlich möglich und zwar weitgehend unabhängig von der Tidebedingung und den obwaltenden Umweltbedingungen.
- Bei Flutstrom muss die mehrfach beobachtete Tendenz der Bahnführung des ausgehenden Schiffes nach Westen vermieden werden

Simulations Studie OFFSHORE TERMINAL BREMERHAVEN		Dipl.Naut. Captain Hermann von Morgenstern
Project : 949_BRP_Simulation_OTB	Abschlussbericht Kurzfassung	Date: 20 Juni 2012

0.5.4 Ergebnisse Session 4 „Störfallläufe“

Unter *Störfallläufe* sind die Simulationsläufe zu verstehen, bei denen zu vorgegebenen Zeiten bzw. Ortpunkten ein Ereignis eintrat, das die sichere Bahnführung des Schiffes entweder stark beeinträchtigte und/oder unmöglich machte.

Im Vordergrund standen grundsätzliche Auswirkungen unterschiedlicher Ereignisse wie Maschinenausfall oder „Blackout“ (Totalausfall) zu betrachten. Beim Störfall „Blackout“ wurde davon ausgegangen, dass alle Vortriebs- und Steuereinheiten des Schiffes ausgefallen waren, während bei dem Störfall „Maschinenausfall“ die Steuereinheit „Ruder“ noch betriebsbereit war.

Im Fokus stand der Gewinn von Erkenntnissen über zeitliche Ablaufdauern zwischen Eintreten des schiffsgebundenen Störfalls bis zum eigentlichen Unfall wie z.B. Auflaufen oder Kollision mit einem anderen Fahrzeug oder Bauwerk. Die Erkenntnisse über Zeitabläufe bei unterschiedlichen Störfällen erlauben in eingeschränktem Maße Abschätzungen über Handlungsspielräume, um z.B. durch Bereitstellung äußerer Assistenz (Schlepper) ein Auflaufen des Havaristen zu vermeiden.

0.5.4.1 Grundsätzliche Erkenntnisse

Aus den vorliegenden Ergebnissen können folgende **grundsätzlichen Erkenntnisse** abgeleitet werden:

- **Störfälle auf durchlaufenden Schiffen, die im näheren Bereich des Blexer Bogens auftreten, Risiken mit unterschiedlichen Gefährdungspotenzialen darstellen, unabhängig von der Existenz des OTB.**
- **Es muss auch festgehalten werden, dass z.B. veränderte, gegenüber den hier untersuchten Eintrittskriterien des Störfalls sofort zu gänzlich unterschiedlichen Verläufen und Ergebnissen führen.**
- **Die Aussagen über die Handlungsspielräume können nicht insgesamt als repräsentativ angesehen werden, da mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit der Initialzustand des Schiffes bei Eintritt des Störfalls von eminenter Bedeutung für den weiteren Bewegungsablauf ist.**
- **Dies sagt ergänzend aus, dass der zu erwartende Bewegungsfortschritt nach Eintritt des Störfalls nicht mit Sicherheit vorhersehbar ist.**

Simulations Studie OFFSHORE TERMINAL BREMERHAVEN		Dipl.Naut. Captain Hermann von Morgenstern
Project : 949_BRP_Simulation_OTB	Abschlussbericht Kurzfassung	Date: 20 Juni 2012

0.5.4.2 Kernaussagen zum Störfall „Black-Out“

In Bezug auf den Störfall „Blackout“ können aus den vorliegenden Ergebnissen folgende Kernaussagen hergeleitet werden:

- Der Störfall „Blackout“ ist das Ereignis mit den kürzesten Handlungszeiträumen zwischen Eintritt des Störfalls und Unfallwirkung (Auflaufen, Kollision o. A.).
- Alle Simulationsläufe endeten letztlich mit einer Grundberührung.
- Von Parametern wie Wind, Strom, Schiffstyp weitgehend unabhängig sind bei den Simulationen mit „Blackout“ Handlungszeiträume von durchschnittlich etwa 5 – 15 Minuten gemessen worden
- Auch im Normalfall kann nicht davon ausgegangen werden, dass in dem kurzen Zeitraum zielgerichtete und wirksame Maßnahmen zur Abwehr der Unfallwirkung eingeleitet werden können.
- Die Simulationsläufe zeigen deutlich, dass der zu erwartende Bewegungsfortschritt nach Eintritt des Störfalls nicht mit Sicherheit vorhersehbar ist.
- Aus diesem Grund müssen die einkommenden als auch die ausgehenden Läufe mit einem Störfalleintritt zu Beginn des Befahrens des Blexer Bogens als Ereignisse mit einem hohen Gefährdungspotenzial sowohl für die allgemeine Schifffahrt als auch das OTB betrachtet werden.
- Die Wahrscheinlichkeit, dass es zu Kollisionen in näheren Bereich des OTB kommt, ist bei dieser Störfallkomponente durchaus gegeben.

0.5.4.3 Kernaussagen zum Störfall „Maschinenausfall“

In Bezug auf den Störfall „Maschinenausfall“ können aus den vorliegenden Ergebnissen folgende Kernaussagen hergeleitet werden:

- Der Störfall „Maschinenausfall“ bei Erhalt der Steueranlage des Schiffes erhöht in den meisten Fällen die zeitliche Länge zwischen Ereigniseintritt und dem eigentlichen Unfall (Kollision, Grundberührung usw.) und damit auch die Handlungszeit.
- Bei bestimmten Randbedingungen, z.B. mit der Tide laufend, jedoch ohne Wind, konnten unterschiedliche Schiffe über Zeiträume von teilweise mehr als 25 Minuten kontrolliert im Fahrwasser gehalten werden; es muss dazu aber erwähnt werden, dass in der Simulation bei diesen Untersuchungsläufen kein Mehrschiffsverkehr stattgefunden hat.
- Bei den gewählten Eintrittspunkten des Störfall, nämlich bei Beginn der Kurvenfahrt, keine gefährlichen Annäherungen an den OTB stattgefunden hat.
- Das schließt allerdings nicht aus, dass es Eintrittspunkte von Störfällen geben kann, bei denen es, wie schon bei den Läufen mit „Blackout“ geschehen, zu Kollisionen am OTB kommen kann.

Simulations Studie OFFSHORE TERMINAL BREMERHAVEN		Dipl.Naut. Captain Hermann von Morgenstern
Project : 949_BRP_Simulation_OTB	Abschlussbericht Kurzfassung	Date: 20 Juni 2012

Die Bahnführungsergebnisse dieser Störfallkategorie (Maschinenausfall) zeigen noch als ergänzende Merkmale:

- Bei den gewählten Eintrittspunkten des Störfall, nämlich bei Beginn der Kurvenfahrt, haben keine gefährlichen Annäherungen an den OTB stattgefunden.
- Das schließt allerdings nicht aus, dass es Eintrittspunkte von Störfällen geben kann, bei denen es, wie schon bei den Läufen mit „Blackout“ geschehen, zu Kollisionen am OTB kommen kann.
- Obwohl es bei bestimmten Randbedingungen zu Läufen kam die innerhalb des Simulationszeitraums nicht mit einer Grundberührung endeten, so muss aus der Mehrzahl der weiteren Läufe gefolgert werden, dass es zu der Grundberührung ohne rechtzeitige Hilfe voraussichtlich kommen wird.

0.6 Grenzwertigkeiten

Nach den Ergebnisbetrachtungen und Bewertung der Laufergebnisse ist es erforderlich, in übergeordnetem Sinne Bedingungen zu benennen, die nicht in der bereits schon sehr umfangreichen Matrix von Simulationsbedingungen vertreten waren, aber möglicher Weise negativen Einfluss auf die Ergebnispalette nehmen können, d.h. eine Art Grenzwertigkeit darstellen.

Jede Simulation weist sowohl modelltechnische als auch umsetzungsbasierte Schwachpunkte auf, wobei in diesem Kontext auf die Letzteren in folgender Sequenz eingegangen werden soll:

- **Schiff**
- **Strömungsbedingungen**
- **Wind**
- **Verkehrssituation**

Die folgenden Ausführungen sollen dazu dienen, mögliche Abweichungen von den beschriebenen Simulationsergebnissen zu erfassen, die sich aus Änderungsparametern der oben aufgeführten Kategorien ergeben können.

Simulations Studie OFFSHORE TERMINAL BREMERHAVEN		Dipl.Naut. Captain Hermann von Morgenstern
Project : 949_BRP_Simulation_OTB	Abschlussbericht Kurzfassung	Date: 20 Juni 2012

0.6.1 Parameter „Schiff“

Für die Simulationsergebnisse unter dem Gesichtspunkt „Schiff“ sind einige Randbedingungen durchaus von Bedeutung wie z.B.

- **Ausrüstungszustand der Brücke**
- **Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der Manövrierhilfen**
- **Grundsätzliche Steuerfähigkeit**
- **Ausbildungsstand/Qualität der Besatzung**
- **Handhabbarkeit des Schiffes**

0.6.1.1 Ausrüstungszustand

Unter dem Ausrüstungszustand ist in diesem Kontext zu verstehen, welche technischen Hilfsmittel sind über den internationalen Mindestvorschriften hinausgehend an Bord installiert. Das Simulationsschiff kann in Bezug auf die Navigationsmittel als sehr gut betrachtet werden.

Für die Beeinflussung und Interpretation der vorliegenden Simulationsergebnisse bedeutet dies:

- **Der Stellenwert für die Wichtigkeit des Ausrüstungszustandes im Zusammenhang mit einer sicheren Navigation steigt mit zunehmender Verschlechterung der optischen Kontrolle des Bewegungsverhaltens z.B. wegen verminderter Sicht oder starkem Regen (Beeinflussung des Radarbildes).**
- **Schiffe mit Brückenausrüstungen welche gerade dem IMO-Standard entsprechen können vornehmlich bei verminderten Sichtverhältnissen ein höheres Gefährdungspotenzial darstellen, d.h. die Bahnführungsqualität vermindert sich.**
- **Gefährdungspotenziale für den Transitverkehr können dann entstehen, wenn solche Fahrzeuge im operativen Betrieb des OTB eingebunden sind, was allerdings wegen der speziellen Aufgaben der Schiffe kaum zu erwarten ist.**

0.6.1.2 Zuverlässigkeit/Verfügbarkeit der Manövriereinrichtungen

Wie den Abläufen der Störfallsimulationen entnommen werden kann, können schon kurze Ausfälle gerade der Steuereinrichtung sehr schnell unfallträchtige Gefahren heraufbeschwören. Für die Interpretation der vorliegenden Simulationsergebnisse bedeutet dies:

- **Jeder auch sehr kurze Ausfall der Haupt-Manövriereinrichtung (Ruderanlage oder drehbare Antriebe) muss grundsätzlich als Störfall mit möglichem Unfallpotenzial eingeordnet werden, ist aber kein OTB-spezifisches Problem, sondern kann jedes Fahrzeug im Revier betreffen.**

Simulations Studie OFFSHORE TERMINAL BREMERHAVEN		Dipl.Naut. Captain Hermann von Morgenstern
Project : 949_BRP_Simulation_OTB	Abschlussbericht Kurzfassung	Date: 20 Juni 2012

0.6.1.3 Steuerfähigkeit

Selbst wenn die angesprochenen Manövriereinrichtungen stets zuverlässig in der Verfügbarkeit sind, sagt dies noch nichts über die allgemeine Steuerfähigkeit des Schiffes aus. Ohne Zweifel ist dies ein Punkt, der mehr oder weniger subjektiv zu betrachten ist und somit auch für ein bestimmtes Schiff unterschiedlich von verschiedenen Nautikern beurteilt werden kann.

Allerdings darf nicht vergessen werden, dass der Flachwassereffekt (geringe Kieflfreiheit) einen signifikant negativen Einfluss auf die Qualität der Steuerfähigkeit nimmt. D.h., dass ein als gut steuerfähig klassifiziertes Schiff z.B. bei größerem Tiefgang oder bei geringerem Tidedstand als vergleichsweise schlecht steuerfähig angesehen wird, wobei jedoch das Bewegungsverhalten dominant von dem Flachwassereffekt bestimmt wird.

Für die Beeinflussung und Interpretation der vorliegenden Simulationsergebnisse bedeutet dies:

- **Schiffe mit schlechten oder eingeschränkten Steuerfähigkeiten stellen grundsätzlich ein höheres Gefährdungspotenzial dar, insbesondere für eingeschränkte Fahrwasser.**
- **Auch hier gilt, dass dies kein OTB-spezifisches Problem ist, sondern jedes Fahrzeug im Revier betreffen kann.**
- **Transitschiffe, die eine verminderte oder gar schlechte Steuerfähigkeit aufweisen, werden nicht nur Schwierigkeiten haben den Blexer Bogen zu durchlaufen, was u.U. zu einer möglichen Gefährdung des OTB führen könnte, sondern auch jede weitere Kurve im Weser-Revier.**

0.6.1.4 Ausbildungsstand der Besatzung

Wichtig ist der Ausbildungsstand inklusive der Kommunikationsfähigkeit einzelner Besatzungsmitglieder in einem Störfall, sei es bei einem Ausfall an Bord oder auch dem an sich simplen Vorgang des Ankerwerfens. Häufig ist zu beobachten, dass die Erfahrungswerte z.B. des Lotsens für bestimmte Manöverprozesse nicht präsent sind oder nicht verstanden und falsch umgesetzt werden, was letztlich zu einem Misserfolg führen kann.

Die Simulationen haben in einigen Störfallläufen gezeigt, dass der Handlungsspielraum nach Eintritt des Störfalls extrem kurz sein kann, um schadensverhütende Maßnahmen einzuleiten.

Simulations Studie OFFSHORE TERMINAL BREMERHAVEN		Dipl.Naut. Captain Hermann von Morgenstern
Project : 949_BRP_Simulation_OTB	Abschlussbericht Kurzfassung	Date: 20 Juni 2012

Umso wichtiger ist eine kurze und präzise Kommunikation zwischen Lotsen und Schiffsführer, lange Erklärungsversuche und Diskussionen sind hier absolut kontraproduktiv.

Für die Beeinflussung und Interpretation der vorliegenden Simulationsergebnisse bedeutet dies:

- **Der Ausbildungsstand der Besatzung und deren Kommunikationsfähigkeit bzw. Kommunikationsvermögen spielen insbesondere bei Ausnahmesituationen (Störfalleintritt oder Abweichen von einer Standardprozedur) eine wichtige Rolle.**
- **Eine zeitnahe und erfolgreiche Umsetzung der jeweiligen Situation angepasster Prozeduren bedarf eines gegenseitigen Verständnisses zwischen Lotse und Schiffsführung über die einzuleitenden Maßnahmen.**
- **Auch hier gilt, dass dies kein OTB-spezifisches Problem ist, sondern auf jedes Fahrzeug im Revier zutreffen kann.**
- **Für Schiffe die im operativen Betrieb des OTB eingebunden sind, also dort An- und Ablegen, gilt jedoch für den Fall, dass bei einem schwachen Kommunikationsvermögen und Führung der Spezialschiffe⁵ ausschließlich durch den Kapitän, ein höheres Gefährdungspotenzial für den Transitverkehr und u.U. auch für den OTB selbst entstehen kann.**

0.6.1.5 Handhabbarkeit des Schiffes

In diesem Kontext ist hierunter der gesamte Bereich der Führung des Schiffes wie z.B. besondere Antriebsarten und ungewöhnliche Steuereinheiten zu verstehen sind.

Die Art der Schiffsführung, dass bestimmte Schiffe überwiegend von den Kapitänen gesteuert (geführt) werden, ist keine außergewöhnliche Vorgehensweise, sondern auf vielen Spezialschiffen angewandte Praxis, die aber eine gute und sachgerichtete Kommunikation zwischen Kapitän und Lotsen verlangt, um beide Wissensbasen optimal für das sichere Führen des Schiffes zu nutzen. Für die Beeinflussung und Interpretation der vorliegenden Simulationsergebnisse bedeutet dies:

- **Im Allgemeinen werden Spezialschiffe mit außergewöhnlichen Steuerungsmodi von den Kapitänen geführt. Dies beinhaltet auch die Bedienung der Steuereinheiten wie z.B. der Joysticks.**
- **Durch schlechte Kommunikation, mangelnde gegenseitige Absprache und fehlendem Informationsfluss zwischen Kapitän und Lotse kann wegen der besonderen Handhabung des Schiffes das Gesamtgefährdungspotenzial sowohl für das OTB als auch in gewissem Maße für den Transitverkehr steigen.**

⁵ Siehe auch Handhabbarkeit des Schiffes

Simulations Studie OFFSHORE TERMINAL BREMERHAVEN		Dipl.Naut. Captain Hermann von Morgenstern
Project : 949_BRP_Simulation_OTB	Abschlussbericht Kurzfassung	Date: 20 Juni 2012

0.6.2 Parameter „Strömungsbedingung“

In diesem Kontext soll dieser Parameter ausschließlich unter den Aspekten

- **Strömungsabhängigkeit durch Wind und**
- **Strömungsabhängigkeit durch Bathymetrie**

beleuchtet werden.

Es ist allgemein bekannt, dass zeitlich längere **konstante Windlagen** Einfluss auf die Strömungsdynamik eines Tidegewässers nehmen. Die Auswirkungen beziehen sich in solchen Fällen nicht nur auf die Höhenunterschiede der Gezeit (Tidehub), sondern können auch Einfluss auf die Strömungsgeschwindigkeit nehmen. In aller Regel kann auch angenommen werden, dass Tidegewässer **Veränderungen ihrer Morphologie** durch unterschiedlichen Sedimenttransport unterliegen, was letztlich wiederum die Strömungsdynamik beeinflussen kann.

Zusammengefasst können die genannten Randgrößen mit Einflusscharakter für die Strömungsdynamik in Bezug auf die Interpretation von Simulationsergebnisse wie folgt beschrieben werden:

- **Langfristige Wetterlagen (Wind) können Erhöhungen der Strömungsgeschwindigkeiten nach sich ziehen, die u.U. noch oberhalb der in den Simulationen eingesetzten Strömungsprofile liegen können.**
- **Geschwindigkeitsänderungen (Erhöhungen) im Strömungsprofil nehmen nur bedingt Einfluss auf die sichere Bahnführung im Fahrwasser und sind für den OTB insofern nicht von Relevanz, da die Spezialschiffe (JackUp-Fahrzeuge) über enorme Manövrierkräfte verfügen und Standard-Schwergutschiffe mit zusätzlicher Schleppkapazität zur Kompensierung der Strömungskräfte versehen werden können.**

Simulations Studie OFFSHORE TERMINAL BREMERHAVEN		Dipl.Naut. Captain Hermann von Morgenstern
Project : 949_BRP_Simulation_OTB	Abschlussbericht Kurzfassung	Date: 20 Juni 2012

0.6.3 Parameter „Wind“

Für die Simulationsergebnisse sind unter dem Gesichtspunkt „Wind“ durchaus einige Randbedingungen von Bedeutung wie z.B.

- **Abschattungen**
- **Vertikalprofil des Windes und**
- **Lateralfläche des Schiffes**

die in gewissem Maße verändernde Ergebnisse hervorrufen können.

0.6.3.1 Abschattungen

Abschattungen des globalen Windes durch die umgebende Topologie verursachen geringere Windkräfte und Momente die auf das Schiff wirken, als es in der Simulation der Fall gewesen ist, da Abschattungseffekte noch nicht gerechnet wurden.

Für die Beeinflussung und Interpretation der vorliegenden Simulationsergebnisse bedeutet dies:

- **Berechnungen der Windkräfte unter Berücksichtigung von Abschattungen durch die umgebende Topologie würden in den hier untersuchten Bereichen reduzierte Windkräfte und Momente verursachen, was sich positiv auf die Bahnführung auswirkt.**
- **Weiterhin gilt, dass Abschattungen keine Alleinstellungsmerkmale des OTB sind.**

0.6.3.2 Vertikalprofil des Windes

Unter dem Vertikalprofil des Windes versteht man die Verteilung der Windgeschwindigkeiten in der Vertikalen. Im Allgemeinen beziehen sich Windgeschwindigkeitsangaben auf eine Höhe von 10 Meter über dem Boden. Darunter nehmen die Geschwindigkeiten wegen der Oberflächenrauigkeit ab und oberhalb der 10 Meter findet man entsprechend zunehmende Windgeschwindigkeiten. Hier liegt als ein ähnliches Phänomen vor wie bei den Strömungsprofilen in der Vertikalen. Wie für den Strom gilt auch für die Berechnung der Windkräfte und Momente in der Simulation, dass Geschwindigkeitsunterschiede in der Vertikalen nicht berücksichtigt werden.

Simulations Studie OFFSHORE TERMINAL BREMERHAVEN		Dipl.Naut. Captain Hermann von Morgenstern
Project : 949_BRP_Simulation_OTB	Abschlussbericht Kurzfassung	Date: 20 Juni 2012

Für die Beeinflussung und Interpretation der vorliegenden Simulationsergebnisse bedeutet dies:

- **Berechnungen der Windkräfte unter Berücksichtigung eines Vertikalprofils liegen bei den meisten Schiffen (kleinere Lateralflächen) unterhalb signifikanter Abweichungen, sodass die Simulationswerte als realistisch angesehen werden können.**
- **Ebenso gilt, dass die Berechnung der Windlasten ein Simulationsprozess darstellt und nicht ein Merkmal des OTB ist.**

0.6.3.3 Lateralfläche des Schiffes

Die Größe und Verteilung der Lateralfläche vor und hinter dem Schwerpunkt bestimmen letztlich das Verhalten des Schiffes unter Windeinfluss, wobei hier die Front- und Schattenfläche außeracht gelassen werden können, da sie nur einen geringeren Einfluss nehmen.

Für die Beeinflussung und Interpretation der vorliegenden Simulationsergebnisse bedeutet dies:

- **Nur extreme Höhen geschlossener Lateralflächen könnten bei Realversuchen bei sehr starkem und quer einkommendem Wind im Vergleich zur Simulation zu nach oben abweichenden Windwerten führen, da die Geschwindigkeitsunterschiede im Vertikalprofil die Windkräfte und Momente entscheidender vergrößern.**
- **Dies trifft primär auf die Spezialschiffe zu, die aber aufgrund der extrem hohen Manövrierkräfte weiterhin gefahrlos das Revier befahren können.**

Simulations Studie OFFSHORE TERMINAL BREMERHAVEN		Dipl.Naut. Captain Hermann von Morgenstern
Project : 949_BRP_Simulation_OTB	Abschlussbericht Kurzfassung	Date: 20 Juni 2012

0.6.4 Parameter „Verkehrssituation“

Ein Punkt der unter dem Gesichtspunkt „Grenzwertigkeit“ zu betrachten ist betrifft die während der Simulationen gewählte Verkehrssituation, in besonderem Maße hier die Verkehrsdichte.

Nicht von der Hand zu weisen ist, dass mit zunehmender Verkehrsdichte nicht nur die Belastung der Wasserstraße wächst, sondern auch die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs stetig abnimmt. Projiziert man dies auf die Simulationen, so kann nicht ausgeschlossen werden, dass in bestimmten Fällen wie z.B. extreme Ballung von Schiffseinheiten, die guten Simulationsergebnisse schwieriger zu erzielen gewesen wären.

Für die Beeinflussung und Interpretation der vorliegenden Simulationsergebnisse bedeutet dies:

- **Mit zunehmender Verkehrsdichte kann nicht ausgeschlossen werden, dass in bestimmten Fällen wie z.B. extreme Ballung von Schiffseinheiten auf engem Raum, die guten Simulationsergebnisse schwieriger zu erzielen wären.**

Simulations Studie OFFSHORE TERMINAL BREMERHAVEN		Dipl.Naut. Captain Hermann von Morgenstern
Project : 949_BRP_Simulation_OTB	Abschlussbericht Kurzfassung	Date: 20 Juni 2012

0.7 Risikobetrachtung

Unter Berücksichtigung der Eintrittsmöglichkeit von so genannten Grenzbedingungen in den zu überprüfenden Manöverabläufen im Zusammenhang mit dem OTB müssen sowohl hieraus als auch aus den heutigen Abläufen ohne OTB Wahrscheinlichkeiten von Risiken betrachtet werden.

Für eine solche Risikobetrachtung stehen einerseits einige Simulationsergebnisse (Störfallläufe) und andererseits eine von der WSV zusammengestellte Liste von Störfällen im Bereich des Blexer Bogens über den Zeitraum von 1981 bis 2009 zur Verfügung.

In den jeweiligen Unterkapiteln sind die erfassten Unfallereignisse in die Kategorien

- **Ausfall der Ruderanlage**
- **Ausfall der Maschinenanlage**
- **Störfälle im Revierbereich und**
- **Störfälle auf der Blexen Reede**

unterteilt und zusammengefasst, um eine nähere Korrelation mit den simulierten Störfallläufen herzustellen.

Es soll und muss an dieser Stelle deutlich gemacht werden, dass es sich hierbei ausschließlich um eine vereinfachte Betrachtung möglicher Eintrittswahrscheinlichkeiten von bestimmten, d.h. bereits bekannten Unfallursachen handelt und nicht um ein formalisiertes Sicherheitsbewertungsverfahren (Formal Safety Assessment –FSA), für das weiterfassende Grundlagen einerseits und dem Bewertungskomplex entsprechende Fachdisziplinen andererseits zuzuordnen sind.

0.7.1 Ausfall der Ruderanlage und Blackout

Aus den Bewertungen der Störfallläufe mit dem kompletten Ruderausfall wird ersichtlich, dass diese Kategorie die mit der höchsten Schadenseintrittswahrscheinlichkeit ist bei gleichzeitig sehr kurzem Handlungszeitraum um Gegenmaßnahmen ergreifen zu können.

Ohne hier statistische Überlegungen anzustellen, kann festgestellt werden, dass durchaus eine gewisse Wahrscheinlichkeit (9 Ereignisse in 24 Jahren) besteht, dass das Ereignis „Ausfall/Störung der Rudanlage“ eintritt.

Simulations Studie OFFSHORE TERMINAL BREMERHAVEN		Dipl.Naut. Captain Hermann von Morgenstern
Project : 949_BRP_Simulation_OTB	Abschlussbericht Kurzfassung	Date: 20 Juni 2012

Die Simulationsläufe unter dem Aspekt „Blackout“ (Total-Ausfall) haben gezeigt, dass

- **Der Störfall „Blackout“ mit Ausfall der Rudermaschine das Ereignis mit den kürzesten Handlungszeiträumen zwischen Eintritt des Störfalls und Unfallwirkung (Auflaufen, Kollision o. A.) ist.**

In einem weiteren Vergleich der Simulationsläufe für diese Störfallkategorie mit den realen Ereignissen wird deutlich, dass der örtliche (geographische) Eintritt des Störfalls und der Initialzustand des Schiffes zu diesem Zeitpunkt, der Schiffstyp und natürlich auch die obwaltenden Umstände hinsichtlich Wind- und Tidebedingung eine wichtige Rolle spielen.

- **Hieraus können mit einiger Wahrscheinlichkeit Kombinationen gebildet werden, bei denen es zu einer direkten Gefährdung des OTB und den an der Pier liegenden Schiffseinheiten kommen kann, der Grad der Wahrscheinlichkeit jedoch nicht präzise bestimmt werden kann.**

0.7.2 Ausfall der Maschinenanlage

Betrachtet man zunächst die Häufigkeit des Eintritts eines Störfalls dieser Art, so liegt er größtmäßig im Bereich der Ruderausfälle (jeweils 9 Störfalleintritte) und kann daher mit einer ähnlichen Eintrittswahrscheinlichkeit belegt werden wie die Ruderausfälle.

Aus den Laufergebnissen der Störfallsimulationen wird ein Merkmal erkennbar, welches sich von der Störfallkategorie „Black-Out“ deutlich unterscheidet, nämlich die häufig zeitlich noch lange Erhaltbarkeit der Bahnkontrolle, sodass in der Realität Zeit gewonnen werden kann, externe Assistenz (z.B. Schlepper) heranzuführen. Daraus folgt, dass

- **der Störfall „Maschinenausfall“ bei Erhalt der Steueranlage des Schiffes in den meisten Fällen die zeitliche Länge zwischen Ereigniseintritt und dem eigentlichen Unfall (Kollision, Grundberührung usw.) erhöht und damit auch die Handlungszeit.**
- **Allerdings muss wiederum darauf verwiesen werden, dass bereits geringe Veränderungen der Eintrittskriterien eines Störfalls sofort zu gänzlich unterschiedlichen Verläufen führen können.**
- **Das wiederum bedeutet, dass präzise Vorhersagen über den Ablauf eines Störfall nahezu unmöglich sind.**

Simulations Studie OFFSHORE TERMINAL BREMERHAVEN		Dipl.Naut. Captain Hermann von Morgenstern
Project : 949_BRP_Simulation_OTB	Abschlussbericht Kurzfassung	Date: 20 Juni 2012

Betrachtet man einerseits die Simulationsergebnisse zusammen mit den Debriefingsgesprächen in Verbindung mit den real festgestellten Störfällen der Kategorie „Ausfall Maschine“, so kann davon ausgegangen werden, dass

- **mit einiger Wahrscheinlichkeit durchaus Eintrittskombinationen gebildet werden können, bei denen es zu einer direkten Gefährdung des Schiffsverkehrs im Weser-Revier kommen kann, wodurch sich auch Gefährdungspotenziale für das OTB ergeben können.**

Desweiteren kann davon ausgegangen werden, dass ebenso

- **mit einiger Wahrscheinlichkeit Eintrittskombinationen denkbar sind, aus denen sich kein grundsätzliches Risiko, weder für den Schiffsverkehr im Weser-Revier noch für das OTB ergibt.**

0.7.3 Unfälle im Fahrwasser

Obgleich diese Kategorie wegen der extremen Vielfältigkeit der Ursachen und Eintrittsbedingungen nicht in der Simulationsuntersuchung berücksichtigt war, ist es jedoch hier von weiterführendem Interesse solche Unfälle auf ein mögliches Gefährdungsrisiko für das OTB zu betrachten.

Ohne hier im Grundsatz auf die jeweiligen Ursachen der eingetretenen Unfälle einzugehen, kann im Prinzip davon ausgegangen werden, dass menschlichem Versagen (human factor) eine gewichtige Rolle zukommt, da die Ereignisse (Unfälle) nicht eindeutig bestimmten Randbedingungen wie Wind, Tide oder Sichtigkeit zugeordnet werden können.

Die Aufzeichnungen der WSV bezüglich der im Bereich des Blexer Bogens aufgetretenen Kollisionen und Grundberührungen zeigen, dass

- **die Wahrscheinlichkeit eines Unfalleintritts im Blexer Bogen als Kollision oder Grundberührung außerhalb des Fahrwassers grundsätzlich gegeben ist,**
- **Kollisionen im Fahrwasser (Blexer Bogen) nur in engen Grenzen der Initialgrößen eine direkte Gefährdung mit einem Risiko darstellen,**
- **durch Navigationsfehler, Verlassen des Fahrwassers im Bereich des Blexer Bogens, eine direkte Gefährdung des OTB und der dort liegenden Schiffe bei Vorliegen bestimmter Randbedingungen (z.B. schlechte Sicht, verminderte Aufmerksamkeit usw.) gegeben ist.**
- **Der Grad der Eintrittswahrscheinlichkeit und der Risikofaktor können jedoch nicht präzise und eindeutig bestimmt werden.**

Simulations Studie OFFSHORE TERMINAL BREMERHAVEN		Dipl.Naut. Captain Hermann von Morgenstern
Project : 949_BRP_Simulation_OTB	Abschlussbericht Kurzfassung	Date: 20 Juni 2012

0.7.4 Unfälle auf Blexen Reede

Auch diese Kategorie „Unfälle auf Blexen Reede“ war nicht in den Störfallsimulationen integriert, da einerseits die Blexen Reede in ihrer Formgebung und den Ausmaßen vom OTB beeinflusst wird und andererseits auch hierfür eine extreme Vielfältigkeit der Ursachen und Eintrittsbedingungen gelten.

Allerdings ergibt sich aus den besagten Aufzeichnungen der WSV, dass **mit 27 Ereignissen in 27 Jahren, d.h. 1x jährlich** in dieser Kategorie die höchste Eintrittswahrscheinlichkeit erreicht wird, wobei dies jedoch für die heutige Ausdehnungsgröße der Reede gilt.

Anders als bei den bisherigen Unfallkategorien kann für diese, „Unfälle auf Blexen Reede“, eine eindeutige Zuordnung eines Parameters zu den meisten Unfällen vorgenommen werden, nämlich die Windstärke, während andere Umweltgrößen wie Tide und Sichtigkeit von untergeordneter Bedeutung waren.

- **Auffällig ist die überwiegende Eintrittswahrscheinlichkeit bei Windstärken ab Beaufort 5, wobei es allerdings vereinzelt auch zu Unfalleintritten bei geringerer Windstärke kam.**

Geht man von der hypothetischen Betrachtung aus, dass die Blexen Reede bei Realisierung des OTB den heutigen Bereich weseraufwärts der südlichen Zufahrtsgrenze einnimmt, so wird kann angenommen werden, dass

- **Gefährdungspotenziale für das OTB vorwiegend bei Ebbstrom und westlichen Winden auftreten,**
- **während bei Flutstrom die Wahrscheinlichkeit einer Kollision mit dem OTB auch bei sehr starkem Südwestwind gering ist.**

Da sowohl die besagte Annahme der Lage der Blexen Reede nach einer möglichen Realisierung des OTB als auch die Eintrittswahrscheinlichkeiten der bisher dokumentierten Unfälle in ihrer Häufigkeit und Unfallart rein hypothetischer Natur sind, ist es empfehlenswert,

- **diese Betrachtung einer möglichen Gefährdung des OTB durch Unfälle auf der Blexen Reede nach endgültiger Festlegung Geometrie der Blexen Reede vorzunehmen.**