




	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENV-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 1 von 79





# ***Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung***

Sechste Auflage	05	13/09/2023	T. Koutrouveli	J. de Groot 	J. de Groot 	
Fünfte Auflage	04	31/08/2023	B. T. Habtemariam C. van der Vrie/ P. Roux	J. de Groot	J. de Groot	ISO Translation
Vierte Ausgabe	03	19.06.2023	B. T. Habtemariam C. van der Vrie	J. de Groot	J. de Groot	
Dritte Ausgabe	02	16.02.2032	B. T. Habtemariam	J. de Groot	J. de Groot	
Zweite Ausgabe	01	09.12.2022	B. T. Habtemariam C. van der Vrie	J. Korteweg J. de Groot	J. de Groot	
Erste Ausgabe	00	16.11.2022	B. T. Habtemariam C. van der Vrie	J. de Groot	J. de Groot	
<b>Status</b>	<b>Ausgabe</b>	<b>Datum</b>	<b>Erstellt von</b>	<b>Geprüft von</b>	<b>Genehmigt von</b>	<b>Anmerkung</b>





  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 2 von 79

*IMDC DOCINSPEC: I/RA/14330/22187*





<b>Inhaltsverzeichnis1</b>		<b>Einleitung 5</b>
1.1	Hintergrund.....	5
1.2	Angrenzende Anlagen, wasserseitig .....	6
1.2.1	HES Wilhelmshaven GmbH.....	6
1.2.2	HES Anleger H2/3 südwestlich zum neuen Schiffsanleger .....	6
1.2.3	HES Inselanleger H1 und H1A südöstlich zum neuen Schiffsanleger .....	7
1.2.4	UVG .....	7
1.3	Ziele und Ansatz der Studie .....	7
1.4	Abkürzungen und Definitionen .....	8
<b>2</b>	<b>Projektdefinition und Projektdaten.....</b>	<b>10</b>
2.1	Einleitung.....	10
2.2	Bathymetrie.....	10
2.3	Meteorologisch-ozeanographische Bedingungen.....	12
2.3.1	Wasserstände und Strömungen.....	12
2.3.2	Wind .....	16
2.3.3	Wellen .....	19
2.4	Verfügbare Schlepper .....	21
2.5	Bestehende Fahrtrassen und Schifffahrtsvorschriften .....	21
2.5.1	Schifffahrtzugang.....	21
2.5.2	Zugang von den HES-Anlandeterminals .....	21
2.5.3	Hafenbenutzungsordnung.....	22
2.6	Zukünftige Situation nach Vollendung des Projekts.....	24
2.6.1	Standort des Anlandeterminals .....	24
2.6.2	FSRU .....	26
2.6.3	LNG-Tanker.....	28
<b>3</b>	<b>Bewertung der Fahrtrasse und der Manöverstrategie des LNG-Tankers .....</b>	<b>30</b>
3.1	Einleitung.....	30
3.2	Bewertung des Bedarfs an Unterstützung durch Schlepper .....	30

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 3 von 79

3.2.1	Erforderliche Schleppkraft.....	31
3.2.2	Schlepperanzahl.....	33
3.2.3	In Wilhelmshaven verkehrende Schlepper.....	34
3.3	Bewertung der Fahrtrasse Jade/Fahrrinne.....	36
3.3.1	Versetzung durch Jade/Tiefwasserfahrrinnen Trassen 1, 2 und 3.....	38
	Versetzung durch Jade/Tiefwasserfahrrinnen Trassen 4 und 5.....	40
3.3.2	Versetzung durch Jade/Tiefwasserfahrrinnen Trasse 6.....	42
3.4	Manöverstrategie beim Einlaufen des LNG-Tankers.....	43
3.4.1	Manöverstrategie bei Einlaufen des LNG-Tankers.....	43
3.4.2	Manöverstrategie bei Auslaufen des LNG-Tankers.....	47
<b>4</b>	<b>Methodik zur nautischen Risikobewertung.....</b>	<b>48</b>
4.1	Einleitung.....	48
4.2	Risiken, die aus den fahrenden LNG-Tankern resultieren.....	48
4.2.1	Identifizierung von Gefahren.....	49
4.2.2	Risikobewertung.....	49
4.2.3	Risikokontrolloptionen.....	50
<b>5</b>	<b>Risikobewertung.....</b>	<b>51</b>
5.1	Einleitung.....	51
5.2	Gefahrenidentifikation (HAZID).....	51
5.2.1	Einlaufen.....	51
5.2.2	Auslaufen.....	57
5.2.3	G: Risiko einer Anfahrt durch vorbeifahrende Schiffe beim Anlaufen des Anlandeterminals 2 der HES bzw. beim Verlassen.....	58
5.3	Risk Assessment Matrix (RAM).....	60
5.4	Zusammenfassung der Risiken.....	63
<b>6</b>	<b>Risikokontrolloptionen.....</b>	<b>64</b>
6.1	Einleitung.....	64
6.2	Risikokontrolloptionen.....	64
6.2.1	Bewertung von bestehenden Maßnahmen.....	64
6.2.2	Risikokontrolloptionen.....	64

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 4 von 79

6.2.3	Bewertung von Schlepperunterstützung .....	65
<b>7</b>	<b>Kollisionen durch vorbeifahrende Schiffe</b> .....	<b>66</b>
7.1	Einleitung .....	66
7.2	Methodik .....	66
7.2.1	Kollision unter Motor .....	66
7.2.2	Driftkollision .....	68
7.3	Schiffsverkehrsanalyse .....	69
7.3.1	Vorbeifahrender Verkehr .....	69
7.3.2	Schiffsverkehrsanalyse .....	72
7.3.3	Schiffsverkehrsverteilung auf den Streckenabschnitten .....	74
7.4	Ergebnisse .....	75
7.5	Schlussfolgerungen .....	76
<b>8</b>	<b>Schlussfolgerungen</b> .....	<b>77</b>
<b>9</b>	<b>Referenzen</b> .....	<b>79</b>

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 5 von 79

# 1 Einleitung

## 1.1 Hintergrund

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) ist im September 2022 an die Tree Energy Solutions GmbH (TES) herangetreten und hat die gemeinsame Realisierung eines schwimmenden Flüssigerdgas (Liquefied Natural Gas – LNG)-Importterminals (Floating Storage and Regasification Unit – FSRU) angefragt. Das BMWK hat dazu im Februar 2023 die FSRU „Excelsior“ für maximal 60 Monate gechartert. Das Projekt soll in Kooperation mit E.ON und ENGIE realisiert werden. Als Vorhabenträgerin wurde die „FSRU Wilhelmshaven GmbH“ gegründet.

Der KUNDE hat einen Vertrag mit IMDC geschlossen. Dieser sieht technische Unterstützung durch IMDC für die Meeresarbeiten sowie für Modellierungsstudien vor, die in den Genehmigungsantrag einfließen werden.

Die Trasse vom Meer zum FSRU-Terminal verläuft durch Hauptfahrrinne in der Jade. Die Fahrrinne ist für die größten LNG-Tanker befahrbar, die in das geplante Schiffsterminal einfahren.

Zur Bewertung der Schiffsverkehrssicherheit nach dem Bau der FSRU wurde IMDC um die Durchführung einer Bewertung des nautischen Risikos ersucht.





Die Studie zum nautischen Risiko gliederte sich in zwei Teile:

- 1) Verkehrsanalyse zur Quantifizierung des Risikos von Kollisionen und Anfahrungen im Zusammenhang mit der FSRU;
- 2) Qualitative Risikobewertung zur Beurteilung der nautischen Risiken.

Der vorliegende Bericht enthält eine Beschreibung der angewandten Methodik und eine Erörterung der Ergebnisse der Verkehrsanalyse und der nautischen Risikobewertung für das Projektgebiet (vgl. Abbildung 1-1 und Abbildung 2-2).



Abbildung 1-1: Projektstandort

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 6 von 79

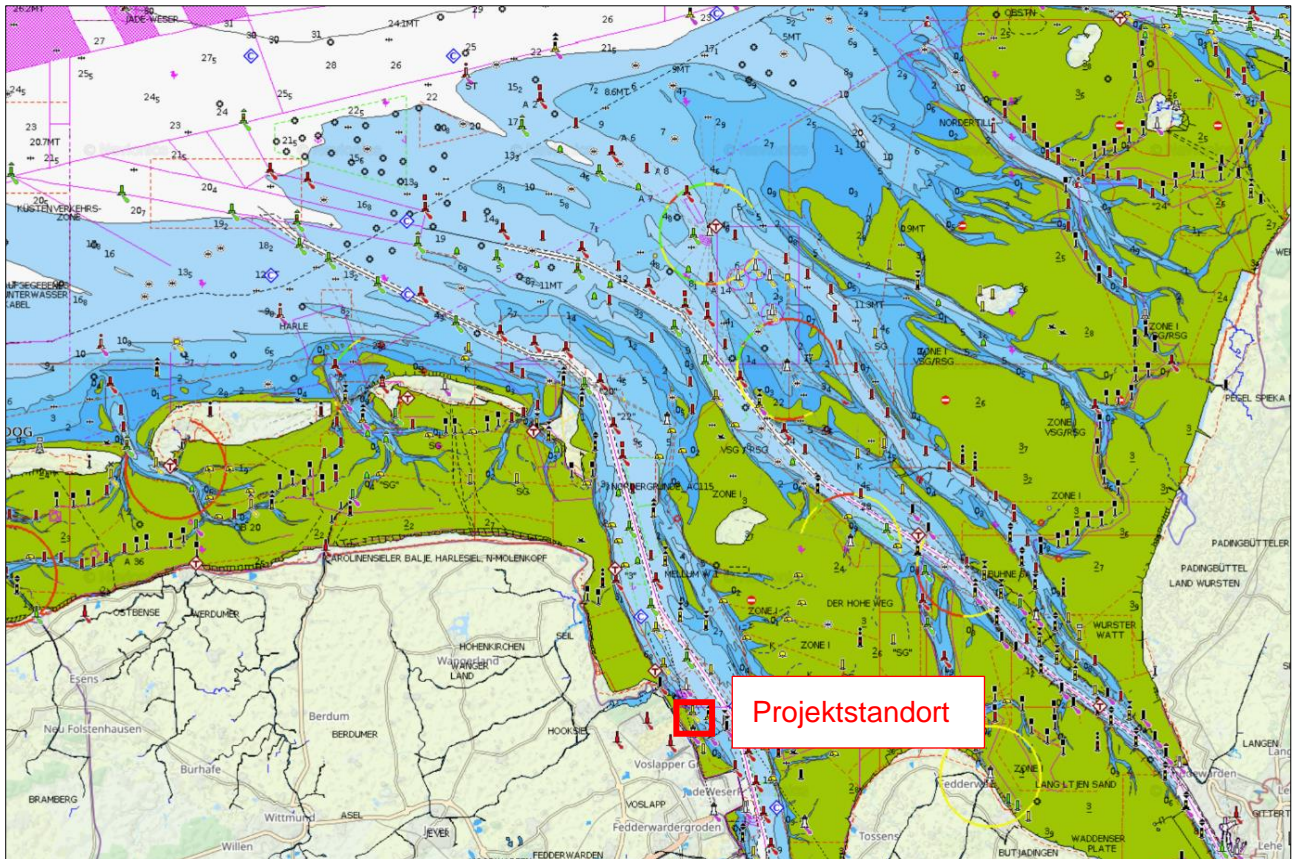


Abbildung 1-2: Seekarte des Jadegebiets (Navionics)





## 1.2 Angrenzende Anlagen, wasserseitig

### 1.2.1 HES Wilhelmshaven GmbH

Die HES Wilhelmshaven GmbH betreibt in der Nähe zum Vorhabengebiet ein Tanklager für Mineralöle und flüssige Kohlenwasserstoffe sowie eine Anlage für schwefelarmes Rohöl. Die Logistik des Tanklagers läuft über die Verkehrsträger Bahn, LKW und Schiff. Für die Schiffsabfertigungen sind in südwestlicher und südöstlicher Richtung zum Vorhabengebiet zwei Anlegeanlagen in Betrieb.

### 1.2.2 HES Anleger H2/3 südwestlich zum neuen Schiffsanleger

Südwestlich des neuen Schiffsanlegers betreibt die HES Wilhelmshaven GmbH im Abstand von ca. 980 m den Schiffsanleger H2/3 einschließlich einer Verbindungsbrücke zu ihren landseitigen Anlagen. Der Schiffsanleger H2/3 ist nicht für tiefwassergängige Schiffe geeignet. Die gepeilte Tiefe zu SKN beträgt im Zufahrtsbereich und am Anleger ca. 7,60 – 8,60 m [Peilung 2.11.2022]. Teile des geplanten FSRU-Vorhabens liegen im ausgewiesenen Zufahrtsbereich dieses Schiffsanlegers.

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 7 von 79

### 1.2.3 HES Inselanleger H1 und H1A südöstlich zum neuen Schiffsanleger

Südöstlich des neuen Schiffsanlegers befinden sich in ca. 950 m Entfernung die als Inselanleger ausgeführten Schiffsanleger 1 und 1A. Hier werden größerer Tankschiffe mit entsprechendem Tiefgang geladen und gelöscht.

### 1.2.4 UVG

Nördlich des neuen Schiffsanlegers bindet sich der Schiffsanleger Voslapper Groden mit einer Zugangsbrücke. Der Anleger steht im Eigentum der Niedersachsen Port GmbH & Co KG. Der Anleger wird von der Vynova betrieben und wurde im Jahr 2022 erweitert. Seit Dezember 2022 ist die LNG FSRU „Hoegh Esperanza“ als stationäre, schwimmende Anlage zur Einfuhr, Entladung, Lagerung und Wiederverdampfung verflüssigten Erdgases (LNG) der Uniper Global Commodities SE in Betrieb. Der Abstand zum neuen Schiffsanleger beträgt ca. 800 m, der Abstand zur FSRU „Hoegh Esperanza“ beträgt ca. 1.150 m.

### 1.3 Ziele und Ansatz der Studie





Diese nautische Risikostudie hat folgende Ziele:

- Bewertung des mit der Anfahrt an die FSRU und dem Ablegen von dieser verbundenen Risikos mittels einer qualitativen Risikobewertung
- Beurteilung der Wahrscheinlichkeit eventueller Kollisionen zwischen vorbeifahrenden Schiffen und der FSRU
- Unterbreitung von Risikominderungsmaßnahmen zur Erhöhung der Sicherheit des nautischen Betriebs bei Bedarf.

Nicht im Auftragsumfang enthalten sind andere Unfälle wie etwa Vorfälle im Rahmen von LNG-Entladevorgängen oder Grundberührungen im sonstigen Verkehr.

Zur Erreichung der Ziele wird folgender Ansatz angewandt:





- Bewertung der Fahrtrasse des LNG-Tankers;
- Bewertung der Manöverstrategie des LNG-Tankers;
- Identifizierung von Gefahren (Liste aller relevanten Unfallszenarien samt potenzieller Ursachen und Folgen);
- Risikobewertung (Beurteilung der Risikofaktoren);
- Unterbreitung von Risikokontrolloptionen (Ausarbeitung von Regulierungsmaßnahmen zur Kontrolle und Minderung der identifizierten Risiken).

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 8 von 79





## 1.4 Abkürzungen und Definitionen

Begriff	Beschreibung
ATON	Navigationshilfen ( <i>Aids to Navigation</i> )
Behörde	Bescheinigungsbehörde mit Zuständigkeit für den erörterten Sektor
Entwurfsgrundlagen	Ein Handbuch, das die funktionalen Anforderungen sowie die technischen Voraussetzungen und Bemessungsbedingungen für die Bemessung der Anforderungen des Kunden enthält. Die Bemessungsgrundlage wird als fortzuschreibendes Dokument angesehen.
DWT	Eigengewicht des Schiffes ohne Ladung ( <i>Dead Weight Tonnage</i> )
FSRU	Schwimmende Speicher- und Regasifizierungseinheit ( <i>Floating Storage and Regasification Unit</i> ) Für dieses Projekt wird die „Excelsior“ bereitgestellt, die im Eigentum der Excelerate Energy steht.
HAT	Höchste Astrotide ( <i>Highest Astronomical Tide</i> )
LAT	Niedrigste Astrotide ( <i>Lowest Astronomical Tide</i> )
LNG	Verflüssigtes Erdgas ( <i>Liquefied Natural Gas</i> )
LNGC	LNG-Tanker ( <i>Liquefied Natural Gas Carrier</i> )
Lüa	Länge über alles
MSL	Mittlerer Meeresspiegel ( <i>Mean Sea Level</i> )
OCIMF	<i>Oil Companies International Marine Forum</i>
QRA	Qualitative Risikoanalyse ( <i>Qualitative Risk Assessment</i> )
QRH	<i>Quick Release Hooks</i>
Temporäres Projekt	Umfasst nur den Bau und den Betrieb von Anlegestelle Nr. 3 für einen Zeitraum von maximal fünf Jahren. Die FSRU wird LNG vom LNG-Tanker erhalten, und der Transport an Land wird über eine Gastransfersystem erfolgen.
(Der) Standort	Dies bezieht sich auf den Projektstandort, nämlich den Standort des Kunden in Wilhelmshaven.



  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 9 von 79

Begriff	Beschreibung
SKN	Seekartennull; die Tiefenangaben in den nautischen Publikationen beziehen sich auf das Seekartennull (SKN) als Tiefenhorizont, hier das Niveau des niedrigsten Gezeitenwasserstandes (LAT)

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 10 von 79

## 2 Projektdefinition und Projektdaten

### 2.1 Einleitung

Der Tiefwasserhafen von Wilhelmshaven befindet sich an der deutschen Nordseeküste im Bundesland Niedersachsen. In diesem Kapitel werden die in der nautischen Risikobewertung verwendeten Daten behandelt.

### 2.2 Bathymetrie

Es wurden bathymetrische Daten entnommen. Sie sind in Kartenform von Abbildung 2-1 bis Abbildung 2-3 dargestellt.

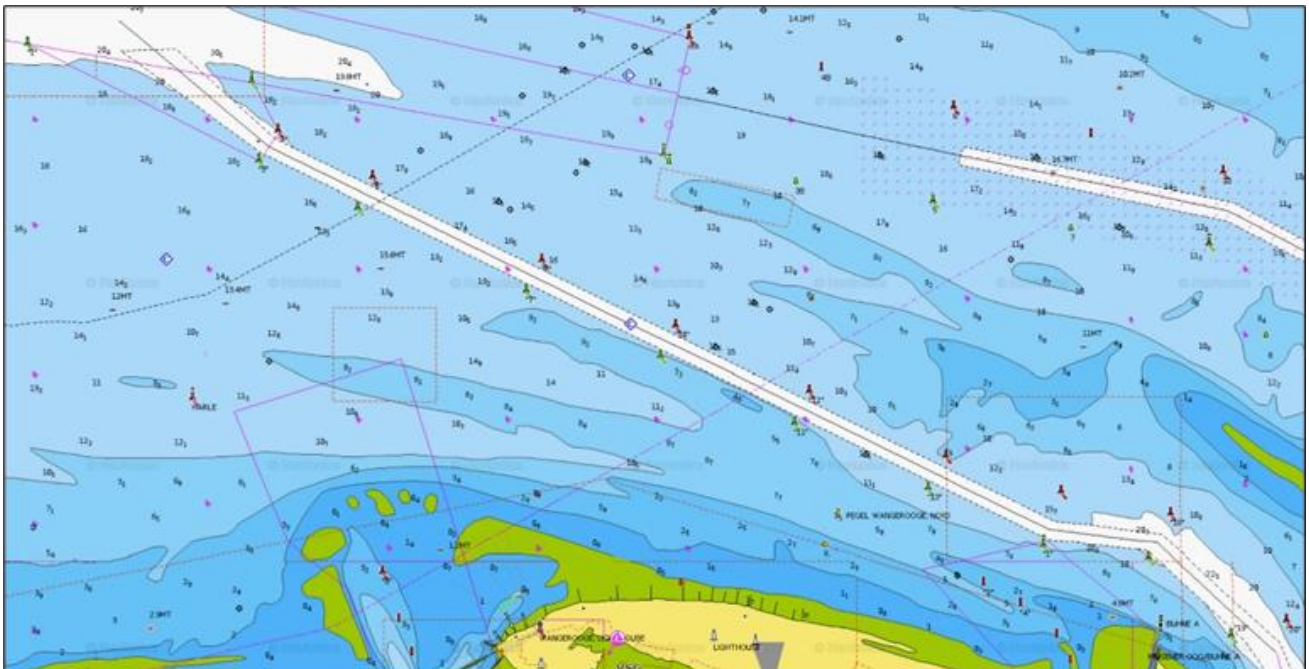






Abbildung 2-1: Navionics-Karte – Bathymetriedaten der Hauptfahrinne vom Meer zu Tonne 19/20





  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 13 von 79

Ebbe- und Flutströmungen am Projektstandort (Abbildung 2-7 und Abbildung 2-8) erstellt. Diese wurden anhand der maximalen simulierten Geschwindigkeit an jedem horizontalen Berechnungsknotenpunkt um den Zeitpunkt der maximalen Spitzenströmungen bei Ebbe und bei Flut am Wendebassin während des Simulationszeitraums angefertigt (Abbildung 2-5). Die Karten zeigen, dass die höchsten, über die Tiefe gemittelten Strömungen bei Flut in der Mitte der Fahrrinne vorzufinden sind, während die höchsten Strömungen bei Ebbe etwas weiter westlich vorzufinden sind. In beiden Fällen ist eine allmähliche Abnahme der Magnitude in Richtung der seitlichen Ufer zu beobachten.

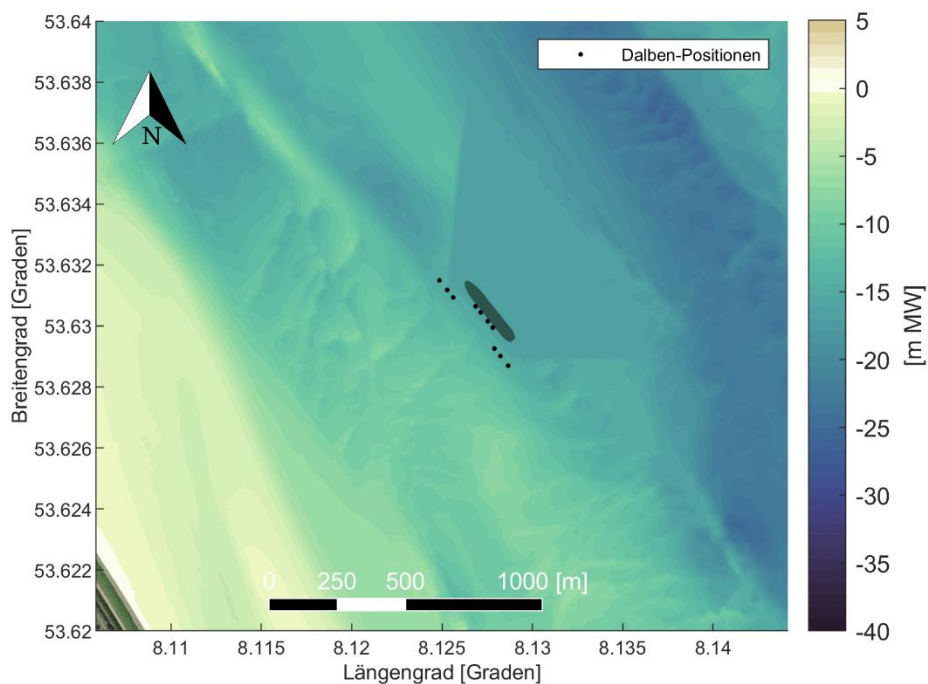




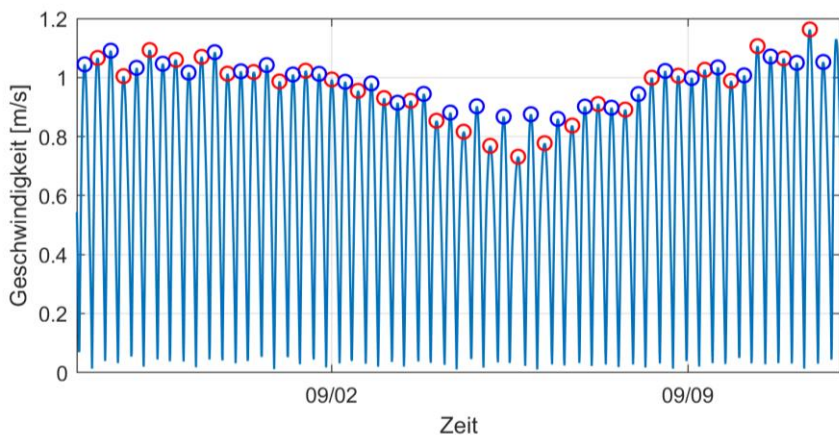
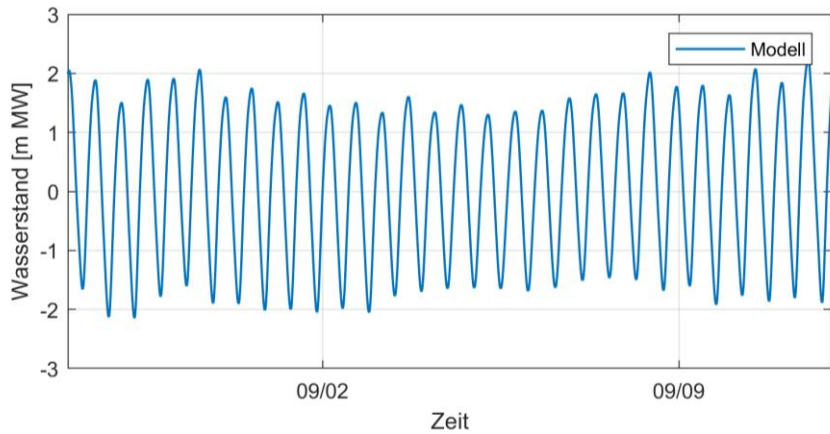


Abbildung 2-4 Vergrößerte Darstellung der Modell-Bathymetrie [m MSL] des Jade-Weser-Modells in der Nähe des Projektstandorts, einschließlich der Anlagen für das temporäre Projekt.

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 14 von 79



Rote und dunkelblaue Punkte zeigen jeweils die Spitzengeschwindigkeiten bei Flut und Ebbe an

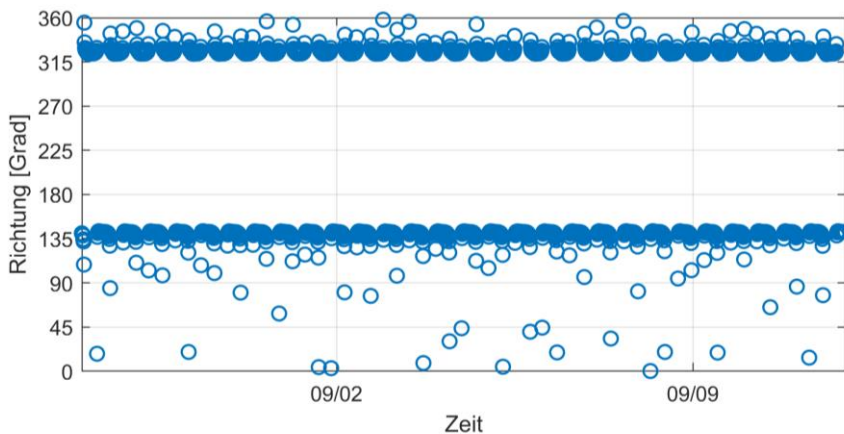






Abbildung 2-5 Zeitreihen des modellierten Wasserstands [m MSL] (obere Abbildung), der über die Tiefe gemittelten Strömungsgeschwindigkeit [m/s] (mittlere Abbildung) und der über die Tiefe gemittelten Strömungsrichtung [°] (untere Abbildung) am Standort des Wendbeckens für den Modellierungszeitraum 28. Aug. 2018 bis 13. Sept. 2018.

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 15 von 79

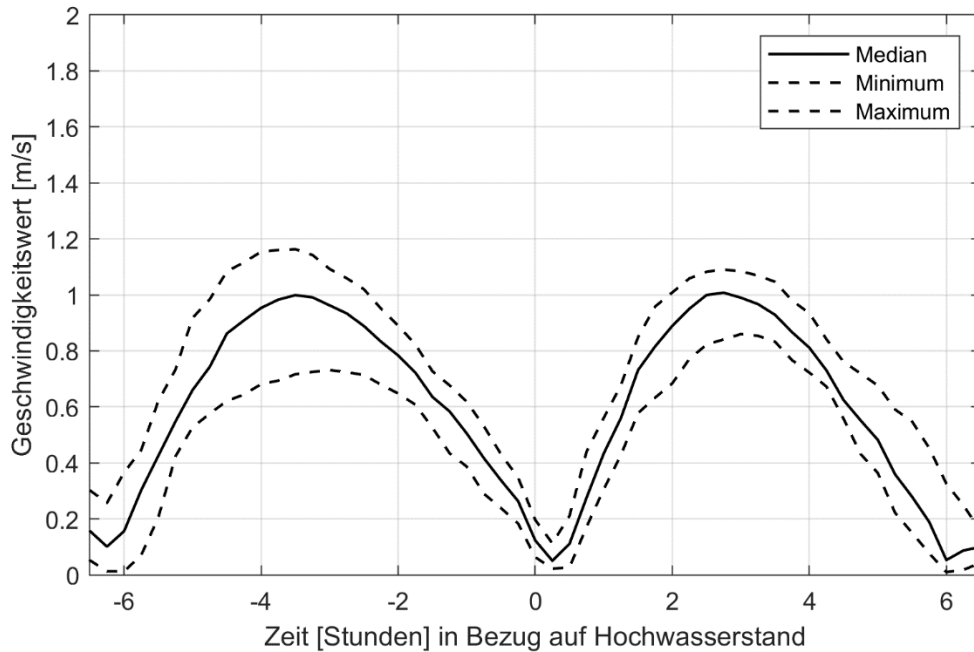


Abbildung 2-6 Über die Tiefe gemittelte Größe der Strömungsgeschwindigkeit [m/s] (Median, Minimum und Maximum über den gesamten Simulationszeitraum) am Wendebassin in Bezug auf den Zeitpunkt des oberen Pegelstands. Berechnet für den gesamten Modellierungszeitraum vom 28. Aug. 2018 bis 13. Sept. 2018.

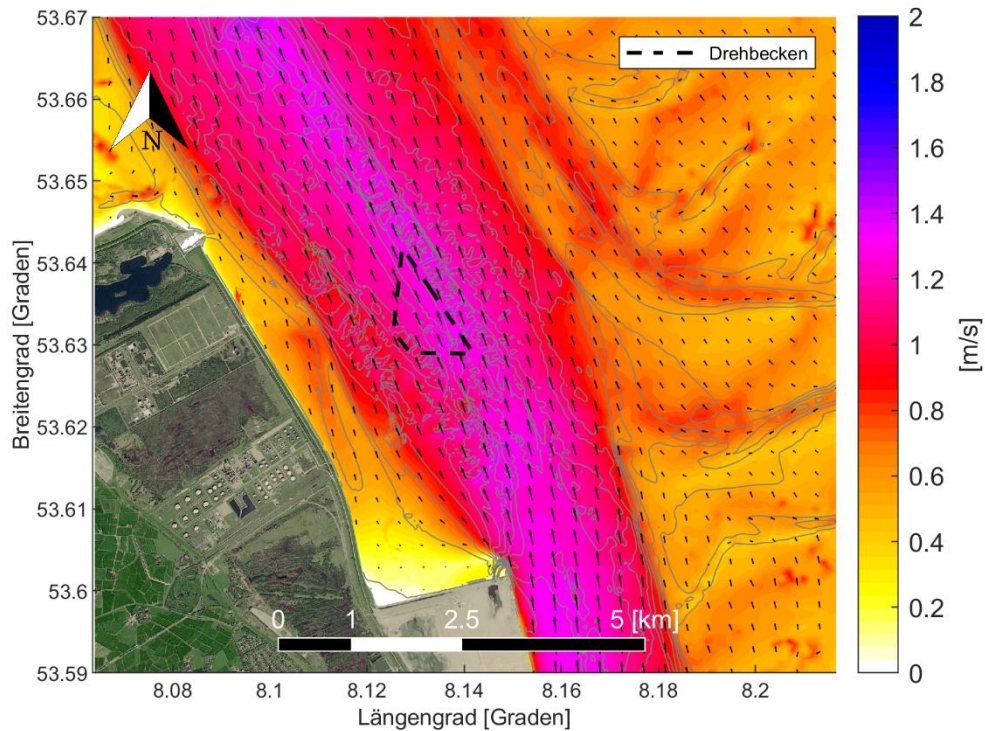






Abbildung 2-7 Maximale, über die Tiefe gemittelte Strömungsgeschwindigkeit [m/s] und Vektoren, berechnet für den Zeitpunkt der maximalen Ebbe-Strömung im Modellierungszeitraum von 28. Aug. 2018 bis 13. Sept. 2018.

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 16 von 79

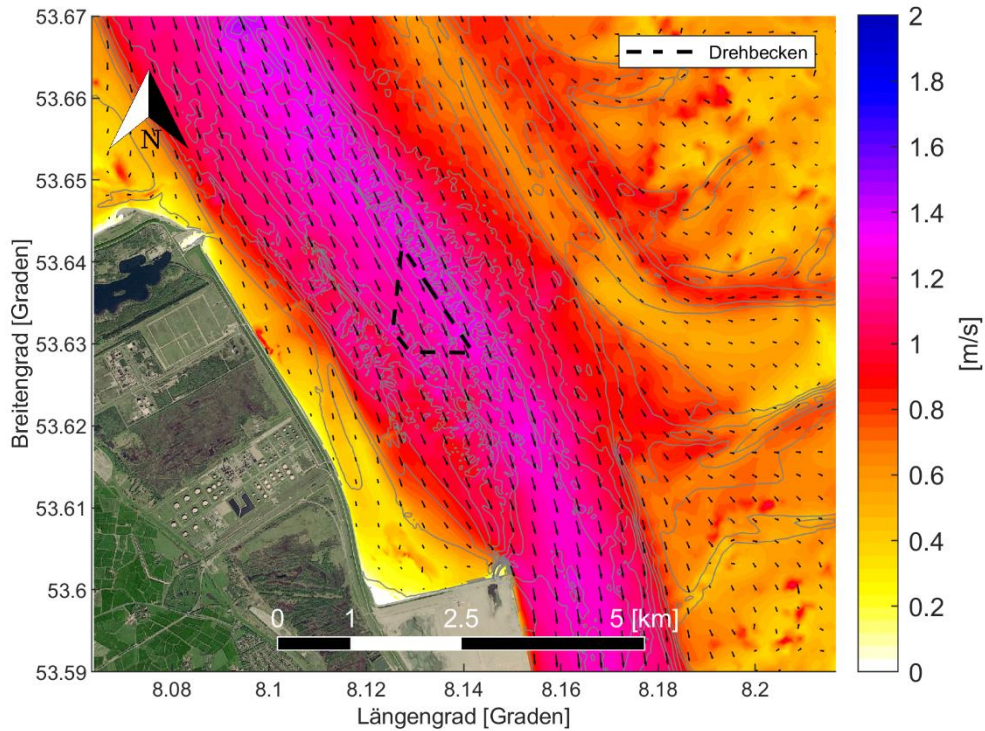


Abbildung 2-8 Maximale, über die Tiefe gemittelte Strömungsgeschwindigkeit [m/s] und Vektoren, berechnet für den Zeitpunkt der maximalen Flut-Strömung im Modellierungszeitraum von 28. Aug. 2018 bis 13. Sept. 2018.





### 2.3.2 Wind

Das Windklima in der Wesermündung wird in Abbildung 2-9 (TES-WHV-VGN-FSRU-ENV-DOC-2014) dargestellt. In der Region herrschen südwestliche Winde vor. Dies bedeutet angesichts der vorgesehenen Ausrichtung des geplanten Anlandeterminals, dass diese Windrichtung querschiffs zu der FSRU und zum LNG-Tanker sein wird. Dabei besteht die Möglichkeit, dass das Schiff von seiner Anlegestelle abgetrieben wird.

Anmerkung: Starkwinde haben Auswirkungen auf Schiffe mit großen Windangriffsflächen, wie etwa LNG-Tanker.

Die Eintrittshäufigkeiten der Windgeschwindigkeit und -richtung sind in Tabelle 2-1 aufgeführt.



  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 17 von 79

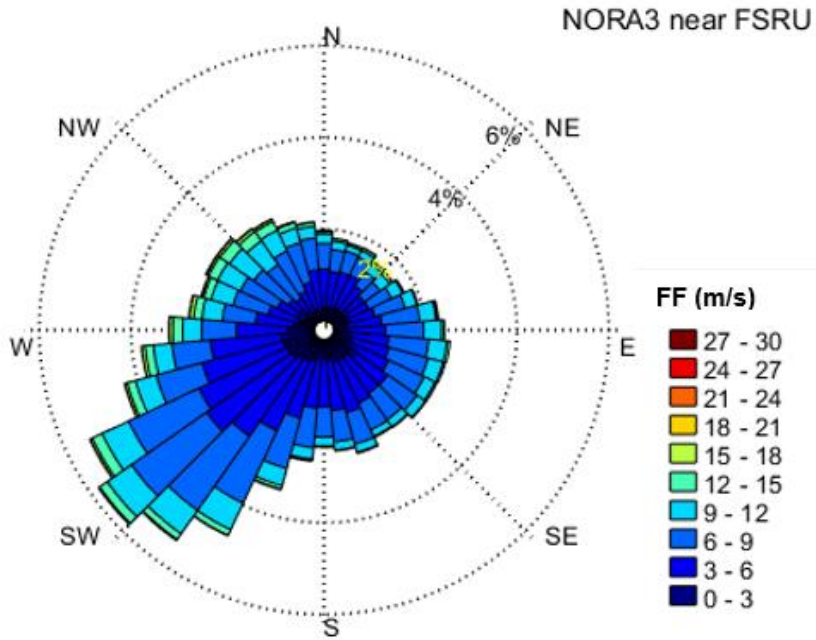


Abbildung 2-9 Windrose in der Wesermündung m/s (NORA3)









  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 18 von 79

Tabelle 2-1 Eintrittshäufigkeit der Windgeschwindigkeit und -richtung, gestützt auf Daten aus NORA<sub>3</sub> – letzte Spalte: Überschreitungshäufigkeit

		Nord	NNO	ONO	Ost	OSO	SSO	Süd	SSW	WSW	West	WNW	NNW	Über.		
Windgeschwindigkeit [m/s]	0 1	0.12%	0.15%	0.15%	0.18%	0.22%	0.22%	0.21%	0.25%	0.28%	0.21%	0.14%	0.12%	<b>2.26%</b>	<b>100%</b>	
	1 2	0.22%	0.27%	0.29%	0.31%	0.42%	0.54%	0.42%	0.48%	0.63%	0.57%	0.26%	0.18%	<b>4.58%</b>	<b>97.74%</b>	
	2 3	0.44%	0.53%	0.43%	0.51%	0.63%	0.80%	0.67%	0.90%	1.13%	1.00%	0.39%	0.26%	<b>7.71%</b>	<b>93.16%</b>	
	3 4	0.71%	0.76%	0.54%	0.69%	0.85%	1.04%	0.94%	1.29%	1.69%	1.21%	0.51%	0.41%	<b>10.67%</b>	<b>85.46%</b>	
	4 5	0.87%	0.80%	0.63%	0.83%	1.02%	1.12%	1.16%	1.72%	2.19%	1.24%	0.65%	0.57%	<b>12.81%</b>	<b>74.79%</b>	
	5 6	0.96%	0.69%	0.63%	0.90%	0.98%	0.98%	1.14%	2.00%	2.35%	1.05%	0.77%	0.73%	<b>13.19%</b>	<b>61.98%</b>	
	6 7	0.72%	0.58%	0.66%	0.91%	0.99%	0.89%	0.92%	1.98%	2.04%	0.88%	0.86%	0.98%	<b>12.41%</b>	<b>48.79%</b>	
	7 8	0.57%	0.40%	0.54%	0.86%	0.86%	0.74%	0.77%	1.63%	1.57%	0.80%	0.86%	0.99%	<b>10.60%</b>	<b>36.38%</b>	
	8 9	0.45%	0.31%	0.45%	0.75%	0.65%	0.43%	0.52%	1.23%	1.12%	0.64%	0.88%	0.77%	<b>8.20%</b>	<b>25.78%</b>	
	9 10	0.28%	0.20%	0.35%	0.53%	0.41%	0.29%	0.33%	0.87%	0.76%	0.55%	0.71%	0.63%	<b>5.92%</b>	<b>17.58%</b>	
	10 11	0.22%	0.17%	0.28%	0.40%	0.25%	0.16%	0.19%	0.51%	0.58%	0.40%	0.55%	0.49%	<b>4.20%</b>	<b>11.67%</b>	
	11 12	0.14%	0.14%	0.17%	0.21%	0.16%	0.07%	0.10%	0.28%	0.40%	0.31%	0.42%	0.34%	<b>2.74%</b>	<b>7.47%</b>	
	12 13	0.09%	0.09%	0.08%	0.10%	0.09%	0.05%	0.05%	0.20%	0.27%	0.24%	0.28%	0.27%	<b>1.80%</b>	<b>4.74%</b>	
	13 14	0.07%	0.06%	0.04%	0.04%	0.03%	0.01%	0.02%	0.11%	0.22%	0.19%	0.21%	0.18%	<b>1.18%</b>	<b>2.94%</b>	
	14 15	0.04%	0.03%	0.01%	0.02%	0.00%	0.00%	0.01%	0.06%	0.13%	0.15%	0.15%	0.12%	<b>0.73%</b>	<b>1.76%</b>	
	15 16	0.03%	0.01%	0.00%	0.01%		0.00%	0.01%	0.02%	0.08%	0.11%	0.09%	0.08%	<b>0.46%</b>	<b>1.02%</b>	
	16 17	0.01%	0.01%	0.00%	0.01%		0.00%	0.01%	0.02%	0.04%	0.08%	0.05%	0.05%	<b>0.27%</b>	<b>0.57%</b>	
	17 18	0.01%	0.00%		0.01%		0.00%	0.01%	0.02%	0.04%	0.04%	0.03%	0.03%	<b>0.14%</b>	<b>0.30%</b>	
	18 19	0.00%	0.00%		0.00%		0.00%	0.01%	0.01%	0.02%	0.02%	0.02%	0.01%	<b>0.07%</b>	<b>0.16%</b>	
	19 20	0.00%	0.00%				0.00%	0.00%	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%	<b>0.04%</b>	<b>0.09%</b>	
	20 21	0.00%						0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	0.01%	<b>0.02%</b>	<b>0.05%</b>	
	21 22	0.00%							0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	<b>0.01%</b>	<b>0.02%</b>	
	22 23	0.00%									0.00%	0.00%	0.00%	<b>0.01%</b>	<b>0.01%</b>	
	23 24									0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	<b>0.00%</b>	<b>0.01%</b>	
	24 25											0.00%		<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	
	25 26													<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	
	26 27												0.00%	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	
	27 28															
	28 29															
	29 30															
		5.95%	5.20%	5.26%	7.28%	7.56%	7.36%	7.47%	13.56%	15.53%	9.73%	7.86%	7.24%	<b>100%</b>		

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 19 von 79





### 2.3.3 Wellen

Zur Bestimmung des Wellenklimas im Untersuchungsgebiet wurde ein Modell der lokalen Wellen erstellt (TES-WHV-VGN-FSRU-ENV-DOC-2014), um:

- die Transformation von Offshore-Wellen in das Untersuchungsgebiet abzubilden und
- lokal durch Windeinwirkung hervorgerufene Windwellen zu reproduzieren.

Die Wellenrose bei normalen Bedingungen an Anlegedalben BD3 wird in Abbildung 2-10 gezeigt.

Die Wellenrichtung an der FSRU (Abbildung 2-10 – oben) entspricht überwiegend der Ausrichtung der Fahrrinne, einer schmalen, tiefen Ausprägung im ansonsten flachen Ästuar. Die maßgebliche Wellenhöhe am Standort BD3 übersteigt selten 80 cm (wie in Abbildung 2-10 dargestellt). Die höchsten Wellen am Standort BD3 sind Windwellen (Abbildung 2-10 – unten), wobei die höchste Welle in der Zeitreihe  $H_{m0} = 1,13$  m einer Dauer der höchsten Wellenkammerperiode von fast 5 Sekunden entspricht. Längere, in der Nordsee oder der Deutschen Bucht erzeugte Wellen werden über das Mündungsgebiet hinweg stark reduziert und überschreiten selten 20 cm.

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 20 von 79

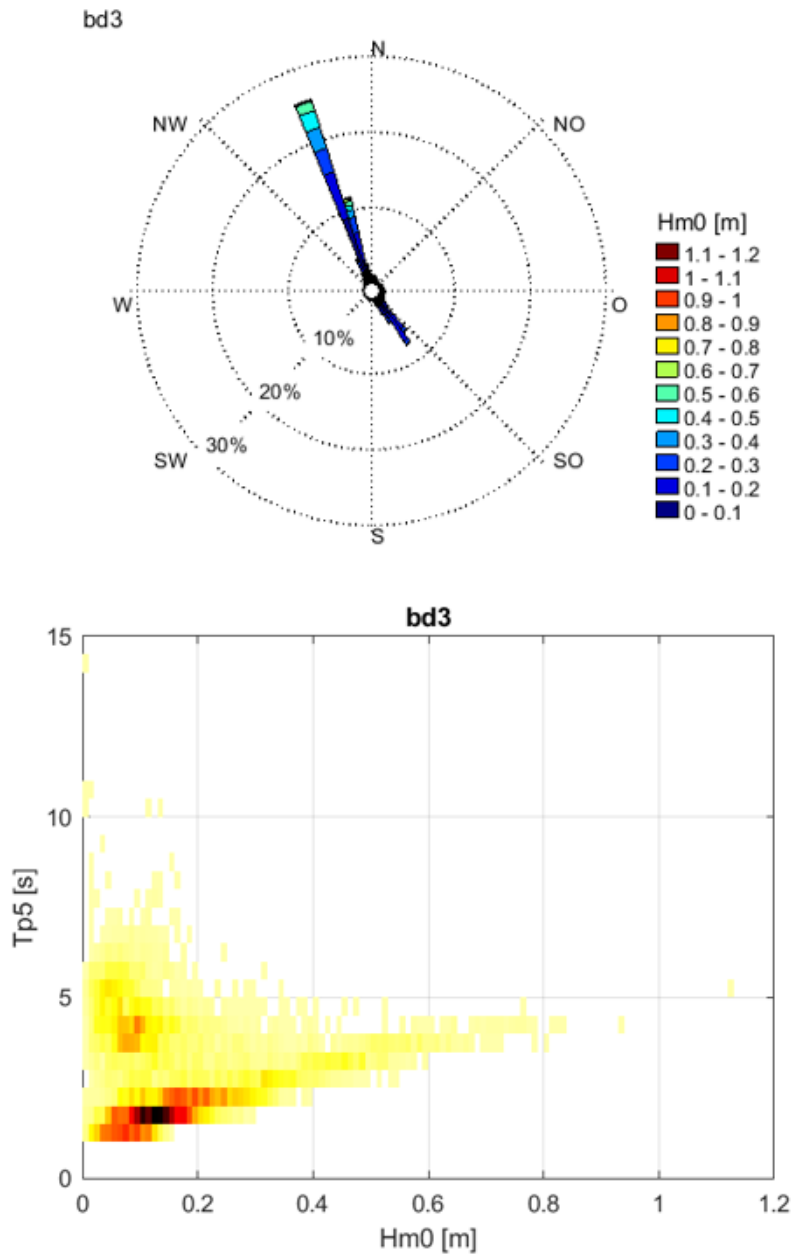






Abbildung 2-10 Wellenrose an BD3 (oben) – Eintrittshäufigkeit der Wellenkamperiode ( $T_p$ ) und maßgebliche Wellenhöhe ( $H_{m0}$ ) am Standort BD3 (unten).

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 21 von 79

## 2.4 Verfügbare Schlepper

Im Hafen von Wilhelmshaven befindet sich eine Flotte moderner Schlepper, die von mehreren Anbietern maritimer Dienstleistungen betrieben werden.

## 2.5 Bestehende Fahrtrassen und Schifffahrtsvorschriften

### 2.5.1 Schifffahrtzugang

Der Tiefwasserhafen Wilhelmshaven ist über eine 300 m breite und 17,5 m tiefe (SKN) Hautfahrrinnemit der Nordsee verbunden. Die Entfernung vom Meer zum Anlandeterminal in der Hautfahrrinne beträgt 21,3 NM (39,5 km).

Die Fahrrinnendaten sind in der nachstehenden Tabelle dargelegt (Tabelle 2-2):





Tabelle 2-2: Daten zur Tiefwasserfahrrinne

Strecke	Richtung	Entfernung NM	Breite m
1 Tonne 1 zu Tonnenpaar 3/4	130°	1,30	400
2 Tonnenpaar 3/4 zu Tonnenpaar 15/16	116°	7,45	300
3 Tonnenpaar 15/16 zu Tonnenpaar 17/18	097°	0,95	300
4 Tonnenpaar 17/18 zu Tonnenpaar 19/20	133°	1,40	650
5 Tonnenpaar 19/20 zu Tonnenpaar 33/34	164°	6,50	300
6 Tonnenpaar 33/34 zu Tonne 41 Standort Anlandeterminal	146°	3,70	300

### 2.5.2 Zugang von den HES-Anlandeterminals

Das Ab- und Anlegen des Verkehrs erfolgt vom inneren Anlandeterminal 2 der HES und vom Insel-Anlandeterminal der HES. Die bestehenden Trassen werden in Abbildung 2-11 gezeigt. Der Standort des Anlandeterminals und die zugehörige 300-m-Sperrzone liegen auf den heutigen Zugangskorridoren von der Hauptfahrrinne zum inneren Anlandeterminal 2 der HES.

Der Zugangskorridore und die Trasse zum und vom Anlandeterminal 2 der HES müssen daher in Richtung Nordwesten umgeleitet werden. (Nautitec, 2023)

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 22 von 79

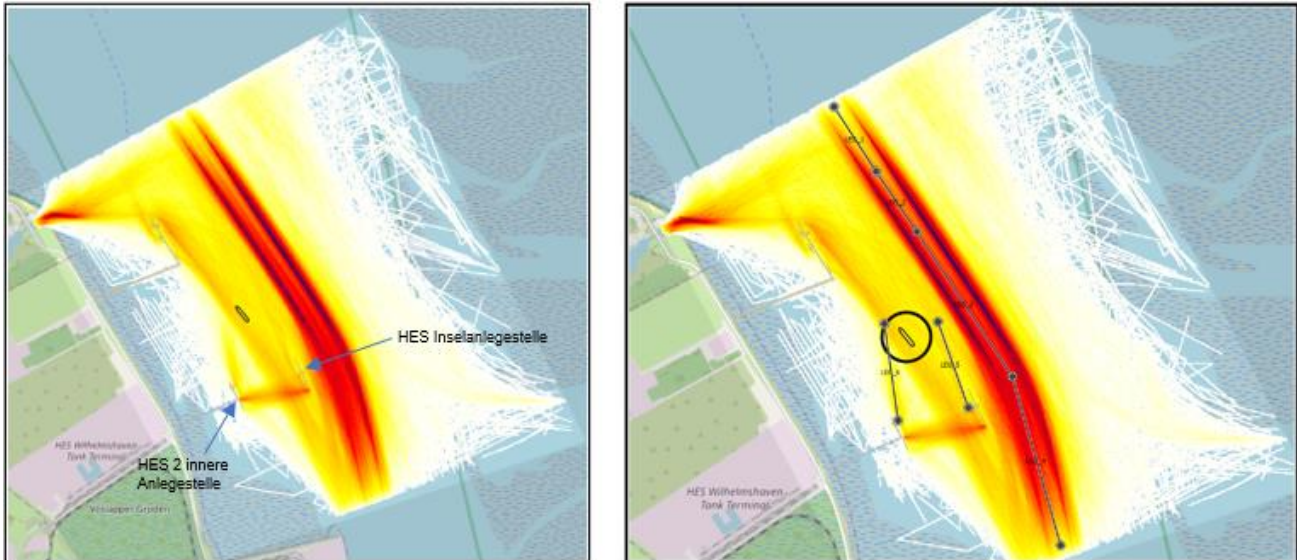


Abbildung 2-11: Verkehr zu den Anlandeterminals der HES; rechte Abbildung zeigt die 300-m-Sperrzone und die wichtigsten bestehenden Trassen zu den Anlandeterminals der HES

### 2.5.3 Hafenbenutzungsordnung

Die in diesem Abschnitt dargelegten einschlägigen Informationen entstammen der Hafenbenutzungsordnung<sup>1</sup> und den *Sailing directions (Enroute) North Sea*, USG Pub. p.192, 17. Ausgabe 2022.

#### 2.5.3.1 Revierlotsen





Schiffe, die unter § 30 Abs. 1 Seeschiffsstraßen-Ordnung (SeeSchStrO, s. u.) fallen, sind verpflichtet, den Revierlotsen bereits im Verkehrstrennungsgebiet „Jade Approach“ (zwischen Feuerschiff „GB“ und Tonne „TG18“) an Bord zu nehmen. Der Lotse erreicht das Schiff auf einem Lotsenversetzboot. Je nach Wetterlage und/oder Anforderung kann der Lotse auch per Hubschrauber versetzt werden.

Das Lotsenboot ist in der Nähe der Leuchttonne „3/Jade 2“ positioniert, bei schlechtem Wetter in der Nähe von Minseneroog.

#### 2.5.3.2 Hafenslotsen

Hafenslotsen stehen zu jeder Zeit zur Verfügung. Einkommende Schiffe werden im Regelfall in Abhängigkeit von der Schiffgröße, dem Tiefgang und dem einzunehmenden Liegeplatz ab der Tonne „33“ mit Hafenslotsen besetzt. Der Hafenkaptän kann in besonderen Fällen die Annahme eines Lotsen verfügen.

<sup>1</sup> Hafenbenutzungsordnung JWP Fassung 04/2020

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 23 von 79

### 2.5.3.3 Radarberatung

Der Schiffsverkehr in der Deutschen Bucht und auf der Jade wird mittels Radar überwacht und durch ein Maritimes Verkehrssicherungssystem unterstützt. Schiffe mit einer Länge von mehr als 50 Metern sind verpflichtet, das Ein- und Auslaufen bei der Verkehrszentrale Wilhelmshaven zu melden.

Landradarberatung wird erteilt von „Jade-Radar“; UKW Kanal 16/63/20

- bei Sichtweiten unter 2.000 m zwischen Leuchttonne „3/Jade2“ und Wilhelmshaven
- wenn das Lotsenboot auf Schlechtwetter-Position ist, für die Fahrtstrecke bis zum Lotsenboot bzw. bei auslaufenden Schiffen vom Lotsenboot bis zum Ende des Lotsenreviers
- wenn Leuchttonnen wegen Eisgangs eingezogen sind und aus diesem Grund eine Landradarberatung erforderlich ist
- Anordnung aus schiffahrtspolizeilichen Gründen
- auf Anforderung durch die Schiffsführung

### 2.5.3.4 VTS

Auf der Jade wird ein lokaler Schiffsverkehrsdienst (*Vessel Traffic Services*; VTS) betrieben, der für folgende Schiffe verbindlich vorgeschrieben ist:

1. Schiffe, die eine Länge von 50 m überschreiten, einschließlich von Schub- und Schleppverbänden.
2. Schiffe, die Gefahrgut (Gas, Chemikalien, Erdöl oder Erdölprodukte) in loser Schüttung befördern.
3. Schiffe, die Gefahrgut (Gas, Chemikalien, Erdöl oder Erdölprodukte) in loser Schüttung befördern. Entladene Tankschiffe, wenn diese nach dem Transport von Erdöl oder Erdölprodukten mit einem Flammpunkt unter 35 °C nicht gereinigt, entgast oder vollständig inertisiert wurden.





### 2.5.3.5 Jade

Großtankschiffe, die in die Jade einlaufen, werden mithilfe von Patrouillenboten der Wasserschutzpolizei durch das Verkehrstrennungsgebiet „Jade Approach“ begleitet.

Auf bestimmten Abschnitten der Jade-Fahrrinne ist es verboten, an andere Schiffe heranzufahren oder sie zu passieren. Diese Verbote gelten für Schiffe, die flüssige Gase befördern, für Schiffe mit über 250 m Länge oder über 13,5 m Tiefgang sowie für ungewöhnliche Schleppformationen. Zur Durchsetzung der Vorschriften koordiniert das Jade-Verkehrssicherungssystem die Bewegungen aller Schiffe.

Öl-, Gas- und Chemikaliertanker (einschließlich von Schleppverbänden), die Gefahrgüter in loser Schüttung befördern oder befördert haben, jedoch nicht als gasfrei zertifiziert sind, dürfen nur bei Sichtweiten von mindestens 1.000 m in die Jade einfahren. Mit Genehmigung des Jade-Schiffsverkehrsdienstes dürfen solche Schiffe unter besonderen Umständen bei Sichtweiten von 500 m bis 1.000 m einlaufen.

Alle Schiffe mit mehr als 16,5 m Tiefgang sind zeitenabhängig und müssen einem vorgegebenen Einlaufplan folgen.

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 24 von 79

### 2.5.3.6 Vertäudienste

Der Einsatz von Vertäudiensten (Leinenpersonal) ist verbindlich vorgeschrieben.

### 2.5.3.7 Sonderanweisungen für widrige Wetterumstände

Wenn während der Liegezeit Winde aufgrund von widrigen Wetterumständen (z. B. stürmischer Westwind mit einer Stärke von über 8 nach Beaufort) zu erwarten sind, sollten Schiffe mit einer Länge von über 350 Metern auf der Backbordseite vertäut werden, damit sie bei einem eventuellen Reißen der Vertäuleinen auf dem richtigen Kurs positioniert sind. Die Anlandeterminals und Maschinen müssen „klar“ (manöverbereit) sein. Mit Zustimmung der Hafenbehörde und der Verkehrskontrollstelle des WSA dürfen Wasserfahrzeugbetreiber ihre Schiffe auf der Steuerbordseite vertäuen. Die Verantwortung für die Sicherung der Anlegestelle liegt beim jeweiligen Wasserfahrzeugbetreiber.

## 2.6 Zukünftige Situation nach Vollendung des Projekts





### 2.6.1 Standort des Anlandeterminals

Ein Überblick über den Standort des Anlandeterminals wird in Abbildung 2-12 und Abbildung 2-13 gezeigt.



Abbildung 2-12 Überblick über den Standort des Anlandeterminals.



  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 25 von 79

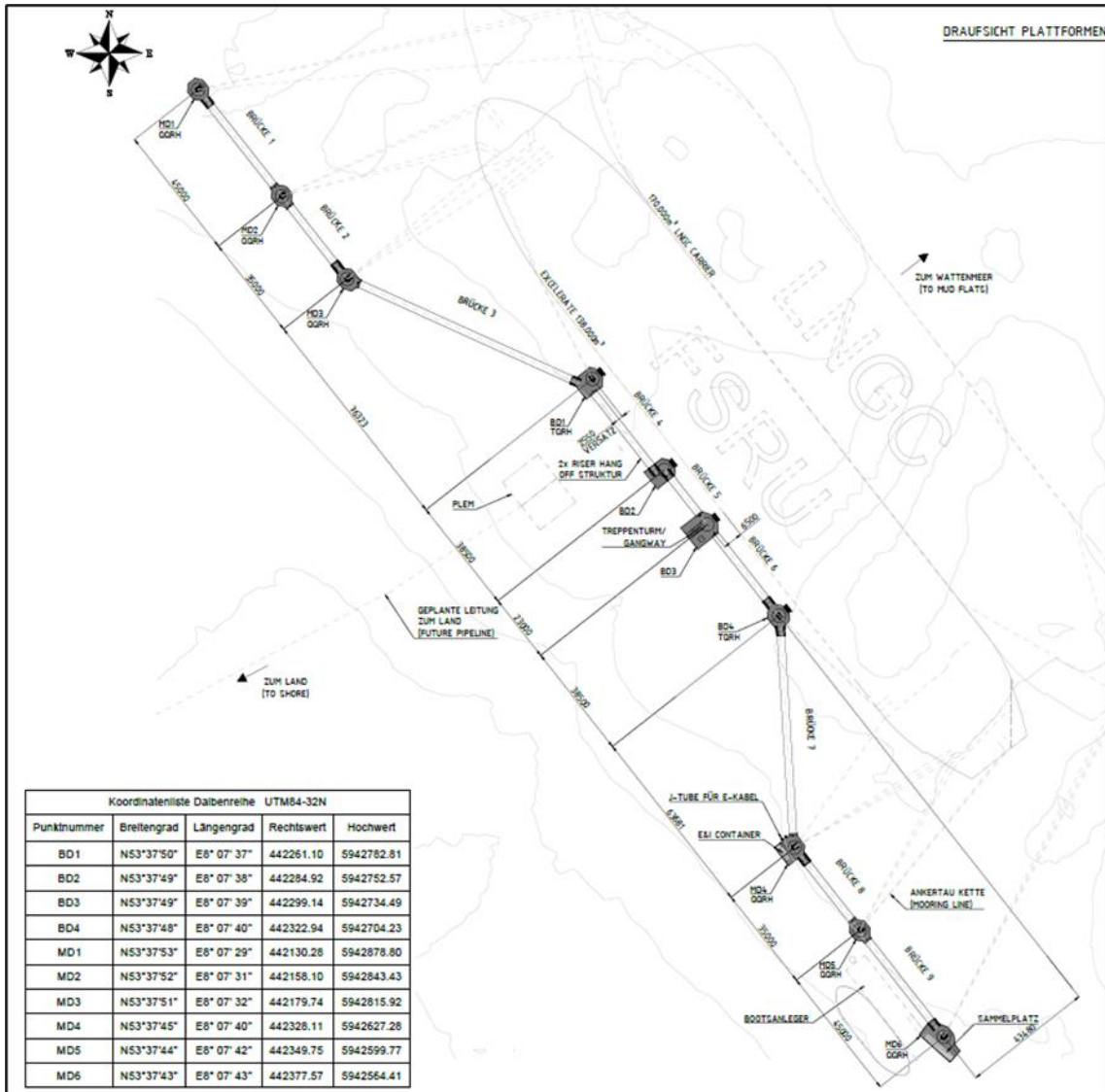






Abbildung 2-13: Überblick über das Anlandeterminal mit FSRU und LNG-Tanker

Einzelheiten zum Anlandeterminal:

- Länge: 400 m
- Die Vorausrichtung der FSRU entlang des Anlandeterminals liegt bei Nord-Nordwest (321,8 (Ebbe) ° r.w.N);
- Die minimale Baggertiefe der Liegewanne beträgt -14,0 m SKN;
- Die Sperrzone hat einen Radius von 300 m (Mitte FSRU);
- Entfernung von der Anlegeleine zur äußeren Kante Fahrwasser (angezeigt durch Tonne 41): 700 m (der LNG-Tanker ist 450 m von der äußeren Kante Fahrwasser, die FSRU ist 500 m

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 26 von 79

von der äußeren Kante Fahrwasser, die Anlegeleine ist 550 m von der äußeren Kante Fahrwasser, die äußere Kante Fahrwasser ist 150 m von der äußeren Kante Fahrwinne).

## 2.6.2 FSRU

Es ist geplant, dass die FSRU „Excelsior“ (Excelerate) in Wilhelmshaven vertäut wird. Die „Excelsior“ ist ein speziell entwickelter LNG-Tanker, der an Bord über Ausrüstung für die Verdampfung von Flüssigerdgas (*Liquefied Natural Gas*; LNG) und die Lieferung von Hochdruckerdgas verfügt (Abbildung 2-14). Die Angaben zur Excelsior sind Tabelle 2-3 zu entnehmen.

Tabelle 2-3: Angaben zur FSRU

FSRU Excelsior	
Baujahr	Januar 2005
Lüa (m)	277
Breite (m)	43,4
Tiefe (m)	26,0
Maximaler Tiefgang (m)	12,3
Frachtkapazität m <sup>3</sup> @ 100 %	138,058
Bruttotonnage (DWT)	93719
Tragfähigkeit (Sommerfreibord) (DWT)	77287









  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 27 von 79



Abbildung 2-14: FSRU Excelsior 138.000 m<sup>3</sup> (Foto: Excelebrate Energy)

Die FSRU ist für Seite-an-Seite-Vertäuanordnungen geeignet und vereinfacht dadurch Schiff-zu-Schiff-Transfers.

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 28 von 79





### 2.6.3 LNG-Tanker

In dieser Studie werden LNG-Tanker zweier verschiedener Typen als Bemessungsschiff definiert. Nähere Angaben werden in Tabelle 2-4 gezeigt.





Tabelle 2-4: Wichtigste Angaben zu den von der Studie umfassten Schiffen



	Bahrain Spirit (LNG-Tanker mit Membrantank)	LNG Sakura (LNG-Tanker mit Kugeltank (Moss Rosenberg))
Länge über alles	294,9 m	299,9 m
Breite	46,4 m	48,90 m
Tiefe	26,5 m	27,0 m
Tiefgang	12,5 m	11,53 m
Bruttotonnage	113,274 t	135,977 t
Verdrängung	131,304 t	119,524 t
Tragfähigkeit	95,289 t	78,578 t
Frachtkapazität	173,400 m <sup>3</sup>	174,717 m <sup>3</sup>
Strömungswiderstand frontal	1600 m <sup>2</sup>	2050 m <sup>2</sup>
Strömungswiderstand lateral	7500 m <sup>2</sup>	9560 m <sup>2</sup>
Antrieb	Diesel	Turbine
Leistung	21550 kW	21960 kW
Drehzahl	69,0 rpm	56 rpm
Betriebsgeschwindigkeit	19,5 Knoten	19,5 Knoten
Mindestgeschwindigkeit voraus	20 U/min / 4,6 Knoten	20 U/min / 7,2 Knoten

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 29 von 79

Bahrain Spirit (LNG-Tanker mit Membrantank)		LNG Sakura (LNG-Tanker mit Kugeltank (Moss Rosenberg))
Manövrieren bei maximaler Drehzahl	45 U/min / 13,3 Knoten	36 U/min / 13,0 Knoten
Rückwärtsleistung	75 %	
Propelleranzahl	1 fest	1 fest
Ruderanzahl	1 schwebend	1
Maximaler Ruderwinkel	35°	35°
Bugstrahlruder	–	Ja
Heckstrahlruder	–	–

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 30 von 79

### 3 Bewertung der Fahrtrasse und der Manöverstrategie des LNG-Tankers

#### 3.1 Einleitung

In diesem Kapitel wird eine Bewertung im Hinblick auf das Manöver des LNG-Tankers vom Meer zur geplanten FSRU durchgeführt. Die Bewertung basiert auf Richtlinien und Gutachten.

Zunächst wird der Bedarf an Unterstützung durch Schlepper geschätzt. Darauf folgt eine Bewertung der Fahrtrasse, und zuletzt eine Beurteilung der Einlauf- und Auslaufmanöver über die Tiefwasserfahrinne.

#### 3.2 Bewertung des Bedarfs an Unterstützung durch Schlepper

Abbildung 3-1 zeigt, dass die Hilfe von Schleppern erforderlich ist, um seegängige Tanker zu unterstützen, wenn die Geschwindigkeit unter die minimale Manövergeschwindigkeit von rund 4 Knoten fällt.

Die Schlepper sind notwendig, um den LNG-Tanker beim Wenden und Anlegen neben der FSRU zu manövrieren.

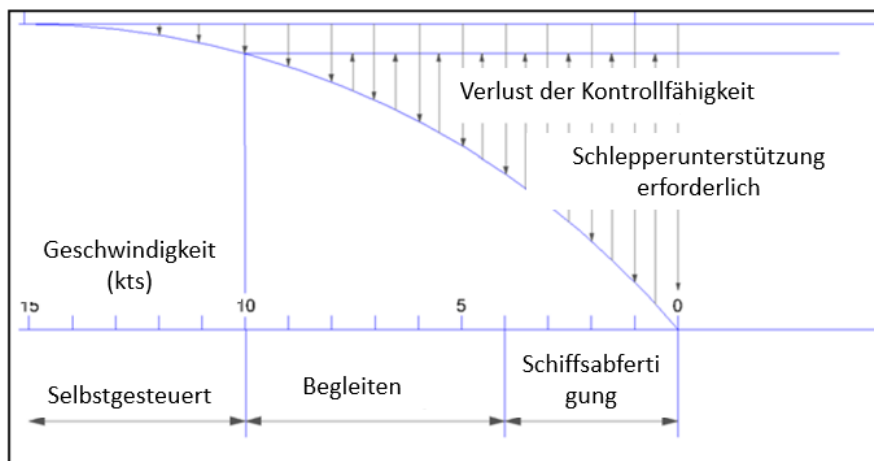






Abbildung 3-1: Primärdienst durch Schleppschiff für seegängigen Tanker (Quelle: Rotortug)

Für Soforthilfe für den LNG-Tanker während des Wendens und Anlegens entlang der Fender der FSRU sind Hochleistungsschlepper erforderlich. Besonders gut geeignet für derartige Hilfsmanöver sind Schlepper mit Azimut-Heckantrieb (ASD), Azimut-Traktorantrieb (ATD) oder Rotortug-Schlepper (Dreifach-Azimut-Antrieb), die mit *Render-Recover*-Winden ausgestattet sind.

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 31 von 79

### 3.2.1 Erforderliche Schleppkraft

#### 3.2.1.1 Windwirkung

Die zur Quantifizierung des Schleppbedarfs herangezogenen Kräfte und Momente werden durch eine Bewertung der Kräfte bestimmt, die Wind, Strömung und Wellen auf das Schiff ausüben. Diese Kräfte und Momente sind je nach Einfallswinkel von Wind und Strömung unterschiedlich. In der Situation in

$$F_w = 0,08V^2 A_L \text{ (kgf)}$$

Wilhelmshaven wird der LNG-Tanker beim Anlaufen und Anlegen entlang der FSRU der Strömung zugewandt sein. Der vorherrschende SW-Westwind wird das Manöver dominieren. Die erforderliche Schleppkraft zum Entgegenwirken der Windkraft querschiffs beim Ablegen von der FSRU lässt sich anhand folgender Formeln schätzen <sup>2</sup>

Ein Beispiel:





Der LNG-Tanker hat eine longitudinale Windangriffsfläche (Breitseite) von  $\pm 9.000 \text{ m}^2$  bei Dwerswind mit 12,5m/sec (6 nach der Beaufortskala). Die Windstärke beträgt dann:

$$0,08 \times 12,5 \times 12,5 \times 9.000 = 112.500 \text{ kgf} = 112,5 \text{ Tonnen (inklusive 20 \% Sicherheitsmarge).}$$

#### 3.2.1.2 Strömungswirkung

Die Wirkung der geringen Kielfreiheit auf die Strömungskraft wird in Abbildung 3-2 klar dargestellt. Ausgehend von einer Strömungskraft von 10 Tonnen verursacht die gleiche Strömungsgeschwindigkeit bei abnehmender Kielfreiheit eine stark zunehmende Kraft auf dasselbe Schiff. Bei geringer Kielfreiheit nehmen die Strömungskräfte schnell ab, wenn der Anströmwinkel kleiner als 90° zur Schiffslängsachse wird. Die Längskräfte nehmen dann zu. Die Wirkung der Strömungskräfte auf ein Schiff kann dann sogar der erwarteten Richtung entgegengesetzt sein – insbesondere in dem Fall, dass die Strömung bei geringer Kielfreiheit mit ca. 20–30° auf den Bug auftrifft. Geringe Kielfreiheit führt auch zu einem größeren Drehdurchmesser, verringerter Rudereffektivität und einem verlängerten Bremsweg. Zum Ausgleich dieser Wirkungen ist die Unterstützung von Schleppern erforderlich. Auch auf die Rotationsdauer von Schiffen hat die Kielfreiheit erhebliche Auswirkungen. Die vor und hinter mittschiffs zu überwindenden Querkräfte nehmen mit abnehmender Kielfreiheit zu. Folglich nimmt auch die Rotationsdauer zu, sofern nicht mehr Pfahlzugkraft angewandt wird.

<sup>2</sup> Tug use in port von Capt. Henk Hensen

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 32 von 79

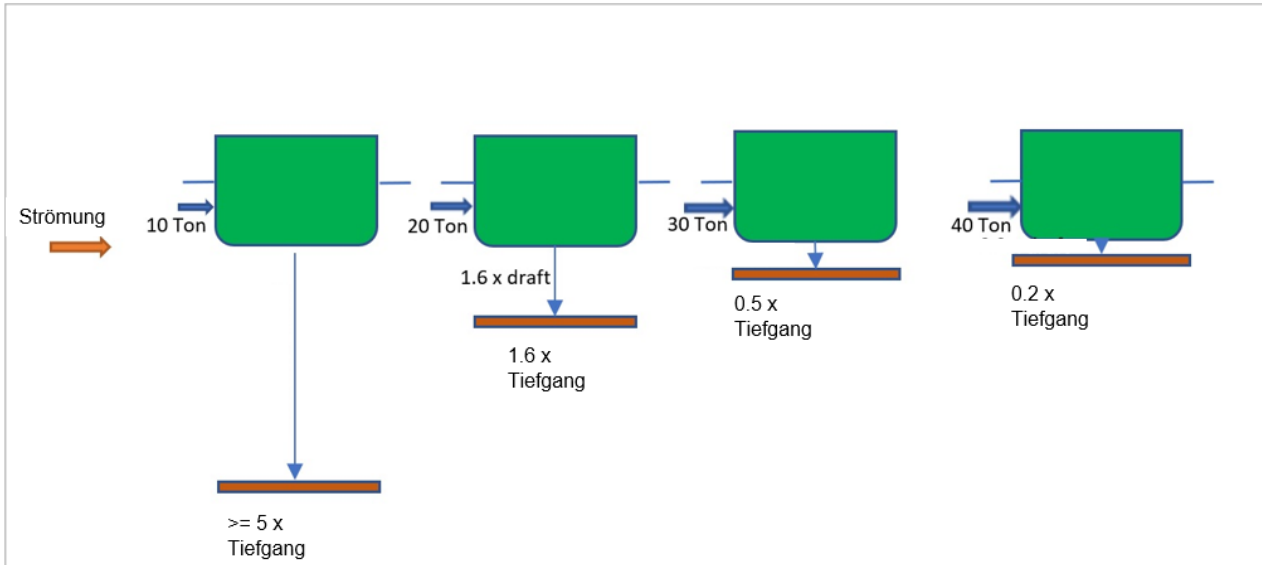


Abbildung 3-2: Wirkung der Kieffreiheit auf die Strömungskraft (Quelle: OCIMF)

Bei einer Kieffreiheit von 20 % und einem Tiefgang des LNG-Tankers von 12,5 m beträgt der erforderliche Pfahlzug in etwa<sup>3</sup>:

$$F_C = 150 V^2 L_{BP} T \text{ (kgf)}$$

Ein Beispiel:





Der LNG-Tanker hat eine Länge zwischen den Loten von 283 m, und die Strömungsgeschwindigkeit liegt bei 0,5 m/sec. Die Strömungskraft beträgt dann:

$$150 \times 0,5 \times 0,5 \times 283 \times 12,5 = 132.656 \text{ kgf} = 132 \text{ Tonnen (inklusive 25 \% Sicherheitsmarge)}$$

Die Ausrichtung des Anlandeterminals mit der vertäuten FSRU entspricht der Hauptfließrichtung der Gezeitenströmung der Fahrrinne. Während des Vertäuens und Loswerfens der Leinen kommt die Strömung dementsprechend von vorne oder von hinten.

<sup>3</sup> In OCIMF-Publikationen verwendete Formeln



  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 33 von 79

### 3.2.1.3 Wellenwirkung

Abhängig von den Umgebungsverhältnissen rund um das Anlandeterminal können bei der Ermittlung des erforderlichen Pfahlzugs auch die Wellenkräfte zu berücksichtigen sein. Da Hafenschlepper nur bis zu einer bestimmten Maximalwellenhöhe effektiv arbeiten können, werden nur Kurzstrecken quer zur See berücksichtigt. Die genaue Berechnung von Wellenkräften ist schwierig. Es wird davon ausgegangen, dass der Tiefgang der Schiffe groß genug ist, um die Wellen vollständig

$$F_{\text{WELLE}} = 112 \text{ LHs}^2 \text{ (kgf)}$$

zurückzuwerfen. Ferner wird aufgrund der relativ kurzen Wellenperiode angenommen, dass die Wellen keine Schiffsbewegung verursachen. Die Kräfte pro Meter Schiffslänge aufgrund dieser kurzperiodischen Wellen betragen etwa<sup>4</sup>:

Ein Beispiel:

Der LNG-Tanker hat eine Länge von 300 m, und die geschätzte Wellenhöhe beträgt 0,5 m. Die Kraft der Dwarswellen beträgt somit:

$112 \times 300 \times 0,5 \times 0,5 = 8.400 \text{ kgf} = 8,4 \text{ Tonnen}$  (berichtigt um die Rumpfform sowie inklusive 25 % Sicherheitsmarge)





### 3.2.2 Schlepperanzahl

Der Einsatz von Bugstrahlrudern auf Schiffen mit dem Ziel, die Anzahl der Schlepper zum An-/Ablegen zu verringern, sollte sorgfältig geprüft werden. Unter der Voraussetzung, dass die Zuverlässigkeit und der Betrieb vor dem Einlaufen bestätigt werden, könnte es möglich sein, bei der Abfertigung entsprechend ausgerüsteter Schiffe die Anzahl der Schlepper zu reduzieren. Dies lässt allerdings bei einem Ausfall der Schiffsausrüstung nur eine sehr schmale Sicherheitsmarge und könnte das Risiko für den Betrieb unnötig erhöhen. Demgegenüber wird in dem Fall, dass die Bugstrahlruder nicht in die Bestimmung der erforderlichen Schleppeleistung einbezogen werden, die Sicherheitsmarge bei einem Schlepperausfall erheblich verbessert, wenn das Bugstrahlruder einsatzbereit ist.

Angenommen werden eine Verringerung des Pfahlzugs um 10 %, zwei Schlepper mit 80 Tonnen Pfahlzug (tbp) und zwei Schlepper mit 60 tbp. Die 80-tbp-Schlepper sind mit einer Leine (Länge ca. 60 m) an Bug und Heck angebunden. Die 60-tbp-Schlepper werden an den Haltepfählen auf der Steuerbordseite am Bug und am Vorschiff im Schub-/Zug-Modus befestigt. Der Leinenschlepper am Heck wird verwendet, um die Geschwindigkeit des Schiffes zu bremsen und sie niedriger zu halten, auf ungefähr 2 bis 3 Knoten. Dies ist langsamer als halbe Fahrt voraus, und das Schiff lässt seine Maschinen weiterhin laufen, um steuern zu können. Die parallel im Schub-Zug-Modus arbeitenden Schlepper haben den Vorteil, dass sie dank kurzer Reaktionszeiten schnell agieren können, was beim Anlegen entlang den Schwimmfendern der FSRU besonders wichtig ist.

Aus der Schiffsnavigrationsstudie lässt sich schließen, dass zwei 80-tbp- und zwei 60-tbp-Schlepper ausreichen.

<sup>4</sup> Tug use in port von Capt. Henk Hensen

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 34 von 79

### 3.2.3 In Wilhelmshaven verkehrende Schlepper

Der Schlepperdienst in Wilhelmshaven wird von mehreren Marinedienstleistern erbracht. Die im Hafen von Wilhelmshaven stationierten Schlepper sind in Tabelle 3-1 und Abbildung 3-3 unten aufgeführt.

Tabelle 3-1: In Wilhelmshaven verkehrende Schlepper

Bezeichnung	Antrieb	Gesamtleistung	Pfahlzug (tbp)	Bugstrahlruder	Max. Tiefgang
Bugsier 3	ATD	2 x 2050 kW	63 Tonnen	-	6,7 m
Bugsier 8	ATD	2 x 2249 kW	72 Tonnen	-	6,2 m
Corvin	ASD	2 x 2030 kW	71 Tonnen	-	5,4 m
Fairplay 31	ASD	5302 kW	90 voraus / 85 rückwärts	1 x 200 kW	6,3 m
Stella	Voith-Schneider	3690 kW	51 Tonnen	-	5,2 m
VB Emoe	Rotortug		Über 90 Tonnen	-	6,1 m
VB Bremen	Voith-Schneider		60 Tonnen	-	5,5 m
RT Pioneer	Rotortug		84/82 Tonnen	-	5,9 m

Zum sicheren Manövrieren benötigt das Bemessungsschiff (FSRU) zwei ASD- oder ATD-80-tbp-Leinenschlepper, von denen einer vorne und der andere achtern befestigt ist. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Verwendung eines 80-tbp-Rotortug-Leinenschlepper vorne und eines 68-tbp-ASD-Leinenschlepper achtern; dies hat sich auch bei den Simulationen mit dem Schiffsführungssimulator (*Full-Mission-Bridge-Simulator*) als ausreichend erwiesen.

Die zwei Leinenschlepper unterstützen bei Folgendem:

- Steuerung der Vorausfahrt
- Steuerung der Vorausrichtung
- Stoppen des Schiffs im Wasser
- Wenden des Schiffs über Steuerbord
- Gegensteuern gegen die Quergeschwindigkeit beim Anlegen
- Ablegen beim Auslaufen.

Bei folgenden Vorgängen arbeiten zwei zusätzliche ASD-Schlepper mit mindestens 60 tbp an der Backbordseite des Schiffs im Schub-/Zug-Modus:

- Positionieren und Halten des Schiffes parallel zur FSRU;
- Initiieren der Quergeschwindigkeit und des Anlegens in Richtung der FSRU;
- Halten des Schiffs in Position entlang der Fender während des Vertäuens.









  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 35 von 79



Abbildung 3-3: Schlepper in Wilhelmshaven – 84-tbp-Rotortug-Schlepper VB Bremen (links) und 72-tbp-ASD-Schlepper Carvin (rechts) (Foto: Boluda Towage Europe / MarineTraffic.com)

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 36 von 79

### 3.3 Bewertung der Fahrtrasse Jade/Fahrrinne

Die Entfernung bei der Versetzung von der Lotsenstation zur FSRU, wie in Abbildung 3-4 gezeigt, beträgt rund 41 NM.

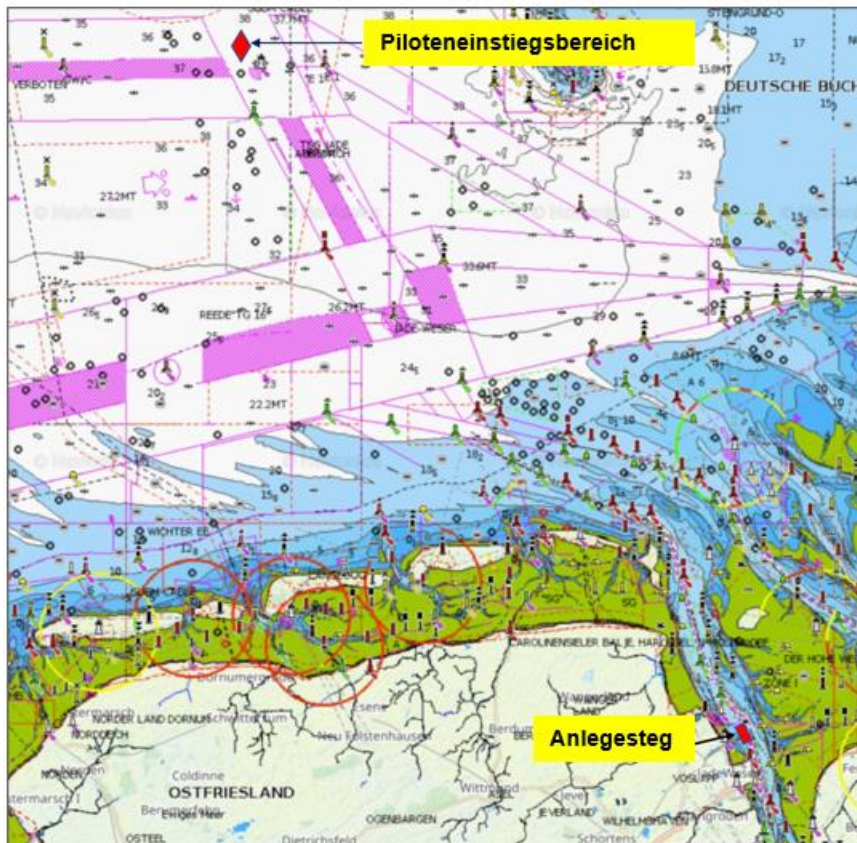






Abbildung 3-4: Überblick über die Fahrtrasse von der Lotsenstation zum Schiffsanleger

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 37 von 79

## Lotsenzustiegsbereich

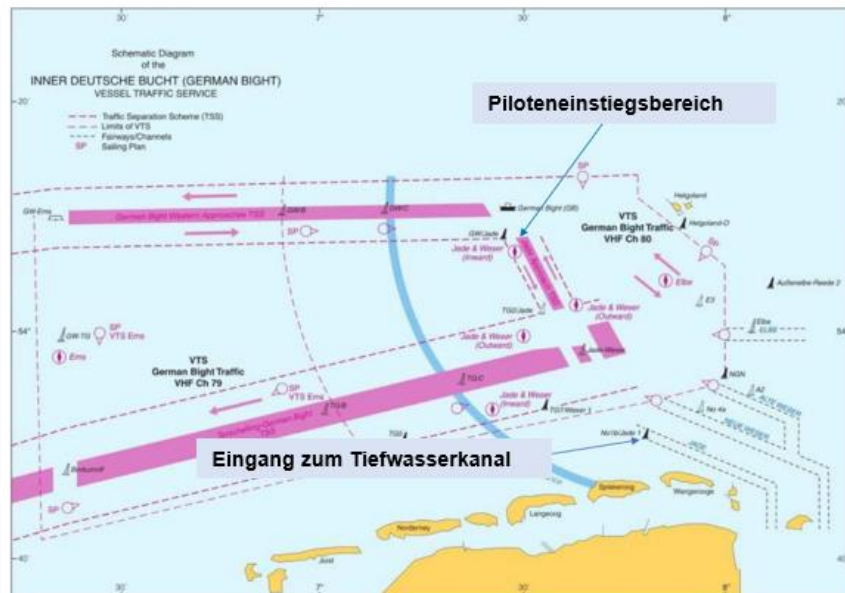


Abbildung 3-5: Lotsenzustiegsbereich und Schiffsverkehrsdienst (VTS) „German Bight Traffic“

Schiffe, die unter § 30 Abs. 1 Seeschiffsstraßen-Ordnung (SeeSchStrO, s. u.) fallen, sind verpflichtet, den Revierlotsen bereits im Verkehrstrennungsgebiet „Jade Approach“ (zwischen Feuerschiff „GB“ und Tonne „TG18“) an Bord zu nehmen, Abbildung 3-5. Der Lotse erreicht das Schiff auf einem Lotsenversetzboot. Je nach Wetterlage und/oder Anforderung kann der Lotse auch per Hubschrauber versetzt werden.

Das Lotsenboot ist in der Nähe der Leuchttonne „3/Jade 2“ positioniert, bei schlechtem Wetter in der Nähe von Minseneroog.

Großtankschiffe, die in die Jade einlaufen, werden mithilfe von Patrouillenboten der Wasserschutzpolizei durch das Verkehrstrennungsgebiet „Jade Approach“ begleitet.<sup>5</sup>





Der Tidenhub nahe der Mündung des Ästuars beträgt etwa 2,8 m bei Springtiden und 2,5 m bei Nipptiden. 5 Stunden und 15 Minuten vor HW in Helgoland beginnt die Gezeitenströmung, ausgehend von einer Position, die 12,5 nautische Meilen nördlich von Wangerooge liegt (die Referenzstation), in O-Richtung zu fließen. Sie erreicht bei Springtiden eine Geschwindigkeit von 0,7 bis 1 Knoten. Die Westströmung beginnt 1 Stunde bis 1 Stunde 15 Minuten nach HW. Sie erreicht bei Springtiden eine Geschwindigkeit von 0,5 bis 0,7 Knoten.

Näher am Eingang des Ästuars fließen die Gezeitenströmungen in einer allgemeinen ONO- und WNW-Richtung. Sie erreichen bei Springtiden Geschwindigkeiten von bis zu 1,3 Knoten.

Abseits der Nordseite der Norder Gründe unterscheiden sich die Richtung und Geschwindigkeit der Gezeitenströmungen stark. Es wurden Geschwindigkeiten von 0,5 bis 2,3 Knoten beobachtet. Es wurden Richtungen von 024° bis 085° und von 270° bis 321° beobachtet.

Die Entfernung vom Lotsenzustiegsbereich bis zum Eingang der Jade-Fahrrinne beträgt 21,5 NM.

<sup>5</sup> Sailing directions (Enroute) North Sea, USG Pub. 192, 17. Ausgabe 2022

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 38 von 79

### 3.3.1 Versetzung durch Jade/Tiefwasserfahrinnen Trassen 1, 2 und 3

Auf bestimmten Abschnitten der Jade-Fahrinne ist es verboten, an andere Schiffe heranzufahren oder sie zu passieren. Diese Verbote gelten für Schiffe, die flüssige Gase befördern, für Schiffe mit über 250 m Länge oder über 13,5 m Tiefgang sowie für ungewöhnliche Schleppformationen. Zur Durchsetzung der Vorschriften koordiniert das Jade-Verkehrssicherungssystem die Bewegungen aller Schiffe.

Öl-, Gas- und Chemikaliertanker (einschließlich von Schleppverbänden), die Gefahrgüter in loser Schüttung befördern oder befördert haben, jedoch nicht als gasfrei zertifiziert sind, dürfen nur bei Sichtweiten von mindestens 1.000 m in die Jade einfahren. Mit Genehmigung des Jade-Schiffsverkehrsdienstes dürfen solche Schiffe unter besonderen Umständen bei Sichtweiten von 500 m bis 1.000 m einlaufen.

Alle Schiffe mit mehr als 16,5 Tiefgang sind gezeitenabhängig und müssen einem vorgegebenen Einlaufplan folgen.<sup>6</sup>

Abbildung 3-6 zeigen die ersten drei Trassen nach der Einfahrt in die Jade; Tabelle 3-2 bietet entsprechende Details

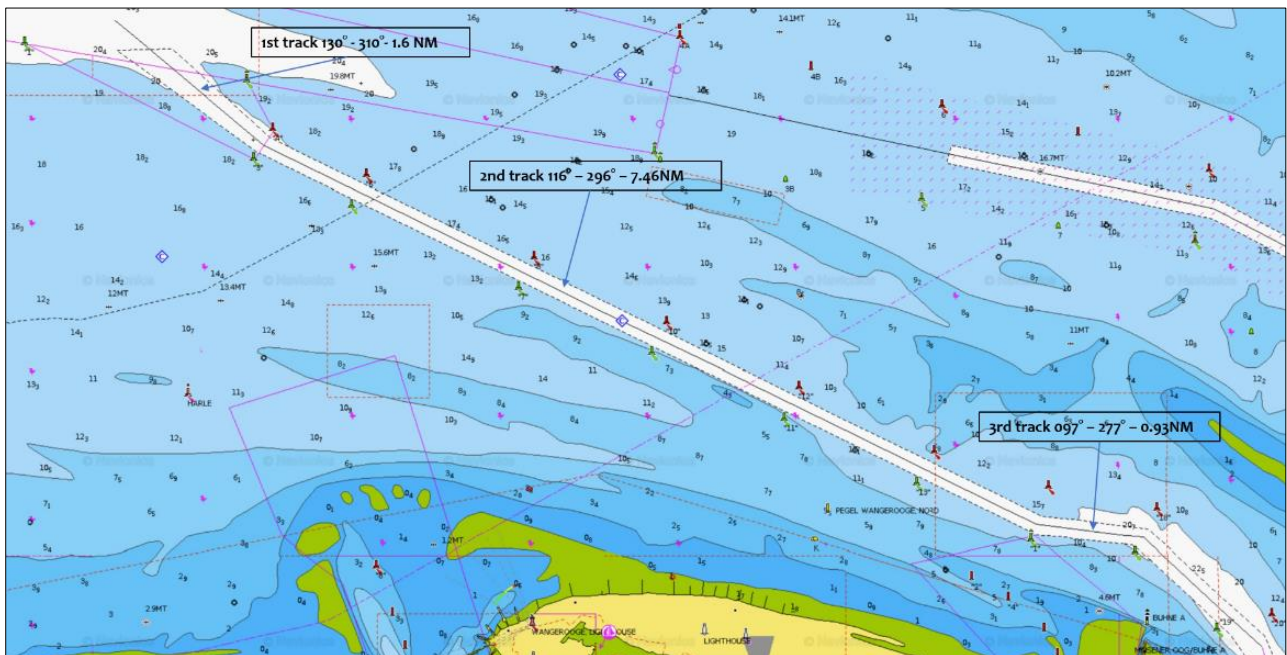


Abbildung 3-6: Jade/Tiefwasserfahrinne von Tonne Nr. 1 zu Tonnen 17 & 18 (Wangerooger Fahrwasser)

<sup>6</sup> Sailing directions (Enroute) North Sea, USG Pub. 192, 17. Ausgabe 2022



	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 39 von 79

Tabelle 3-2 Einzelheiten zu Trasse 1,2 und 3

Trasse	Wangerooger & Olde-Ooge-Rinne Tonne – Nummer	Kurs über Grund	Entfernung	Min. Breite bei SKN –17,6 m	$\Delta$ COG (course over ground; Kurs über Grund)	Radius
1	1	130–310°	1,6 NM	600–300 m	014°	1 NM
2	3/4–15/16	116–296°	7,46 NM	300 m	019°	1 NM
3	15/16–17/18	097–277°	0,93 NM	300–450 m	036°	0,9 NM

### Gezeiten und Strömungen<sup>7</sup>:

Am Eingang zum Wangerooger Fahrwasser beträgt der Tidenhub 4 m bei Springtiden und 2,8 m bei Nipptiden.

Im Wangerooger Fahrwasser folgt die einlaufende Strömung meist der Richtung der Fahrrinne. Dwars zum östlichen Ende von Wangerooge fließt ein Zweig dieser Strömung zwischen Wangerooge und dem Minsener Oog in S-Richtung. Die Hauptströmung fließt jedoch in OSO-Richtung in die Olde-Ooge-Rinne weiter.

Im Wangerooger Fahrwasser, dwars zum östlichen Ende von Wangerooge, beginnt die einlaufende Strömung 5 Stunden und 15 Minuten nach HW in Wilhelmshaven (die Referenzstation) zu fließen. Sie erreicht bis zu 3,3 Knoten bei Springtiden und 3 Knoten bei Nipptiden.

Die auslaufende Strömung beginnt 1 Stunde und 15 Minuten vor HW zu fließen. Sie erreicht bis zu 2,5 Knoten bei Springtiden und 2 Knoten bei Nipptiden.





Bei Stürmen aus W- bis NW-Richtung kommt es im Wangerooger Fahrwasser zu schweren Dünungen, insbesondere bei auslaufender Strömung und niedrigem Wasserstand. Bei starkem bis stürmischem Wind, insbesondere aus WNW-Richtung, und auslaufender Strömung ist das Meer in der Kurve der Fahrrinne nördlich und nordöstlich von Buhne A rau und aufgewühlt.

### Tiefen und Begrenzungen:

Die geplanten durch das Wangerooger Fahrwasser und die Olde-Ooge-Rinne verlaufenden Baggertiefen betragen 20,1 m bzw. 19,4 m.

Außergewöhnlich große Fahrzeuge auf der Jade sind definiert als Fahrzeuge, die 430 m Lúa und 65 m Breite überschreiten, sowie als Massengutfrachter mit über 350 m Lúa und 60 m Breite. Es bestehen Tiefgangsbeschränkungen von 20 m für einlaufende bzw. 19 m für auslaufende Fahrzeuge; diese Schiffe sind gezeitenabhängig und dürfen nur einlaufen, wenn die angeführten projektierten Tiefen existieren. Alle außergewöhnlich großen Fahrzeuge, Hochgeschwindigkeitsschiffe, Luftkissenfahrzeuge und ungewöhnlich großen Schleppverbände müssen unmittelbar vor der Einfahrt in die Jade die Genehmigung der Wasserschutzpolizei Wilhelmshaven einholen.

<sup>7</sup> Sailing directions (Enroute) North Sea, USG Pub. 192, 17. Ausgabe 2022

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 40 von 79

Die Tonnen sind ca. 150 m außerhalb der Fahrrinnengrenze von -17,6 m platziert.

### Versetzung durch Jade/Tiefwasserfahrrinnen Trassen 4 und 5

Abbildung 3-7 zeigt die Trassen 4 und 5 in der Jade; Tabelle 3-3 bietet entsprechende Details.

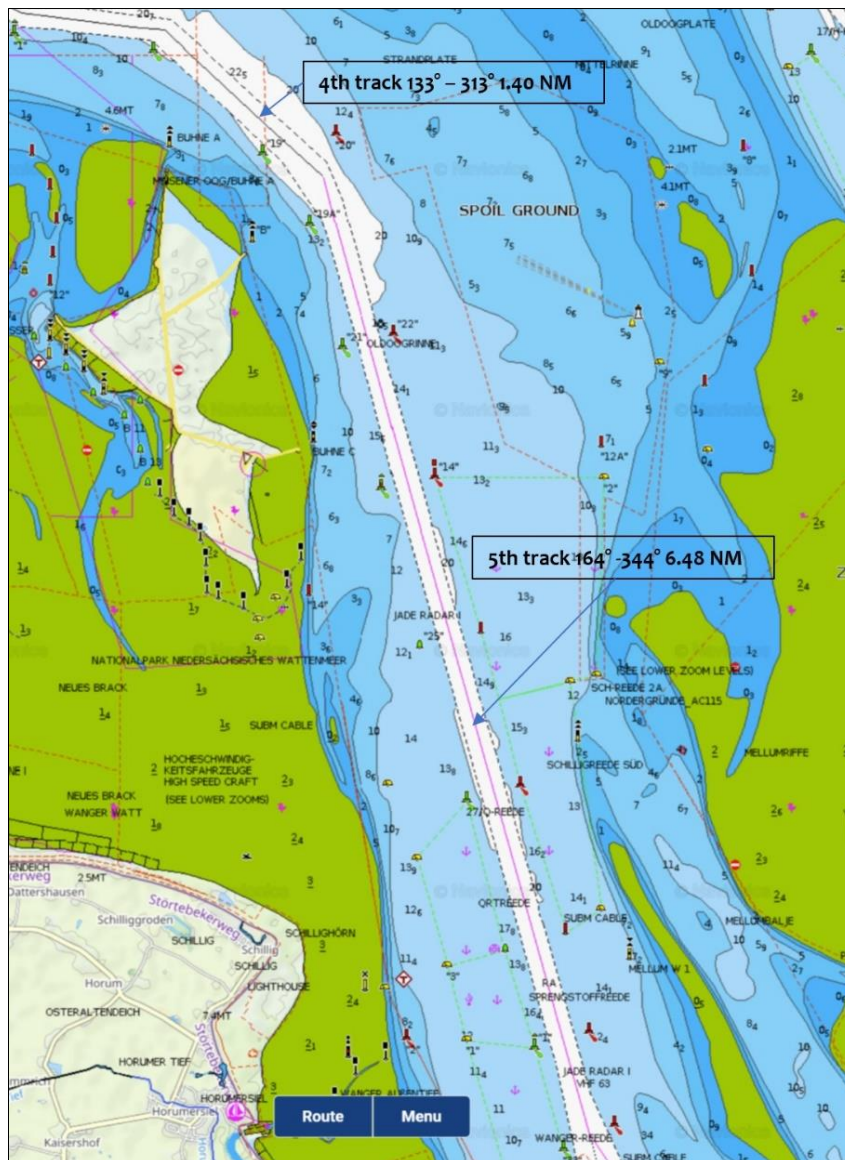


Abbildung 3-7: Jade/ Hauptfahrrinne von Tonne Nr. 17/18 zu Tonnen 33/34 (Olde-Ooge-Rinne)







  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 41 von 79





Tabelle 3-3 Einzelheiten zu Trasse 4 und 5

Trasse	Olde-Ooge-Rinne Tonne – Nummer	Kurs über Grund	Entfernung	Min. Breite bei SKN –17,6 m	$\Delta$ COG ( <i>course over ground</i> ; Kurs über Grund)	Radius
4	17/18–19/20	133–313°	1,38 NM	660–730 m	032°	1 NM
5	19/20–33/34	165–345°	6,47 NM	300–430 m	019°	1 NM

#### Gezeiten und Strömungen:

In der Olde-Ooge-Rinne wird die einlaufende Strömung von Buhne A (der nördlichsten aller Buhnen auf dem Minsener Oog) in SSO-Richtung und dann von Buhne B in S-Richtung umgeleitet. Im südöstlichen Teil des Wangerooger Fahrwassers könnte die einlaufende Strömung Schiffe zur Südseite des Fahrwassers treiben; in der Olde-Ooge-Rinne könnten Schiffe zur Ostseite des Fahrwassers getrieben werden.

Die auslaufende Strömung fließt in der Regel in die entgegengesetzten Richtungen.

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 42 von 79

### 3.3.2 Versetzung durch Jade/Tiefwasserfahrinnen Trasse 6

Abbildung 3-8 zeigt die Trasse 6 in der Jade; Tabelle 3-4 bietet entsprechende Details.

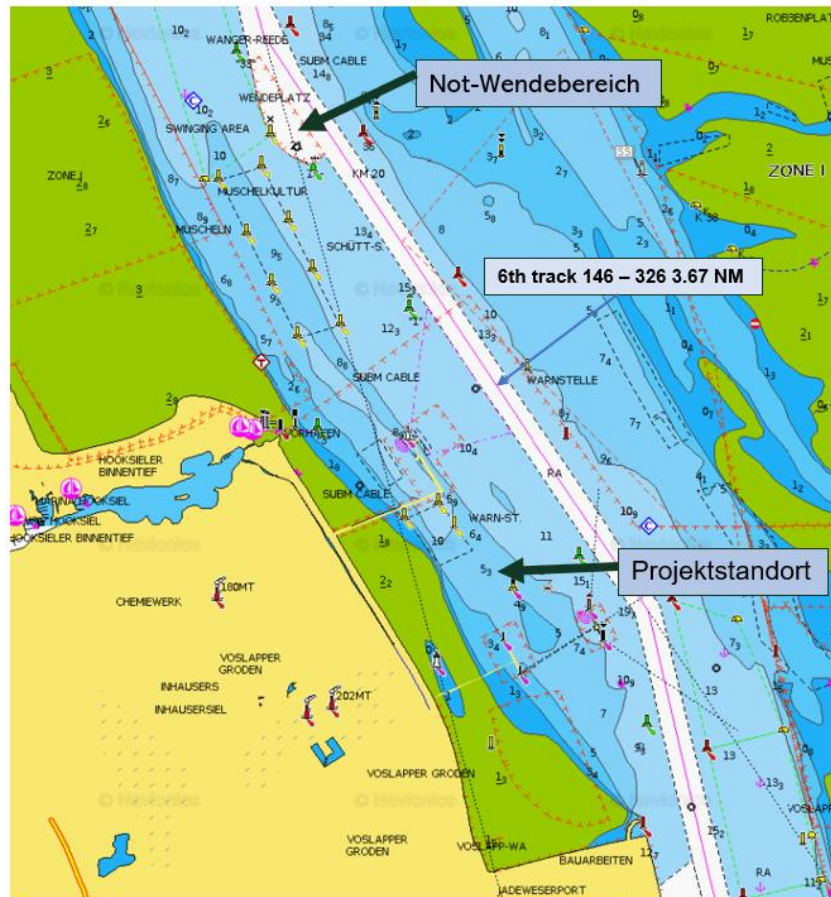






Abbildung 3-8: Jade/ Hauptfahrinne von Tonne Nr. 33/34 zu Tonne 41 (Schillig-Reede)

Tabelle 3-4 Einzelheiten zu Trasse 6

Trasse	Schillig-Reede Tonne – Nummer	Kurs über Grund	Entfernung	Min. Breite bei SKN –17,6 m	ΔCOG (course over ground; Kurs über Grund)	Radius
6	33/34–41	146–326°	3,67 NM	300 m	032°	1 NM

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 43 von 79

### Gezeiten und Strömungen:

Im Fahrwasser die Schillig-Reede erreichen die ein- und auslaufenden Strömungen Höchstgeschwindigkeiten von 3 Knoten bei Springtiden und 2,5 Knoten bei Nipptiden. Südlich von Schillig-Reede folgen die Strömungen mehr oder weniger der Richtung der Fahrwasser mit etwas geringeren Geschwindigkeiten.

Zwischen den Tonnen 33/34 und 35/36 geht ein Wendebereich mit einem Durchmesser von 670 m ab. Die Lotsen wechseln in der Nähe von Tonne 33.

### 3.4 Manöverstrategie beim Einlaufen des LNG-Tankers

Die Bewertung der Manöverstrategie beruhte auf folgenden Annahmen:

- Verwendete Seekarte: Navionics;
- Ein beladener LNG-Tanker benötigt bei einer Geschwindigkeit von 12 Knoten und 12,5 m Tiefgang eine Wassertiefe von 14,4 m (20 % Kieffreiheit);
- 4 ASD-Schlepper verfügbar: 2 x 80 tpb + 2 x 60 tpb.

#### 3.4.1 Manöverstrategie bei Einlaufen des LNG-Tankers

##### 3.4.1.1 Versetzung durch Verkehrstrennungsgebiet / Jade / Versetzung durch Fahrrinne.

Die Revierlotsen steigen an der Position zu, die in Abschnitt 2.5 beschrieben ist.

Der LNG-Tanker fährt mit voller Manövriergeschwindigkeit, was 13 Knoten entspricht, durch das Wasser voraus.

Die Drehungen haben einen Radius von 1 Meile, und die Drehgeschwindigkeit kann mit folgender Näherungsformel berechnet werden.





$$V = \omega * R$$

$V$  = Geschwindigkeit über Grund (GPS),  $\omega$  = ROT,  $R$  = Radius in NM

Die Formel ergibt, dass die Kurven mit einer Drehgeschwindigkeit von 12 °/min gefahren werden können.

Bei der Wanger-Reede nahe Tonne Nr. 33 wird die Geschwindigkeit auf 6–7 Knoten verringert, was der Maschineneinstellung halbe Fahrt voraus entspricht. An dieser Position geht der Revierlotse von Bord, kommt der Hafenlotse an Bord und wird der Heckschlepper achtern mit einer Leine (±60 m) an der Mittelleine befestigt. Der Heckschlepper verringert und hält die Geschwindigkeit durchs Wasser auf einer Geschwindigkeit, die sich dazu eignet, den vorderen Schlepper mit einer Leine (±60 m) Bug an Bug zu befestigen.

Bei einigen Azimut-Heckschleppern sind für die sichere Bug-an-Bug-Befestigung möglicherweise niedrige Schiffsgeschwindigkeiten von beispielsweise 3–4 Knoten geboten, wohingegen bei anderen, leistungsfähigeren Azimut-Heckschleppern eine Geschwindigkeit von etwa 5–6 Knoten empfohlen

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 44 von 79

wird. Dies gilt in ruhigem Wasser. Bei leistungsstarken Schleppern können die Geschwindigkeiten etwas höher sein, sobald die Schleppleine befestigt ist.<sup>8</sup>

Darüber hinaus hält der Achterschlepper die Geschwindigkeit des Schiffes niedrig, zum Beispiel auf 3–4 Knoten. Dies ist langsamer als halbe Fahrt voraus, und das Schiff lässt seine Maschinen weiterhin laufen, um steuern zu können. Wenn der Wendeort näher kommt, ist es hilfreich, die Geschwindigkeit zu drosseln. Dadurch wird zugleich die Querschwung des Propellers vermieden, wenn die Maschinen achteraus laufen Abbildung 3-9.

Die Seitenschlepper werden an den Haltepfählen auf der Steuerbordseite befestigt, wenn die Geschwindigkeit unter 4 Knoten fällt.

Versetzungszeit zum Drehen der Position gesamt – ca. 3 Stunden und 30 Min.

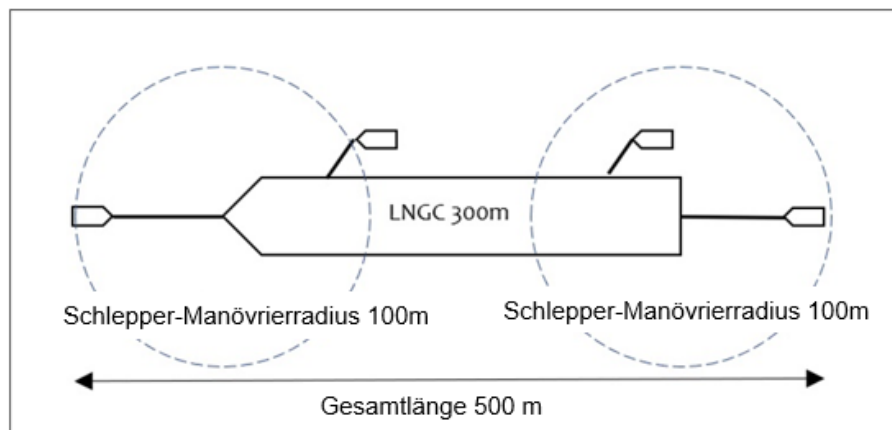






Abbildung 3-9: Schlepperkonfiguration bei der Anfahrt zum Wenden

### 3.4.1.2 Wenden des LNG-Tankers

Das Schiff wird im Stillstand im Wasser über Steuerbord gewendet. Bei Fluttide in einer Position rechtwinklig zum Anlandeterminal, weil sich das Schiff aufgrund der Fluttide in SO-Richtung bewegt. Bei Ebbe in Position südöstlich des Anlandeterminals, weil sich das Schiff aus dem gleichen Grund in nordwestliche Richtung bewegt.

Beim Wenden muss der erforderliche Platzbedarf berücksichtigt werden. Wie in Abbildung 3-10 gezeigt wird, hängt die Position des Drehpunktes (ein Punkt auf der Längsachse des Schiffes, hinsichtlich dessen festgestellt wurde, dass er keinem Querverschub unterliegt) von der Strömungsrichtung ab, sodass der Drehpunkt während der Fluttide nahe am Bug und während der Ebbtide am Heck liegt.

<sup>8</sup> Bow tug operations with ASD tugs von Capt. Henk Hensen

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 45 von 79

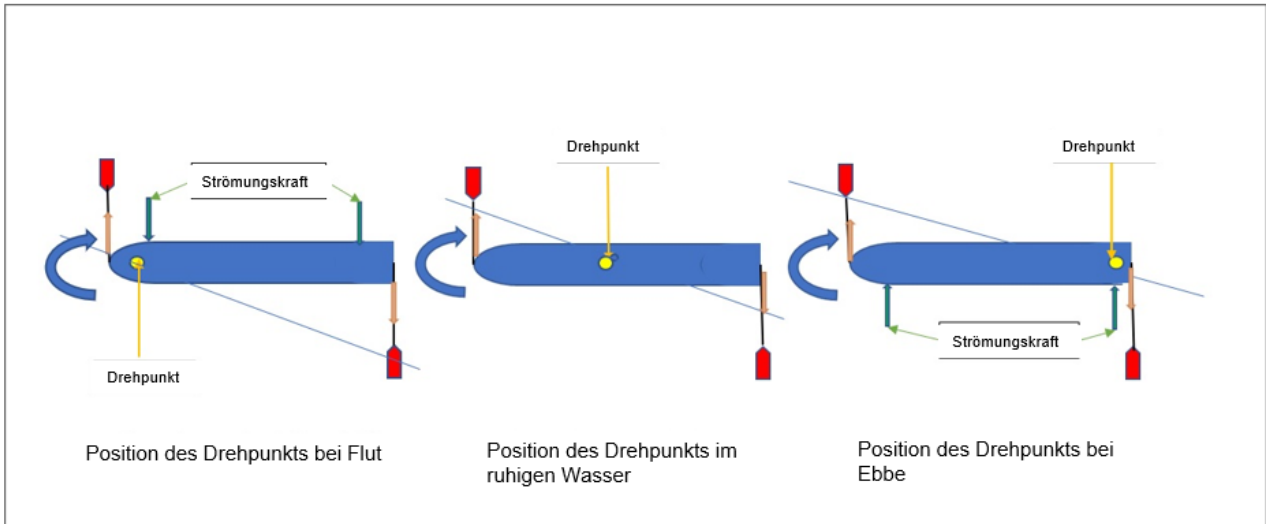


Abbildung 3-10: Position des Drehpunkts beim Wenden über Steuerbord

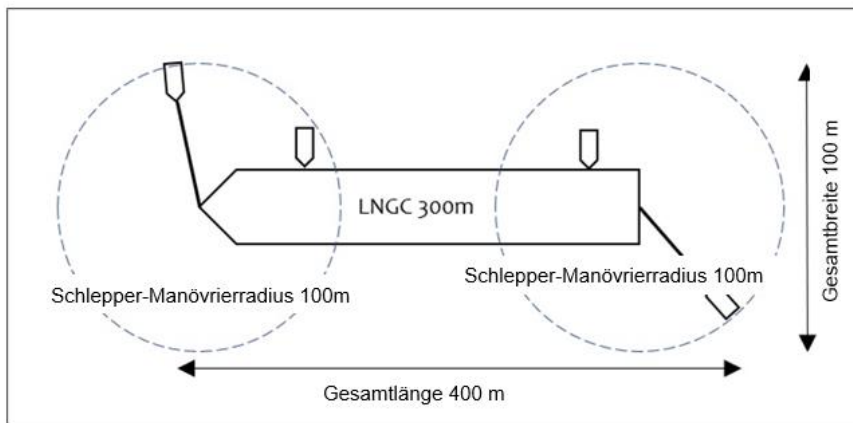






Abbildung 3-11: Schlepperkonfiguration beim Wenden über Steuerbord

Beim Wenden über Steuerbord kann der vordere Steuerbordschlepper auch auf der Backbordseite positioniert werden, um den Wendevorgang zu unterstützen. Dafür ist es allerdings erforderlich, dass der Schlepper während des Manövers zurück auf die Steuerbordseite fährt, um die Drehung zu bremsen und das Schiff in Richtung der Anlegestelle zu schieben. Dieser Positionswechsel dauert einige Zeit und verursacht zusätzliche Risiken.

### 3.4.1.3 Anfahrt und Anlegen

Der LNG-Tanker fährt aus südöstlicher Richtung an die FSRU heran. Alle vier Schlepper sind untereinander verbunden. Der LNG-Tanker wird in einem Abstand von etwa einer Schiffsbreite parallel zur FSRU über Grund angehalten.

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 46 von 79

Das Anlegen an den pneumatischen Fendern entlang der FSRU erfordert eine hohe Steuerbarkeit des LNG-Tankers. Das Anlegen bei Stillwasser (Abbildung 3-12), ohne Strömung oder der Flutströmung zugewandt, ist wesentlich besser steuerbar als das Anlegen bei Ebbeströmung von achtern (Abbildung 3-13). Beim Anlegen in der Flutströmung wird der Fahrt nach achtern mithilfe der Hauptmaschine entgegengewirkt. Während des Anlegens bei Ebbeströmung muss der Heckschlepper das Schiff über Grund im Stillstand halten. Und der Heckschlepper wird zur Positionierung des Hecks eingesetzt.

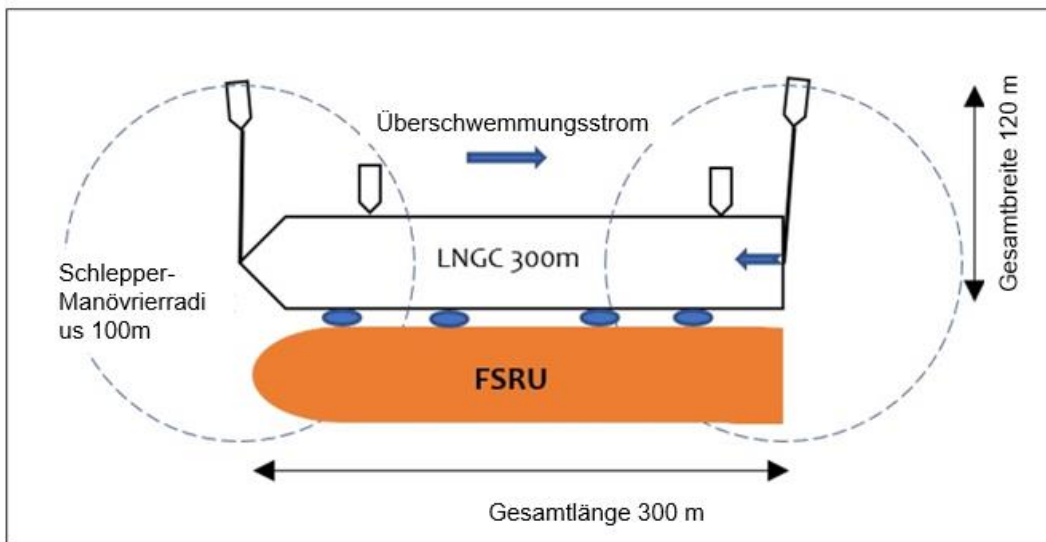


Abbildung 3-12: Schlepperkonfiguration beim Anlegen im Hafen entlang der FSRU in Flutide und Stillwasser

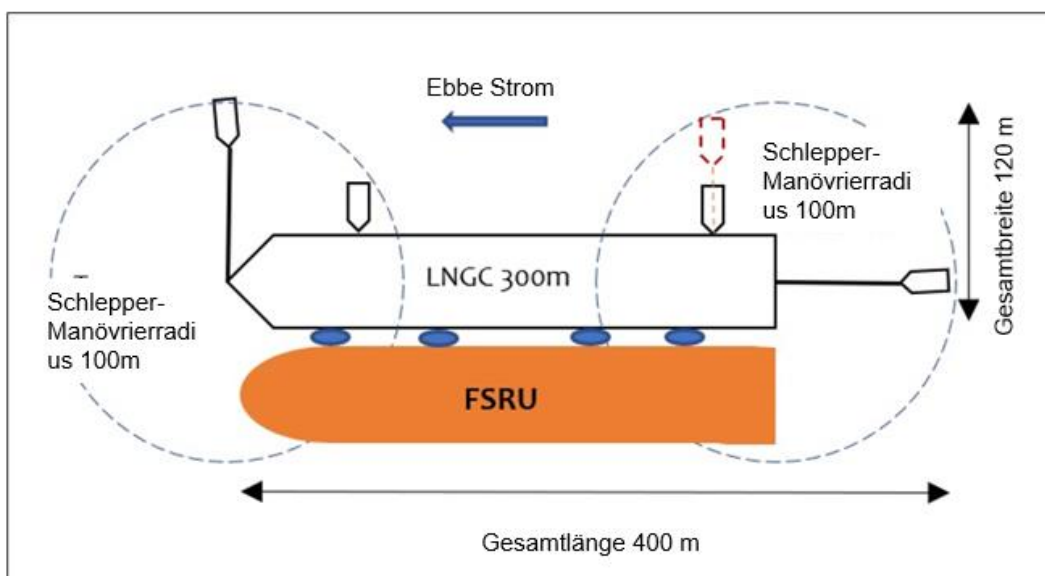






Abbildung 3-13: Schlepperkonfiguration beim Anlegen im Hafen entlang der FSRU in Ebttide

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 47 von 79

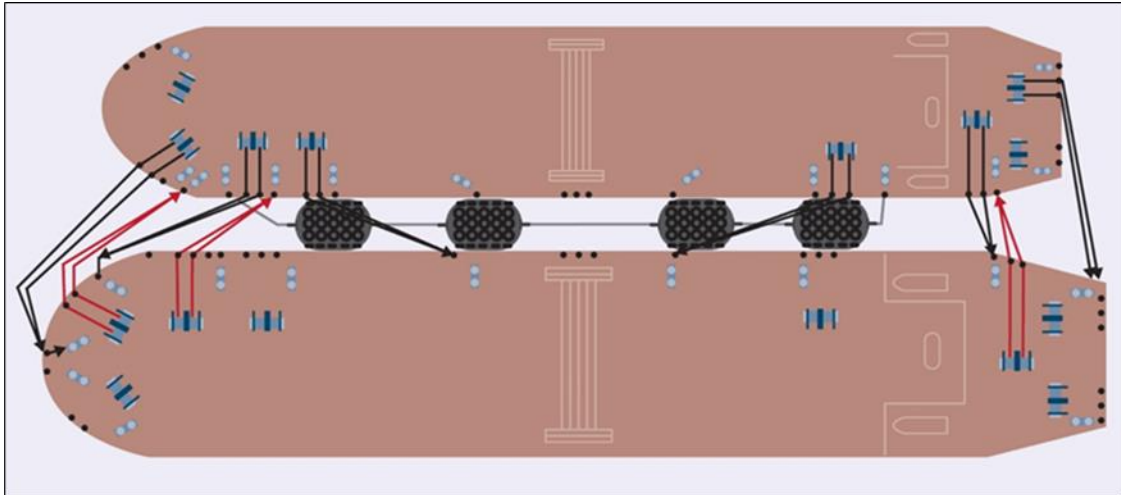






Abbildung 3-14: Beispiel für einen Schiff-zu-Schiff-Vertäuplan (Quelle: STS transfer guide (CDI/ICS/OCIMF/SIGTTO))

### 3.4.2 Manöverstrategie bei Auslaufen des LNG-Tankers

Da bei Manövern im Zusammenhang mit der Trennung von Schiffen das Risiko eines direkten Kontakts von Stahl auf Stahl besteht, müssen die entsprechenden Vorgänge sorgfältig geplant und umgesetzt werden.

Während des Loswerfens der Leinen muss der LNG-Tanker besonders gut steuer- bzw. beherrschbar sein, damit er entlang der Fender (Abbildung 3-14) der FSRU in Position gehalten werden kann. Aus diesem Grund werden vier Schlepper verwendet. Das Manöver kann sowohl bei Flut- als auch bei Ebbeströmungen durchgeführt werden. Die entsprechenden Grenzwerte müssen in Echtzeitsimulationen bestimmt werden. Die zu befolgende Strategie besteht darin, den LNG-Tanker im Stillstand über Grund zu halten, um hohe Lasten auf den Vertäuleinen und -vorrichtungen zu verhindern. Nach dem Loswerfen der Leinen richtet sich der LNG-Tanker zum sicheren Einlaufen in die Hauptfahrrinne aus.

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 48 von 79

## 4 Methodik zur nautischen Risikobewertung

### 4.1 Einleitung

In der vorliegenden Studie wird die Sicherheit des LNG-Tankerumschlags im Verhältnis zu anderem Schiffsverkehr bewertet. Es wird davon ausgegangen, dass der Betrieb normalerweise sicher ablaufen kann. In der vorliegenden Sicherheitsstudie werden die Risiken und Folgen von menschlichem und technischem Versagen bewertet.

Mit den „Guidelines for formal safety assessment (FSA) for use in the IMO rule-making process“ liegen Richtlinien der Internationalen Seeschiffahrts-Organisation (IMO) vor [International Maritime Organization, 2002. Guidelines for formal safety assessment (FSA) for use in the IMO rulemaking process]. In einer formellen Risikoabschätzung wie dem FSA werden alle möglichen Gefahren strukturiert und systematisch identifiziert und bewertet. Das Verfahren besteht im Wesentlichen aus fünf Schritten:

1. Identifizierung von Gefahren (Liste aller relevanten Unfallszenarien samt potenzieller Ursachen und Folgen),
2. Risikobewertung (Beurteilung der Risikofaktoren),
3. Risikokontrolloptionen (Ausarbeitung von Regulierungsmaßnahmen zur Kontrolle und Minderung der identifizierten Risiken),
4. Kosten-Nutzen-Bewertung (Bestimmung der Wirtschaftlichkeit von Risikokontrollmaßnahmen) und
5. Empfehlungen für die Entscheidungsfindung (Informationen über die Gefahren, die damit verbundenen Risiken und die Wirtschaftlichkeit alternativer Risikokontrollmaßnahmen).

Diese Sicherheitsstudie handelt es sich nicht um eine formelle Risikoabschätzung im Sinne eines FSA. Die Studie konzentriert sich auf die Risiken des LNG-Tankers, die mit dem Fahren von der und zur FSRU verbunden sind, und auf die Risiken von Kollisionen vorbeifahrender Schiffe mit der FSRU. Nicht im Auftragsumfang enthalten sind andere Unfälle wie etwa Vorfälle im Rahmen von LNG-Entladevorgängen oder Grundberührungen im sonstigen Verkehr.

In der vorliegenden Studie wurden die ersten drei FSA-Schritte durchgeführt, also eine Identifizierung von Gefahren, eine Risikobewertung und eine Evaluierung der Risikokontrolloptionen.





In den nächsten Abschnitten wird zunächst kurz der Bewertungsansatz der Risiken im Zusammenhang mit den fahrenden LNG-Tankern und der vertäuten FSRU erläutert.

### 4.2 Risiken, die aus den fahrenden LNG-Tankern resultieren

Die Risikobewertung für die LNG-Tanker beim Anfahren, Wenden, Vertäuen und späteren Verlassen der FSRU beruht auf Gutachten und Befragungen eines Kapitäns. Für eine detaillierte Risikobewertung wurde die Fahrtrasse in Abschnitte unterteilt. Es wurden die folgenden Schritte befolgt:

1. Identifizierung von Gefahren (Liste aller relevanten Unfallszenarien samt potenzieller Ursachen und Folgen),
2. Risikobewertung (Beurteilung der Risikofaktoren),



  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 49 von 79

3. Unterbreitung von Risikokontrolloptionen (Ausarbeitung von Regulierungsmaßnahmen zur Kontrolle und Minderung der identifizierten Risiken).

#### 4.2.1 Identifizierung von Gefahren

In einem internen Workshop erfolgte eine Gefahrenidentifikation eines fahrenden LNG-Tankers. Es wurden alle möglichen Gefahren aufgelistet und kurz beschrieben. In dieser Projektphase wurde nur ein interner Workshop mit IMDC-Nautikexperten abgehalten..

#### 4.2.2 Risikobewertung

Nach der Gefahrenidentifikation (HAZID) wurde eine Zuordnung der Häufigkeit ihres Eintretens vorgenommen. Zudem wurde die Schwere der Folgen bewertet. Mit der Häufigkeit und den Folgen lässt sich das Risiko bestimmen, das aus einer Gefahr herrührt.





Die Einstufung der Gefahren erfolgte gemäß IMO- und PIANC-Richtlinien nach Häufigkeits- und Folgenklassen. Die Häufigkeitsklassen sind in Tabelle 4-1 und die Folgen(schwere) klassen in Tabelle 4-2 angegeben.

Tabelle 4-1: Häufigkeitsklassen der Gefahren

A	B	C	D
In der <b>Branche</b> aufgetreten	Im <b>Unternehmen</b> aufgetreten oder mehr als einmal jährlich in der <b>Branche</b>	Am <b>Standort</b> aufgetreten oder mehr als einmal jährlich im <b>Unternehmen</b>	Mehr als einmal jährlich am <b>Standort</b> aufgetreten

Tabelle 4-2: Folgenklassen je Gefahrentyp

Schwere	Menschen	Sachen	Umwelt	Ruf
0	Keine Verletzung oder gesundheitliche Folgen	Kein Schaden	Keine Beeinträchtigung	Keine Schädigung
1	Geringfügige Verletzung oder gesundheitliche Folgen	Geringfügiger Schaden	Geringfügige Beeinträchtigung	Geringfügige Schädigung
2	Kleinere Verletzung oder gesundheitliche Folgen	Kleinerer Schaden	Kleinere Beeinträchtigung	Begrenzte Schädigung
3	Größere Verletzung oder gesundheitliche Folgen	Lokaler Schaden	Lokale Beeinträchtigung	Beträchtliche Schädigung
4	Einzelner Todesfall	Größerer Schaden	Größere Beeinträchtigung	Größere nationale Schädigung
5	Mehrere Todesfälle	Beträchtlicher Schaden	Erhebliche Beeinträchtigung	Erhebliche internationale Schädigung

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 50 von 79





Nachdem die beiden Skalen für Häufigkeit und Folge (Schwere) definiert sind, können die verschiedenen Szenarien ausgewertet und in einer Matrix veranschaulicht werden, siehe Tabelle 4-3. Anschließend werden die wichtigsten identifizierten Risiken eingehend untersucht, um Risikominderungsmaßnahmen zu ergreifen.

Tabelle 4-3: Matrix zur qualitativen Risikobewertung

Folge					Zunehmende Wahrscheinlichkeit			
Schwere	Menschen	Sachen	Umwelt	Ruf	A	B	C	D
0	Keine Verletzung oder gesundheitliche Folgen	Kein Schaden	Keine Beeinträchtigung	Keine Schädigung	<b>Für kontinuierliche Verbesserung sorgen</b>			
1	Geringfügige Verletzung oder gesundheitliche Folgen	Geringfügiger Schaden	Geringfügige Beeinträchtigung	Geringfügige Schädigung				
2	Kleinere Verletzung oder gesundheitliche Folgen	Kleinerer Schaden	Kleinere Beeinträchtigung	Begrenzte Schädigung				
3	Größere Verletzung oder gesundheitliche Folgen	Lokaler Schaden	Lokale Beeinträchtigung	Lokale Schädigung		<b>Risikomindernde Maßnahmen einbeziehen</b>		
4	Einzelner Todesfall	Größerer Schaden	Größere Beeinträchtigung	Größere nationale Schädigung				
5	Mehrere Todesfälle	Beträchtlicher Schaden	Erhebliche Beeinträchtigung	Erhebliche internationale Schädigung		<b>Screening-Kriterien verfehlt</b>		

#### 4.2.3 Risikokontrolloptionen

Gefahren in den inakzeptablen Bereichen (hochrisikobehaftet) werden eingehender untersucht, um mögliche Risikokontrolloptionen zu ermitteln. Bei dieser Untersuchung werden auch die Hauptursachen der Hauptunfallszenarien, einschließlich Human Factors, erfasst. Dies bildet dann die Grundlage für die Bewertung der Risikokontrolloptionen (Risk Control Option, RCO).

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 51 von 79

## 5 Risikobewertung

### 5.1 Einleitung

Für eine detaillierte Risikobewertung wurden die Navigationsvorgänge in verschiedene Abschnitte unterteilt. Für jeden Abschnitt wurden die spezifischen Risiken ermittelt, ihre Schwere bewertet und Risikominderungsmaßnahmen vorgeschlagen.

Die verschiedenen Abschnitte wurden bewertet und die Risiken je Manöverabschnitt beurteilt. Zudem erfolgte eine Auflistung der Risiko-/Versagensmöglichkeiten.

Die Ergebnisse der Risikobewertung werden für jeden Manöverabschnitt mit dem LNG-Tanker angegeben. Diese Abschnitte werden aufgrund der unterschiedlichen nautischen Risiken für den LNG-C getrennt behandelt. Die Ergebnisse werden in Tabellenform dargestellt. Die Risikotabelle ist wie folgt gegliedert:

1. Aktivität (welches Gebiet und Manöver analysiert wird);
2. Event-ID;
3. Art des Versagens;
4. Ursache für das Versagen;
5. Folge des Versagens;
6. Vorgeschlagene Risikominderungsmaßnahme & -hinweise.

### 5.2 Gefahrenidentifikation (HAZID)



In den folgenden Tabellen Tabelle 5-1 bis Tabelle 5-7, werden die identifizierten Gefahren je Manöverabschnitt dargestellt.

#### 5.2.1 Einlaufen

##### 5.2.1.1 A. Fahrt vom Lotseneinstieg zum Jadezugang

Tabelle 5-1 Fahrt vom Lotseneinstieg zum Jadezugang

Nr.:	Art des Versagens	Ursache	Folge	Minderung
A1	Kollision mit anderem Schiff	Navigierfehler Fehlkommunikation Stromausfall	Schaden am Schiffsrumpf	Radarbeobachtungen Kollisionsvorschriften (Colregs) anwenden Closed-Loop-Kommunikation über VTS
A2	Positionierungs- oder Orientierungsfehler	Fehleinschätzung verfügbarer Informationen	Positionierungs- oder Orientierungsfehler	Kontinuierliche Positionsbeobachtung über Radar/ECDIS/GPS/PPU (Portable Pilot Unit, ein vom Lotsen mitgeführtes Gerät, das unabhängig von der Schiffsausrüstung arbeitet)





	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 52 von 79

Nr.:	Art des Versagens	Ursache	Folge	Minderung
A3	Abseits der Trasse aufgrund von Wind/Strömung/Wellendrift	Verlust der Lagekenntnis	Erheblicher Unfall Schaden am Schiffsrumpf	Korrekturwinkel (Drift) anwenden, um der dargestellten Trasse zu folgen
A4	Kommunikationsfehler	Fehlkommunikation	Position abseits der Trasse	Brückenteam im Umgang mit Brückenressourcen schulen
A5	Instrumentenausfall	Technisches Versagen	Verlust der genauen Positionsbestimmung Position abseits der Trasse	Zur visuellen Positionsbestimmung wechseln. Anmerkung: Schiff verfügt über zusätzliches ECDIS. Lotse hat tragbares Gerät dabei.
A6	Ausfall des Hauptmotors/-ruders Stromausfall	Technisches Versagen	Schiff nicht unter Kontrolle Schwerwiegender Unfall	Einsatz von Begleitschlepper. Anmerkung: Stabile Nutzung des Maschinenraums.





### 5.2.1.2 B: Versetzung durch Jade/Fahrrinne

Tabelle 5-2 Versetzung durch Jade/Fahrrinne

Nr.	Art des Versagens	Ursache	Folge	Minderung
B1	Kursänderung zu spät eingeleitet	Wheel-over-Point falsch	Position abseits der Trasse	Korrekte Passagenplanung mit markierten Wheel-over-Punkten. PPU verwenden
B2	Positionierungs- oder Orientierungsfehler	Fehleinschätzung verfügbarer Informationen	Position abseits der Trasse	Zu vorgesehener Trasse zurückkehren Schiffsposition überwachen
B3	Abseits der Trasse aufgrund von Wind/Strömungsdift	Wind/Strömung nicht berücksichtigt	Position abseits der Trasse	Zu vorgesehener Trasse zurückkehren Schiffsposition überwachen Umgebungsgrenzwerte festlegen
B4	Schräglage	–	–	Versetzung durch Tiefwasser
B5	Grundberührung	Schiff weit abseits der Trasse	Schwerwiegender Unfall Schaden am Schiffsrumpf	Schiffsposition und -bewegungen überwachen

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 53 von 79





Nr.	Art des Versagens	Ursache	Folge	Minderung
				Anmerkung: Versetzung durch Tiefwasser parallel zu Flachwasser
B6	Ausfall der Steuerungskommunikation	Menschliches Versagen Fehlkommunikation	Position abseits der Trasse	Eindeutige Ruderwinkel- und Kursanweisungen erteilen Ruderanzeige beachten, Steuermann korrigieren
B7	Schiff auf Kollisionskurs	Kollision mit anderem Schiff	Erheblicher Unfall Rumpfschaden	Colregs (Kollisionsvorschriften) anwenden. UKW-Funkverbindung herstellen VTS-Tracking. Visuelle Signalisierung
B8	Kollision mit ATON	Schiff abseits der Trasse	Erheblicher Unfall	Schiffsposition und -bewegungen überwachen Zu vorgesehener Trasse zurückkehren
B9	Instrumentenausfall	Technisches Versagen	Verlust der genauen Position	Zur visuellen Positionsbestimmung wechseln. PPU verwenden
B10	Ausfall des Hauptmotors/-ruders	Technisches Versagen	Schiff nicht unter Kontrolle	Einsatz von Begleitschlepper. Kontrollierte Grundberührung
B11	Versagen der Schleppverbindung	Zu hohe Schiffsgeschwindigkeit	Schleppverbindung nicht möglich	Geschwindigkeit bei konstantem Kurs drastisch reduzieren und Motor stoppen Hinweis: Achterner ASD-Schlepper befestigt Bug an Heck

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 54 von 79

### 5.2.1.3 C: Wenden

Tabelle 5-3 Wenden





Nr.:	Art des Versagens	Ursache	Folge	Minderung
C1	Wenden zu früh oder zu spät eingeleitet	Wheel-over-Point falsch	Abseits vorgesehener Trasse der Wendeposition	Korrekte Passagenplanung mit markierter Wendeposition. PPU-Prognosemodus verwenden
C2	Positionierungs- oder Orientierungsfehler	Fehleinschätzung verfügbarer Informationen Verlust der Lagekenntnis	Abseits vorgesehener Wendeposition der Trasse in Tiefwasser	Zu vorgesehener Position zurückkehren Wendeposition und Drehgeschwindigkeit des Schiffes überwachen. PPU-Prognosemodus verwenden Crew-Training
C3	Brechen der Schleppleine vorwärts/achtern	Hohe Belastung auf Schleppleine	Schlepper kann nicht unterstützen	Schlepperkapitän schulen. Anmerkung: Unwahrscheinlich bei ASD-Schleppern (Schleppleine an Spannwinde)
C4	Schlepperausfall	Schlepper nicht unter Kontrolle	Schlepper kann nicht unterstützen	Anfahrtsmanöver abbrechen und an sicheren Ort fahren Schlepper müssen wie ausgelegt arbeiten können
C5	Versagen der Schlepperkommunikation	Keine Funkverbindung mit Schlepper	Keine Kommunikation	Ersatzvorrichtung oder Schiffspfeife verwenden
C6	Instrumentenausfall	Technisches Versagen	Verlust der genauen Position	Zur visuellen Positionsbestimmung wechseln. PPU verwenden
C7	Ausfall des Hauptmotors/-ruders	Technisches Versagen	Schiff nicht unter Kontrolle	Manöver abbrechen und mit Schlepperunterstützung an sicheren Ort fahren

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 55 von 79

### 5.2.1.4 D: Anfahrt an Liegeplatz

Tabelle 5-4 Anfahrt an Liegeplatz

Nr.	Art des Versagens	Ursache	Folge	Minderung
D1	Position und Bewegung nicht gut unter Kontrolle	Fehleinschätzung verfügbarer Informationen Verlust der Lagekenntnis	Abseits vorgesehener Trasse zur FSRU-Position	Zu vorgesehener Position zurückkehren Schiffsposition und -geschwindigkeit überwachen. PPU-Prognosemodus verwenden Crew-Training
D2	Schlepperausfall	Schlepper nicht unter Kontrolle	Schlepper kann nicht unterstützen	Anfahrtsmanöver abbrechen und an sicheren Ort fahren Anmerkung: Schlepper müssen wie ausgelegt arbeiten können
D3	Brechen der Schleppleine	Hohe Belastung auf Schleppleine	Schlepper kann nicht unterstützen	Anfahrt abbrechen. Schlepperkapitän schulen. Anmerkung: Unwahrscheinlich bei ASD-Schleppern (Schleppleine an Spannwinde)
D4	Versagen der Schlepperkommunikation	Keine Funkverbindung mit Schleppern.	Keine Kommunikation	Ersatzvorrichtung oder Schiffspfeife verwenden
D5	Instrumentenausfall	Technisches Versagen	Verlust der genauen Positionsbestimmung Abseits vorgesehener Trasse	Verfügbare Geräte verwenden, tragbares Gerät des Lotsen oder ECDIS. Falls nicht präzise, Vorgang abbrechen
D6	Ausfall des Hauptmotors/-ruders	Technisches Versagen	Schiff nicht unter Kontrolle	Manöver abbrechen und an sicheren Ort fahren. Schiff unter Schlepperkontrolle





  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 56 von 79

### 5.2.1.5 E: Anlegen

Tabelle 5-5 Anlegen

Nr.	Art des Versagens	Ursache	Folge	Minderung
E1	Position und Bewegung nicht gut unter Kontrolle	Fehleinschätzung verfügbarer Informationen Verlust der Lagekenntnis	Position nicht parallel zur FSRU und/oder ungeeignete Längs- oder Quergeschwindigkeit	Schiff mithilfe der Schlepper stoppen und Kontrolle wiederherstellen. PPU verwenden. Professionelles Brückenteammanagement Lotsenschulung
E2	Ausfall des Seitenschleppers	Schlepper nicht unter Kontrolle	Schlepper kann nicht unterstützen	Umpositionierung 2. Seitenschlepper in Betracht ziehen Schlepper müssen wie ausgelegt arbeiten können
E3	Ausfall des Schleppers an der Schleppleine	Schlepper nicht unter Kontrolle	Schlepper kann nicht unterstützen	Schlepperstandort überdenken
E4	Schlepp- oder Schiffsleine im Propeller	Brechen der Schleppleine aufgrund hoher Belastung. Unzureichende Verwendung von Leinen Fehlkommunikation	Beschädigter Propeller Schlepper kann nicht unterstützen Verlust der Steuerung	Vertäuprotokolle, die vom Lotsen/Kapitän sowie vom Land- und Bordpersonal zu befolgen und ordnungsgemäß zu überwachen sind. Schlepperkapitän schulen. Anmerkung: Unwahrscheinlich bei ASD-Schleppern (Schleppleine an Spannwinde)
E5	Ausfall des Leinenwerfers (Vertäuboot nicht betriebsbereit)	Ausfall des Leinenwerfers (Vertäuboot nicht betriebsbereit)	Auswerfen der Vertäuleinen nicht möglich	Verzögerung beim Vertäuen. Jagerleine mit Wurfleine überbringen Schiff wird durch Schlepper in Position gehalten
E6	Versagen der Schlepperkommunikation	Keine Funkverbindung mit Schleppern	Keine Kommunikation	Ersatzvorrichtung oder Schiffspfeife verwenden
E7	Versagen von Winden oder Leinen	Technisches Versagen	Auswerfen oder Einholen der Vertäuleine nicht möglich	Schlepper halten LNG-Tanker in Position. Ablegesequenz anpassen. Windenleistung wiederherstellen







  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 57 von 79

## 5.2.2 Auslaufen

### 5.2.2.1 F: Ablegen und Klarmachen der FSRU

Tabelle 5-6 Ablegen und Klarmachen der FSRU





Nr.:	Art des Versagens	Ursache	Folge	Minderung
F1	Schiff längsseits nicht stabil	LNG-Tanker bewegt sich entlang der Fender und ist winklig zur FSRU	LNG-Tanker kontaktiert FSRU	LNG-Tanker mithilfe der Schlepper in Position halten. Korrektes Ablegeverfahren einrichten (Sequenz) Korrekte Kommunikation
F2	Vertäuleinen in Schwimmfendern verfangen	Spring bleiben an Schwimmfendern hängen	Verzögerung beim Ablegen. Beschädigung an Fender-Rigs	LNG-Tanker vor Entfernen der Spring von Fendern lösen Korrekte Ablegeverfahren befolgen und ordnungsgemäß durch Lotsen und Kapitän überwachen lassen
F3	Versagen der Schlepperkommunikation	Keine Funkverbindung mit Schleppern	Keine Kommunikation	Ersatzvorrichtung oder Schiffspfeife verwenden
F4	Versagen von Winden	Technisches Versagen	Vertäuleine kann nicht abgerollt/ingerollt werden Verzögerung beim Ablegen	Ablegesequenz anpassen Windenleistung wiederherstellen. Loses Leinenende mithilfe einer anderen Winde an Deck ziehen
F5	Schlepperausfall	Technisches Versagen des Schleppers	Schlepper kann nicht unterstützen	Ablegen stoppen und Schlepper wechseln oder anderen Schlepper umpositionieren
F6	Ausfall des Hauptmotors/-ruders	Technisches Versagen	Schiff nicht unter Kontrolle	Maschine/Ruder vor Auslaufen testen LNG-Tanker verlässt den Standort unter Kontrolle der Schlepper

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 58 von 79



### 5.2.3 G: Risiko einer Anfahrung durch vorbeifahrende Schiffe beim Anlaufen des Anlandeterminals 2 der HES bzw. beim Verlassen

Tabelle 5-7 Risiko einer Anfahrung durch vorbeifahrende Schiffe beim Anlaufen des Anlandeterminals 2 der HES bzw. beim Verlassen

Nr.	Art des Versagens	Ursache	Folge	Minderung
G1	Kursänderung zu spät eingeleitet	Wheel-over-Point falsch	Position abseits der Trasse	Korrekte Passagenplanung mit markierten Wheel-over-Punkten. PPU verwenden
G2	Positionierungs- oder Orientierungsfehler	Fehleinschätzung verfügbarer Informationen	Position abseits der Trasse	Zu vorgesehener Trasse zurückkehren. Schiffsposition überwachen
G3	Abseits der Trasse aufgrund von Wind/Strömungsdrift	Wind/Strömung nicht berücksichtigt	Position abseits der Trasse	Zu vorgesehener Trasse zurückkehren. Schiffsposition überwachen. Umgebungsgrenzwerte festlegen
G4	Schräglage	Schiff abseits der Trasse	Position abseits der Trasse	Schiffsgeschwindigkeit drosseln und zu vorgesehener Trasse zurückkehren
G5	Grundberührung	Schiff abseits der Trasse	Schwerwiegender Unfall Schaden am Schiffsrumpf	Schiffsposition und -bewegungen überwachen.
G6	Ausfall der Steuerungskommunikation	Menschliches Versagen Fehlkommunikation	Position abseits der Trasse	Eindeutige Ruderwinkel- und Kursanweisungen erteilen. Ruderanzeige beachten, Steuermann korrigieren
G7	Schiff auf Kollisionskurs	Kollision mit anderem Schiff	Erheblicher Unfall Rumpfschaden	Kollisionsvorschriften (Colregs) anwenden. UKW-Funkverbindung herstellen. VTS-Tracking. Visuelle Signalisierung
G8	Anfahrung mit ATON	Schiff abseits der Trasse	Erheblicher Unfall	Schiffsposition und -bewegungen überwachen. Zu vorgesehener Trasse zurückkehren
G9	Anfahrung des TES-Anlandeterminals	Schiff weit abseits der Trasse	Erheblicher Unfall	Schiffsposition und -bewegungen überwachen.

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 59 von 79

Nr.	Art des Versagens	Ursache	Folge	Minderung
				Zu vorgesehener Trasse zurückkehren
G9	Instrumentenausfall	Technisches Versagen	Verlust der genauen Position	Zur visuellen Positionsbestimmung wechseln. PPU verwenden
G10	Ausfall des Hauptmotors/-ruders	Technisches Versagen	Schiff nicht unter Kontrolle	Einsatz von Begleitschlepper. Kontrollierte Grundberührung
G11	Versagen der Schleppverbindung	Zu hohe Schiffsgeschwindigkeit	Schleppverbindung nicht möglich	Geschwindigkeit bei konstantem Kurs drastisch reduzieren und Motor stoppen. Hinweis: Achterner ASD-Schlepper befestigt Bug an Heck



	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 60 von 79

### 5.3 Risk Assessment Matrix (RAM)



Die Risiken werden mithilfe der Punktetabelle in Zahlen umgesetzt, siehe Tabelle 5-8Tabelle 4-3.

Tabelle 5-8: Risk assessment matrix (RAM)





Nr.	Art des Versagens	Wahrscheinlichkeit	Menschen	Sachen	Umwelt	Ruf	Punktzahl
A: Fahrt vom Lotseneinstieg zum Jadezugang							
A1	Kollision mit anderem Schiff	A	1	3	3	2	
A2	Positionierungs- oder Orientierungsfehler	B	1	3	3	2	
A3	Abseits der Trasse aufgrund von Wind/Strömung/Wellendrift	B	1	3	3	2	
A4	Kommunikationsfehler	B	0	3	3	2	
A5	Instrumentenausfall	A	0	0	0	0	
A6	Ausfall des Hauptmotors/-ruders/Stromausfall	A	1	3	3	2	
B: Versetzung durch Jade/Fahrrinne							
B1	Kursänderung zu spät eingeleitet	B	0	2	2	0	
B2	Positionierungs- oder Orientierungsfehler	B	1	3	3	2	
B3	Abseits der Trasse aufgrund von Wind/Strömungsdift	C	1	3	3	2	
B4	Schräglage	-	-	-	-	-	
B5	Grundberührung	B	1	3	3	3	
B6	Ausfall der Steuerungskommunikation	A	0	1	1	1	
B7	Schiff auf Kollisionskurs	B	1	3	3	3	
B8	Kollision mit ATON	A	0	2	2	2	
B9	Instrumentenausfall	A	0	0	0	0	
B10	Ausfall des Hauptmotors/-ruders	A	1	3	3	2	
B11	Versagen der Schleppverbindung	B	1	1	1	1	

		Umgebung			
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN		Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05		
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU			Seite 61 von 79		

Nr.	Art des Versagens	Wahrscheinlichkeit	Menschen	Sachen	Umwelt	Ruf	Punktzahl
C: Wenden							
C1	Wenden zu früh oder zu spät eingeleitet	C	0	2	2	2	
C2	Positionierungs- oder Orientierungsfehler	C	0	2	2	2	
C3	Brechen der Schleppleine vorwärts/achtern	A	3	2	2	2	
C4	Schlepperausfall	A	1	2	2	2	
C5	Versagen der Schlepperkommunikation	A	0	1	1	1	
C6	Instrumentenausfall	A	0	0	0	0	
C7	Ausfall des Hauptmotors/-ruders	A	1	3	3	2	
D: Anfahrt an Liegeplatz							
D1	Position und Bewegung nicht gut unter Kontrolle	B	0	4	3	3	
D2	Schlepperausfall	A	1	3	3	3	
D3	Brechen der Schleppleine	A	1	2	2	2	
D4	Versagen der Schlepperkommunikation	A	0	1	1	0	
D5	Instrumentenausfall	A	0	0	0	0	
D6	Ausfall des Hauptmotors/-ruders	A	1	3	3	2	
E: Anlegen							
E1	Position und Bewegung nicht gut unter Kontrolle	B	0	4	3	3	
E2	Ausfall des Seitenschleppers	B	0	2	2	1	
E3	Ausfall des Schleppers an der Schleppleine	A	0	3	3	3	
E4	Schlepp- oder Schiffsleine im Propeller	B	0	3	3	2	
E5	Ausfall des Leinenwerfers (Vertäuboot nicht betriebsbereit)	A	0	1	1	1	
E6	Versagen der Schlepperkommunikation	A	0	1	1	0	

		Umgebung		
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN		Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05	
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU			Seite 62 von 79	

Nr.	Art des Versagens	Wahrscheinlichkeit	Menschen	Sachen	Umwelt	Ruf	Punktzahl
E7	Versagen von Winden oder Leinen	A	0	1	1	0	
F: Ablegen und Klarmachen der FSRU							
F1	Schiff längsseits nicht stabil	B	0	2	2	1	
F2	Vertäuleinen in Schwimmfendern verfangen	B	0	2	2	1	
F3	Versagen der Schlepperkommunikation	A	0	1	1	0	
F4	Versagen von Winden	A	0	2	2	1	
F5	Schlepperausfall	A	0	3	3	3	
F6	Ausfall des Hauptmotors/-ruders	A	0	3	3	2	
G: Risiko einer Anfahrt durch vorbeifahrende Schiffe beim Anlaufen des Anlandeterminals 2 der HES bzw. beim Verlassen							
G1	Kursänderung zu spät eingeleitet	B	0	2	2	0	
G2	Positionierungs- oder Orientierungsfehler	B	1	3	3	2	
G3	Abseits der Trasse aufgrund von Wind/Strömungsdrift	C	1	3	3	2	
G4	Schräglage	B	1	3	3	3	
G5	Grundberührung	B	1	3	3	3	
G6	Ausfall der Steuerungskommunikation	A	0	1	1	1	
G7	Schiff auf Kollisionskurs	B	1	3	3	3	
G8	Anfahrtung mit ATON	A	0	2	2	2	
G9	Anfahrtung des TES-Anlandeterminals	A	3	3	3	3	
G10	Instrumentenausfall	A	0	0	0	0	
G11	Ausfall des Hauptmotors/-ruders	A	1	3	3	2	





  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 63 von 79

#### 5.4 Zusammenfassung der Risiken

Die größten identifizierten Risiken bestehen in Folgendem:

1. Position abseits der Trasse aufgrund von Wind/Strömung/Wellendrift während Versetzung durch Fluss (B3 und G3);
2. Wenden des LNG-Tankers zu früh oder zu spät eingeleitet (C1);
3. Positionierungs- oder Orientierungsfehler beim Wenden des LNG-Tankers (C2);
4. Positionierungs- oder Orientierungsfehler beim Anfahrt an Liegeplatz des LNG-Tankers (D1);
5. Schlechte Positions- und Bewegungskontrolle beim Anlaufen des FSRU-Liegeplatzes (E1);
6. Verfangen der Schlepp- oder Schiffsleine beim Anlegen im Propeller (E4).

Diese Risiken und mögliche Minderungsmaßnahmen werden in Kapitel 6 näher erörtert.

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 64 von 79

## 6 Risikokontrolloptionen

### 6.1 Einleitung

Die LNG-Schifffahrt kann eine beispiellose Sicherheitsbilanz vorweisen. Seit Beginn des kommerziellen LNG-Betriebs im Jahr 1964 erfolgten mehr als 66.000 beladene Fahrten. Dabei wurden über sechs Milliarden Kubikmeter Flüssigerdgas (LNG) transportiert. Während dieses Zeitraums gab es nur drei Grundberührungen von Bedeutung. Keine von ihnen führte zu einem Abgang von LNG. Zudem kam es zu keinerlei ernsthaften Kollisionen mit einem LNG-Tanker. Diese positive Bilanz ist auf sehr hohe Standards bei Ausrüstung und Auslegung zurückzuführen, wofür die Doppelhüllenbauweise, gute Betriebspraktiken und erforderliches Sicherheitstraining beispielhaft sind.<sup>9</sup>

Zum Reduzieren eines Risikos (Unfallwahrscheinlichkeit und -folgen) kommen unterschiedliche Minderungsmaßnahmen oder Risikokontrollmöglichkeiten in Betracht. Diese Studie unterscheidet zwischen zwei Haupttypen an Maßnahmen: (bestehende) Standardmaßnahmen und zusätzliche Maßnahmen.

### 6.2 Risikokontrolloptionen

#### 6.2.1 Bewertung von bestehenden Maßnahmen

Die folgenden Maßnahmen bestehen bereits und müssen befolgt werden:

- Lotsenunterstützung im Revier- und Hafengebiet ist verpflichtend;
- Der Kurs des LNG-Tankers vom Meer durch das Verkehrstrennungsgebiet „German Bight Western Approach“ zum Liegeplatz wird von den Schiffsverkehrsdiensten „German Bight Traffic“ und „Jade Traffic“ überwacht;
- Großtankschiffe, die in die Jade einlaufen, werden mithilfe von Patrouillenboten der Wasserschutzpolizei durch das Verkehrstrennungsgebiet „Jade Approach“ begleitet;
- Auf bestimmten Abschnitten der Jade-Fahrinne ist es verboten, an andere Schiffe heranzufahren oder sie zu passieren. Diese Verbote gelten für Schiffe, die flüssige Gase befördern, für Schiffe mit über 250 m Länge oder über 13,5 m Tiefgang sowie für ungewöhnliche Schleppformationen. Zur Durchsetzung der Vorschriften koordiniert das Jade-Verkehrssicherungssystem die Bewegungen aller Schiffe;
- In den Seekarten sind Fahrtrassen definiert.





#### 6.2.2 Risikokontrolloptionen

Es wird empfohlen, die folgenden Risikominderungsmaßnahmen zu befolgen:

1. Einnehmen der empfohlenen Liegeplatzorientierung BOW-OUT (Backbordseite längsseits), um Notabfahrten zu vereinfachen. Ein Anlegen auf der Steuerbordseite macht es beim Auslaufen erforderlich, das Schiff zu wenden;
2. Professionelles Brückenteammanagement, das dem Team eine Arbeitsteilung erlaubt, und das ein präzises Navigieren und Handling der Schiffe beim Double-Banking-Manöver ermöglicht;

<sup>9</sup> Mike\_Hightower LNG 17 Paper



  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 65 von 79





3. Verwendung einer PPU während des Versetzens. Mithilfe der PPU haben Lotsen ein noch besseres Verständnis von der tatsächlichen Lage vor Ort, z. B. bezogen auf die Position in der Fahrrinne, die Wassertiefe, die Wetterbedingungen und anderen Verkehr in der Nähe. Somit sinkt bei Verwendung einer PPU die Wahrscheinlichkeit von Navigationsfehlern;
4. Den Lotsen sollten die Handhabung von großen LNG-Tankern bekannt sein, einschließlich der Verwendung einer Navigationshilfe für große Schiffe (PPU, tragbares Lotsengerät), um sich mit dem Double-Banking-Manöver vertraut zu machen;
5. Versetzung entsprechend genehmigtem Passagenplan mit geeigneter Schleppunterstützung;
6. Standardanlege- und -ablegeverfahren;
7. Den Lotsen müssen genaue Strömungs- und Wetterinformationen vorliegen;
8. Für Schiffsmanöver sollten Betriebskriterien in Form von Umgebungsgrenzwerten für Wind, Wellen, Strömung und Sichtweite definiert sein, die für erforderliche Sicherheitsmargen unter allen Betriebsbedingungen sorgen;
9. Beschränkungen für anderen Verkehr in bestimmten Bereichen. Während der Fahrt eines LNG-Tankers kann anderer Verkehr beschränkt werden, um sicherzustellen, dass andere Schiffe sich dem LNG-Tanker nicht so weit nähern, dass es zu einer Kollision kommen kann. Das Anwenden von Beschränkungen erfolgt durch die Hafenbehörde festgelegt;
10. Ausweisung von „Sperrzonen“ um die FSRU;
11. Für die Liegeplatzanfahrten und Anlegemanöver könnte es auch eine Option sein, die FSRU mit einem Anlegehilfssystem mit Echtzeitinformationen auszustatten;
12. Schiffe, die das Anlandeterminal 2 der HES mithilfe von Schleppern anlaufen, müssen an diesen befestigt sein, bevor sie die Sperrzone um die FSRU bzw. den LNG-Tanker passieren.

### 6.2.3 Bewertung von Schlepperunterstützung

Im Hafen von Wilhelmshaven verkehren sechs Schlepper vom Typ ASD und zwei vom Typ Voith Schneider. Sie alle verfügen über genügend Schleppleistung, um beim Wenden und Anlegen im Double-Banking-Manöver zu unterstützen. Bei technischen Problemen des LNG-Tankers können diese Schlepper das havarierte Schiff an einen sicheren Ort schleppen.

Ein technisches Versagen des Schleppers gilt als sehr geringes Risiko. Ausfälle treten in der Regel bei Änderungen an den Motoreinstellungen auf. Hierzu kann es bei der Inbetriebnahme kommen, nicht aber während eines Schleppvorgangs. Moderne Schlepper verfügen über alle möglichen neuen Techniken und Materialien, die weit zuverlässiger sind als früher. Zudem ist ihr Stromnetz stets komplett mit einer Reserve ausgelegt, die automatisch in Betrieb genommen wird.

Wenn auf einer Teilstrecke der Fahrstrecke ein Begleitschlepper anwesend ist, kann sich dies risikomindernd auf die Anzahl der zu erwartenden Grundberührungen im Fall eines Maschinenversagens auswirken. Angesichts der derzeitigen Lage vor Ort wird dies jedoch nicht als erforderlich erachtet.

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 66 von 79

## 7 Kollisionen durch vorbeifahrende Schiffe

### 7.1 Einleitung

Die Errichtung von Offshore-Anlagen und dauerhaft vertäuten Anlagen, wie einer FSRU, die sich in stark befahrenen Schiffsverkehrsregionen wie Küstennähe oder Häfen befinden, macht eine quantitative Kollisionsrisikoanalyse erforderlich. Die FSRU in Wilhelmshaven wird möglichen Driftkollisionen oder Kollisionen unter Motor durch vorbeifahrende Schiffe ausgesetzt sein. Daher wird eine probabilistische Kollisionsrisikoanalyse durchgeführt. Dies erfolgt unter Verwendung des für FSRUs genutzten Softwaretools IWRAP MKII kombiniert mit einer Datenbank mit automatischem Identifikationssystem (AIS). Das Programm IWRAP ist ein Modellierungstool, das für die maritime Risikobewertung verwendet wird. Hiermit lässt sich die Häufigkeit von Kollisionen und Grundberührungen in einer bestimmten Wasserstraße abschätzen, basierend auf dem anzutreffenden Verkehrsaufkommen, der Route und der Bathymetrie.

### 7.2 Methodik





#### 7.2.1 Kollision unter Motor

##### Annahmen:

1. Die FSRU wird als stationäres Bauwerk angenommen, d. h. ihre Position ist unbeeinflusst von mittlerer Wind-, Strömungs- und gleichmäßiger Wellendriftkraft.
2. Das Ereignis, dass die Position des Schiffes sich doch ändert, lässt sich als Poisson-Prozess beschreiben.

##### Szenarien:

1. Schiffe, die den üblichen und direkten Schifffahrtswegen folgen. Aufgrund der Ungenauigkeit ihrer Navigation und/oder der zur Verfügung stehenden meteorologischen und hydrologischen Daten weisen Schiffe, die einen bestimmten Kurs verfolgen, eine gewisse laterale Verteilung auf.
2. Schiffe, denen es nicht gelingt, ihren Kurs an einem Wegpunkt zu ändern Abbildung 7-1.

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 67 von 79

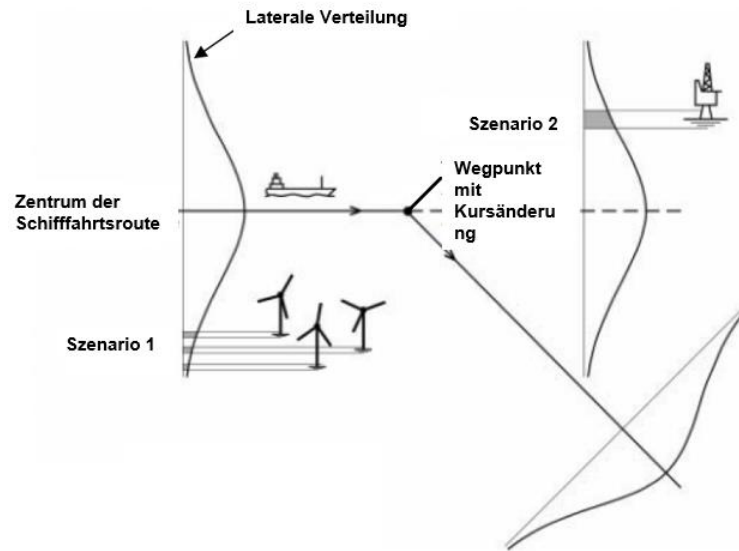


Abbildung 7-1 Kollisionsszenario I und II für Offshore-Anlagen

Mit IWRAP, einem geometrischen Modell, lässt sich die Anfahrungshäufigkeit für die beiden Szenarien anhand der folgenden Formeln abschätzen:

$$N_I = \sum_{\text{Ship class}, i} P_{c,i} Q_i \int_{Z_{\min}}^{Z_{\max}} f_i(z) dz$$

$$N_{II} = \sum_{\text{Ship class}, i} P_{c,i} Q_i \exp(-d/a_i) \int_{Z_{\min}}^{Z_{\max}} f_i(z) dz$$

wobei Folgendes gilt:

$a_i$  ist der durchschnittliche Abstand zwischen Positionsprüfungen durch den Nautiker.

$d$  ist die Entfernung vom Hindernis zur Kurve im Navigationskurs, der mit der lateralen Position des Schiffs variiert.





$i$  ist der Index für die Schiffsklasse, kategorisiert nach Schiffstyp und Eigengewicht oder Länge.

$f_i(z)$  ist die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion für den Schiffsverkehr.

$N_I$  ist die zu erwartende Anzahl von Anfahrungseignissen des Szenarios I pro Jahr.

$N_{II}$  ist die zu erwartende Anzahl von Anfahrungseignissen des Szenarios II pro Jahr.

$P_{c,i}$  ist die probabilistische Kausalität.

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 68 von 79

$Q_i$  ist die Anzahl der Schiffe der Klasse  $I$ , die einen Querschnitt der Trasse pro Jahr passieren.

$z$  ist die Koordinate in lotrechter Orientierung zur Trasse.

$Z_{max}$ ,  $Z_{min}$  sind die transversalen Koordinaten eines Hindernisses.

Wenn man annimmt, dass es sich bei der berechneten erwarteten Anzahl an Kollisionen von Schiffen unter Motor mit der FSRU um einen Poisson-Prozess handelt, dann errechnet sich die Wahrscheinlichkeit, dass es in einem Jahr zu Null Kollisionen kommt, wie folgt:  $P = 1 - \exp(-(N_I + N_{II}))$ .

Die obigen Modelle hängen vom Kausalitätsfaktor ab – von der Wahrscheinlichkeit, dass der Wachoffizier nicht rechtzeitig darauf reagiert, dass er auf Kollisionskurs ist. In dieser Analyse wird ein Kausalitätsfaktor von 0.00016 für Kollisionen unter Motor und für Driftkollisionen verwendet. Zudem wird sowohl für Passagierschiffe als auch für Schnellfähren ein Faktor von 20 zur Verringerung der Kausalität verwendet. Diese Werte wurden von den Experten der International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities (IALA) festgelegt.

### 7.2.2 Driftkollision

Zu einer Driftkollision kann es kommen, wenn bei einem Schiff der Antrieb oder die Steuerung ausfällt, und das Schiff unter dem Einfluss von Wind und Wellen auf die FSRU zutreibt. Derartige Kollisionen treten am wahrscheinlichsten bei Extremwetterverhältnissen auf.





Damit ein Schiff, das einen bestimmten Kurs verfolgt, auf eine nahegelegene FSRU zutreibt und mit ihr kollidiert, müssen die folgenden Bedingungen eintreten:

- Beim Schiff muss es zu einem Ausfall des Antriebssystems kommen.
- Die Windrichtung muss so sein, dass das Schiff auf die FSRU zutreibt.
- Jegliche Versuche, das Schiff wegzuschleppen, müssen fehlschlagen.
- Die eigenen Reparaturversuche des Schiffes, bevor es die FSRU erreicht, müssen fehlschlagen.

Die Häufigkeit von Kollisionen mit driftenden Schiffen wird wie folgt berechnet:

$$N_{collision}^{drift} = N_{ship} \int_{\psi=0}^{360} P_{wind}(\psi) \sum_{All\ segments} P_{blackout}(L_{segment}) \int_{x=0}^{L_{segment}} \int_{All\ v_{drift}} P_{no\ repara}(t_g|Z) P_{no\ anchoring}(t_g|Z) f(v_{drift}) dv_{drift} dx d\psi$$

Wobei Folgendes gilt:  $P_{wind}(\psi)$  ist die Wahrscheinlichkeit, dass der Wind aus der Richtung  $\psi$  kommt.  $P_{blackout}(L_{segment})$  ist die Wahrscheinlichkeit eines Stromausfalls entlang eines Streckenabschnitts der Länge  $L_{segment}$ .

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 69 von 79

$t_g$  ist die Entfernung zwischen dem Streckenabschnitt und der FSRU, geteilt durch die Driftgeschwindigkeit.

Die Wahrscheinlichkeit, dass keine Reparatur erfolgt, ergibt sich aus der entsprechenden Verteilungsfunktion der Reparaturzeitverteilung. Die Standard-Reparaturzeitverteilung wird als Weibull-Verteilung modelliert.

$$F_{repare}(t) = 1 - \exp(-at^b)$$

$$F_{no\ repare}(t) = \exp(-at^b)$$

Dabei beträgt der Skalenparameter  $a = 0,90$  und der Formparameter  $b = 0,45$ . Tabelle 7-1 zeigt angenommene Driftparameter, die bei der Berechnung der Häufigkeit von Kollisionen durch driftende Schiffe verwendet werden.





Tabelle 7-1 Driftparameter

Parameter		Werte von der IALA
Stromausfall-Häufigkeiten	Ro/Ro-Transporte und Passagierschiffe	0,1 pro Jahr
	Sonstige Schiffe	0,75 pro Jahr
Driftgeschwindigkeit		1,00 Knoten
Ankerwahrscheinlichkeit		0,7

## 7.3 Schiffsverkehrsanalyse

### 7.3.1 Vorbeifahrender Verkehr

In dieser Studie beruhen die Schiffsverkehrsdaten, die als Input für die Frequenzanalyse verwendet werden, auf AIS-Daten (Einzelne Schiffspositionen). Die AIS-Daten für den vorgesehenen FSRU-Standort in Wilhelmshaven, wurden für den Zeitraum von einem Jahr – von Oktober 2021 bis September 2022 – der Schiffsdatenbank *VesselFinder* entnommen. Die AIS-Daten gelten als repräsentativ für den jährlichen Schiffsverkehr, der in diesem Gebiet erwartet werden kann. Die in dieser Analyse verarbeiteten AIS-Daten liegen innerhalb des geografischen Bereichs von 8,079° O, 53,646° N; 8,119° O, 53,598° N; 8,202° O, 53,616° N; 8,159° O, 53,672° N. Die kartierten AIS-Daten und die vorgesehene FSRU sind unten in Abbildung 7-2 dargestellt.

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 70 von 79

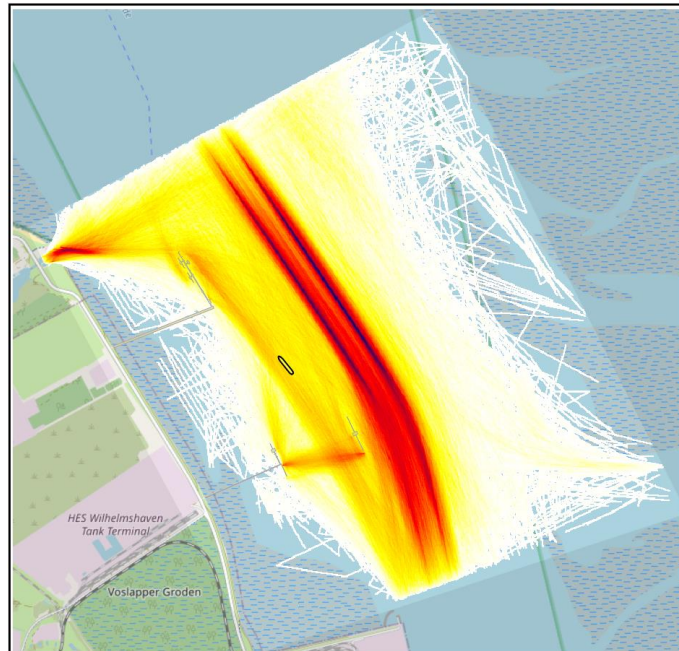


Abbildung 7-2 Schiffsverkehrsdichte auf Grundlage der AIS-Daten vom 1. Oktober 2021 bis 30. September 2022 und die vorgesehene FSRU (schwarz)

Die AIS-Daten bestehen aus aufeinanderfolgenden Positionsmeldungen jedes einzelnen Schiffes, das sich im ausgewählten geografischen Gebiet befindet. Im genannten Zeitraum wurden insgesamt 11.353 Schiffsbewegungen dokumentiert. Im Untersuchungsgebiet beträgt die mittlere Schiffsbewegungsrate von 2021 bis 2022  $\lambda = 31,10$  Schiffe/Tag (Abbildung 7-3), bei einer Standardabweichung von  $\sigma = 10,41$  (Abbildung 7-4).

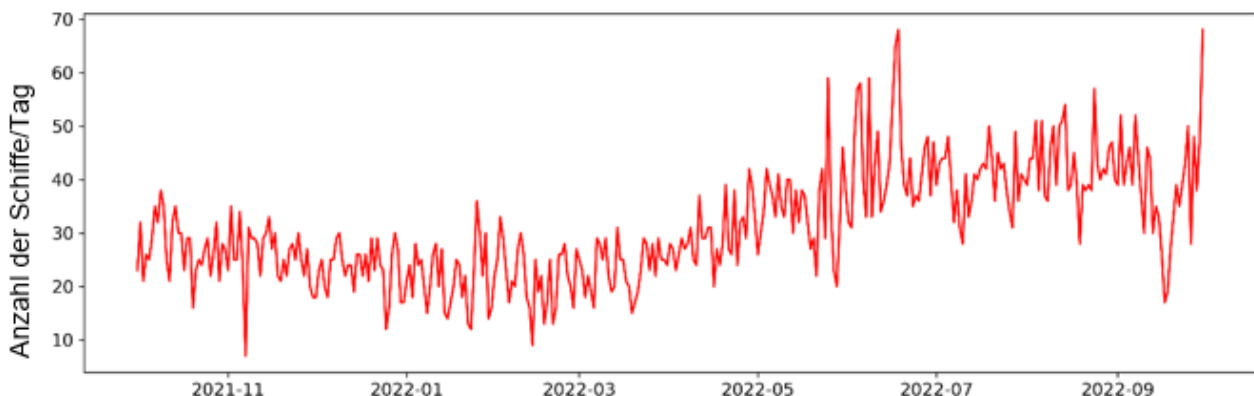






Abbildung 7-3 AIS-Schiffsaufzeichnungen pro Tag im Untersuchungsgebiet für den Zeitraum von Oktober 2021 bis September 2022

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 71 von 79

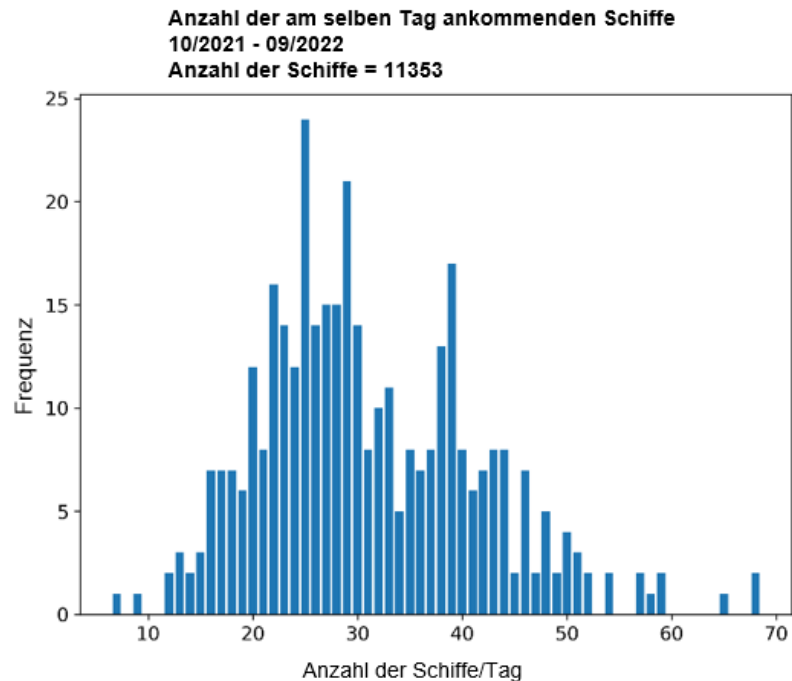






Abbildung 7-4 Häufigkeitsverteilung der Schiffsanzahl pro Tag im Untersuchungsgebiet für den Zeitraum von Oktober 2021 bis September 2022

Die Kategorisierung der Schiffe erfolgt anhand der in den AIS-Daten enthaltenen Angaben (siehe <https://api.vesselfinder.com/docs/ref-aistypes.html>). Anhand der in den Daten enthaltenen Identifikationsnummer werden untenstehend die folgenden Schiffstypen kategorisiert (Tabelle 7-2).

Tabelle 7-2 Schiffskategorisierung entsprechend der AIS-Identifikationsnummer

AIS-Identifikationsnummer	Schiffstyp
80–89	Tanker
70–79	Container-, Massengut- und Stückgutschiffe
60–69	Passagierschiffe, Fähren und Ro/Ro-Transporte
40–49	Hochgeschwindigkeitsschiffe
31–35, 50–59	Unterstützungsschiffe (Schleppdienste, militärische Einsätze, Lotsentätigkeit, Such- und Rettungs- und Vollzugsdienste, ...)
30	Fischereifahrzeuge
90, 99	Sonstige Schiffe

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 72 von 79

### 7.3.2 Schiffsverkehrsanalyse

Bei der Verkehrsmodellierung erfolgt eine Annäherung durch multilineare Mittellinien – die Trasse – und eine probabilistische Beschreibung der Verkehrsverteilung transversal zu dieser gedachten Mittellinie. Zur Modellierung des Schiffsverkehrs, der für den geplanten FSRU-Standort in Wilhelmshaven von besonderer Bedeutung ist – d. h. des Schiffsverkehrs in der Hauptfahrrinne sowie von der Hauptfahrrinne zum inneren Anlandeterminal 2 der HES und zum Insel-Anlandeterminal der HES –, wurden sechs Streckenabschnitte betrachtet. Die Abschnitte LEG 1 bis LEG 4 stehen für den Verkehr in der Hauptfahrrinne. Die Abschnitte LEG 5a und LEG 5b stehen für den Verkehr zum inneren Anlandeterminal 2 der HES. Die Abschnitte LEG 6a und LEG 6b stehen für den Verkehr zum und vom Insel-Anlandeterminal der HES (Abbildung 7-5).

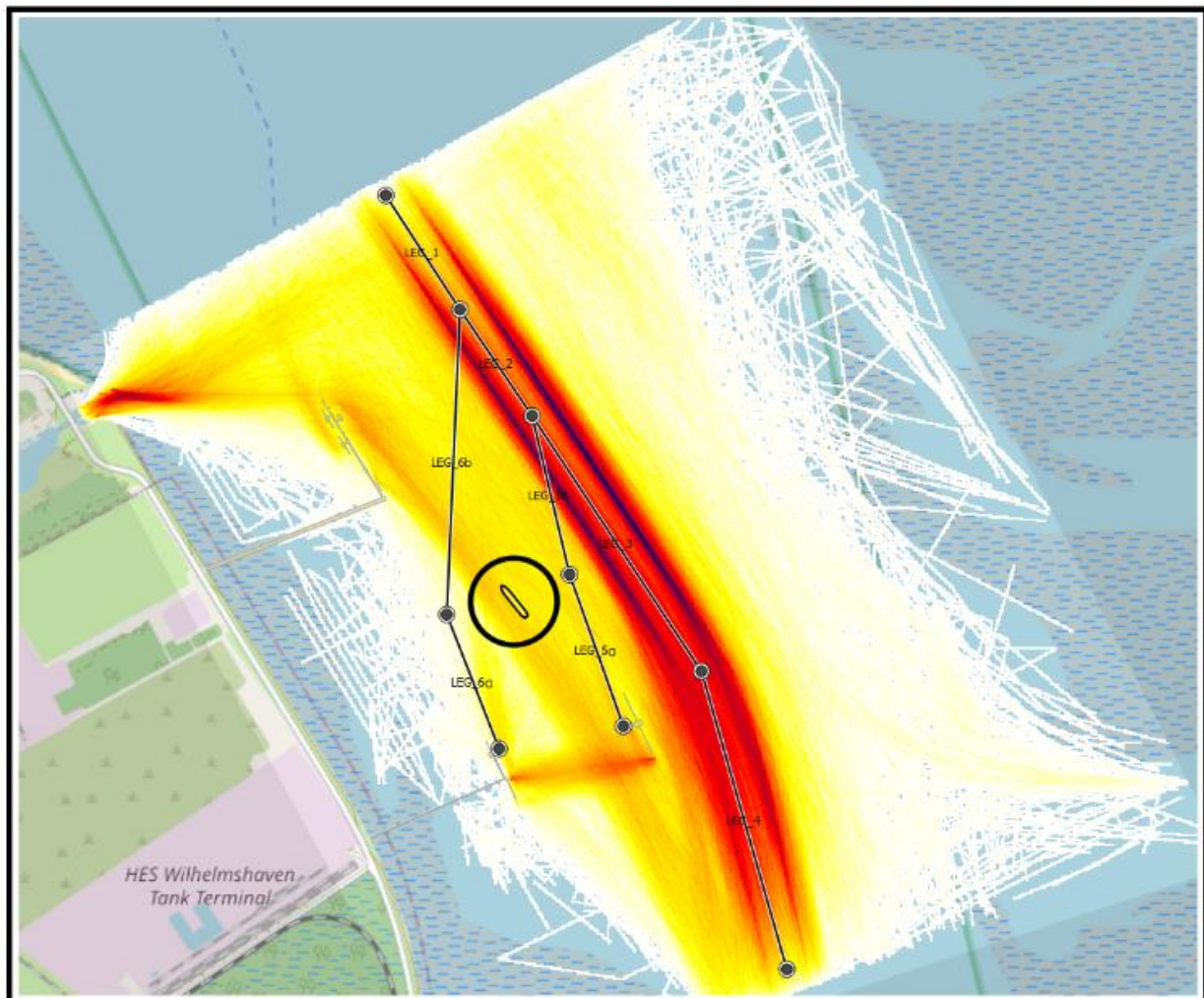






Abbildung 7-5 Künftige Schiffsverkehrsrouten mit Sperrzone (300-m-Umkreis)

Für eine übersichtliche Darstellung des derzeitigen Schiffsverkehrs auf den vorgesehenen Routen zu den beiden Anlandeterminals wurde der Schiffsverkehr in der Nähe der Anlandeterminals (Abschnitte



  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 73 von 79

LEG 5 und LEG 6) anhand der AIS-Daten extrahiert (Abbildung 7-6). Der Verkehr dieser Trassen wurde dann bei den vorgesehenen Streckenabschnitten LEG 5a–5b und LEG 6a–6b berücksichtigt.

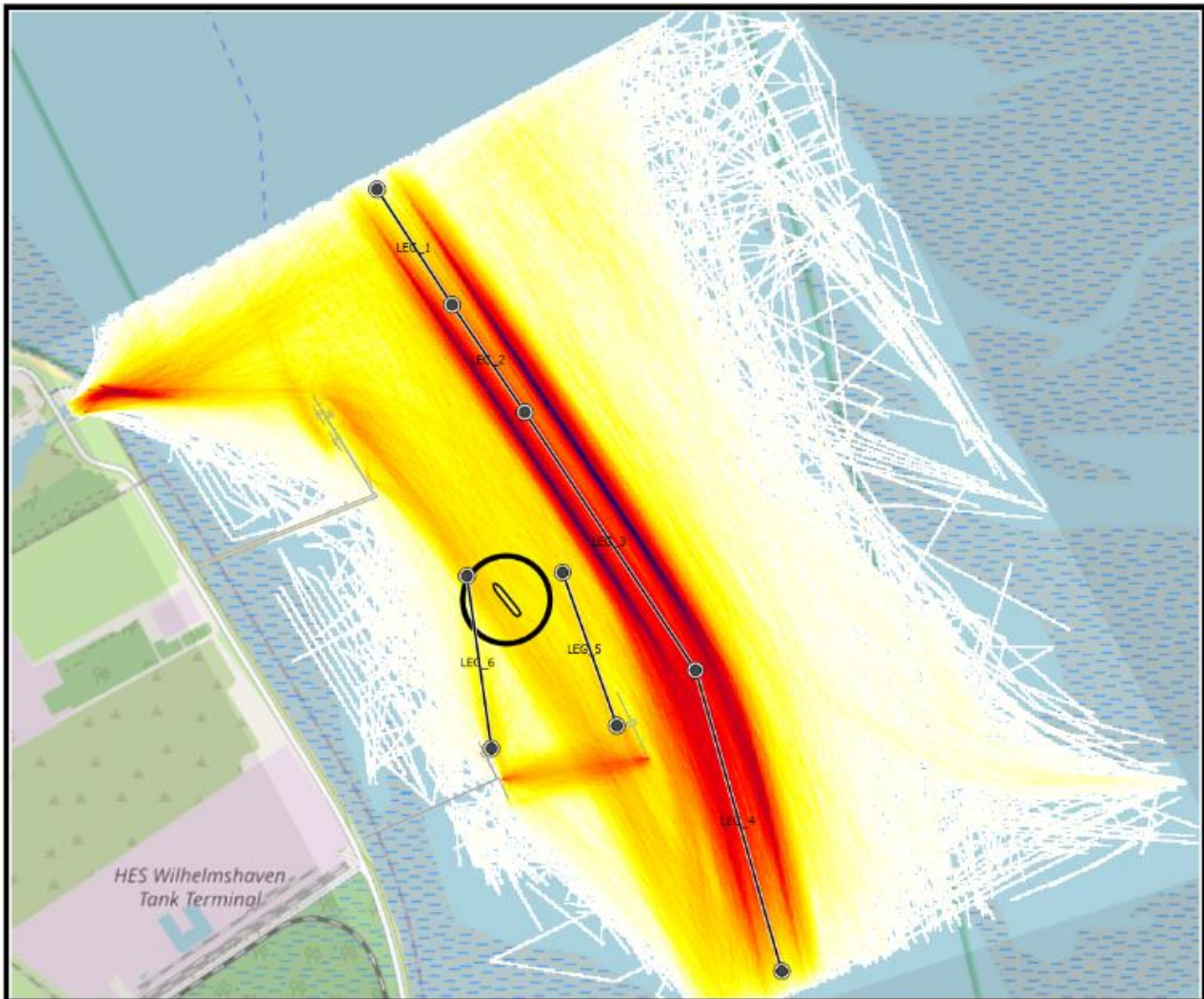




Abbildung 7-6 Bestehende Schiffsverkehrsrouten nahe der FSRU mit Sperrzone (300-m-Umkreis)

Tabelle 7-3 Gesamter Schiffsverkehr auf den Streckenabschnitten

Streckenabschnitt (LEG)	Richtung	SUMME	Tanker für Erdölprodukte	Stückgut-schiffe	Passagier-schiffe	Schnellfähren	Unterstützungs-schiffe	Fischereifahrzeuge	Freizeitboote	Sonstige Schiffe
LEG_1	Nord	1080	69	109	3	36	508	7	40	308
LEG_1	Süd	1926	186	213	14	46	808	21	72	566

		Umgebung			
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN		Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05		
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU			Seite 74 von 79		

LEG_2	Nord	3062	215	295	31	92	1370	29	110	920
LEG_2	Süd	3158	292	373	32	59	1347	27	128	900
LEG_3	Nord	4025	270	382	26	123	1860	45	143	1176
LEG_3	Süd	4471	349	562	29	81	1966	38	145	1301
LEG_4	Nord	4568	221	449	37	137	2404	47	110	1163
LEG_4	Süd	3098	198	394	20	39	1580	24	101	742
LEG_5a	Nord	118	12	0	4	0	101	0	0	1
LEG_5a	Süd	140	9	0	1	8	96	0	16	10
LEG_5b	Nord	118	12	0	4	0	101	0	0	1
LEG_5b	Süd	140	9	0	1	8	96	0	16	10
LEG_6a	Nord	93	48	0	0	0	43	0	2	0
LEG_6a	Süd	156	47	0	0	0	104	0	4	1
LEG_6b	Nord	93	48	0	0	0	43	0	2	0
LEG_6b	Süd	156	47	0	0	0	104	0	4	1

### 7.3.3 Schiffsverkehrsverteilung auf den Streckenabschnitten

Um das Risiko von Kollisionen mit der FSRU zu berechnen, müssen die Abweichungen des Schiffsverkehrs von diesen gedachten Mittellinien durch ein probabilistisches Modell beschrieben werden. Diese Abweichungen werden aus den beobachteten Abweichungen extrahiert – also über die Streuung der beobachteten Verkehrsdichte. Bei dieser Analyse wird die Normalverteilung an die dokumentierten AIS-Daten angepasst (Abbildung 7-7).

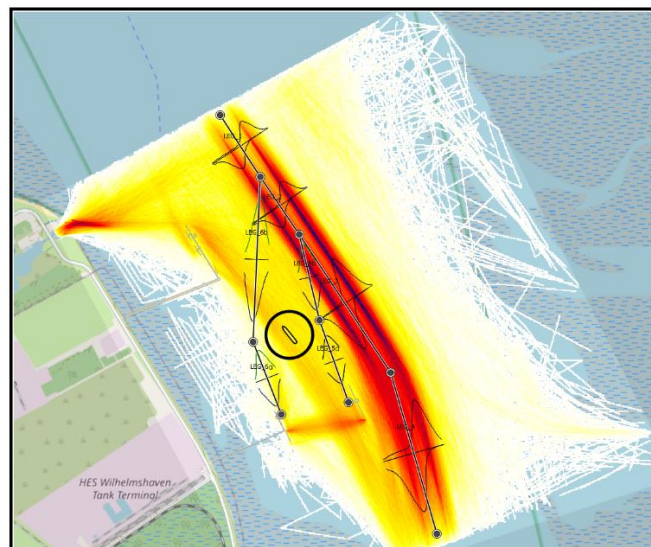




Abbildung 7-7 Identifizierte Routen und deren Verkehrsverteilung

	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 75 von 79

## 7.4 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Kollisionsrisikoanalyse für die vorgesehene FSRU und das Eindringrisiko eines Schiffes in die Sperrzone (300-m-Umkreis) sind in Tabelle 7-4 und Tabelle 7-5 dargestellt. Dort zeigt sich, dass die Wahrscheinlichkeit einer Kollision unter Motor (d. h. eines Zusammenstoßes mit der FSRU) pro Jahr ca. 0.000765 beträgt. Dies entspricht einem Vorfall alle 13.071 Jahre.

Das Hauptrisiko einer Kollision mit der FSRU geht von driftenden Schiffen aus und beträgt 0.00213 Vorfälle/Jahr (Tabelle 7-4). Derartige driftende Schiffe gehören hauptsächlich zu den Kategorien der Unterstützungsschiffe und der sonstigen Schiffe (Tabelle 7-5). Diese beiden Schiffstypen machen ca. 73 % des geschätzten Risikos von Kollisionen mit der FSRU aus (0.00102 für Unterstützungsschiffe bzw. 0.00534 für andere Schiffe). Hinweis: Diese Wahrscheinlichkeiten wurden unter der Annahme berechnet, dass keine Risikominderungsmaßnahmen umgesetzt sind. Insofern handelt es sich um konservative Schätzungen.





Andererseits ist das Eindringrisiko in die Sperrzone (300-m-Umkreis) bei Driftkollisionen etwas höher als bei Kollisionen unter Motor. Das geschätzte Gesamtrisiko, dass ein Schiff in die Sperrzone eindringt – in einen 300-m-Umkreis um die FSRU –, beträgt 0.0135 Vorfälle/Jahr. Hierbei ist die Auswirkung von Risikominderungsmaßnahmen nicht einberechnet.

Tabelle 7-4 Kollisionshäufigkeit (und entsprechendes Wiederkehrintervall in Jahren)

Risiko	Kollision unter Motor	Driftkollision	Gesamt
Zusammenstoß mit der FSRU	7,65E-05 (13071)	2,13E-03 (470,1)	2,20E-03 (453,7)
Eindringen in die Sperrzone	6,39E-03 (156,5)	7,08E-03 (141,2)	1,35E-02 (74,23)

Tabelle 7-5 Schiffstypspezifische Risikostufen für einen Zusammenstoß mit der FSRU (Vorfälle/Jahr)

Schiffstyp	Kollision unter Motor	Driftkollision	Gesamt
Tanker	5,34E-06	2,63E-04	2,68E-04
Stückgut-, Containerschiffe	7,51E-06	2,42E-04	2,49E-04
Passagierschiffe	2,57E-08	2,12E-06	2,14E-06
Schnellfähren	1,21E-07	9,21E-06	9,33E-06
Unterstützungsschiffe	3,67E-05	1,02E-03	1,05E-03
Fischereifahrzeuge	8,84E-07	2,05E-05	2,14E-05

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 76 von 79





Freizeitboote	2,83E-06	4,21E-05	4,49E-05
Sonstige Schiffe	2,31E-05	5,34E-04	5,57E-04
Gesamt			0.002204

## 7.5 Schlussfolgerungen

In dieser Studie wird ein probabilistischer Ansatz zur Risikoanalyse für Kollisionen unter Motor und für Driftkollisionen mit der FSRU analysiert. Zudem wird das Risiko eines Eindringens in die vorgesehene Sperrzone bewertet. Basierend auf AIS-Daten werden Schiffsverkehrsrouten bestimmt und ggf. angepasst, um die Resonanz des Schiffsverkehrs auf die Anwesenheit der vorgesehenen FSRU abzubilden. Die Kollisionshäufigkeitsanalyse lässt mehrere kollisionsmindernde Faktoren unberücksichtigt. Insofern handelt es sich um eine konservative Schätzung.

Gemäß der Häufigkeitsanalyse besteht im Untersuchungsgebiet ein geringes Risiko einer Kollision eines Schiffes mit der FSRU. Die Gesamtkollisionshäufigkeit von Kollisionen mit der FSRU wird auf 0.00220 Vorfälle/Jahr geschätzt (453,7 Jahre zwischen Vorfällen); bzw. des Eindringens eines Schiffes in die Sperrzone (300-m-Umkreis): 0.0135 Vorfälle/Jahr (74,23 Jahre zwischen Vorfällen). Verkehr zwischen dem künftigen Anlandeterminal und der Küste sollte ausschließlich außerhalb der Sperrzone stattfinden.

Während des Zeitraums, in dem die FSRU am Anlandeterminal liegt, wird sie LNG-Tanker und Bunkerschiffe längsseits liegen haben. Damit verringert sich der Abstand zwischen dem äußeren Schiff und den in der Fahrrinne vorbeifahrenden Schiffen. Dies kann den vorbeifahrenden Verkehr behindern bzw. zusätzliche Kollisionsrisiken nach sich ziehen. Der kritischste Fall besteht darin, wenn die FSRU einen LNG-Tanker und ein Bunkerschiff längsseits hat. Die Schiffe befinden sich jedoch immer noch weit innerhalb der Sperrzone. Zudem ist der Standort des Anlandeterminals so bemessen, dass der LNG-Tanker längsseits der FSRU 450 m von der Tonnenlinie entfernt ist, die die äußere Kante des Fahrwassers markiert.

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 77 von 79

## 8 Schlussfolgerungen

Zur Bewertung der nautischen Sicherheit des FSRU-Projekts (Situation nach dem Bau) erfolgten sowohl eine probabilistische als auch eine quantitative Risikoanalyse.





Die probabilistische Risikoanalyse wurde anhand von AIS-Daten aus dem Zeitraum von einem Jahr durchgeführt. Die Daten wurden mithilfe des IWRAP-Softwaretools hinsichtlich Kollisionen unter Motor und Driftkollisionen mit der FSRU analysiert. Gemäß der Häufigkeitsanalyse besteht im Untersuchungsgebiet ein geringes Risiko einer Kollision eines Schiffes mit der FSRU. Die Gesamthäufigkeit von Kollisionen mit der FSRU wird auf 0.00220 Vorfälle/Jahr (453,7 Jahre zwischen den Vorfällen) geschätzt. Die Kollisionshäufigkeitsanalyse lässt mehrere kollisionsmindernde Faktoren unberücksichtigt. Insofern handelt es sich um eine konservative Schätzung.

Das IMDC-Nautikteam führte eine Gefahrenidentifikation (HAZID) durch und erstellte eine Risikobewertungsmatrix (RBM), die erwartete Eintrittsstufen mit den Gefahrenfolgen kombiniert. Die RAM wurde unter Verwendung einer ALARP-Skala (As Low As Reasonably Practicable – „so niedrig, wie vernünftigerweise praktikabel“) erstellt, um die größten Risiken während des An- und Auslaufens der LNG-Tanker zu identifizieren. Basierend auf den Analysen wurden die folgenden vier größten Risiken identifiziert:

1. Position abseits der Trasse aufgrund von Wind/Strömung/Wellendrift während Versetzung durch Fahrinne (B3);
2. Positionierungs- oder Orientierungsfehler beim Wenden des LNG-Tankers (C2);
3. Schlechte Positions- und Bewegungskontrolle beim Anlaufen des FSRU-Liegeplatzes (E1);
4. Verfangen der Schlepp- oder Schiffsleine beim Anlegen im Propeller (E4).





Zur Minderung der größten Risiken werden die folgenden Minderungsmaßnahmen vorgeschlagen:

1. Verpflichtende Verwendung eines tragbaren Lotsengeräts (PPU) während Fahrwasserversetzungen und Wendemanövern.  
PPUs sind unabhängige Quellen für Navigationsdaten. Die Verwendung dieser Geräte bietet den Lotsen nicht nur zusätzliche Informationen, sondern kann auch zur Verbesserung der Sicherheits-, Effizienz- und Betriebsparameter beitragen.
2. Die Praktik der Passagenplanung muss angewandt werden.  
Schulungen in Marine Resource Management (MRM bzw. BRM) tragen zu optimaler Brückenkommunikation und -management bei.
3. Verpflichtende Verwendung eines tragbaren Lotsengeräts (PPU) während Liegeplatzanfahrten und Anlegemanövern.  
Der „Docking“-Modus der PPU verbessert die Übersicht über das Anfahren der und Anlegen an der FSRU.  
Den Lotsen müssen genaue Strömungs- und Wetterinformationen vorliegen. Für die Liegeplatzanfahrten und Anlegemanöver könnte es auch eine Option sein, die FSRU mit einem Anlegehilfssystem mit Echtzeitinformationen auszustatten.  
Während des Anlegemanövers sollte der Motor bei Strömung von achtern nicht im Rückwärtsgang laufen. Zum Anhalten des LNG-Tankers während des Anlegens über Grund muss der Heckschlepper verwendet werden.

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 78 von 79

4. Verkehr zwischen dem künftigen Anlandeterminal und der Küste sollte möglichst untersagt werden. Zumindest darf er nur außerhalb der Sperrzone stattfinden. Schiffe, die das innere Anlandeterminal 2 der HES mithilfe von Schleppern anlaufen, müssen an diesen befestigt sein, bevor sie die Sperrzone um die FSRU bzw. den LNG-Tanker passieren.

Angesichts der vorgenannten Minderungsmaßnahmen sind die verbleibenden Risiken „so niedrig, wie vernünftigerweise praktikabel“ (As Low As Reasonably Practicable, ALARP).

  	Umgebung	
TES-Proj.- Nr.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Nautische Risikobewertung	Dok.- Nr.: TES-WHV-VGN-FSRU-ENC-DOC.2018_05
TES-Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Seite 79 von 79

## 9 Referenzen

Boluda towage Europe / Marine traffic.com

Capt. Henk Hensen: Schleppereinsatz im Hafen

Capt. Henk Hensen: Bow tug operations with ASD tugs

CDI/ICS/OCIMF/SIGTTO : STS transfer guide

IMDC Wilhelmshaven FSRU Metocean data gathering I/NO/16103/22.120/ABA/ABA

IMO, 2010. Formal Safety Assessment. Website International Maritime Organisation (IMO), Dec 2010. <http://www.imo.org/OurWork/Safety/SafetyTopics/Pages/FormalSafetyAssessment.aspx>.

Michael Hightower (Sandia National Laboratories Albuquerque, New Mexico, USA): Risk mitigation of LNG ship damage from large spills

Seekarten:

Navionics

Nautische Publikationen:

Nautitec 2023, TES - FSRU Import Terminal- Abschlußbericht 1, LNG FSRU Import Terminal Wilhelmshaven Abschluss Bericht (V2.0)

PIANC-Bericht Nr. 153B – 2022 Recommendations for the design and assessment of Marine Oil, Gas and Petrochemical Terminals

PIANC\_2012 - Aspects Affecting the Berthing Operations of Tankers to Oil and Gas Terminals.pdf

Hafenbenutzungsordnung JWP Fassung 04/2020

SIGTTO Information Paper No 14 Site selection and design for LNG Ports and jetties

USG Pub. 192 *Sailing directions (Enroute) North Sea*, 17. Ausgabe 2022