

ABSCHLUSSBERICHT

Nautische Simulation LNG Terminal Moorborg und Kattwykhafen

Hafenlotsenbrüderschaft Hamburg
Körperschaft des öffentlichen Rechts



Auftraggeber:



August 2022

Version 0.1

1	ABKÜRZUNGEN	1
2	EINLEITUNG	1
3	DURCHFÜHRUNG, METHODIK UND VERFAHREN	2
3.1	DIE BEMESSUNGSSCHIFFE	3
3.2	BATHYMETRIE / ENC	3
3.3	STROM UND TIDE	5
3.4	WIND	6
3.5	ANLEGEN	6
3.6	LIEGEPLATZBELEGUNG	7
3.7	SCHLEPPERASSISTENZ	7
3.8	REFERENZLÄUFE	7
4	AUSWERTUNG	7
4.1	BEREICH MOORBURG	8
4.1.1	<i>Szenario 1</i>	8
4.1.2	<i>Szenario 2</i>	9
4.1.3	<i>Szenario 3</i>	10
4.1.4	<i>Szenario 4</i>	11
4.1.5	<i>Szenario 5</i>	12
4.1.6	<i>Szenario 6</i>	13
4.1.7	<i>Szenario 7</i>	13
4.1.8	<i>Szenario 15</i>	14
4.1.9	<i>Szenario 16</i>	14
4.1.10	<i>Szenario 17</i>	15
4.1.11	<i>Szenario 18</i>	16
4.2	ERGEBNISSE MOORBURG	16
4.2.1	<i>Standard Läufe Moorborg</i>	16
4.2.2	<i>Störfall Manöver</i>	17
4.2.3	<i>Passage der FSRU-Einheit</i>	17
4.3	BEREICH KATTWYK-HAFEN	21
4.4	ERGEBNISSE KATTWYK-HAFEN	21
5	MANAGEMENT SUMMARY MOORBURG	FEHLER! TEXTMARKE NICHT DEFINIERT.
6	MANAGEMENT SUMMARY KATTWYK – HAFEN	FEHLER! TEXTMARKE NICHT DEFINIERT.
7	ANHANG	FEHLER! TEXTMARKE NICHT DEFINIERT.

1 Abkürzungen

BMS	Bemessungsschiff
BS	Bugstrahler
BT	Bottom Track, Geschwindigkeit über Grund
CTA	Container Terminal Altenwerder
ECDIS	Electronic Chart Display and Information System
ENC`s	Electronic Navigational Charts
HPA	Hamburg Port Authority
HW	Hochwasser
FHH	Freien und Hansestadt Hamburg
FRSU	Floating Storage and Regasification Unit
LNG	Liquefied Natural Gas
LP	Liegeplatz
MTC	Marine Training Center (Hamburg)
NO	Nord Ost
PPU	Portable Pilot Unit
SW	Süd West
UKC	Under Keel Clearance
WT	Water Track, Geschwindigkeit durch das Wasser

2 Einleitung

Aktuell werden von der HPA sowie der FHH Hamburg Planungen für den Betrieb eines LNG Terminals im südlichen Hafengebiet (Moorburg und Kattwyk -Hafen) evaluiert. Die jeweilige Anlage soll mit einer fest stationierten FSRU-Einheit betrieben werden, welche durch regelmäßige LNG Anlieferungen über LNG Tankschiffen versorgt wird.

Im Rahmen der Simulationsuntersuchung soll die Fragestellung geklärt werden, ob die beiden Standorte für LNG Anlagen sicher mit LNG Tankschiffe angelaufen werden können. Außerdem soll geprüft werden bis zu welchen maximalen umwelttechnischen Randbedingungen ein LNG Tankschiff den jeweiligen Liegeplatz noch verlassen und zu einem sicheren Hafenareal verholt werden kann.

Für den Standort Moorburg soll darüber hinaus geprüft werden, ob die Schiffe der Yeoman Klasse, welche die größte Schiffsklasse repräsentiert, die die Harburger Seehäfen anlaufen, bei Einrichtung einer Sicherheitszone zum FSRU diesen noch sicher passieren kann. Zusätzlich zu dieser Fragestellung sollte weiter geprüft werden, welche Raumreserven bei einer Passage eines „Holborn Max“ Tankschiffes im Vergleich zur Yeoman Klasse verbleiben.

Die Simulationsstudie mit dem Titel:

„Nautische Simulation LNG Terminal Moorburg und Kattwykhafen“

behandelt die Ergebnisauswertung aller in der Simulationsanlage des MTC Hamburg gefahrenen Untersuchungsläufe dieses Simulationsprojektes. Auftraggeber dieser Simulationsstudie ist die

Hamburg Port Authority (HPA)

Die Simulationsuntersuchung wurde im Marine Training Center Hamburg (MTC) vom 15.08. bis zum 19.08.2022 durchgeführt. Dabei wurden insgesamt 44 Simulationsläufe durchgeführt und bewertet.

- 20 Simulationsläufe mit den LNG Bemessungsschiffen für Bereich Moorburg
- 12 Simulationsläufe mit den LNG Bemessungsschiffen für Kattwykhafen
- 12 Simulationsläufe mit den beiden Ersatz – Bemessungsschiffen für die FSRU Passagen im Bereich Moorburg

In diesem Abschlussbericht sind neben den Ergebnissen aus den De-Briefing-Prozessen (Expert-Rating) und den allgemeinen Laufbeobachtungen auch die physikalischen Ergebnisgrößen der Simulation eingeflossen. Diese Bewertungsgrundlagen erlauben eine ausführliche Darlegung und präzise Beschreibung der ermittelten Einzelergebnisse sowie eine fundierte Betrachtung dieser Ergebnisse, in Hinsicht auf Fehlergrößen, möglichen Risiken, genereller Umsetzbarkeit, Lösungsansätzen und der praktischen Realisierung. Daneben werden ausführliche Projektinformationen hinsichtlich

- Simulationsvorbereitungen
- Simulationsgrundlagen
- Auswertungsverfahren und
- Umsetzbarkeit von Simulationsergebnissen

dargestellt.

3 Durchführung, Methodik und Verfahren

Auf der Grundlage der ermittelten Daten, den dokumentierten Expertenmeinungen sowie den Erfahrungen aus vorhergehenden Simulationsuntersuchungen können belastbare Ergebnisse zu den An- und Auslaufbedingungen und der Bewertung der Störfall-Manöver für die Entscheidungsfindung der zuständigen Aufsichtsbehörde HPA abgeleitet werden. Die Durchführung, Untersuchung und Verifizierung sowie die Bewertung verschiedener Schiffsmanöver im Simulator ist grundsätzlich ein bewährtes Verfahren. Die Ergebnisgenauigkeit der zu bewertenden physikalischen Größen hängt dabei im Wesentlichen von der Präzision der Eingangsgrößen und der Genauigkeit des Simulators ab. Die Simulationsanlage des MTC Hamburg gehört zu den technisch hochwertigsten Anlagen ihrer Art auf der Welt. Die den Simulationen zu Grunde liegenden Rechenmodelle entsprechen dem heutigen Stand der Technik.

Zur Bewertung der einzelnen Simulationsläufe wurde das sog. „Expert Rating“ verwendet. Im Gegensatz zur Analyse nach statistischen Verfahren, die nur auf Grundlage vieler Simulationsläufe unter identischen Bedingungen möglich ist, wird bei dem hier verwendeten Verfahren jeder Lauf individuell von Experten bewertet. Die fachkundigen Berater waren:

- Lotsen der Hafenlotsenbruderschaft Hamburg
- Experten des Auftraggebers Hamburg Port Authority
- Experten vom MTC Hamburg

Die für die Untersuchung bzw. den jeweiligen Simulationslauf relevanten Aussagen wurden in den Debriefing-Gesprächen ausführlich diskutiert und abschließend dokumentiert. Während der Versuchsläufe wurden sorgfältig ausgesuchte physikalische Simulationsdaten in regelmäßigen Intervallen (1 Sekunde) aufgezeichnet.

Die Zusammenfassung der Bewertungskriterien

- Laufbeobachtungen
- Laufbesprechung (Expert Rating)
- Auswertung der Simulationsdaten

erlauben auch bei einer kleineren Anzahl von Läufen eine ausreichende und aussagekräftige Beurteilung und Bewertung der Ergebnisse. Die physikalischen Daten dienen dabei im Wesentlichen der Stützung und Vertiefung und Überprüfung der ermittelten Ergebnisse.

Die in die Simulationen einfließenden Untersuchungsgrößen und Rahmenbedingungen werden im Folgenden weiter beschrieben.

Die Auswertung erfolgt basierend auf den in den Szenarien zusammengefassten Simulationsläufen. Diese Auswertung wird dann in den Ergebnissen zusammengefasst.

Die Durchgeführten Läufe werden im Anhang einzeln dokumentiert und kurz beschrieben.

3.1 Die Bemessungsschiffe

Die verwendeten Bemessungsschiffe BMS 1 bis BMS 4 wurden schon in drei vorhergehenden Simulationsuntersuchungen am MTC verwendet und vom Auftraggeber im Rahmen der Leitungsbeschreibung ausgewählt. Um die Modelle für die besondere Manöverumgebung des Hamburger Hafen anzupassen, wurden diese vor allem in den Bereichen Be- und Entschleunigung, hydrodynamischen Reaktionsfähigkeit und Winddriftverhalten überprüft und angepasst. Hierzu wurden, soweit vorhanden, Informationen aus dem Manouvering Booklet, der Pilot Card und dem Wheelhouse Poster eines Typenschiffes (Global Energy / QFlex) entnommen. Die Modelle wurden in der Vorbereitung der Untersuchung in mehreren vorgezogenen Referenzläufen und spezifischen Situationen vom Verfasser der Studie, in Zusammenarbeit mit zwei weiteren Lotsen der Hamburger Hafenlotsen, getestet. Diese Überprüfung und teilweise Anpassung der Modelle ist von großer Bedeutung, um sicher zu stellen, dass die verwendeten Modelle in der Simulation realistische und nicht zu positive Manövriereigenschaften aufweisen. Durch die Verwendung der Modelle in vorhergehenden Studien, der Überprüfungen in der Vorbereitung und der Validierung der Modelle durch die Teilnehmenden Lotsen während der Untersuchung, ist allerdings eine hohe und belastbare Qualität der verwendeten Modelle sichergestellt.

- Bemessungsschiff 1 ist ein LNG Tankschiff (Global Energy) mit einer Länge von 294,90 m, einer Breite von 46,40 m und einem Tiefgang von 12,50 m
- Bemessungsschiff 2 ist ein LNG Tankschiff (Global Energy) mit einer Länge von 294,90 m, einer Breite von 46,40 m und einem Tiefgang von 9,40 m
- Bemessungsschiff 3 ist ein LNG Tankschiff (QFlex) mit einer Länge von 315,80 m, einer Breite von 50,00 m und einem Tiefgang von 12,50 m
- Bemessungsschiff 4 ist ein LNG Tankschiff (QFlex) mit einer Länge von 315,80 m, einer Breite von 50,00 m und einem Tiefgang von 9,70 m
- Bemessungsschiff 5 ist ein Tanker (MTC Progress-X) mit einer Länge von 250,00 m, einer Breite von 40,00 m und einem Tiefgang von 10,00 m.

Das Bemessungsschiff 5 und Bemessungsschiff 6 sind kurz vor, bzw. während der Studiendurchführung in die Studie aufgenommen worden. Da die geforderten Schiffstypen bzw. Größen so nicht in der Simulator Datenbank vorhanden waren und in der Kürze der Zeit auch nicht programmiert werden konnten, wurden nach Absprache mit dem Auftraggeber zwei bestehende, von den Abmaßen (Länge / Breite) ähnliche in der Datenbank vorhandene Schiffstypen verwendet:

- BMS 5: Bemessungsschiff 5: Für den Geforderten „Yeoman-Typ“ wurde der Tanker „MTC Progress-X“ mit einer Länge von 250,00 m, einer Breite von 40,00 m und einem Tiefgang von 10,00 m gewählt.
- BMS 6: Für den geforderten Tanker mit L/B 190m x 32m wurde das RoRo Schiff 'Magnolia' als Ersatz gewählt mit den Abmaßen 200m x 30m x 7m gewählt.

Für BMS 5 und BMS 6 können nicht die gleichen Qualität Ansprüche gelten wie für die die BMS 1-4. Die Modelle werden zwar regelmäßig in Fortbildungs-Simulationen verwendet, haben aber andere Manövrier- und Hydrodynamische Eigenschaften als die ursprünglich für diesen Teil der Simulation geforderten Schiffstypen.

3.2 Bathymetrie / ENC

Für den in der Leistungsbeschreibung geplanten Ausbauzustand konnten von der HPA keine Lotungen bereitgestellt werden, da es sich um einen noch nicht hergestellten Ausbauzustand der Fahrwasser handelt. Um die Simulation dennoch durchführen zu können, wurden die von der HPA gelieferten ENCs, die die geplanten Solltiefenflächen enthalten, mit den vorhandenen Bathygraphischen ENCs verschnitten, d.h. die neuen Wassertiefen wurden in den bestehenden ENC's ausgestanzt. Dadurch wird sichergestellt, dass die Bemessungsschiffe weiterhin mit realistischen Bankingwerten fahren und in den flachen Bereichen der Böschungen auflaufen können.

Diese Änderungen sind in der im Simulator dargestellten ECDIS / ENC teilweise nicht erkennbar, so dass Bereiche die auf den im Simulator verwendeten ECDIS Karten als Flachwasserbereiche (grün) dargestellt werden tatsächlich mit größeren Wassertiefen hinterlegt sind. Diese wurde im Verlauf der Studie durch die 4 Punkt UKC überwacht. Der Simulator zeigt Grundberührungen entsprechend der hinterlegten Bathymetrie Daten an.

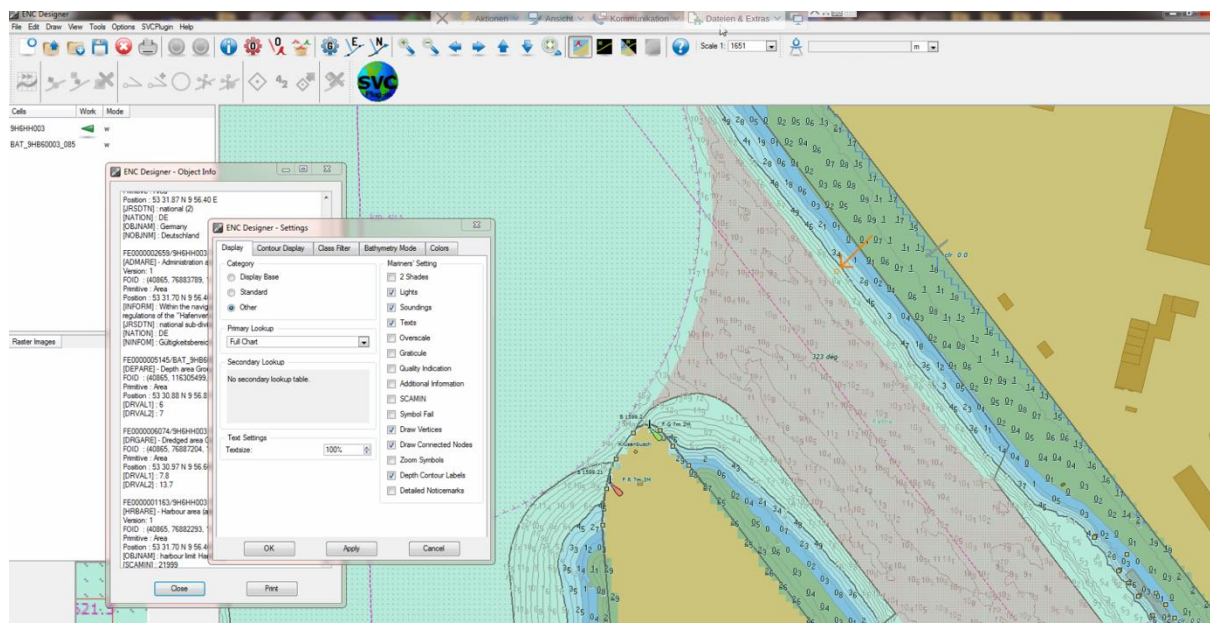


Abbildung 1 : TiefenStanze-Rethe1

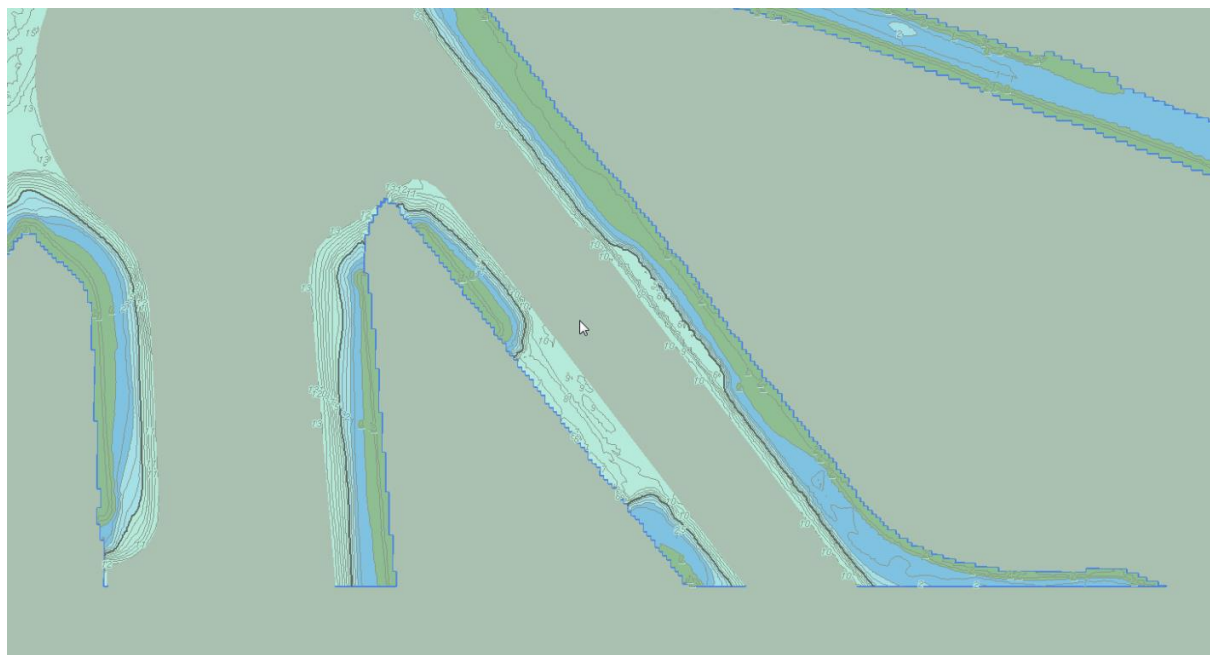


Abbildung 2 : TiefenStanze-Rethe2

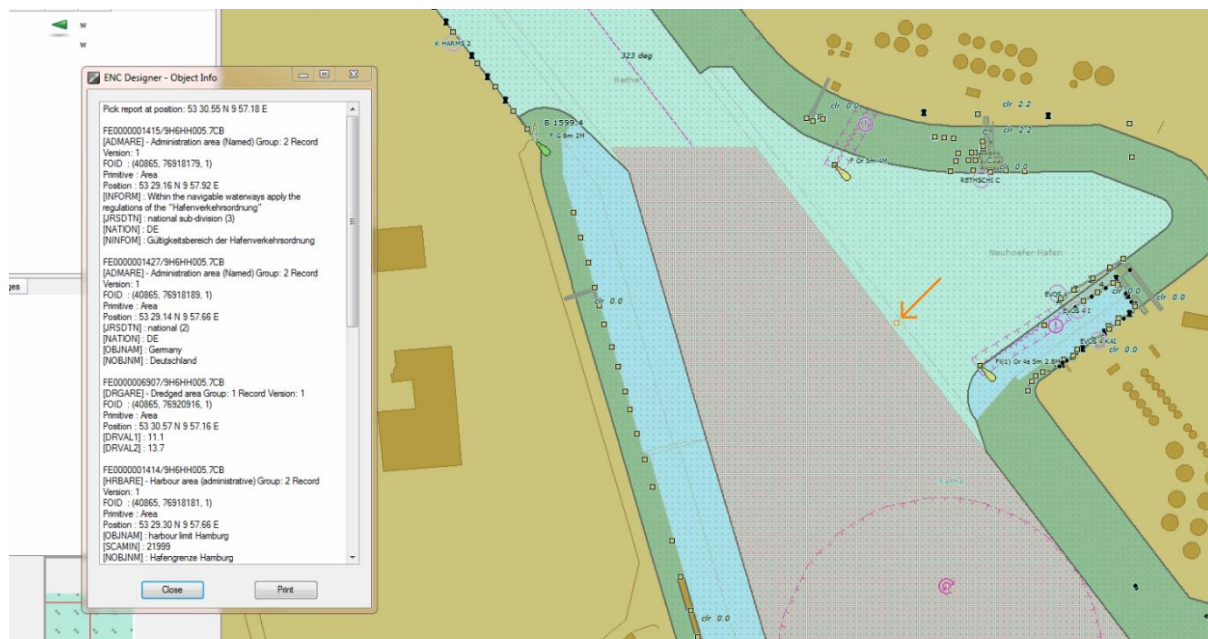


Abbildung 3 : TiefenStanze-Rethe3

3.3 Strom und Tide

Für diese Simulation Untersuchung wurden neue, aktualisierte Strömungsmodelle von der HPA (Hamburg Port Authority) zur Verfügung gestellt. Dabei handelt es sich um die für die Simulation vorgegebenen Szenarien:

Für Ebbmanöver: Nipptide mit 1.500 m³ Oberwasserabfluss (Szenario 5 des Strömungsatlas)
 Für Flutmanöver: Springtide mit 150 m³ Oberwasserabfluss (Szenario 4 des Strömungsatlas)

Die Strommodelle sind nach Rücksprache mit den Strom Experten Suleman XXX (HPA) und XXX (DHI WASY), auch für die in der Studie angepassten Bathymetrie Daten gültig. Bei durchgeführter Anpassung der Wassertiefen sind in der Realität durch die Vergrößerung des Querschnitts etwas geringere Stromgeschwindigkeiten zu erwarten. Eine Präsentation zur Plausibilisierung des der Strommodelle befindet sich im Anhang.

Es sind verschiedene Tidenzeitpunkte für die Simulationen genutzt worden, diese haben direkten Einfluss auf die Strömungsgeschwindigkeiten zum Simulationszeitpunkt und der zur Verfügung stehenden Wassertiefe.

- 1,5h nach Niedrigwasser St. Pauli repräsentiert den Zeitpunkt der ersten Flut und der größten Stromgeschwindigkeit in der Simulation
- 1,5h vor Hochwasser St. Pauli repräsentiert den Zeitpunkt des abnehmenden Flutstroms und definiert die üblichen Passagezeiten sogenannter Hochwasserschiffe an der Lotsenstation
- Hochwasser St. Pauli repräsentiert den Beginn des Ebbstroms mit zunehmenden Strömungsgeschwindigkeiten
- 2,0h nach Hochwasser St. Pauli repräsentiert den Zeitpunkt des stärksten Ebbstroms im Simulator.

In der Regel wurde der Tidenzeitpunkt so gewählt, dass für den Zeitpunkt des zu überprüfenden Manövers, der maximal möglich Strom wirkt.

Die im Simulator gewählten Tidenzeit entsprechen nicht immer den in der Praxis beobachteten Zeiten, bzw. Zeitdifferenzen. Dies ist auf die teilweise unterschiedlichen Nullpunkt Vorgaben, also dem Startzeitpunkt der hinterlegten Tidenkurve im Strommodell zurückzuführen. Die Stromwerte sind in der Vorbereitung im Simulator bei der Erstellung der Sit Files ausgelesen, und wo notwendig, mit Hilfe der Zeiteinstellungen angepasst worden, um die gewünschten Stromgeschwindigkeiten oder Wassertiefen sicher zu stellen.

Für die Bemessungsschiffe 1 bis 4 ist davon auszugehen, dass Schiffe dieser Größe und mit dem entsprechenden Tiefgang, in dem untersuchten Hafenbereich aufkommend, als Hochwasser Schiffe definiert werden. Dies bedeutet, diese Schiffe passieren die Lotsenstation 1,5 h vor HW St. Pauli. Diese Annahme wurde aber nur für einen Teil der Referenzläufe übernommen. Für die Bemessungsschiffe 5 und 6 gelten Aufkommende und je nach Tiefgang festgelegte Tidenfenster, die in den Liegeplatz-Stammdaten der HPA hinterlegt sind. Nach Möglichkeit wurde für die Standardmanöver der Tidenzeitpunkt mit dem stärksten Strom im Manöverbereich gewählt, solange dies mit dem jeweiligen Tiefgang für das Erreichen des Liegeplatzes möglich war. In der Bewertung der Szenarien wird im Einzelfall auf diesen Punkt entsprechend hingewiesen. Diese Vorgehensweise wurde gewählt, um die in der Aufgabenstellung verankerte Erfassung der Grenzbereiche gerecht zu werden.

3.4 Wind

Die untersuchten Windrichtungen Südwest und Nordost, entsprechen den im Hamburger Hafen am häufigsten vorkommenden Verhältnissen. In den Simulationsläufen der Standardmanöver sollen die Durchführbarkeit und Sicherheit der Manöver bei Starkwind, also im Grenzwertbereich für diese Manöver begutachtet werden. Hierzu wurde bewusst der allgemein kommunizierte, grundsätzliche Industriestandard¹ von 10 m/s also ca. 20 Knoten oder Beaufort 6 Wind als Grenzwert überschritten. Diese Läufe, mit Ausnahme der Referenzläufe, wurden alle unter Starkwind-Bedingungen also Beaufort 6 in Böen Beaufort 7 durchgeführt. Hierzu wurde im Simulator ein Windmodell mit variierenden Windrichtungen und Stärken erstellt. Dieses Modell wechselt eigenständig die Windrichtung und Windstärken innerhalb vorgegebener Parameter. Bei einem eingestellten Basiswert von 24 Knoten (Beaufort 6) werden Windstärken zwischen 17,69 und 30,64 Knoten gerechnet, die Windrichtung variiert plus – minus 35 Grad um die eingestellte Hauptwindrichtung. Dieses Modell ist unter MTC_088_small im Simulator hinterlegt. Die als Referenzläufe gekennzeichneten Simulationen wurden ohne Wind durchgeführt.

In der Vorbereitung der Simulation wurde beschlossen den simulierten Wind ohne die Berücksichtigung von Windschatten zu verwenden. Dies geschah aus folgenden Gründen:

- Die Vorhandene Datenlage ließ eine verlässliche Einbindung von Windabschattungen nicht zu
- Der Simulator ist zwar grundsätzlich in der Lage Windabschattungen zu implementieren, dies ist jedoch mit erheblichem zeitlichem Aufwand verbunden, und war aufgrund der Kürze der zur Verfügung stehenden Vorbereitungszeit nicht möglich.
- Wo immer die Abbildung der Realität im Simulator nicht exakt genug möglich ist, ist es das Bestreben diese im Simulator so abzubilden, dass Sie im Vergleich als etwas schwieriger gelten kann. Diese Vorgehensweise wird bewusst eingesetzt, um einen gewissen Sicherheitspuffer in der Realitätsangleichung der Simulation her zu stellen. Diese Vorgehensweise hat sich aus den Erfahrungen vieler vergangenen Untersuchungen in Bezug auf die eingetretene, beobachtete Realität im Hafen bewährt.

Für die Störfall-Manöver wurde ein konstanter Wind aus Südwest und Nordost mit der Stärke 9 Beaufort untersucht. In den Simulationen wurden 41,0 Knoten als Wert für die 9 Beaufort eingestellt. Dieser Wert entspricht der unteren Grenze für 9 Beaufort auf der Beaufort Skala. Durch den Verzicht auf die Einbindung von Windabschattungen, repräsentiert dieser Wert im Erfahrungsabgleich mit der Praxis im Hafen eine gute 9 bis 10 Beaufort. Durch diese Entscheidung wurde der oben beschriebene Sicherheitspuffer zwar etwas verringert, lässt dadurch aber bei diesen sehr hohen Windlasten eine besser definierte Abschätzung dieses Grenzwerts zu. Auch auf die Verwendung des Windmodell wurde hier bewusst verzichtet, da sich diese Manöver im Grenzbereich des mit den zur Verfügung stehenden Schlepp und Manöverkräften durchführbaren befinden. Bei der Verwendung des Windmodells mit Böen wäre die Einschätzung des tatsächlichen Grenzbereiches für bestimmte Manöverabschnitte zu unscharf geworden.

3.5 Anlegen

Bei allen Läufen die das Aufkommen der Bemessungsschiffe zu einem Liegeplatz beschreiben, werden die Läufe nicht bis zur endgültigen Anlege-Positionen durchgeführt. Das Anlegen von Schiffen dieser Größenklasse und größer gehört zum Alltag der Hafenlotsen und wird nicht als untersuchungsrelevant eingestuft. Dazu kommen zeitliche Restriktionen und visuelle Einschränkungen in der Simulation Umgebung, die ein Anlegen auf den letzten 10-20 Metern vor „der Pier“ im Simulator derzeit nicht realistisch darstellen.

¹ Quelle Hoegt

3.6 Liegeplatzbelegung

Um in der Simulationsumgebung eine realistische Atmosphäre zu schaffen und den zur Verfügung stehenden Manöver Raum so weit wie auch in der Praxis möglich einzuschränken wurden, die in Frage kommenden Liegeplätze mit folgenden Schiffen belegt:

- Athabaskakai Platz 8: Containerschiff 348,5 m Länge und 45,6 m Breite
- ADM Köhlbrand: Schiff mit 160 m Länge und 28 m Breite
- ADM außen: Bulker mit 230 m Länge und 40 m Breite
- Sandauhafen Platz 3: Bulker mit 292 m Länge und 50 m Breite
- CTA Platz 1 bis 4: 3 Containerschiffen mit einer Länge von je 367m und einer Breite von 51,2m
- Moorburg Süd: FSRU Einheit (TransgasForce/Power) mit 294m Länge und 47m Breite mit Backbord, Längseite einer 22 Meter breiten, auf ca. 0,8 Meter breiten, landseitigen Fendern. Die FSRU-Einheit ist auf der Seeseite mit 4,5 Meter breiten Yokohama Fendern ausgestattet.

In der Reihe:

- Schinder „A“:
- Harms RORO:
- Kali Kai West:
- EVOS Brücke 2:
- Kattwyk Schell Brücke West: FSRU Einheit (TransgasForce/Power) mit 294m Länge und 47m Breite mit Steuerbord

3.7 Schlepperassistenz

Da der Industriestandard für LNG Schiffe der relevanten Typenklassen für das Manövrieren unter Normalbedingungen immer vier Schlepper als Assistenz vorsieht, wurde alle Szenarien, mit der Ausnahme der Szenarien 4 und 6, mit 4 Schleppern á 70 Tonnen Pfahlzug (280 Tonnen gesamt) geplant.²

Die, in der Regel, 4 Schlepper wurden in den Simulationen durch den Autor der Studie und einen Experten des MTC in enger Abstimmung paarweise gesteuert. Der Simulator ist in der Lage die Schleppkraft Vektoren, relativ zur Schlepprichtung bezogen auf das Bemessungsschiff, zu rechnen. Die Abnahme der Schleppkräfte bezogen auf die Fahrt durch das Wasser des Schleppverbandes muss aber manuell angepasst werden. Dies führt teilweise zu einer signifikanten Herabsetzung der zur Verfügung stehenden Schleppkräfte, wie sie auch in der Praxis zu beobachten ist.

3.8 Referenzläufe

Auf reine Referenzläufe musste in dieser Untersuchung aus Zeitgründen verzichtet werden. Da die Fahrlotsen aber grundsätzlich über große Erfahrung mit vergleichbaren und größeren Schiffsgrößen verfügen, wurde diese Vorgehensweise als akzeptabel angesehen.

Die in der Leistungsbeschreibung als Referenzläufe benannten Simulationen sind Teil der Untersuchung. Um den Fahrlotsen eine Gewöhnung an die Simulationsumgebung mit den LNG-Schiffen zu ermöglichen, wurden in den ersten 4 Tagen ein als Referenzlauf beschriebene Simulation durchgeführt. In der Regel wurden diese Läufe zu den für die derzeit geltenden Tidenfenster der entsprechenden Schiffsgröße angesetzt. Diese Läufe dienen zur Gewöhnung der Fahrlotsen an die Simulationsumgebung und der Validierung der Schiffsmodelle durch die Fahrlotsen.

4 Auswertung

Da in der Vorbereitungszeit und auch noch während der Simulationen Änderungen am Umfang und Inhalt der Untersuchung vorgenommen wurden, ist an dieser Stelle darauf hinzuweisen, dass die Nummerierung der Szenarien in der Untersuchung Dokumentation, von der in der Leistungsbeschreibung teilweise abweicht. Zum Zeitpunkt der Änderungen waren die Sit_Files3 schon erstellt waren und eine Angleichung der Nummerierung war zu zeitaufwendig.

² Quelle Hoegt

³ Gespeicherte Dateien zur Vorbereitung der Simulationen im Simulator, die die geforderten Grundeinstellung der einzelnen Simulationsläufe zum Inhalt haben. Diese müssen möglichst vor

Es gelten also die Nummerierungen aus der durchgeführten Studie.

Im Folgenden werden die Simulation Läufe in den Szenarien zusammengefasst beschrieben und bewertet. Aufgeteilt in die Bereiche Moorburg und Kattwyk, erfolgt für jedem Bereich eine Zusammengefasste Auswertung mit den Ergebnissen und Einschätzungen.

Die einzelnen Läufe werden im Anhang dieses Berichtes mit Bildern dokumentiert und kurz beschrieben. Jede Simulation wurde elektronisch aufgezeichnet und liegt als Datensatz beim M.T.C. Hamburg gesichert vor. Dies gilt auch für den entsprechenden Datensatz aller im Simulator auf das Schiffsmodell einwirkenden gerechneten Variablen.

4.1 Bereich Moorburg

4.1.1 Szenario 1

Das Szenario 1 beinhaltet das Anlaufen des Liegeplatzbereichs Moorburg mit dem Bemessungsschiff 1. Das Schiff sollte mit der Backbord Seite an die FSRU-Einheit anlegen, daher musste das Schiffe im südlichen Drehkreis vor dem CTA gedreht und rückwärts durch die Kattwyk-Brücken manövriert werden. Innerhalb dieses Szenarios wurden vier Läufe dokumentiert. Ein Referenzlauf mit Flut Strom (1,5h vor HW St. Pauli) ohne Wind, und je eine Simulation mit Wind, NO 6-7 Beaufort und SW 6-7 Beaufort sowie ein verkürzter Lauf mit Wind aus SW 6-7 Beaufort. Bei den Simulationen mit Wind wurde der Tidenzeitpunkt auf HW St. Pauli geändert, da zum in Leistungsbeschreibung angegebene Zeitpunkt von 2h nach HW St. Pauli im Bereich der Brückenpassage keine ausreichende Wassertiefe vorhanden sind. Der neue Zeitpunkt stellt sicher, dass das Schiff mit einsetzender Ebbe in den Drehkreis im Süden vor dem CTA einfährt und mit ca. 1,0 bis 1,2 knoten Ebbstrom in die Brückenpassage kommt. Nach dem Scheitern des Laufe 1.2a an der Kattwyk-Brücke wurde dieser unter Nutzung von „Time Control“⁴ teilweise wiederholt (1.2b). Beide Manöverergebnisse fließen in die Bewertung mit ein. Lauf 1.1 ist als Referenzlauf gekennzeichnet, da dieser Lauf zum dem für diese Schiffsgrößen zu erwartenden Tidenfenster (Hochwasserschiff), aber ohne Wind durchgeführt wurde. Auch die Erkenntnisse aus diesem Lauf werden in der Gesamtbewertung berücksichtigt.



Abbildung 4 : Anlaufen Moorburg Stealth-View

Die Manöver beginnt mit dem Schiff in Fahrt eben südlich der Köhlbrandbrücke. Es wurden immer zwei Schlepper achtern und ein Schlepper vorne festgemacht. Der vierte Schlepper wurde zum Drücken ohne Leine vorgehalten. In einem Lauf wurden zwei Schlepper vorne am Bug festgemacht. Der vorhandene Bugstrahler wurde regelmäßig zur Manöverunterstützung und Feinabstimmung genutzt. Die Ansteuerung und Positionierung im Drehkreis wurde von allen Fahrlotsen als Standardmanöver

ausgeführt. Alle Dreh-Manöver wurden über Steuerbord durchgeführt, das Heck dabei nah an oder auf der Radarlinie Richtung Kattwyk-Brücken geführt. Bei allen erfolgreichen Läufen lag die Geschwindigkeit bei der Brückenpassage im Bereich von 1,7 bis 2,2 Knoten BT. Das Schiff wurde bei allen erfolgreichen Läufen mit sicheren Abständen zu den Brücken Dalben, ohne Berührung der Streichfender, durch die Brückenpassage manövriert. Die Simulationen wurden nach erfolgreicher Brückenpassage beendet. Bei Lauf 1.2a kam es beim Einfädeln des Schiffes in die Brückendurchfahrt zur Kollision des Hecks mit einem der östlichen Brücken-Dalben der nördlichen Brücke. Hier lag die Geschwindigkeit bei WT: 3,3 Knoten BT: 2,5 Knoten. Diese Geschwindigkeit, in Verbindung mit dem südwestlichen Wind, der Einwirkung der Ebbe auf die Backbord Seite und dem zu späten Einsatz der

Beginn der Untersuchung erstellt werden, da ansonsten der Zeitaufwand und die Fehleranfälligkeit zu groß ist.

⁴ Time Control ist eine Funktion im Simulator die es dem Operator erlaubt, die Übung zu einem frei wählbaren Zeitpunkt zurück zu setzen und von diesem Zeitpunkt aus erneut weiterzuführen. Diese Funktion erlaubt einen Zeitsparenden Teil-Neustart innerhalb einer Simulation, um durch Änderung der Manöver Parameter aus der gleichen Ausgangsposition ein Manöverergebnis zu überprüfen oder bei Fehlbedienungen z.B. eines Schleppers durch den Operator die Simulation ohne zeitaufwendigen Neustart fort zu setzen.

Achterschlepper führte dazu, dass die Drehung des Hecks nicht mehr rechtzeitig aufgefangen werden konnte und das Schiff mit einem Brücken-Dalben kollidierte.

Dieser Lauf wurde mit „Time Control“ so zurückgesetzt, dass er als 1.2b im südlichen Drehkreis vor dem CTA erneut zu den gleichen Bedingungen wie bis zu diesem Zeitpunkt bei 1.2a weitergeführt werden konnte. In diesem Lauf wurde die Geschwindigkeit für die Brückenpassage dann ebenfalls auf 2,1 Knoten reduziert und die Positionierung des Schiffes vor der Brückendurchfahrt verbessert. Damit gelang auch dieser Lauf mit guten Sicherheitsreserven. Dieser gescheiterte Lauf wird für die Bewertung als besonders wertvoll angesehen, da somit durch ihn die Grenzwerte für eine sichere Manöverdurchführung besser einzuschätzen sind. Hier wurde vor allem das Geschwindigkeitsmanagement als hauptursächlich erkannt, aber auch die frühzeitige Positionierung für die Brückendurchfahrt und ein vorausschauendes Schlepper Management wurden als wichtige Bestandteile für eine erfolgreiche Manöverstrategie identifiziert.

Das Festmachen von zwei Vorschleppern am Bug wurde als problematisch eingestuft, da die Schlepper so nur zu jeweils einer Seite einsetzbar sind. Die Klüsen liegen eben auf der Backbord-, bzw. Steuerbord Seite des Bugs. Der begrenzte Manörraum für die Schlepper bei der Brücken Durchfahrt muss bei der Manöverplanung in die Strategie bezüglich der Positionierung mit einfließen.

Im Expert Rating waren sich alle beteiligten Lotsen einig, dass solange die Manöver im Rahmen der entsprechenden Parameter für Geschwindigkeit, Positionierung und Schleppermanagement durchgeführt werden, immer ausreichende Manöver Reserven vorhanden sind.

4.1.2 Szenario 2

Die Manöver im Szenario 2 beinhaltet das Anlaufen des Liegeplatzbereichs Moorbург Süd mit dem Bemessungsschiff 3. Innerhalb dieses Szenarios wurden drei Läufe dokumentiert. Ein Referenzlauf mit Flut Strom (1,5h vor HW St. Pauli) ohne Wind, und je eine Simulation mit Wind, NO 6-7 Beaufort und SW 6-7 Beaufort. Bei den Simulationen mit Wind wurde der Tidenzeitpunkt auf HW St. Pauli geändert, da zum dem in der Leistungsbeschreibung angegebene Zeitpunkt von 2h nach HW St. Pauli im Bereich der Brückenpassage keine ausreichende Wassertiefe vorhanden ist. Der neue Zeitpunkt stellt sicher, dass das Schiff mit einsetzender Ebbe in den Drehkreis im Süden vor dem CTA einfährt und mit ca. 1,0 bis 1,2 Knoten Ebbstrom in die Brückenpassage kommt.

Die Simulationen beginnen mit dem Schiff in Fahrt im Bereich der Köhlbrandbrücke. Die Ansteuerung und Positionierung im Drehkreis wurde von allen Fahrlotsen als Standardmanöver ausgeführt. Es wurden immer zwei Schlepper achtern und zwei Schlepper im Bugbereich festgemacht. Alle Dreh-Manöver wurden über Steuerbord durchgeführt, dabei wurde das Heck im Bereich der Radarlinie in Richtung Brücke geführt. Bei der Durchführung des Lauf 2.5 wurde mit dem Tidenzeitpunkt aus der Leistungsbeschreibung gearbeitet, hierdurch kam es zum Auflaufen des Schiffes in der Rückwärtsfahrt ca. 200 Meter vor der Brücke. Durch den gewählten Tidenzeitpunkt war für den Schiffstiefgang zum Manöverzeitpunkt nicht genügend Wassertiefe vorhanden. Daher wurde der Tidenzeitpunkt auf HW St. Pauli geändert und die Simulation mit Hilfe von „Time Control“ mit einer Fahrt von 2,3 Knoten BT im Bereich des Auflaufens wieder neu gestartet. Die Geschwindigkeiten bei der Brückenpassage lagen zwischen 1,5 und 2,1 Knoten BT, bei einer Brückendurchfahrt wurde nach Positionierung des Schiffes mit geringer Geschwindigkeit die Fahrt unter der Brücke auf 2,7 Knoten BT erhöht. Der Ebbstrom betrug



Abbildung 5 : Anlaufen Moorburg , Passage Kattwykbrücken, Stealth View

eingeschränkten Manörraum für die Schlepper bei der Brückendurchfahrt und der geringeren Schlepperleistung bei zu großer Fahrt durch das Wasser.

bis zu 1,9 Knoten bei den Brückenpassagen. In den Nachbesprechungen mit den Experten wurde besonders der Zusammenhang zwischen der gewählten Geschwindigkeit, einer frühzeitigen und guten Positionierung sowie dem Umfang des Schleppereinsatzes betont.

Bei den anderen Simulationsläufen lag die Passage Geschwindigkeit an der Brücke zwischen WT:1,4/ BT 1,7 Knoten und WT: 2,9 / BT: 1,5 Knoten achteraus. Ein weiteres Augenmerk gilt bei allen Längen dem

Im Expert Rating beschreiben alle Fahrlotsen das Manöver als sicher durchführbar mit ausreichenden Kraftreserven.

4.1.3 Szenario 3

Die Manöver im Szenario 3 beinhaltet das Auslaufen aus dem Liegeplatzbereichs Moorbург Süd mit dem Bemessungsschiff 4. Innerhalb dieses Szenarios wurden drei Läufe dokumentiert. Ein Referenzlauf mit Flut Strom (1,5h vor HW St. Pauli) ohne Wind, und je eine Simulation mit Wind, NO 6-7 Beaufort



Abbildung 6 : Abgehend Moorburg, Stealth View

und SW 6-7 Beaufort. Diese beiden Läufe fanden jeweils zum Tidenzeitpunkt 1,5h nach HW St. Pauli statt. Bei allen Simulationen wurden zwei Schlepper achtern am Heck und ein Schlepper vorne durch die Mitte festgemacht. Eine Ausnahme bildet Lauf 3.9, hier wurde der vierte Schlepper Steuerbord vorne an der Schulter belegt, aber vor der Brückenpassage wieder los geschmissen und nur als Drückerschlepper verwendet. Beim Abtauen vom Liegeplatz ist der starke Flutstrom, der im Steven Bereich in einem kleinen Winkel auf das Schiff wirkt, gut zu

erkennen, der bzw. die Vorschlepper müssen in der ersten Manöverphase beim Abtauen etwas kräftiger eingesetzt werden. Dies gilt unabhängig von der Windrichtung. In allen Simulationen gelingt die Ausrichtung und anschließende Brückenpassage problemlos. Bei den Längen mit Windeinfluss ist jeweils eine leichte Tendenz nach Lee feststellbar, um den Schleppern bei der Brückenpassage auf der jeweiligen Luv Seite etwas mehr Manöver Fläche zur Verfügung zu stellen. Alle Brückenpassagen gelingen mit ausreichendem Abstand zu den Brücken Dalben, die Reibfender werden in keinem Lauf genutzt. Die Geschwindigkeiten zum Zeitpunkt der Brückendurchfahrt liegen bei 4,1 bis 4,5 Knoten WT bzw. 2,1 bis 2,7 Knoten BT. Im Bereich dieser Geschwindigkeit ist das Schiff gegen die Flut gut zu kontrollieren. Bedingt durch die Fahrt durch das Wasser werden die Schleppkräfte, ins besonders der Vor-Schlepper entsprechend reduziert. Die Kursänderung nach der Brückenpassage wurde jeweils mit Hilfe der Schlepper eingeleitet und unterstützt, da die Länge des Schiffes ein frühzeitiges durchgreifendes Andrehen nach Backbord nur mit den Rudern in der Passage verhindert.

Im Expert Rating sind sich die Lotsen einig, dass bei diesen Manövern das Schiff zu jedem Zeitpunkt gut zu kontrollieren ist und es immer sehr gute Sicherheitsreserven im Manöverablauf gibt. Der geringere Manövrierraum für die Schlepper im Bereiche unter der Brücke, kann durch eine entsprechend vorausschauende Positionierung und sowie ein gutes Schleppermanagement kompensiert werden. Die geringere Schleppleistung, insbesondere der Vor-Schlepper, durch die notwendige Fahrt durch das Wasser muss im Manöverablauf eingeplant werden. Zu jedem Zeitpunkt sind aber ausreichende Kraftreserven vorhanden.

4.1.4 Szenario 4

Die Manöver im Szenario 4 beinhaltet das Verholen aus dem Liegeplatzbereichs Moorburg Süd (Päckchen) mit dem Bemessungsschiff 2 vor den Seehafen Harburg 4. Für dieses Szenario waren zwei Läufe mit jeweils 2 Schlepper (jeweils vorne und achtern durch die Mitte angespannt), der Wind mit Beaufort 9 aus SW und NO sowie der Tidenzeitpunkt 1,5h nach NW St.Pauli vorgesehen. Diese Simulation sollte die Situation eines Störfallmanövers des LNG-Schiffs in Verbindung mit einer Brückenstörung bei Sturm-Windverhältnissen widerspiegeln. Durch die Brückenstörung konnten in



dieser Simulation nur die vor Ort befindlichen zwei Schlepper eingesetzt werden, da die Zufahrt zum Terminal Moorburg aufgrund der eingeschränkten Brückendurchfahrthöhe somit für zusätzliche Schlepper versperrt war. Im ersten Simulationslauf mit Wind aus SW strandet das Heck nach wenigen Minuten auf der östlichen Böschung, die Drift des Bugs kann zwar mit Hilfe des Bugstrahlers und des Vorschleppers verlangsamt, aber auch nicht gestoppt werden.

Abbildung 7 : Notfallmanöver Moorburg, Bft. SW9 2 Schlepper

Nach dem schnellen Scheitern des ersten Laufs wurde kurzfristig eine Wiederholung der gleichen Situation nur mit anderer Schlepperverteilung beschlossen. Hierfür wurde der Vorschlepper nicht mehr am Bug mit der Schleppleine festgemacht, sondern mittig zum Drücken eingesetzt. In dieser Simulation konnte das Schiff zwar im „Gleichgewicht“, d.h. parallel zur FSRU-Einheit gehalten werden, aber die Drift auf die östliche Böschung war nicht zu verhindern. Die Schlepper Kräfte in Verbindung mit den Manöverkräften des Schiffes (Bugstrahlruder, Maschine und Ruder) waren nicht ausreichend, um den Winddruck auszugleichen.



Abbildung 8 : Notfallmanöver verholen vor Harburg 4; 4 Schlepper

Nach dem Scheitern des abgeänderten zweiten Laufs wurde kurzfristig entschieden, den Lauf mit der Windrichtung NO 9 nicht mehr durchzuführen, da die beiden vorhergehenden Simulationen eindeutig gezeigt haben, dass die Schlepp- und Manöverkräfte bei diesen Windgeschwindigkeiten nicht ausreichend sind. Dafür wurde beschlossen, einen abgeänderten Lauf mit nun vier Assistenz -Schleppern und Wind aus SW mit 9 Beaufort durchzuführen, um den Umfang der Untersuchung weiter auszudehnen. In dieser Simulation

wurden zwei Schlepper achtern am Heck und einer vorne durch die Mitte angespannt. Der vierte Schlepper wurde an der Steuerbord Schulter zum Drücken eingesetzt. Mit fast ununterbrochenem maximalem Einsatz aller Schlepp- und Manöverkräfte wurde das Schiff kontrolliert in den Beriech vor Harburg 4 geführt und dort positioniert.

Im Expert Rating wurde dieses Manöver als grenzwertig, ohne Sicherheitsreserven bewertet. Durch den dauerhaften Einsatz der zur Verfügung stehenden Kräfte sind keine Sicherheitsreserven für Teilausfälle oder Änderungen in den Umweltbedingungen mehr vorhanden. Der sehr begrenzte Manöverraum verkürzt die zur Verfügung stehende Reaktionszeit deutlich. Gerät das Schiff in eine deutliche Drift, z.B. nach einer starken Böe, ist selbst bei wieder theoretisch ausreichender Schleppkraft kaum genügend Raum vorhanden, diese Drift aufzufangen und das Momentum umzukehren. Nach einhelliger Einschätzung der Experten kann dieses Manöver nur als absolutes Notmanöver in Betracht kommen, ein mögliches Scheitern des Manövers muss in die Risikobetrachtung mit aufgenommen werden.

4.1.5 Szenario 5



Abbildung 9 : Notfallmanöver, NO Bft. 9, 4 Schlepper

Die Manöver im Szenario 5 beinhaltet das Verholen aus dem Liegeplatzbereichs Moorburg Süd (Päckchen) mit dem Bemessungsschiff 2 in den südlichen Drehkreis vor dem CTA. In diesem Szenario wurden 2 Läufe dokumentiert. Bei beiden wurde der Tidenzeitpunkt auf 1,5h nach NW St. Pauli gesetzt, der Wind auf SW bzw. NO Beaufort 9. Vier Schlepper standen zur Verfügung. Es wurden jeweils zwei Schlepper achtern am Heck, ein Vorschlepper vorne in der Mitte und der vierte Schlepper Steuerbord, bzw. Backbord an der Schulter festgemacht. (je nach Windrichtung). Bei beiden

Simulationen wurde das Schiff kontrolliert vom abgetaut bzw. aufgefangen und für die Brückenpassage ausgerichtet. Um die Position gegen den Wind zu halten und eine sichere Bahnführung zu gewährleisten waren alle vier Schlepper in der Regel mit voller Kraft im Einsatz. Der Bugstrahlruder wurde zur Unterstützung mit eingesetzt und lief ebenfalls über den größten Teil der Simulation. Die Positionierung bei der Brückenpassage erfolgte nahezu mittig, einmal mit einem leichten Versatz nach Lee um den Schleppern etwas mehr Raum zu verschaffen und einmal mit einem leichten Versatz nach Luv um dem Schiff etwas mehr Raum zum Driften nach Lee zu geben. Beide Ansätze waren für die Manöverdurchführung erfolgreich. Durch die Geschwindigkeit von $BT = 2,6$ Knoten bzw. $WT = 4,8$ Knoten ist die Schleppkraft vor allem der Vorschlepper deutlich reduziert. Bei der Brückendurchfahrt kommt eine Reduktion der Schleppkräfte aufgrund der flacheren Winkel der Schlepper hinzu. In diesem Bereich sind die Schlepper durch die Brücken Dalben gezwungen, in der Passage etwas in die Voraus- und Achterausrichtung des Schiffes einzudrehen. Dies trifft vor allem für den Schlepper vorne an der jeweiligen Schulter zu, dieser muss sich zum Teil in Vorausrichtung legen. Dabei kann es zu Behinderungen des anderen Vorschleppers kommen. Beide Brücken Passagen gelangen ohne Nutzung der Fender an den Brücken Dalben. Auch die Kursänderung direkt nach den Brücken muss mit Schleppkraft durchgeführt werden. Bei einem Lauf wurde das Schiff zu früh gestoppt und driftete mit dem Heck nah an die südliche Böschung. Mit Maschine Voraus und allen Kräften nach Steuerbord wurde die südliche und nachher westliche Tendenz gestoppt und das Schiff in Position gehalten. Der Raumbedarf hierfür war mit fast 100 bis 150 Metern signifikant, aber im südlichen Drehkreis vorhanden. Im Expert Rating wurden beide Läufe als erfolgreich aber ohne, bzw. mit nur wenig Reserven bewertet. Entsteht eine ungewollte Bewegungsrichtung ist diese nur unter dem Einsatz aller Kräfte aufzufangen und das Momentum umzukehren. Ändern sich die Umweltbedingungen, z.B. starke Böen, oder fällt ein Schlepper aus, sind keine ausreichenden Kraftreserven vorhanden. Es handelt sich daher in der Einschätzung der Fahrlotsen um ein Notfall Manöver. Ein mögliches Scheitern dieses Manövers muss in der Gefahrenanalyse berücksichtigt werden. Zusätzliche Schlepper können dieses Risiko mindern, sind aber für die Brückenpassage nur bedingt einsetzbar. Es müsste mit den Schleppern geklärt werden, ob die Schlepper vorne an der Schulter besser nur zum Drücken eingesetzt und nicht mit Ihrer Schleppleine mit dem Schiff verbunden werden sollten.

4.1.6 Szenario 6

Die zwei dokumentierten Manöver beinhaltet das Verholen aus dem Liegeplatzbereichs Moorbург Süd (Päckchen) mit dem Bemessungsschiff 4 bis auf Höhe der Einfahrt vor dem Seehafen Harburg 4. Der Tidenzeitpunkt wurde auf 1,5h nach NW St. Pauli gesetzt, der Wind auf SW bzw. NO Beaufort 9.

Für dieses Szenario waren zwei Läufe mit jeweils 2 Schlepper (je vorne und achtern durch die Mitte angespannt), und Wind mit Beaufort 9 aus SW und NO sowie der Tidenzeitpunkt 1,5h nach NW St. Pauli vorgesehen. Diese Simulation sollte die Situation eines Störfallmanövers des LNG-Schiffs in Verbindung mit einer Brückenstörung bei Sturm-Windverhältnissen widerspiegeln. Durch die Brückenstörung konnten in dieser Simulation nur die vor Ort befindlichen zwei Schlepper eingesetzt werden. Der erste Simulationslauf mit SW Wind und zwei Schleppern zeigte nach wenigen Minuten, dass die zur Verfügung stehenden Schleppkräfte nicht ausreichend sind. Das Schiff treibt auf die östliche Böschung zu.

Nach diesem Ergebnis wurde beschlossen, die Simulation mit NO Wind nicht durchzuführen, da hier das gleiche Ergebnis zu erwarten war. Um weitere mögliche Szenarien abzudecken, wurden zwei weitere Simulationen mit der gleichen Aufgabenstellung aber mit vier zur Verfügung stehenden Schleppern durchgeführt. Zwei Achter Schlepper wurden am Heck, ein Vor-Schlepper vorne in der Mitte festgemacht. Der zweite Vor-Schlepper wurde bei der Simulation mit SW Wind zum Drücken an der Steuerbord Schulter, bei NO Wind mit Schleppleine an der Steuerbord Schulter eingesetzt. In beiden Läufen konnte das Schiff unter fast kontinuierlichem Einsatz aller Schlepp und Manöverkräfte in den Bereich vor Harburg 4 geführt werden.

Im Expert Rating wurde diese Läufe als erfolgreiche Manöver im Grenzbereich, ohne bzw. nur mit minimalen Sicherheitsreserven bewertet. Durch den dauerhaften Einsatz der zur Verfügung stehenden Kräfte sind keine Sicherheitsreserven für Teilausfälle oder signifikante Änderungen in den Umweltbedingungen mehr vorhanden (Böen, Windzunahme). Der sehr begrenzte Manörraum verkürzt die zur Verfügung stehende Reaktionszeit deutlich. Gerät das Schiff in eine deutliche Drift, z.B. nach einer starken Böe, ist selbst bei wieder theoretisch ausreichender Schleppkraft ggf. nicht genügend Raum vorhanden diese Drift aufzufangen und das Momentum um zu kehren. Nach einhelliger Einschätzung der Experten kann dieses Manöver nur als absolutes Notmanöver in Betracht kommen. Ein mögliches Scheitern des Manövers muss in die Risikobetrachtung mit aufgenommen werden.

4.1.7 Szenario 7

Die Manöver im Szenario 7 beinhaltet das Verholen aus dem Liegeplatzbereichs Moorbург Süd (Päckchen) mit dem Bemessungsschiff 4 in den südlichen Drehkreis vor dem CTA. In diesem Szenario wurden 2 Läufe dokumentiert, der Tidenzeitpunkt wurde auf 1,5h nach NW St. Pauli gesetzt, der Wind auf SW bzw. NO Beaufort 9.

Es standen 4 Schlepper zur Verfügung. In einer Simulation wurden zwei Schlepper achtern am Heck, ein Vorschlepper vorne in der Mitte und der vierte Schlepper Steuerbord an der Schulter, in der anderen Simulation 1 Schlepper vorne, 1 Schlepper achtern und 2 Schlepper auf der Stb. Seite zum Drücken verwendet.

Bei beiden Simulationen wurde das Schiff erfolgreich vor der Brückendurchfahrt positioniert. Bei dem Lauf mit SW Wind wurde das Schiff nah der westlichen Brücken Dalben durch die Brücke manövriert, dadurch mussten die Vorschlepper und teilweise auch die Achterschlepper die Assistenz kurz unterbrechen um für sich eine sichere Brückendurchfahrt zu gewährleisten. Durch die Positionierung des Schiffes auf der Luv Seite, war genügend Raumreserven für die kurze Drift vorhanden. Durch die gewählten Geschwindigkeiten war der Zeitraum, in dem die Schlepper nicht einsetzbar waren, gering. Eine hohe Geschwindigkeit nach der Brücke, WT:5,8 / BT4,1 Knoten bis WT:7,0; BT:6,0 Knoten erschwerte den Aufbau der notwendigen westlichen Kursänderung.

In der Bewertung wurden beide Manöver als erfolgreicher aber mit minimalen bzw. grenzwertigen Sicherheitsreserven bewertet. Nach einhelliger Einschätzung der Experten kann dieses Manöver nur als absolutes Notmanöver in Betracht kommen. Ein mögliches Scheitern des Manövers muss in die Risikobetrachtung mit aufgenommen werden.

4.1.8 Szenario 15

Die Manöver beinhalten aufkommend die Passage der Sicherheitszone an der FSRU-Einheit mit dem Bemessungsschiff 5. Der Tidenzeitpunkt wurde auf 1,0h vor HW St.Pauli eingestellt, mit Wind aus SW bzw. NO Beaufort 6. In diesem Szenario wurden insgesamt drei Läufe dokumentiert. Der erste Lauf wurde versehentlich mit SW 6-7 durchgeführt. Als erster Lauf des Tages wurde daher entschieden, diesen wie einen Referenzlauf zu bewerten und dann mit den richtigen Wind Einstellungen zu wiederholen. Auch dieser Lauf trägt zur Einschätzung der Rahmen-Parameter für die Manöverdurchführung bei. Bei allen Manövern wurde die Geschwindigkeit mit Hilfe der Schlepper reguliert und war mit jeweils WT: 4,0 / BT: 4,8 Knoten bzw. WT: 4,8 / BT: 5,6 Knoten bei allen Längen



Abbildung 10 : Passage Moorborg mit BMS 5 aufkommend

sehr ähnlich. Die Abstände in der Passage zur FSRU-Einheit lagen bei allen Manövern im Bereich von 80 bis 100 Metern. Die größte Annäherung fand jeweils zu Beginn der Passage im Bug Bereich der FSRU-Einheit statt. Bei Abständen über 95 Metern kommt das Schiff schon deutlich an bzw.in den Böschungsbereich auf der Ostseite heran. Vor allem bei Wind aus SW müssen die Schlepper die Sicherheitszone befahren, um effektiv eingesetzt werden zu können.

Alle Experten bewerten die Manöver als sicher mit guten oder sogar sehr guten Sicherheitsreserven in Bezug auf die Schlepp und Manöverkräfte und den Abstand zur FSRU-Einheit. Hier spielte die Kenntnis über die korrekte Verortung des Schiffes eine große Rolle, die Position und die Bewegungsdaten des Schiffes im Simulator sind, im Gegenteil zur Praxis, immer verlässlich und richtig.

4.1.9 Szenario 16

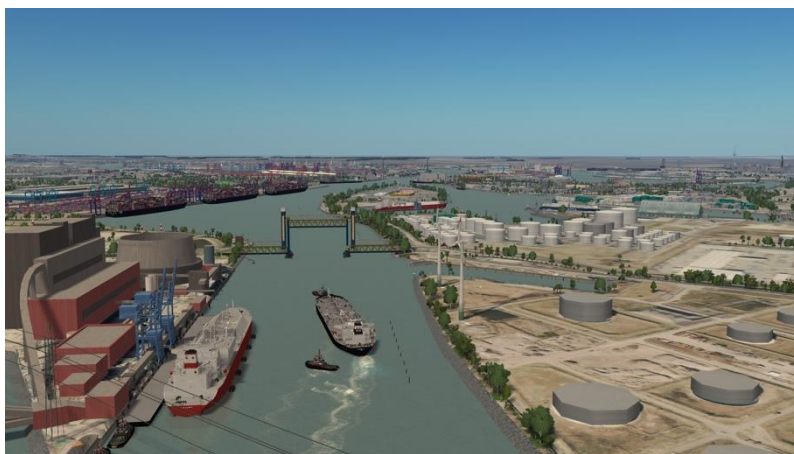
Die Manöver beinhalten abgehend die Passage der Sicherheitszone an der FSRU-Einheit mit dem Bemessungsschiff 5. Der Tidenzeitpunkt wurde für 1,5 h nach NW St. Pauli und für die zwei Läufe bei Ebbe auf 1,0h vor HW St. Pauli eingestellt, Wind aus SW bzw. NO Beaufort 6.

Bei einem Flutstrom-Lauf (Wind aus SW) wurde eine etwas dynamischere Manöverstrategie gewählt. Das Schiff wurde mit WT: 5,7 Knoten, BT: 3,6 Knoten an der FSRU-Einheit vorbeigeführt. Die Annäherung an die FSRU-Einheit betrug dabei 58 Meter im Heckbereich bei Passage beginn und 75 bis 80 Meter im weiteren Verlauf. Die Annäherung an die Dalben auf der östlichen Böschung betrug minimal 14 Meter. Bei dem Lauf mit Flut und NO Wind und den beiden Längen bei Ebbe wurde eine geringere Geschwindigkeit gewählt, hier mussten die Schlepper zur Unterstützung der Positionierung und Bahnführung konsequent eingesetzt werden. Der Abstand zur FSRU-Einheit betrug zu Beginn der Passage 63 Meter, danach konstant 65 Meter, also mit der Backbord Seite genau an der Sicherheitszone. Der Abstand zu den Pfählen lag bei ca. 45 Metern, dies ermöglichte den Schleppern noch außerhalb des Böschungsbereich zu Manövrieren.

Besonders bei den Passagen bei Ebbstrom waren das Geschwindigkeitsmanagement und die Positionierung schon frühzeitig vor der Passage von größter Bedeutung für den Erfolg des Manövers. In einem der Längen bei Ebbe wurde durch eine ungünstige Positionierung vor der Vorbeifahrt die Sicherheitszone befahren, dieser Lauf wurde dann entsprechend wiederholt und war – durch die dann besser erfolgte Positionierung vor der Passage, erfolgreich. Dadurch ist dieser Lauf für die Entwicklung eines Manöverablaufs besonders wertvoll.

Durch den Tiefgang des Bemessungsschiffs 5 (10m) führten die Manöver das Schiff insbesondere bei Ebbe sehr nah an der Sicherheitszonen entlang. Aus allen Manövern ist ersichtlich, dass die Schlepper die Sicherheitszone befahren müssen, um eine sichere Passage zu gewährleisten. Dies gilt vor allem bei SW Wind, aber auch bei NO Wind ist dieser Platzbedarf notwendig, um eine Annäherung an die östliche Böschung zu korrigieren oder das Heck beim Ausrichten für die Brückenpassage zu kontrollieren.

In der Auswertung aller Läufe waren sich die Experten einig, dass es sich um sichere, kontrollierte Manöver mit Sicherheitsreserven handelt. Auch hier spielte die Kenntnis über die korrekte Verortung des Schiffes eine große Rolle. Da die Manöver alle bei starken Stromverhältnissen durchgeführt wurden, waren sich die Lotsen einig, dass in diesem Fall das Modell mehr durch die Strömung als durch



den Wind beeinflusst wurde. In diesem Zusammenhang wurde noch einmal deutlich darauf hingewiesen, dass dieser Eindruck nicht ohne weiteres auf die eigentlich zu prüfenden Yeoman Schiffe zu übertragen ist, da diese nicht zuletzt durch den Großen, über dem Hauptdeck liegenden Selbst – Entladearm eine deutlich andere Windangriffsfläche und einen anderen Schwerpunkt aufweisen als der für der Untersuchung eingesetzte Tanker.

Abbildung 11 : Passage Moorburg, BMS 5 abgehend

4.1.10 Szenario 17

Die Manöver beinhalten aufkommend die Passage der Sicherheitszone an der FSRU-Einheit mit dem Bemessungsschiff 6. Der Tidenzeitpunkt wurde auf 1,0 h vor HW St.Pauli, der Wind auf SW bzw. NO Beaufort 6 eingestellt. In beiden Durchgängen wurden die Lotsen gebeten, einen möglichst großen Abstand zur FSRU-Einheit einzuhalten. Der Lauf bei SW Wind wurde in dem für diesen Bereich derzeit üblichen Geschwindigkeitsbereich gefahren. Bei der Durchfahrt durch die Brücke lag die Geschwindigkeit bei BT: 5,3 Knoten / WT 6,2 Knoten, diese wurden auch bei der Vorbeifahrt an der Sicherheitszone beibehalten. Dennoch vertrieb das Schiff durch den SW Wind deutlich nach Backbord. Dies führte zu einer Distanz bei der Passage von ca. 100 Metern, gemessen von der Bordwand der FSRU-Einheit gemessen, hatte aber eine sehr geringe Distanz zu den gegenüberliegenden Pfählen zur Folge. Bei der Rückführung des Schiffes in Richtung Mitte Fahrwasser kam das Backbord Heck durch die Kursänderung nach Steuerbord dem südlichen Dalben sehr nah, eine Kollision wurde vom Simulator aber nicht angezeigt. Im Böschungsbereich auf der Bb. Seite wurden minimal 3,4 Meter UKC beobachtet. Die beiden zur Verfügung stehenden Schlepper wurden nicht eingesetzt. Bei dem Lauf mit NO Wind wurde die Geschwindigkeit durch den Einsatz des Achter-Schleppers auf WT 3,2 BT 4,2 Knoten beider Brückendurchfahrt und WT 4,8 / BT 5,5 Knoten bei der FSRU Passage reduziert. Beide Schlepper wurden weiter zur Positionierung des Schiffes eingesetzt. Der Passage Abstand zur FSRU-Einheit betrug minimal ca. 80 Meter. Auch hier kam es zu einer deutlichen Annäherung an die östliche Böschung und die Pfahlreihe. Beide Läufe wurden im Expert Rating als sichere Manöver mit guten Sicherheitsreserven durch die Schlepper bewertet. Das Schiffsmodell wurde als sehr windanfällig empfunden insbesondere auch im Vergleich zu einem Tanker in Ballast.

Beide Fahrlotsen wiesen darauf hin, dass das Sicherheitsempfinden im Simulator durch die absolut exakte Positions- Kenntnis aufgrund der elektronischen Hilfsmittel (ECDIS) beeinflusst wurde. Da das Schiff mit sehr geringem Tiefgang und bei Flut in die Passage fuhr, war die geringe Annäherung an die Böschung möglich. Bei dem Lauf mit NO Wind mussten die Schlepper teilweise aus dem Böschungsbereich ausdrehen, um für sich selbst genügend UKC sicher zu stellen.

4.1.11 Szenario 18

Die beiden Manöver Läufe beinhalten abgehend die Passage der Sicherheitszone an der FSRU-Einheit mit dem Bemessungsschiff 6. Der Tidenzeitpunkt wurde auf 1,5h nach Niedrigwasser ST. Pauli, der Wind auf SW bzw. NO Beaufort.6 eingestellt.

Bei beiden Läufen wurde für die Passage der Sicherheitszone ein dynamischer Ansatz gewählt. Die Geschwindigkeit über Grund lag, bedingt durch die starke Flut, bei WT: 6,1/BT: 4,0 Knoten bzw. WT:7,6 / BT:5,0 Knoten. Bei dem Lauf mit SW Wind wurden die Schlepper zur Geschwindigkeitskontrolle und zur Unterstützung der Positionierung eingesetzt. In dem Durchgang mit NO Wind wurden die Schlepper nicht eingesetzt. In den Läufen wurde die FSRU-Einheit mit einem Abstand von 70-80 Metern

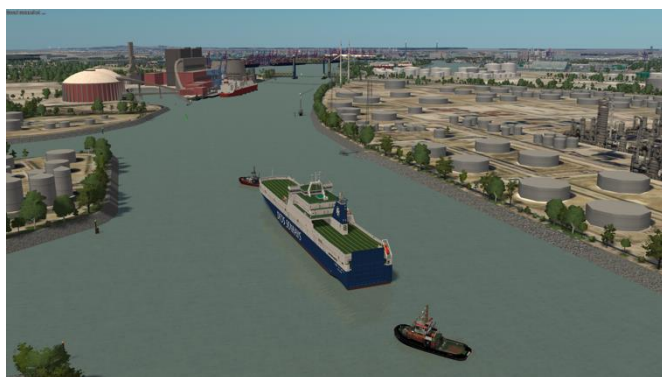


Abbildung 12 : Passage Moorbург BMS 6 abgehend

beziehungsweise 75 bis 90 Metern passiert. Durch die gewählte Fahrt durch das Wasser war das Schiff gut zu steuern, allerdings wird im Gegenzug die Effektivität der Schlepper (vor allem des Vorschleppers) deutlich reduziert. Der Abstand zur östlichen Böschung und den Dalben war im Vergleich zu den Abständen im Szenario 17 deutlich größer. Der Wert für die UKC betrug daher immer mindestens 4,0 Meter. Beide Läufe wurden im Expert Rating als sicherer bzw. erfolgreicher Lauf mit ausreichenden Sicherheitsreserven eingestuft.

4.2 Ergebnisse Moorbург

Die 11 verschiedenen Szenarien für den Bereich Moorbург wurden mit Daten aus 32 Manövern, die sich unterteilen in Standardläufe, Störfälle und Passage der FRSU, validiert.

4.2.1 Standard Läufe Moorbург

Diese zehn Manöver wurden in den Szenarien eins, zwei, und drei überprüft.

Bei der Durchfahrt der Kattwyk-Brücken ist der eingeschränkte Manöver Raum, insbesondere für die Assistenzschlepper, zu beachten. Dies kann zu einer kurzfristigen Einschränkung der Assistenzschlepper-Kräfte bei der Brückendurchfahrt führen. Hier ist die richtige, von den jeweiligen Umweltbedingungen abhängige, Strategie zum Anspannen und dem Einsatz der Schlepper in der Manöर्वorbereitung besonders wichtig.

Die Brückendurchfahrtshöhen müssen bei abweichenden Schiffstypen als begrenzender Faktor beachtet werden.

Bei einer Realisierung des LNG Terminals Moorbург sind die geeigneten Manöverstrategien für den Schleppereinsatz und die Positionierung weiter im Detail auszuarbeiten und als Fortbildung in die Lotsenbrüderschaft zu kommunizieren. Aufgrund der Einschränkungen des Manöर्वraums unter den Brücken können Schulungen zusammen mit den Schlepperkapitänen sinnvoll sein.

Da in dieser Studie zwei spezifische Bemessungsschiffe betrachtet wurden, sind die Ergebnisse nur eingeschränkt auf andere Schiffstypen übertragbar.

Das voll beladene Schiff kann nicht tideunabhängig den Liegeplatz erreichen beziehungsweise nach See verlassen, da die Wassertiefen im Bereich der Kattwyk-Brücken nicht ausreichend sind und nach derzeitigem Kenntnisstand dort keine signifikante Vertiefung des Fahrwassers durchführbar ist. (Statik der Brücken). Für den Störfall verbleibt bei einer entsprechend ungünstigen Tiden- und Tiefgang Kombination nur die Möglichkeit der Verholung vor den Seehafen Harburg 4. Diese Fälle werden im Bereich Störfall Manöver beschrieben.

Im Expert Rating durch die teilnehmenden Fahrlotsen wird die generelle Erreichbarkeit des LP Moorbург unter Standardbedingungen ausnahmslos akzeptiert, solange die Manöver im Rahmen der entsprechenden Manöver-Parameter der Geschwindigkeit, der Positionierung, dem Schleppermanagement und innerhalb der beschriebenen Umweltbedingungen durchgeführt werden. Unter Einhaltung dieser Rahmenbedingungen sind immer ausreichende Manöver Reserven vorhanden.

4.2.2 Störfall Manöver

Die Störfall Manöver wurden in den Szenarien vier, fünf, sechs und sieben überprüft. Die Manöver mit vier Assistenzschleppern waren alle erfolgreich, finden aber im absoluten Grenzbereich statt, so dass nur kleine Änderungen der Umweltbedingungen, z.B. die Zunahme des Winds, starke Böen oder ein Teilausfall der Manövrierkräfte durch eine gebrochene Schleppleine oder einem Maschinenausfall eines Schleppers, mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit zu einem Fehlschlagen des Manövers führen.

Die sehr begrenzten Manöverflächen in den Bereichen Moorburg und Harburg verschärfen die Situation zusätzlich, da hierdurch weniger Raum zur Verfügung steht, um eine unerwünschte Tendenz aufzufangen. Bei den Brückenpassagen kam es zu keinen Berührungen mit den Fendern an der Brücke, diese können als passive Sicherheitsreserve verstanden werden. Die alten siebenfach-Bündeldalben südlich der Strompfeiler verfügen über ein Arbeitsvermögen von jeweils 2.500 kNm, die neuen Einzeldalben über ein Arbeitsvermögen von jeweils 4.600 kNm⁵.

Alle Simulationen mit nur zwei Assistenzschleppern führten bei beiden Bemessungsschiffen zu einem negativen Simulationsergebnis. Die zur Verfügung stehenden Manöverkräfte waren nicht ausreichend. Zusätzliche Schlepper könnten situationsabhängig die Sicherheitsmarge erhöhen. Sie können im Brückenbereich jedoch nur bedingt eingesetzt werden.

Die erfolgreichen Manöver mit vier Assistenz Schleppern sind unter den simulierten Umweltbedingungen, nach Einschätzung der Experten, nur für die akute Gefahrenabwehr und nach einer entsprechenden Risikoabwägung als Notmanöver durchführbar. Eine unter Umständen nicht erfolgreiche Durchführung des Manövers muss dabei zur Schadensminimierung in die Abwägung einfließen.

4.2.3 Passage der FSRU-Einheit

Diese Szenarien wurden sehr kurzfristig vor dem anvisiertem Simulationstermin in die Prüfung aufgenommen. Sie wurden in den Szenarien 15, 16, 17 und 18 überprüft.

Für die geforderten Schiffstypen waren im Simulator keine passenden mathematischen Modelle hinterlegt und sie konnten aufgrund der Kurzfristigkeit und fehlenden Manöverunterlagen zu den Schiffen auch nicht mehr erstellt werden. Daher wurden zwei Schiffsmodelle, deren Abmaße dem geforderten Schiffen entsprechen, verwendet. Die gewählten Bemessungsschiffe sind allerdings ausschließlich als Behelfsmodelle zu verstehen und daher können die Simulationsergebnisse nur unter Vorbehalt betrachtet werden.

Die Eigenschaften der verwendeten Modelle entsprechen den eigentlich vorgesehenen Schiffen nicht in Bezug auf die Windanfälligkeit und Manövereigenschaften und z.T. auch bezüglich der zu erwartenden Tiefgänge. Infolgedessen können bei dieser Teiluntersuchung nur grundsätzliche Aussagen hinsichtlich der Machbarkeit von Schiffspassagen unter Nutzung des verbleibenden Manöverraumes gemacht werden. Eine Festlegung auf einen Mindest-Manöverraum zur Durchführung einer sicheren Passage konnte nicht getroffen werden.

Die Sicherheitszone wurde entsprechend der EMSA-Studie, 65 Meter von der Bordwand der FSRU-Einheit ausgemessen. Dies entspricht einer Zone bis etwa fünf Meter östlich der Radarlinie.

Von größter Bedeutung für eine sichere Durchführung der Passagen ist eine verlässliche und hochpräzise Positionsbestimmung des Schiffes und der damit verbundenen Parameter wie Geschwindigkeit, Kurs und sich dadurch ergebenden Winkelgeschwindigkeit.

Visuell ist die Verortung der Schiffe zur Böschung bzw. zur Grenze der Sicherheitszone mit den derzeit vorhandenen sichtbaren (terrestrischen) Navigationshilfen unzureichend. Die vorhandene Dalben-Reihe auf der östlichen Böschung ist eine Hilfe, lässt eine Einschätzung des Böschungsverlaufs in Bezug auf die Schiffposition in Verbindung mit dem aktuellen Tiefgang aber nur in grober Annäherung zu. Zusätzliche Dalben können bei der visuellen Verortung helfen, bestehende Dalben sollten zusätzlicher Beleuchtung und Radarreflektoren aufgerüstet werden.

Die Anzeige der Schiffbewegung in der Simulation ist hochgenau und fehlerfrei, in der Realität gehen die Ungenauigkeiten bezüglich Position, Geschwindigkeit, Kurs und Winkelgeschwindigkeit derzeit noch in die Darstellung mit ein.

Hochgenaue, von den Schiffssystemen unabhängige Positionsdaten für die PPU sind derzeit nicht verfügbar. Ein in der Lots Praxis des Hamburger Hafens anwendbare Lösung wird derzeit gesucht. Die bisher getesteten Systeme haben den entsprechenden Ansprüchen nicht genügt bzw. sind noch in der technischen Entwicklung.

⁵ Quelle: HPA

Die Auflösung der vorhandenen Landradarstationen im Bereich südlich der Kattwyk-Brücken wird aus der täglichen Erfahrung derzeit als unzureichend empfunden, besonders bei geschlossener oder teilgeöffneten Brücken. Um Schiffspassagen unter Radarberatung sicher durchführen zu können, muss die Radarabdeckung verbessert werden.

Bei abgehenden Schiffen müssen die Brücken deutlich vor dem Beginn der Passage geöffnet sein, um ein Passieren der Sicherheitszone ohne Verzögerungen oder Aufstoppen zu gewährleisten. Kommt es zu einer Brückenstörung, muss sichergestellt sein, dass diese frühzeitig erkennbar ist und nicht erst im Verlauf der Passage. Das Schiff sollte nicht gezwungen werden diese zu unterbrechen oder sogar im Verlauf der Passage zum Liegeplatz zurückzukehren.

Es kann festgestellt werden, dass zunehmender Tiefgang der passierenden Schiffe die Annäherung an die östliche Böschung deutlich beschränkt und das Schiff dementsprechend zwingt enger an der Sicherheitszone zu manövrieren. Verschlickungen und damit eventuelle Einschränkungen der Wassertiefe, vor allem in Böschungsnähe, können den zur Verfügung stehenden Manöverraum weiter einschränken.

Ein weiteres Ergebnis der Experten Auswertung ist, dass für eine erfolgreiche Passage die Schlepper in die Sicherheitszone einfahren dürfen müssen. Die Schlepper haben nicht in allen Passagen in die Sicherheitszone befahren, aber insbesondere bei SW Wind bei der Simulationen mit dem Bemessungsschiff 5 ist zu beobachten, dass die Schlepper die Grenze teilweise überschreiten müssen, um das Schiff frei von der östlichen Böschung zu halten. Aber auch andere Situationen, wie eine Fehleinschätzung der Schiffsbewegung bei Passage Beginn, können dazu führen, dass ein Schlepper die Sicherheitszone teilweise nutzen muss. Diese Einschätzung gilt vor allem für das Bemessungsschiff 5. Für das Bemessungsschiff 6 wurden in den durchgeführten Simulationen keine Inanspruchnahme der Sicherheitszone durch die Schlepper beobachtet.

Aufgrund unterschiedlicher Schleppertypen insbesondere hinsichtlich des Tiefgangs, Größe und Agilität der Schlepper, sowie individueller Einschätzung durch die Schlepperkapitäne, ist die Abschätzung des Arbeitsbereichs der Schlepper im Böschungsbereich ungenau. Im Zuge einer zukünftigen genaueren Prüfung der Passage Situationen, sollten daher Schlepperkapitäne mit in die Untersuchung eingebunden werden, um hier eine belastbare Einschätzung zu erhalten.

Eine signifikante Erweiterung der Sicherheitszone würde Passagen für bestimmte, noch zu ermittelnde Schiffsgrößen in diesem Bereich nicht mehr zulassen. Aufgrund der o.g. Einschränkungen kann aus den erfolgten Simulationsläufen nicht abgeleitet werden, dass die Sicherheitszone bei Passagen zuverlässig unverletzt bleibt.

Durch die künstliche Verengung des Manöverraumes in Richtung der Böschung findet eine Risikoverlagerung auf andere Verkehrsteilnehmer statt.

Über Auswirkungen auf die FSRU-Einheit und Ihre Vertäuerung kann diese Simulation keine Aussage treffen, hierzu müsste eine eigne dynamische Vertäustudie unter Berücksichtigung der Passage Geschwindigkeiten, Schiffsgrößen, Windkräfte und Stromstärken beauftragt werden.

Um den Raumbedarf der beiden Bemessungsschiffe und der Schlepper zu verdeutlichen, sind die im Folgenden abgebildeten Surface Tracks erstellt worden. Diese visualisieren den Raumbedarf des jeweiligen Bemessungsschiffe (Simulationsläufe überlagert dargestellt) mit den Schleppern. Weitere Abbildungen finden sich im Anhang dieses Berichtes und stellen den Raumbedarf der einzelnen Schiffe mit und ohne Schlepper sowie eine Überlagerung der jeweiligen Lauf Szenarien dar.



Abbildung 13 : Lauf 37_38 Combined Surface Track mit Schlepper



Abbildung 14 : Lauf 39_40 Comined Surface Track mit Schlepper

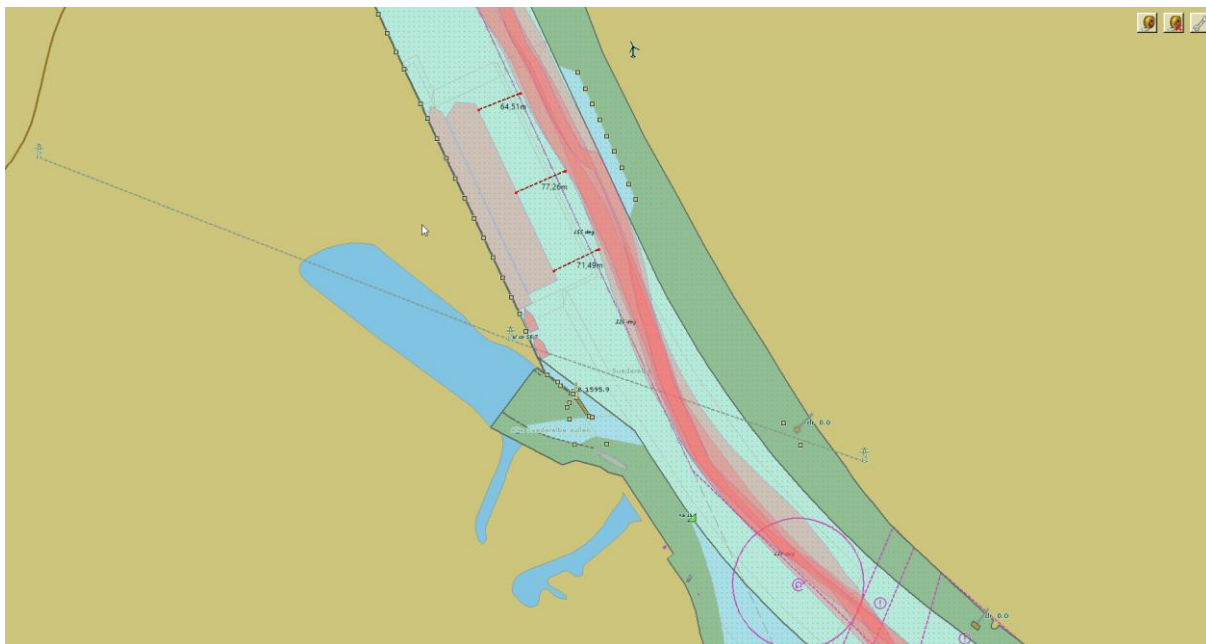


Abbildung 15 : Lauf 41_42 Combined Surface Track mit Schlepper

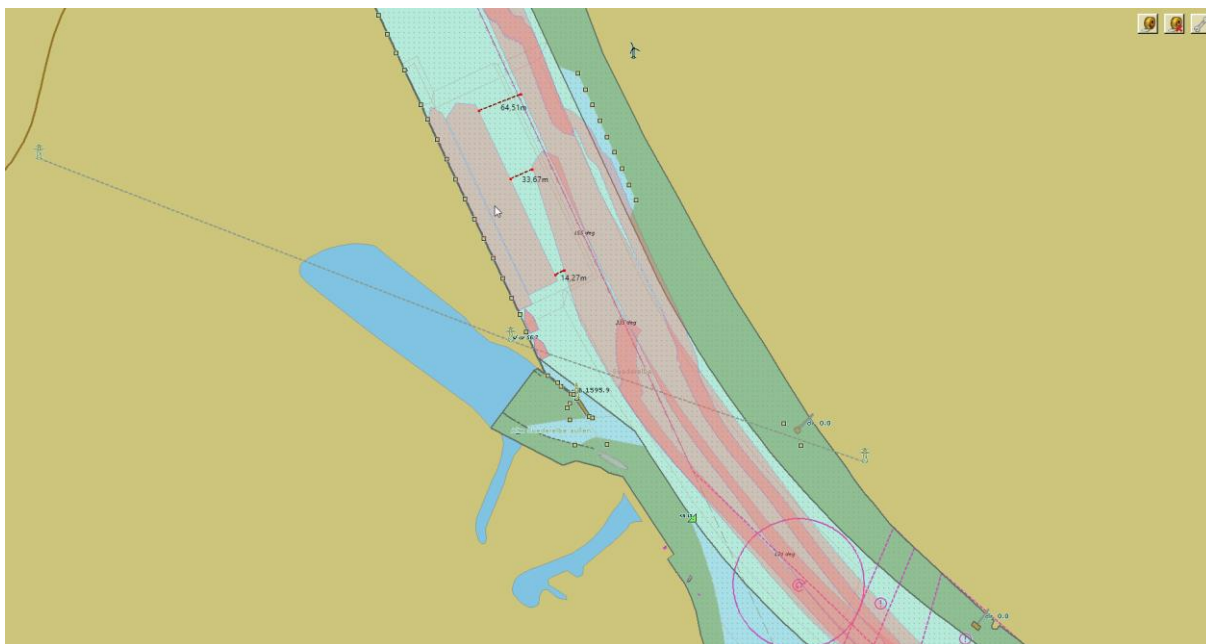


Abbildung 16 : Lauf 43_44 Combined Surface Track mit Schlepper

Grundsätzlich gilt, je kleiner das passierende Schiffe, desto größer kann der Abstand zur Sicherheitszone ausfallen. Bei dieser Betrachtung müssen aber weitere Faktoren wie der Tiefgang, Manövrierfähigkeit des individuellen Schiffes, Schlepperassistenz, Umweltfaktoren etc. mitberücksichtigt werden.

Passage Szenarien müssten in eine Lotsenfortbildung für das LNG-Terminal einfließen.

Unter Berücksichtigung der oben genannten Unschärfen in der Simulation scheinen die Passagen der Sicherheitszone derzeit grundsätzlich möglich.

Eine weitere Simulationsstudie aufbauend auf den Ergebnisse dieser Passage Studie, der Verwendung der mathematisch korrekten Bemessungsschiffe sowie unter Einbeziehung von Assistenzschlepperkapitänen ist notwendig, um weitergehende, belastbare Aussagen hinsichtlich sicherer Passage Möglichkeiten sowie eines Mindest-Manöverraums zu treffen.

4.3 Bereich Kattwyk-Hafen

Noch in Auswertung!

4.4 Ergebnisse Kattwyk-Hafen

Noch in Auswertung!