



## **Bericht**

REV 4

DATUM: 20.10.2021

# **Zusammenfassung**

# **Risikobetrachtung der nautischen und schiffsspezifischen Aspekte des geplanten LNG-Terminals in Brunsbüttel**

Auftraggeber:  
German LNG Terminal GmbH  
Elbehafen  
25541 Brunsbüttel



**BUREAU  
VERITAS**

**SOLUTIONS**  
Marine & Offshore



**BUREAU  
VERITAS**

**SOLUTIONS**  
Marine & Offshore

## Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis .....	3
Abbildungsverzeichnis .....	4
Tabellenverzeichnis .....	4
1. Einleitung.....	5
2. Aufbau und Umfang der Risikobetrachtung.....	6
3. Status der Umsetzung der Empfehlungen aus der HAZID-Studie .....	14
4. Status der Umsetzung der Empfehlungen aus der nautischen Simulation.....	19
Quellenverzeichnis.....	22



**BUREAU  
VERITAS**

**SOLUTIONS**  
Marine & Offshore

## Abkürzungsverzeichnis

Bft	Beaufort
BLEVE	Building Liquid Expanding Vapor Explosion
HAZID	Hazard Identification
HBO	Hafenbetriebsordnung
LNG	liquefied natural gas
MBL	minimale Bruchlast
NHN	Normalhöhennull
NOK	Nord-Ostsee-Kanal
OCIMF	Oil Companies International Marine Forum
Q-Flex	LNG-Tanker, ca. 210.000 m <sup>3</sup>
Q-Max	LNG-Tanker, ca. 260.000 m <sup>3</sup>
SIGTTO	Society of International Gas Tanker & Terminal Operators



**BUREAU  
VERITAS**

**SOLUTIONS**  
Marine & Offshore

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Das geplante LNG-Terminal.....	8
Abbildung 2: Ansteuerung des LNG-Terminals.....	9

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vergleich Q-Max / Q-Flex.....	7
Tabelle 2: Status der Umsetzung der Empfehlungen aus Unterlage 12.3 (E) .....	14
Tabelle 3: Status der Umsetzung der Empfehlungen aus Unterlage 12.4 (Sim E) ..	19



**BUREAU  
VERITAS**

**SOLUTIONS**  
Marine & Offshore

## 1. Einleitung

Die German LNG Terminal GmbH plant am Standort Brunsbüttel die Errichtung und den Betrieb eines Terminals zur Aufnahme und Lagerung von Flüssigerdgas (liquefied natural gas) (LNG-Terminal). Das Gesamtvorhaben umfasst neben den eigentlichen LNG-Tanks zur Aufnahme und Lagerung von LNG u.a. auch eine wasserseitige Umschlagseinrichtung für seegehende LNG-Tanker (Landungssteg), mehrere LNG-Pumpen und LNG-Verdampfer zur Ausspeisung von LNG, landseitige Umschlagseinrichtungen für die Beladung auf Eisenbahnkesselwagen (LNG-EKW) und Tankkraftwagen (LNG-TKW), sowie verbindende Rohrleitungen, Sicherheitseinrichtungen und Nebenanlagen.

### Aufgabenstellung

Bureau Veritas Solutions wurde von German LNG Terminal GmbH beauftragt eine Risikoanalyse der nautischen und schiffsspezifischen Aspekte für die wasserseitige Umschlagseinrichtungen durchzuführen.

### Vorstellung von Bureau Veritas Solutions Marine & Offshore

Bureau Veritas ist 1828 gegründet worden und ist heute weltweit ein führendes Unternehmen für Klassifizierung von Schiffen, Tests, Inspektionen und Zertifizierung von Gütern und Dienstleistungen aller Art mit weltweit über 70.000 Mitarbeitern. Die für Beratung spezialisierte Gesellschaft Tecnicas wurde im Jahre 2018 in die Tochtergesellschaft „Bureau Veritas Solutions Marine & Offshore“ integriert, ein neues Unternehmen mit unabhängigen Experten für die Schifffahrts- und Offshore-Märkte. Die BV Gruppe ist Mitglied bei SIGTTO (Society of International Gas Tanker & Terminal Operators) und verfügt über umfassendes Wissen zu den aktuellen weltweiten und lokalen Vorschriften bezüglich LNG. Bureau Veritas hat neben vielen LNG angetriebenen Schiffen bis heute 127 LNG Tanker mit einem Weltmarktanteil von 27 % klassifiziert. Insgesamt hat die BV-Gruppe über 100 Risikostudien für LNG-Tanker, LNG-Terminals, Offshore-Anlagen, etc. durchgeführt.



**BUREAU  
VERITAS**

**SOLUTIONS**  
Marine & Offshore

## 2. Aufbau und Umfang der Risikobetrachtung

Bureau Veritas Solutions hat einen umfangreichen Bericht zur Risikobewertung der nautischen und schiffsspezifischen Aspekte für das geplante Terminal in Brunsbüttel erstellt.

Der Bericht besteht aus 6 Teilen:

**In Teil A** dieses Berichtes sind die Örtlichkeit und Größe der Anlage, die nautischen Gegebenheiten und die Umweltbedingungen beschrieben.

**In Teil B** werden die grundsätzlichen Gefahren in Zusammenhang mit LNG aufgelistet.

**In Teil C** ist die HAZID-Studie zusammengefasst.

**In Teil D** sind die Ergebnisse der nautischen Simulationen enthalten.

**In Teil E** sind die Wahrscheinlichkeiten einer Gasfreisetzung während der Liegezeit am Terminal beschrieben.

**In Teil F** sind die Ergebnisse der Vertäuungsrechnung dokumentiert.

### Kurzbeschreibung der nautischen und schiffsspezifischen Belange

Das geplante LNG-Terminal in Brunsbüttel hat eine gesamte Lagerkapazität von 330 000 m<sup>3</sup> LNG aufgeteilt in 2 LNG-Lagertanks von je 165 000 m<sup>3</sup>. Es wird an das deutsche Erdgastransportnetz angeschlossen werden. Der einseitig geplante Landungssteg erhält zwei getrennte Schiffsanleger. Anleger 1 ist dabei für Schiffsgrößen bis zu 345 m Längen, einer Breite von 55 m und einem Tiefgang von – 12,5 m NHN ausgelegt. Der Anleger 2 wird für Schiffgrößen bis zu 170 m Länge, einer Breite von 29 m und einem Tiefgang bis zu - 7,5 m NHN ausgelegt. LNG-Tanker mit einer Größe von 1000 m<sup>3</sup> bis 260.000 m<sup>3</sup> sollen an diesem Terminal anlegen können. Es soll sowohl als Import-Terminal als auch als Umschlagsterminal für kleinere Schiffseinheiten (z.B. Bunkerschiffe) dienen.

In der HAZID-Studie (Teil C) wurde ein LNG-Tanker der Q-Flex-Klasse (ca. 210.000m<sup>3</sup>) betrachtet, da die Wahrscheinlichkeit sehr hoch ist, dass ein solcher LNG-Tanker (oder kleiner) regelmäßig das Terminal in Brunsbüttel anläuft. Die größten LNG-Tanker der Q-Max-Klasse sind für längere Seestrecken wie z.B. Qatar



**BUREAU  
VERITAS**

**SOLUTIONS**  
Marine & Offshore

– Japan oder Qatar – USA konzipiert. Zurzeit sind 14 solcher Schiffe in Fahrt, es ist kein Projekt bekannt, das solche Schiffe wieder gebaut werden.

Tabelle 1 vergleicht die technischen Daten eines Q-Max- und eines Q-Flex-Tankers.

Tabelle 1: Vergleich Q-Max / Q-Flex

	<b>Q-Max</b>	<b>Q-Flex</b>
<b>Ladungsvolumen</b>	ca. 260.000 m <sup>3</sup>	ca. 210.000 m <sup>3</sup>
<b>Tankanzahl</b>	5	5
<b>Länge ü.a.</b>	345 m	315 m
<b>Breite</b>	55 m	50 m
<b>Tiefgang</b>	12 m	12,5 m
<b>Seitenhöhe</b>	27 m	27 m
<b>Propulsion</b>	2 Propeller	2 Propeller
<b>Antrieb</b>	Zwei 2-Takt Dieselmotoren	Zwei 2-Takt Dieselmotoren
<b>BOG-Management</b>	Rückverflüssigungsanlage, Gas Combustion Unit	Rückverflüssigungsanlage, Gas Combustion Unit

Da aber nicht auszuschließen ist, dass ein solcher Q-Max LNG-Tanker Brunsbüttel anläuft, wurde eine solche Schiffsgröße für die nautischen Simulationen (Teil D) als abdeckende max. Betrachtung als Referenzschiff benutzt.

Hinsichtlich der technischen Sicherheit sind die Schiffe vergleichbar wie z.B. redundante Antriebsanlage oder BOG-Handling. Der Q-Max-Tanker hat ein größeres Einzeltankvolumen und eine größere Windangriffsfläche. Die Ergebnisse aus der HAZID-Studie für die Q-Flex Schiffsgröße sind daher wegen der vergleichbaren technischen Kenndaten (Länge Breite, Tiefgang) und für den hier betrachteten Abschnitt der Elbe auch für die Q-Max Schiffsgröße übertragbar.

Es wurden im Rahmen dieser Risikobetrachtung zunächst 2 Standorte betrachtet:

Variante 1 (Ost) 2,5 km flussaufwärts von der Einmündung des Nord-Ostsee-Kanals in die Elbe

Variante 2 (West) 1,0 km flussaufwärts von der Einmündung des Nord-Ostsee-Kanals in die Elbe

Im Verlauf der Untersuchungen wurde die Variante 1 „Standort Ost“ aus sicherheitstechnischer Sicht ausgewählt. Das Terminal hat 2 Anleger. Anleger 1 für LNG-Tanker von einer Größe von 10.000 m<sup>3</sup> bis 260.000 m<sup>3</sup> und Anleger 2 für eine Größe von 1.000 bis 18.000 m<sup>2</sup>.



Abbildung 1: Das geplante LNG-Terminal

In Abbildung 1 ist das geplante Terminal dargestellt.

Die von LNG-Tankern genutzte Route von der Ansteuerung Deutsche Bucht bis zum LNG-Terminal wurde eingehend untersucht.

Die Fahrt des LNG-Tankers bis zum LNG-Terminal verläuft auf der Elbe entlang der Radarlinie, die Radarlinie dabei an Backbordseite.

Für die direkte Ansteuerung des LNG-Terminals gibt es 2 Varianten, die in Abbildung 2 dargestellt sind:



**BUREAU  
VERITAS**

**SOLUTIONS**  
Marine & Offshore

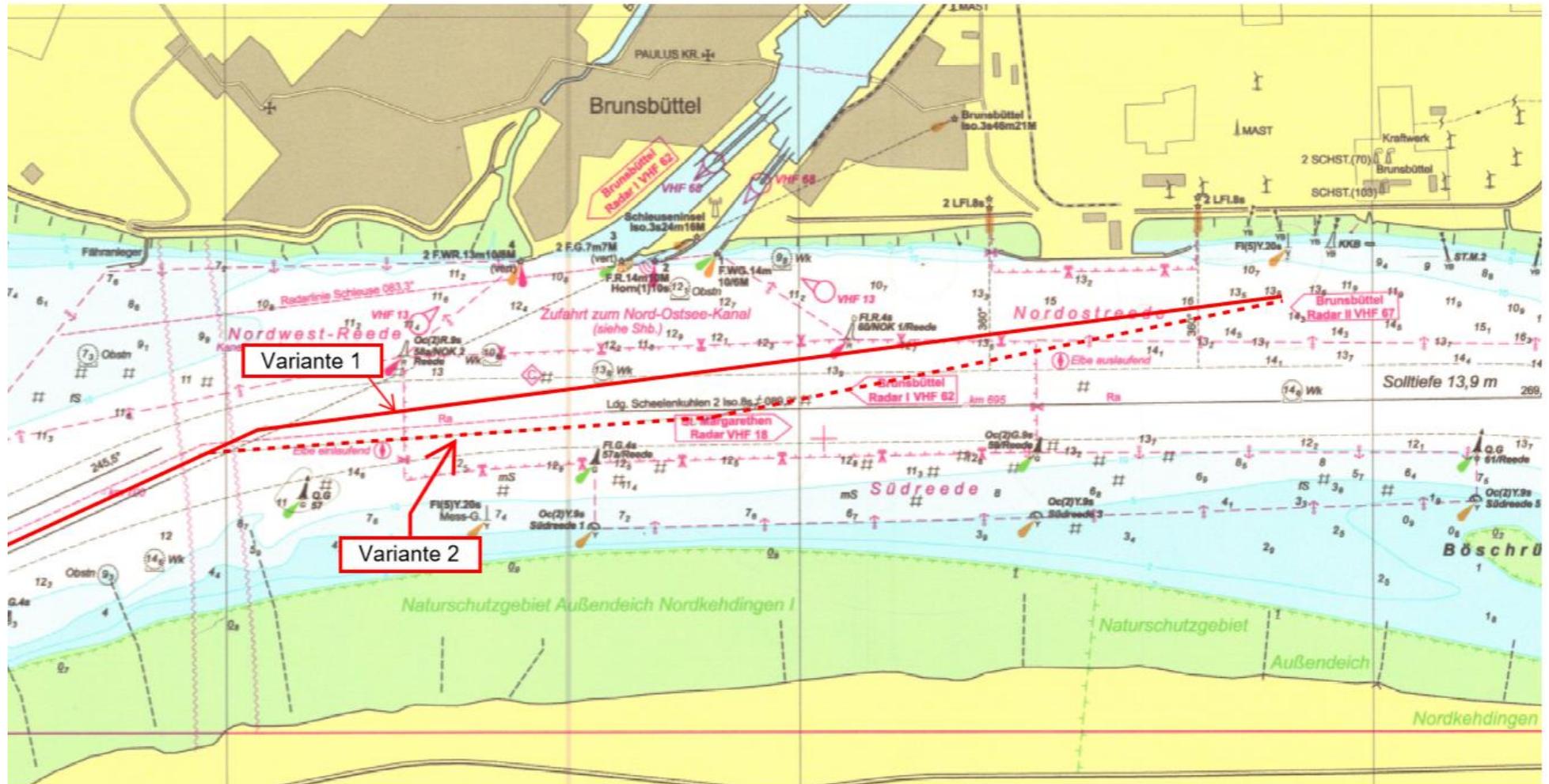


Abbildung 2: Ansteuerung des LNG-Terminals



**BUREAU  
VERITAS**

**SOLUTIONS**  
Marine & Offshore

### Variante 1

- Passieren der Radarlinie ab Tonne 57
- südlich der Zufahrt zum Nord-Ostsee-Kanal (NOK) halten
- Tonne 60 an Backbordseite lassen
- über die Nordostreede bis zum Anleger

### Variante 2

- Fahrt entlang der Radarlinie bis zwischen Tonne 57a und Tonne 59
- ab dann die Radarlinie und das Fahrwasser queren, so wie es die Verkehrslage zulässt
- über die Nordostreede bis zum Anleger

Abhängig von der Verkehrslage kann der Kapitän des LNG-Tankers unter Beratung des Lotsen die sicherste Variante wählen.

In Vorbereitung auf den HAZID-Workshop wurden in Teil B mögliche Gefahren, die in Zusammenhang mit LNG-Tankern entstehen können, beschrieben.

Hierzu gehören LNG spezifische Gefahren, wie z.B. durch Tieftemperatur, LNG-Poolfeuer, LNG-Jet-Feuer, BLEVE (Building Liquid Expanding Vapor Explosion), Stichflammen-Explosionen, schneller Phasenübergang. Außerdem wurden Gefahren wie Kollision, Auflaufen, Grundberührung und andere Gefahrenereignisse an Bord sowie Gefahren aufgrund von Umweltereignissen betrachtet.

Um sicherzustellen, dass alle Risiken berücksichtigt werden, die sich aus der Navigation und dem Schiffsbetrieb des Q-Flex LNG-Tankers von der Deutschen Bucht bis zum LNG-Terminal Brunsbüttel ergeben, wurden zwei Workshops zur Gefahrenermittlung (Hazard Identification – HAZID) vom 28. Bis 30. November 2017 und am 17. Januar 2018 durchgeführt. Beteiligt waren insgesamt 22 Fachleute von Vertretern der Betreibergesellschaft, Behörden, Lotsenbrüderschaft und Bureau Veritas (Tecnitas).

Im HAZID-Workshop wurden **695 Szenarien** untersucht, von denen **391 als risikobehaftet** eingestuft wurden. Die Einstufung der Risiken erfolgte qualitativ. Grundlage hierfür war das Urteil der Workshop-Teilnehmer. 304 Szenarien wurden als nicht risikobehaftet eingestuft, weil ihre Folgen entweder nicht zutreffend oder unproblematisch waren, oder weil sie sich nicht speziell auf die Navigation und den



**BUREAU  
VERITAS**

**SOLUTIONS**  
Marine & Offshore

Schiffsbetrieb des Q-Flex LNG-Tankers bezogen. Als Ergebnis dieses Workshops wurde die West-Option nicht mehr in Erwägung gezogen.

Besonders kritisch waren die folgenden Szenarien:

- keine Möglichkeit das LNG-Terminal Ost-Option mit dem Q-Flex LNG-Tanker anzusteuern, dort anzulegen, abzulegen und auszulaufen, sofern sich ein Schiff an der Mehrzweckpier befindet (Planungsphase 2);
- keine Möglichkeit am LNG-Terminal Ost-Option LNG-Umschlagsarbeiten durchzuführen (zu geringe Sicherheitsabstände), wenn sich ein Schiff an der Mehrzweckpier befindet (Planungsphase 2), und
- ein Feuer, ausgelöst durch eine Kupferschute, welche durch die Sperrzone von 30m um jeden Punkt des Q-Flex LNG-Tankers und durch die Sicherheitszone des Q-Flex LNG-Tankers bei Umschlagsarbeiten navigiert wird (unzureichende Sicherheitsabstände)

Auf dem HAZID-Workshop wurden insgesamt 19 Empfehlungen ausgesprochen. Diese Empfehlungen betreffen zusätzliche / alternative Schutzmaßnahmen, die eingeleitet werden sollen, um die Risiken weiter zu mindern oder zusätzliche Untersuchungen, die durchzuführen sind (Teil C).

Die Empfehlungen werden von GLNG und/oder den Behörden verwaltet. Diese Empfehlungen erfordern Folgemaßnahmen, um die Fortschritte bei ihrer Umsetzung zu belegen, ihnen wurde aber kein voraussichtliches Fertigstellungsdatum zugeordnet. Die der GLNG zugeordneten Empfehlungen sind bereits bearbeitet. Die Liste der HAZID-Empfehlungen ist tabellarisch dargestellt.

Ein Teil der Empfehlungen beinhaltet die Durchführung von nautischen Simulationen (Teil D).

Für diese Simulationen wurde ein Q-Max-Tanker (266.000 m<sup>3</sup>) gewählt, da dieser die größten Windangriffsflächen aller LNG-Tanker hat (worst-case). Die Simulationen wurden vom 21. bis 24. Januar 2019 an der Simulationsanlage MTC Hamburg durchgeführt. Die Ergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden:

- Bis zu Windstärke Bft 7 kann der LNG-Anleger sicher angelaufen werden.



**BUREAU  
VERITAS**

**SOLUTIONS**  
Marine & Offshore

- Die Schlepperassistenz soll mindestens 4 Schlepper zu je 70 t Pfahlzug betragen. Empfohlen werden 4 Schlepper zu je 80 t Pfahlzug zur Sicherstellung ausreichender Reserve auch bei Ausfall eines Schleppers.
- Die Maximalgrenze für ein sicheres Ablegen und Auslaufen hängt von der Windrichtung und –stärke sowie der verfügbaren Schlepperkapazität ab. Bis Windstärke Bft 7 erscheinen 4 Schlepper mit je 70 t Pfahlzug in jedem Fall ausreichend. Sind stärkere Schlepper vorhanden, kann auch bei höheren Windstärken abgelegt und ausgelaufen werden.

Darüber hinaus wurde untersucht, ob ein Binnenschiff sicher an der Innenseite der Mehrzweckpier anlegen kann.

Die Simulationsuntersuchung für das Binnenschiff ergab folgende Resultate:

- Eine Einfahrtweite zwischen der Ostmole des Elbehafens und dem Westende des LNG-Anlegers von 150m erscheint ausreichend. Sowohl beim Ein- und Auslaufen vorwärts als auch rückwärts konnten keine kritischen Situationen identifiziert werden.

Für beide Untersuchungsbereiche, den Q-Max LNG-Tanker und das Binnenschiff, sind Empfehlungen für die Umsetzung in die Praxis formuliert worden.

Die Wahrscheinlichkeit einer Kollision mit einem vertäuten LNG-Tanker der Q-Max-Klasse mit einem anderen Schiff wurde detailliert untersucht (Teil E). Basierend auf Statistiken des Wasserstraßen- und Schifffahrtsamtes ergibt sich eine allgemeine Kollisionswahrscheinlichkeit von ca.  $4,2 \cdot 10^{-5}$  bezogen auf alle Schiffe in dem Gebiet Cuxhaven / Brunsbüttel. Die Wahrscheinlichkeit einer Kollision mit einem LNG-Tanker am Terminal beträgt ca.  $1,17 \cdot 10^{-6}$ . Um eine Kollision mit Gasfreisetzung zu erzeugen müssen die äußere und innere Stahlhülle sowie beide Membranen Risse oder Löcher aufweisen. Dieses kann nur bei bestimmten Bedingungen erfolgen.

Eine Simulation hat ergeben, dass ein großes Containerschiff (ca. 14.000 TEU) einen vertäuten LNG-Tanker mit einem Winkel von  $90^\circ$  treffen kann. Die Geschwindigkeit beim Aufprall beträgt ca. 5kn. Diese Geschwindigkeit liegt unter den in der Literatur für eine Zerstörung der Innenhülle erforderlichen Werten. Bei einer vergleichbaren Kollision mit einer Geschwindigkeit von ca. 7kn ist kein Gas freigesetzt worden. Eine Kollision mit Gasfreisetzung wird daher um eine



**BUREAU  
VERITAS**

**SOLUTIONS**  
Marine & Offshore

Zehnerpotenz geringer angenommen als eine allgemeine Kollision und beträgt ca.  $1,17 \cdot 10^{-7}$ .

Für die Szenarien „Ausfall des Boil-Off-Gas-Systems“, „Verformung der Tanks durch Kollision“ und „Überdruck im Tank“ wurden die freigesetzten Gasmengen ermittelt. Hierbei kann es bei einer Verkettung von menschlichen und technischen Fehlern zu einer Freisetzung von ca.  $250\text{m}^3$  LNG kommen. Die Wahrscheinlichkeit wird als äußerst gering eingeschätzt.

Um das Risiko eines Losreißens eines LNG-Tankers an der Pier zu minimieren, wurde eine Vertäuungsberechnung (Teil F) durchgeführt.

Dabei wurde die Vertäuung von LNG-Tankern mit einer Größe von  $10.000\text{m}^3$  bis  $260.000\text{m}^3$  (insgesamt 6 Schiffsgößen) für Anleger 1 und von LNG-Tankern mit einer Größe von  $1.000\text{m}^3$  bis ca.  $18.000\text{m}^3$  (4 Schiffsgößen) für Anleger 2 untersucht.

Die Analyse berücksichtigt die maximal zu erwartenden Umweltbedingungen (Wind, Strömung) in Brunsbüttel, die empfohlenen Umweltbedingungen nach OCIMF (Oil Companies International Marine Forum), die maximalen Tidenverhältnisse unter normalen Wetterbedingungen und das Absinken / Anhebung der festgemachten Schiffe infolge einer Welle eines passierenden Schiffes.

Die Vertäuausrüstungen der Schiffe wurden anhand typischer Daten für die jeweiligen Größen gewählt. Es wurde in allen Fällen mit einer Vorspannung der Leinen von etwa 10% der minimalen Bruchlast (MBL) der Vertäuleinen gerechnet.

Die Ergebnisse zeigen, dass die LNG-Tanker in jedem Fall sicher an Anleger 1 und Anleger 2 festgemacht werden können, ohne dass die Trossenkräfte kritische Werte erreichen. Ein Absinken / Anhebung durch Wellengang verursacht von passierenden Schiffen führt nicht zu einer Überdehnung oder völligen Entspannung der Leinen.

Die Ergebnisse der Risikoanalyse zeigen, bzw. mit der nautischen Simulation wurde festgestellt, dass die LNG-Tanker bis zu einer Windstärke von Bft 7 das Terminal sicher anlaufen und verlassen können.



**BUREAU  
VERITAS**

**SOLUTIONS**  
Marine & Offshore

### 3. Status der Umsetzung der Empfehlungen aus der HAZID-Studie

Tabelle 2 zeigt den Status der Umsetzung der Empfehlungen aus der HAZID-Studie.

Tabelle 2: Status der Umsetzung der Empfehlungen aus Unterlage 12.3 (E)

<b>Empfehlungen aus der HAZID-Studie</b>	<b>Status der Umsetzung</b>
E1: Festlegung der Verfügbarkeitsphilosophie für die Schlepperunterstützung, wenn ein Q-Flex LNG-Tanker im Fahrwasser navigiert.	U1: Für die Simulation wurde ein Q-Max LNG-Tanker modelliert, so dass auch der größte existierende Schiffstyp abgedeckt ist. 4 Schlepper mit 70 t Pfahlzug erscheinen hinreichend bis zu einer Windstärke von 7 Beaufort. Ab 8 Beaufort sind Schlepper mit höherer Leistung erforderlich. Aus diesen Ergebnissen wird in Zusammenarbeit mit den Behörden eine Verfügbarkeitsphilosophie erstellt. Detaillierte Ergebnisse in Teil D Simulation (Unterlage 12.4).
E2: Verlegung des Warteplatzes von einem oder 2 Schleppern von vor Tonne 55 in das Cuxhavener Gebiet und Gewährleistung, dass Sie mit verminderter Geschwindigkeit zur Tonne 55 fahren, wenn der Qflex LNG – Tanker die Tonne 55 passiert hat.	U2: In der Simulation wurde die Fahrt im Revier von 12 Kn auf 7,5 – 9 Kn reduziert. Manövrieren ohne Schlepperhilfe bis Tonne 55 möglich. Eine Verlegung des Warteplatzes erscheint nicht notwendig. Detaillierte Ergebnisse in Teil D Simulation. Endgültige Festlegung in Zusammenarbeit mit den Behörden.
E3: Durchführung von Manöversimulationen für den Q-Flex LNG-Tanker unter Berücksichtigung der verschiedenen Windverhältnisse.	U3: Es wurden insgesamt 18 Simulationsläufe mit verschiedenen Windrichtungen und –stärken bei unterschiedlichen Wasserströmungen für verschiedene Manöver, wie z.B. Anlegen, Ablegen, Drehen durchgeführt. Die Erkenntnisse sind in die vorläufige Hafenbenutzungsordnung eingegangen. Detaillierte Ergebnisse sind in Teil D Simulation dargestellt (Unterlage 12.4).



**BUREAU  
VERITAS**

**SOLUTIONS**  
Marine & Offshore

<b>Empfehlungen aus der HAZID-Studie</b>	<b>Status der Umsetzung</b>
<p>E4: Durchführung von Manöversimulationen für den Q-Flex LNG-Tanker, um die Mindestgeschwindigkeit für sicheres Steuern festzulegen und um zu gewährleisten, dass der Manövrierraum auf der gesamten Elbfahrt ausreichend ist.</p>	<p>U4: Im Simulationslauf 14 wurde eine Mindestgeschwindigkeit von ca. 7 Kn ermittelt. Detaillierte Ergebnisse sind in Teil D Simulation dargestellt (Unterlage 12.4).</p>
<p>E5: Gewährleistung, dass die Eskortschlepper mit Feuerlöschgeräten ausgestattet sind.</p>	<p>U5: Die Anforderungen hinsichtlich Feuerlöschausstattung der Schlepper sind im Entwurf der Hafенbetriebsordnung festgelegt.</p>
<p>E6: Durchführung einer Gasausbreitungsanalyse für ein unerwartetes Ablasen eines im Fahrwasser navigierenden LNG-Tankers, um das erforderliche Sicherheitssperrgebiet um den LNG-Tanker festzulegen.</p>	<p>U6: Eine Abschätzung der max. Gasmenge beim Ablasen ist durchgeführt worden (siehe Unterlage 12.5). Aus der vorgenannten Gasausbreitungsanalyse ergibt sich keine Festlegung eines Sicherheitssperrgebietes um das LNG-Schiff. In Absprache mit den Behörden werden im sicheren zeitlichen Vorlauf mögliche Sicherheitszonen definiert und entschieden ob weitergehende Berechnungen erforderlich sind.</p>
<p>E7: Durchführung von Manöversimulationen für den Q-Flex LNG-Tanker, um zu ermitteln, ob ein sicheres Ansteuern, Anlegen, Ablegen und Auslaufen an den Standorten Ost und West in Brunsbüttel möglich ist.</p>	<p>U7: Der Standort West wird nicht mehr als Option betrachtet. Für den Standort Ost sind die Simulationen durchgeführt worden, siehe E1, E3, E4.</p>
<p>E8: Durchführung von Manöversimulationen für den Q-Flex LNG-Tanker, um eine geeignete Philosophie für die Schlepperunterstützung festzulegen (einschließlich Leistung, Zahl der Schlepper, Drücker oder Schlepper),</p>	<p>U8: Die Simulationen sind durchgeführt worden. Die Ergebnisse sind in den Entwurf der Hafенbetriebsordnung integriert. Die Schlepper sind so dimensioniert, dass auch bei Ausfall eines</p>



**BUREAU  
VERITAS**

**SOLUTIONS**  
Marine & Offshore

Empfehlungen aus der HAZID-Studie	Status der Umsetzung
wobei der Ausfall eines Schleppers zu berücksichtigen ist.	Schleppers die genannten Manöver sicher durchgeführt werden können.
E9: Untersuchung der Möglichkeit einer Regeländerung für die Errichtung eines sicheren Bereichs nahe der Einfahrt zum Nord-Ostsee-Kanal, der ein sicheres Ansteuern, Anlegen, Ablegen und Auslaufen eines Q-Flex LNG-Tankers ermöglicht.	U9: Diese Untersuchung ist noch nicht durchgeführt worden - die Autorität für solche Regeländerungen liegt bei den relevanten Behörden.
E10: Umgestaltung oder Verlegung der Mehrzweckpier, so dass eine sichere Ansteuerung und das sichere Festmachen des LNG-Tankers sowie sichere LNG-Umschlagsarbeiten möglich sind.	U10: Der Neubau des Mehrzweckpiers (Neubau Vielzweckhafen Brunsbüttel) wird nicht realisiert (Info GLNG), daher nicht mehr relevant.
E11: Umgestaltung oder Verlegung des LNG Anlegers, sodass eine sichere Anfahrt und das sichere Testmachen von Kupferschuten während der LNG – Umschlagsarbeiten möglich sind.	U11: Es wurden 4 Simulationsläufe durchgeführt, mit dem Ergebnis, dass keine Verlegung des LNG-Anlegers notwendig ist. Detaillierte Ergebnisse in Teil D Simulation (Unterlage 12.4).
E12: Festlegung der maximalen Windstärke in Brunsbüttel, oberhalb derer der LNG-Tanker nicht in das Fahrwasser einfahren/ verlassen darf.	U12: Die Simulationen mit einem Q-Max LNG-Tanker haben ergeben, dass bei einer Windstärke von 7 Bft und 4 Schleppern mit einem Pfahlzug von jeweils 70t diese Manöver sicher durchgeführt werden können. Für kleinere Schiffe und / oder bei Einsatz größerer Schlepper ist das auch bei größeren Windstärken möglich. Endgültige Festlegung in Abstimmung mit den Behörden. Wird in der Hafenbenutzungsordnung festgelegt.



**BUREAU  
VERITAS**

**SOLUTIONS**  
Marine & Offshore

<b>Empfehlungen aus der HAZID-Studie</b>	<b>Status der Umsetzung</b>
E13: Festlegung der maximalen Windstärke in Brunsbüttel, oberhalb derer die Anfahrt des LNG – Tankers unterbrochen werden muss.	U13: Gleiches Ergebnis wie in E12 beschrieben.
E14: Untersuchung, ob sich diensthabendes Personal auf der Brücke aufhalten muss.	U14: Noch nicht umgesetzt, die Untersuchung wird im sicheren zeitlichen Vorlauf vor Inbetriebnahme in Zusammenarbeit mit den Behörden durchgeführt und in die Hafensbetriebsordnung implementiert.
E15: Definition der Sicherheitsphilosophie, die gewährleistet, dass eine ausreichende Anzahl geeigneter Schlepper verfügbar ist, um eine Notabfahrt und Hilfe bei der Feuerbekämpfung zu ermöglichen sowie als mögliche Unterstützung für Fahrzeuge im Fahrwasser und auf Reede, die technische Probleme haben und ein Risiko für den festgemachten LNG-Tanker darstellen können, dienen können.	U15: Die Verfügbarkeit der Schlepper ist im Entwurf der Hafensbetriebsordnung beschrieben, finale Abstimmung mit den Behörden steht noch aus.
E16: Festlegung eines Sicherheitsabstandes für vorbeifahrende Schiffe zum LNG–Anleger, wenn sich ein LNG-Tanker am Terminal in Brunsbüttel befindet.	U16: Eine Beurteilung der Sicherheits- Zonen für LNG-Schiffstransferaktivitäten wurde für das German LNG –Terminal durchgeführt (Unterlage 12.6). Für den Anleger 1 wurde eine Sicherheitszone von 200 m, für den Anleger 2 eine Sicherheitszone von 100 m um die Übergabestelle festgelegt.
E17: Durchführung einer Gasausbreitungsanalyse für ein unerwartetes Abblasen eines am LNG-Terminal festgemachten LNG-Tankers, um zu prüfen, ob das derzeitige	U17: siehe E6, eine vorläufige Analyse der möglichen Freisetzung wurde durchgeführt (siehe Unterlage 12.5). Aus der vorgenannten Gasausbreitungsanalyse ergibt sich keine weiterführende Festlegung eines Sicherheitssperregebietes



**BUREAU  
VERITAS**

**SOLUTIONS**  
Marine & Offshore

<b>Empfehlungen aus der HAZID-Studie</b>	<b>Status der Umsetzung</b>
Sicherheitssperrgebiet um den LNG-Tanker ausreichend ist.	für einen am LNG-Terminal festgemachten LNG-Tanker.
E18: Berücksichtigung des maximalen Wasserstandes bei der Auslegung des LNG-Anlegers, der ein sicheres Anlegen/Ablegen eines Q-Flex LNG Tankers ermöglicht.	U18: Die max. Auslegungswasserstände wurden bei der Erstellung der Bemessungsunterlagen berücksichtigt - Details sind in Unterlage 2.6.1 und 2.6.2 definiert.
E19: Festlegung ob für einen entladenen Q-flex LNG-Tanker auf der Fahrt von Brunsbüttel Terminal bis Tonne E3 Eskortschlepper erforderlich sind.	U19: noch nicht umgesetzt, die Untersuchung wird im sicheren zeitlichen Vorlauf vor Inbetriebnahme des Terminals in Zusammenarbeit mit den relevanten Behörden durchgeführt werden.



**BUREAU  
VERITAS**

**SOLUTIONS**  
Marine & Offshore

## 4. Status der Umsetzung der Empfehlungen aus der nautischen Simulation

Die Ergebnisse der Simulationen der Manöver sind auch für das endgültige Terminal Design übertragbar. Es wurden die nautischen Manöver für das Anlaufen/ Ablegen von der Deutschen Bucht bis Brunsbüttel simuliert. Die Anforderungen (z.B. Mindestsolltiefe -13.5 m NHN) wurden dabei vorgeben und sind unabhängig von dem endgültigen LNG-Terminal Design.

Die nautische Simulation wurde für die maximale Schiffsgröße "Q-Max Schiff" und daher für den Anleger 1 durchgeführt. Die aktuell vorgesehenen Wassertiefen liegen bei - 16m NHN und -11m NHN (siehe dazu Unterlage 2.6 der Antragsunterlagen). Die Ergebnisse der Simulationen sind weiterhin gültig. Der Liegeplatz 2 ist nur für kleinere LNG-Tanker mit Tiefgängen unter 10m vorgesehen.

Tabelle 3 zeigt den Status der Umsetzung der Empfehlungen aus der nautischen Simulation.

Tabelle 3: Status der Umsetzung der Empfehlungen aus Unterlage 12.4 (Sim E)

<b>Empfehlungen aus der Simulation</b>	<b>Status der Umsetzung</b>
Sim E1: Bis Windstärke Bft 7 ist ein sicheres Einlaufen in das Elbrevier und die Fahrt bis Brunsbüttel möglich. Die Luvgerigkeit des Schiffes, die zeitweise große Ruderlagen erfordert, ist dabei zu beachten. Es wird empfohlen, die Simulationsergebnisse zunächst bei geringeren Windstärken zu verifizieren und die maximale Windstärke für einen Erprobungszeitraum auf Bft 6 zu begrenzen. Die Dauer der Erprobung hängt von der Anzahl deren Anläufe bei höheren Windstärken ab. Es sollten mindestens 5 Anläufe bei Bft 6 erfolgen bevor neu entschieden wird.	Sim U1: Diese Empfehlungen gelten für die ersten Anläufe von LNG Tankern in Brunsbüttel und werden dann umgesetzt.
Sim E2: Die bisherige Praxis, bei beginnendem Elbstrom mit der Backbordseite anzulegen, hat sich in der Simulation als	Sim U2: Die Empfehlungen werden bei Anlaufen der ersten LNG-Tankers umgesetzt und



**BUREAU  
VERITAS**

**SOLUTIONS**  
Marine & Offshore

Empfehlungen aus der Simulation	Status der Umsetzung
<p>sinnvoll erwiesen. Das Schiff kann bei Stauwasser auch mit der Steuerbordseite angelegt werden, dass dafür erforderliche Drehen führt aber zu einer deutlichen Belegung der nördlichen Trassenhälfte als bei Anlegen mit der Backbordseite ohne Drehen. Die bisherigen positiven Erfahrungen der Elblotsen mit dem Anlegen mit der Backbordseite und der inzwischen erreichte Routineeffekt sprechen ebenfalls für die Beibehaltung der bisherigen Praxis.</p>	<p>verifiziert, die Schiffsführung wird von den Lotsen entsprechend beraten.</p>
<p>Sim E3: Die für das An- und Ablegen erforderliche Schlepperassistenz sollte mindestens 4 Schlepper zu je 70 t Pfahlzug umfassen. Um unter ungünstigen Bedingungen ausreichende Reservekapazität zur Verfügung zu haben, um Manöver auch bei Ausfall eines Schleppers sicher durchführen zu können, werden mindestens 4 Schlepper zu je 80 t empfohlen.</p>	<p>Sim U3: Die Simulationen sind mit einem Q-Max LNG-Tanker (ca.164.000 BRZ) durchgeführt worden, davon gibt es weltweit 14 Schiffe. Q-Flex LNG-Tanker haben ca. 138.000 BRZ, moderne Standard LNG Tanker (170.000 m<sup>3</sup>) ca. 110.000 BRZ und damit eine geringere Windangriffsfläche. Die maximale Windstärke bei der LNG-Tanker An- und Ablegen dürfen, ist mit Bft 7 begrenzt. Im Entwurf der Hafennutzungsordnung sind daher 4 Schlepper mit 70 t Pfahlzug festgelegt worden. Bei weiteren ungünstigen Bedingungen könnte bei dem An- und Ablegen eines Q-Max LNG Tankers ein fünfter Schlepper eingesetzt werden. Vor Aufnahme eines LNG-Dienstes mit großen Schiffen nach Brunsbüttel werden weitere Simulationen mit den Lotsen durchgeführt, die der Entwicklung der optimalen Lotsenstrategie, zu der der Einsatz der Schlepper gehört, dienen sollen.</p>
<p>Sim E4: Es ist zu beachten, dass LNG-Tanker sehr aufwendig festmachen müssen und die</p>	<p>Sim U4: Die Empfehlungen aus der Simulation</p>



**BUREAU  
VERITAS**

**SOLUTIONS**  
Marine & Offshore

Empfehlungen aus der Simulation	Status der Umsetzung
<p>Schlepper das Schiff sehr lange in Position Längsseite des Anlegers halten müssen, bevor sie entlassen werden können. Der Ankunftszeitpunkt ist daher möglichst auf Stauwasser zu legen und nicht zu warten, bis der Ebbstrom begonnen hat.</p>	<p>werden bei Anlaufen der ersten LNG-Tanker beachtet und verifiziert.</p>
<p>Sim E5: Bevor große für Brunsbüttel bestimmte LNG Tanker auf deren Elbe von den Elblotsen beraten werden, wird Simulationstraining mit den Lotsen empfohlen. Dabei geht es weniger um klassische Aus- und Weiterbildung, sondern um die gemeinsame Entwicklung der für alle Bedingungen optimale Manöverstrategie und –Taktik. Die Simulation hat deutlich gezeigt, dass unterschiedliche Manövertaktiken zu unterschiedlichem Erfolg führen. Die Ergebnisse solcher Simulationsworkshops sollten nutzerfreundlich aufbereitet werden und in digitaler Form von den Lotsen abrufbar sein.</p>	<p>Sim U5: Diese Empfehlung wird ca. 3 Monate vor dem ersten Anlaufen eines LNG Tanker umgesetzt.</p>



**BUREAU  
VERITAS**

**SOLUTIONS**  
Marine & Offshore

Risikobetrachtung der nautischen und schiffsspezifischen  
Aspekte des geplanten LNG-Terminals in Brunsbüttel  
Auftraggeber: German LNG Terminal GmbH

## Quellenverzeichnis

Die örtlichen Gegebenheiten des Terminals sowie die Daten für die LNG-Tanker wurden teilweise vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt oder aus Fachpublikationen entnommen.

Die Quellenverzeichnisse sind den einzelnen Berichten zugeordnet.

BUREAU VERITAS SOLUTIONS MARINE & OFFSHORE SAS  
Zweigniederlassung Hamburg

Dr. Hans J. Gätjens  
17.06.2020