
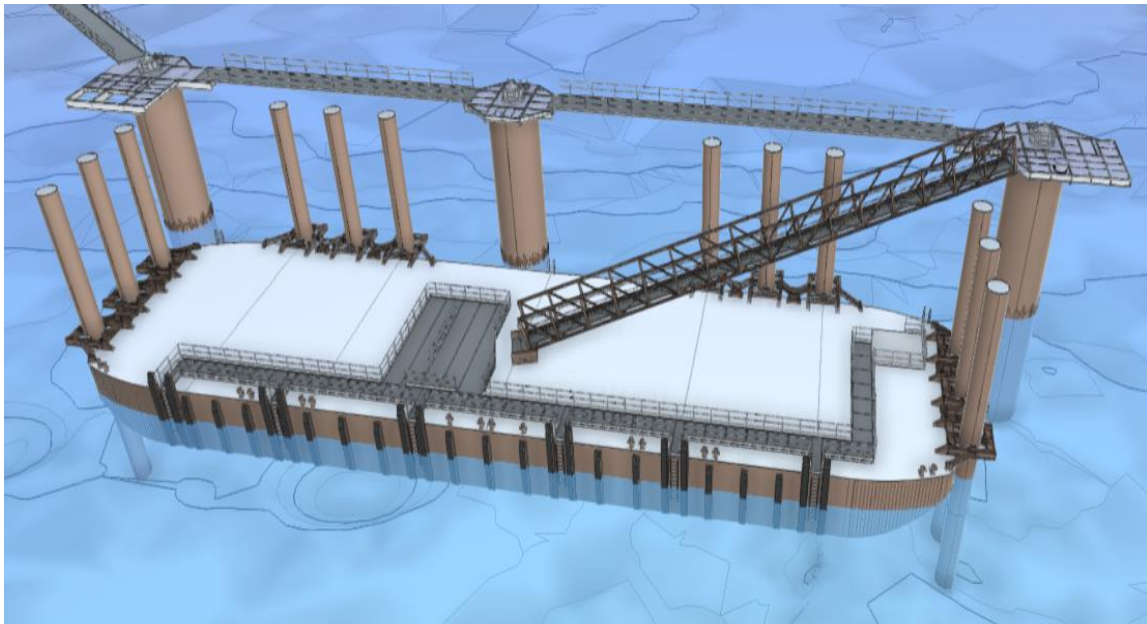




	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU:	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST-DOC 2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Page 1 of 73

# Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage







00	20/02/2024	M. van den Berg <i>mud Berg</i>	E. Meyer <i>E. Meyer</i>	J de Groot <i>J de Groot</i>	
Ausgabe	Datum	Erstellt von	Geprüft von	Genehmigt von	Anmerkung





  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 2 of 73

## Inhaltsverzeichnis





<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>5</b>
1.1	Allgemeines .....	5
1.2	Gegenstand des Berichts .....	6
1.3	Abkürzungen .....	6
<b>2</b>	<b>Referenzdokumente .....</b>	<b>7</b>
2.1	Richtlinien und Normen .....	7
2.2	Projektstudien .....	8
2.3	Zeichnungen .....	8
2.4	Rangfolge der Richtlinien und Normen .....	8
<b>3</b>	<b>Aufbau des Anlegers und Standort der Ponton-Anlage .....</b>	<b>8</b>
3.1	Standort der Ponton-Anlage .....	8
3.2	Aufbau der Ponton-Anlage .....	9
3.3	Funktionale Anforderungen an die Ponton-Anlage .....	11
3.3.1	Betriebsanforderungen: .....	11
3.3.2	Pfähle der Ponton-Anlage: .....	11
3.3.3	Gangway/Rampe zum Ponton: .....	12
<b>4</b>	<b>Standortdaten .....</b>	<b>12</b>
4.1	Einheiten, Bezugsebenen und Koordinatensystem .....	12
4.2	Auftragsabgrenzung .....	12
4.3	Meteorologisch-ozeanographische Bedingungen .....	13
4.3.1	Wasserstände .....	13
4.3.2	Strömung .....	15
4.3.3	Meeresbodenhöhe .....	15
4.4	Wind- und Wellendaten .....	17

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 3 of 73

4.5	Eisbedingungen.....	19
4.6	Bodenerkundung .....	19
<b>5</b>	<b>Schiffsdaten .....</b>	<b>22</b>
5.1	Ponton-Anlage.....	22
5.2	Serviceschiffe und Feuerlöschschlepper .....	26
<b>6</b>	<b>Bemessungskriterien .....</b>	<b>27</b>
6.1	Bemessungsphilosophie .....	27
6.2	Bemessungslebensdauer.....	28
6.3	Ausführungsklasse .....	28
6.4	Maximaler Gefällewinkel und funktionale Anforderungen an die Gangway.....	28
6.4.1	Gangway-Gefälle.....	28
6.4.2	Anforderungen an die Gangway-Brücke .....	28
6.5	Erforderlicher Mindestfreibord des Pontons .....	29
6.6	Zulässige Bewegung des Pontons .....	29
6.7	Ausgangswerte für die Ermüdungsbemessung der Vertäupfähle.....	32
6.7.1	Allgemeines.....	32
6.7.2	Welleneigenschaften .....	32
6.7.3	Ansetzen des maßgeblichen Ermüdungsgrads (DDF) .....	35
6.7.4	Ansetzen der geeigneten S-N-Kurve und Details zu den Schweißnähten .....	36
6.7.5	Bestimmung des zulässigen Spannungsbereichs unter Ermüdungsbedingungen.....	42
6.8	Korrosionszuschlag .....	47
6.9	Decklastdiagramm des Pontons .....	49
<b>7</b>	<b>Lasten und Lastkombinationen .....</b>	<b>51</b>
7.1	Vertäukräfte.....	51
7.2	Direkt auf die Pfähle einwirkende Wellenlasten .....	52
7.3	Eislasten .....	54

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 4 of 73

7.4	Last- und Materialfaktoren.....	55
<b>8</b>	<b>Modellierung .....</b>	<b>55</b>
8.1	Schwimmverhalten des vertäuten Pontons .....	55
8.2	Bestimmung der inneren Pfahlkräfte .....	57
8.3	Pfahl-Ponton-Befestigung .....	58

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 5 of 73

# 1 Einleitung





## 1.1 Allgemeines

Im September 2022 trat das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) an die Tree Energy Solutions GmbH (TES) heran, mit der Anfrage für eine gemeinsame Umsetzung eines schwimmenden Terminals für den Import von Flüssigerdgas (LNG). Im Februar 2023 hat das BMWK die schwimmende Speicher- und Regasifizierungseinheit (FSRU) „Excelsior“ für eine Dauer von maximal 60 Monaten gechartert. Die Realisierung des Projekts soll in Kooperation mit ENGIE erfolgen. Als Sponsor für das Projekt wurde die „FSRU Wilhelmshaven GmbH“ gegründet.



Abbildung 1 Übersicht über das Projektgebiet

Die marine Anlage umfasst ein inselartiges Anlandeterminal zur Abfertigung der FSRU Excelsior mit einer Kapazität von 138.000 m<sup>3</sup>, wie in der vorstehenden Abbildung zu sehen ist. Die FSRU wird über einen Zeitraum von höchstens fünf Jahren an der Anlage vertäut liegen und LNG über einen längsseits vertäuten LNG-Tanker (LNGC) aufnehmen. Das Produkt wird über eine Unterwasserpipeline an Land transportiert. Die Anlage wird nicht besetzt sein; die Steuerung erfolgt von der FRSU aus.





  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 6 of 73

## 1.2 Gegenstand des Berichts

Dieser Bericht bietet einen Überblick über die funktionalen Anforderungen, die Ausgangswerte und die Bemessungskriterien, die zur Entwicklung des konzeptuellen Entwurfs der Ponton-Anlage verwendet werden. Er soll die Grundlage für die weitere Planung in den verschiedenen Entwurfsphasen bilden.

## 1.3 Abkürzungen

Abkürzung	Einheit	Beschreibung
ALS		außergewöhnlicher Grenzzustand (Accidental Limit State)
API		American Petroleum Institute
B	m	Breite des Schiffs
CoG		Schwerpunkt (Center of Gravity)
D	m	Seitenhöhe bis Hauptdeck des Schiffs
DNV		Det Norske Veritas
DMA		Dynamische Vertäuanalyse (Dynamic Mooring Analysis)
EAU		Empfehlungen des Arbeitsausschusses Ufereinfassungen
DDF		Ermüdungsgrad (Fatigue Damage Factor)
GZE		Grenzzustand der Ermüdung (Fatigue Limit State)
FSRU		Schwimmende Speicher- und Regasifizierungseinheit
GM <sub>T</sub>	m	Transversale metazentrische Höhe
GM <sub>L</sub>	m	Longitudinale metazentrische Höhe
H <sub>s</sub>	m	Maßgebliche Wellenhöhe
h	m	Wassertiefe
LNGC		LNG-Tanker
LR		Lloyd's Register
MBL	kN	Mindestbruchlast
MD		Vertäudalben
NHN		Normalhöhennull

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	FSRU: Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 7 of 73

OCIMF		Oil Companies International Marine Forum
PIANC		Internationaler Ständiger Verband für Schifffahrtskongresse (Permanent International Commission for Navigation Congresses)
SI		Einheiten nach dem Internationalen Einheitensystem (SI)
SKN		Seekartennull
SWL	kN	Traglast (Safe Working Load)
SCF		Spannungskonzentrationsfaktor (Stress Concentration Factor)
T <sub>p</sub>	s	Wellenkammerperiode
ULS		Grenzzustand der Tragfähigkeit (Ultimate Limit State)
WLL	kN	Tragfähigkeit (Working Load Limit)
Δ	t	Wasserverdrängung des Schiffs





Anmerkung: Wird während der Vorbereitung dieses Dokuments vervollständigt und aktualisiert.

Tabelle 1 Verwendete Abkürzungen

## 2 Referenzdokumente

### 2.1 Richtlinien und Normen

1. DIN EN 1990, Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung
2. DIN EN 1991, Eurocode: Einwirkungen auf Tragwerke
3. DIN EN 1992, Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken
4. DIN EN 1993, Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten
5. DIN EN 1997, Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik
6. DIN EN 1090-2 Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken – Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken
7. EAU 2020, Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen, Häfen und Wasserstraßen“ (Dezember 2020)
8. DIN 4085:2017-8 Baugrund – Berechnung des Erddrucks
9. PIANC Working Group 24, Criteria for movement of moored ships in harbors – a practical guide, 1995.
10. PIANC Working Group 33, Guidelines for the design of fender systems, 2002
11. DNV-GL-RP-C203 Fatigue design of offshore steel structures, April 2023
12. DNV-OS-C401 Fabrication and testing of offshore structures, Juli 2023

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 8 of 73

13. DNV-OS-C101 Offshore Standard
14. ASR A1.8 Verkehrswege, Ausgabe: November 2012 zuletzt geändert GMBI 2018
15. ASR A2.3 Fluchtwege und Notausgänge, Flucht- und Rettungsplan, Ausgabe: August 2007,
16. zuletzt geändert GMBI 2017, S. 8

## 2.2 Projektstudien

17. IMDC (2023). Bericht über die Umgebungsverhältnisse. TES-WHV-VGN-FSRU-ENV-DOC-2014.07
18. Entwurfsgrundlagen Version 3.0 TES-WHV-VGN-ST-DOC-2001.09
19. FSRU Ponton WHV – Geotechnischer Bericht 23A012.00.00 Rev.0.0
20. FSRU Wilhelmshaven Vertäustudie, Dokumentnummer: TES-WHV-VGN-FSRU-ENV-DOC.2021\_06.
21. Smit Barge E3004 Stability booklet for a deckload up to 10 m height
22. Internationales Freibordzeugnis HEBO-P63

## 2.3 Zeichnungen

23. Kolkschutz-Design für FSRU-Liegeplatz, Zeichnungsnummer: TES-WHV-VGN-FSRU-ST-DWG.2039\_05
24. Allgemeine Anordnung, Zeichnungsnummer: TES-WHV-VGN-FSRU-ST-DWG-2013.14

## 2.4 Rangfolge der Richtlinien und Normen

Es gilt die folgende Rangfolge:





1. Deutsche Richtlinien und Normen (DIN EN)
2. Deutsche Empfehlungen zu maritimer Projektierung (EAU 2020)
3. In Fällen, in denen die deutschen Richtlinien nicht ausreichen, können andere international anerkannte Empfehlungen, Normen oder Richtlinien für maritime Bauwerke herangezogen werden (z. B. PIANC, BS6349)

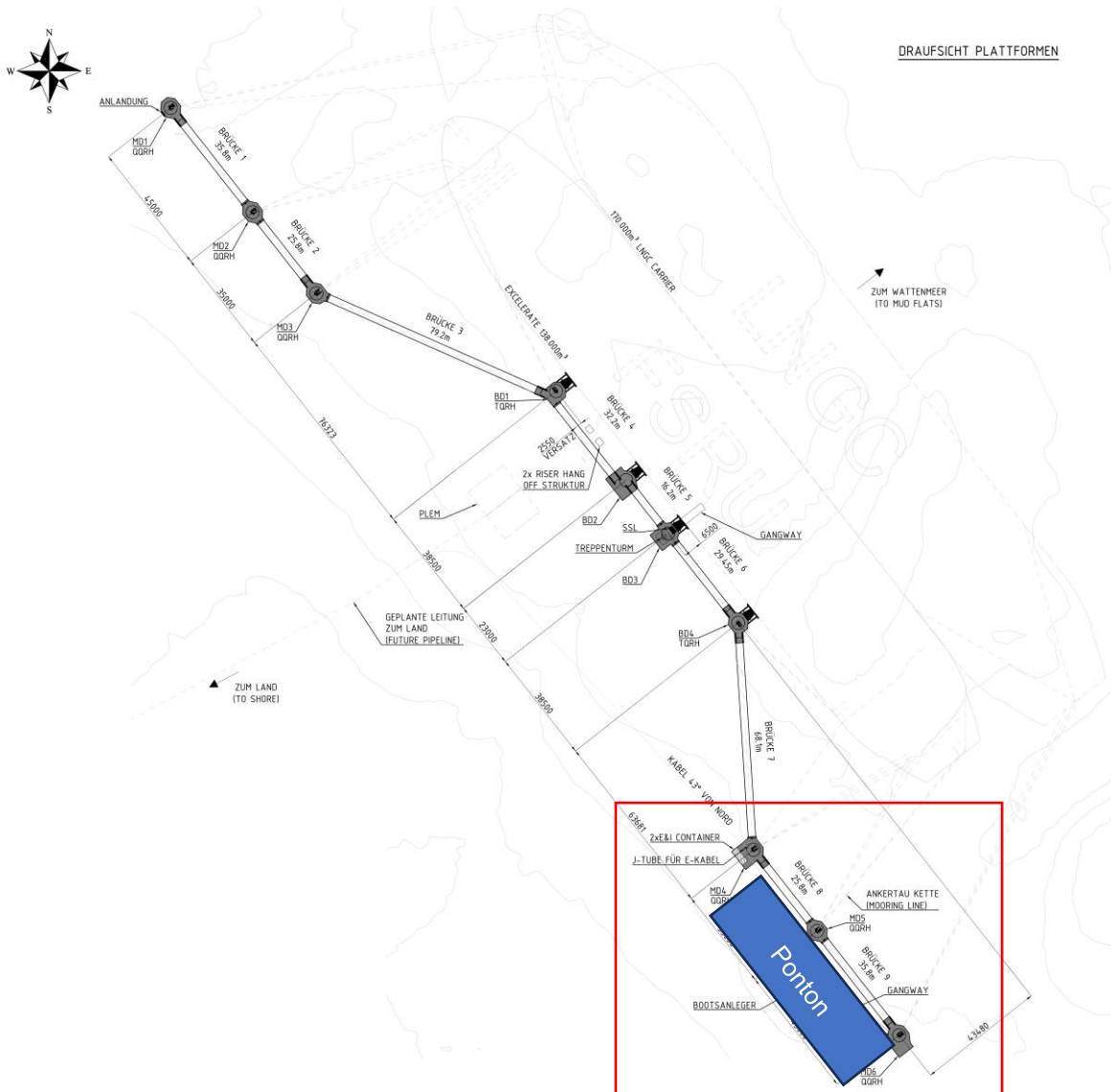
# 3 Aufbau des Anlegers und Standort der Ponton-Anlage

## 3.1 Standort der Ponton-Anlage

Der Standort der Ponton-Anlage ist in Abbildung 1 dargestellt. Der Ponton wird nahe dem äußersten Dalben des Anlegers MD 6 positioniert, siehe unten.



  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 9 of 73







Für Detailangaben zur Ponton-Anlage (roter Kasten) siehe Kapitel 3.2.

Abbildung 2 Standort der Ponton-Anlage

### 3.2 Aufbau der Ponton-Anlage

Die nachstehende Abbildung zeigt den schematischen Aufbau der Ponton-Anlage. Die Ponton-Anlage besteht aus einem Schwimm-Ponton, der an Rammpfählen vertäut ist. Der Ponton wird mit Klammern/Pfahlführungen befestigt. Dieses Konzept befindet sich noch in der Entwicklung und kann in den verschiedenen Entwurfsphasen an einigen Stellen angepasst werden.

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST-DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Page 10 of 73

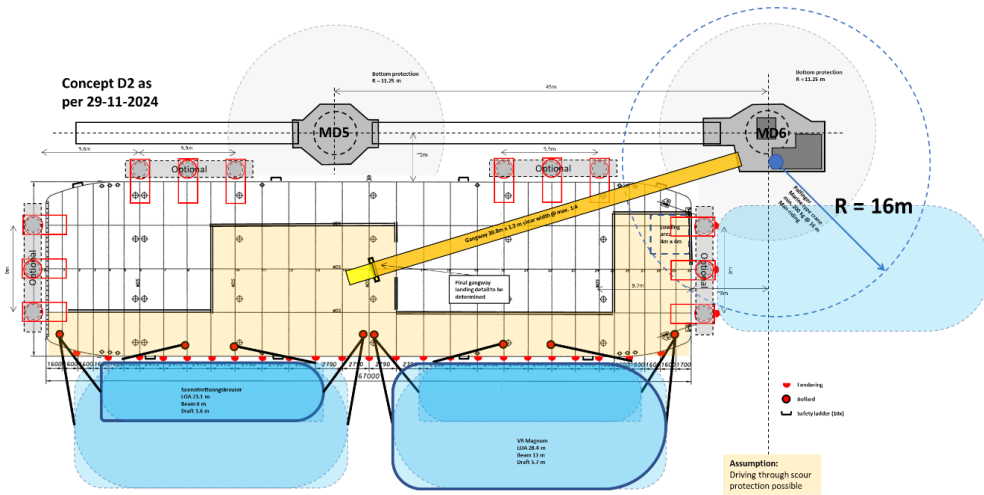






Abbildung 3 Aufbau der Ponton-Anlage

Concept D2 as per 29-11-2024	Konzept D2, Stand: 29.11.2024
Bottom protection	Kolksschutz
R - 11.25 m	r = 11,25 m
Optional	Optional
Gangway 39,8m x 1.2m clear width @ max. 1:4	Gangway 39,8 m x 1,2 m lichte Breite bei max. 1:4
Final gangway landing detail to be determined	Gangway-Auflagerung im Detail noch festzulegen
Loading area 4m x 4m	Ladebereich 4 m x 4 m
Palfinger	Palfinger
Marine type crane	Seekran
min. 200 kg @ 16 m	mind. 200 kg bei 16 m
Man-riding	Man-Riding
Sornotrettungskreuzer	Seenotrettungskreuzer
Beam 6 m	Breite 6 m
Draft 1.6 m	Tiefgang 1,6 m
VB Magnum	VB Magnum
Beam 13 m	Breite 13 m
Draft 5.7 m	Tiefgang 5,7 m
Tendering	Fender
Bollard	Poller
Safety ladder (10x)	Sicherheitsleiter (10 Stück)
Assumption:	Annahme:

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 11 of 73

Driving through scour protection possible	Rammung durch Kolkschutz möglich
---	----------------------------------

### 3.3 Funktionale Anforderungen an die Ponton-Anlage

Im Folgenden werden die Anforderungen an die Ponton-Anlage zusammenfassend aufgezählt.





In den nächsten Kapiteln werden die Anforderungen eingehender beschrieben. Für eine Visualisierung der Anforderungen siehe Abbildung 3.

#### 3.3.1 Betriebsanforderungen:

- Bei normalen/betriebsüblichen Bedingungen soll der Ponton als Zugang für den Transfer und die Versorgung der Besatzung (Alltagsbedarf) über ein Besatzungsschiff dienen.
- Im Notfall muss die Ponton-Anlage als Fluchtweg für auf dem Schiff befindliche Personen dienen.
- In Notfällen (z. B. Feuerwehreinsatz und Evakuierung der FSRU-Besatzung) muss der Ponton als Zugang für eine gleichzeitige Nutzung durch Feuerlösch- und Rettungsboote dienen.
- Die Ponton-Anlage muss extremen Umgebungsverhältnissen mit einem Wiederkehrintervall von 100 Jahren standhalten können: Es gelten dieselben Überlebensbedingungen wie für die FSRU.
- Die Ponton-Anlage muss für eine Lebensdauer von 5 Jahren in Betrieb sein.
- Die Bemessungslebensdauer der Ponton-Anlage muss 10 Jahre betragen.
- Der Ponton darf nicht mit den Plattformkonstruktionen der Dalben MD 4, MD 5 und MD 6 kollidieren.
- Aus Sicherheitsgründen muss der Ponton an den Seiten über ein Geländer verfügen.
- Die vorgesehene Positionierung des Pontons für maximale Einsatzbereitschaft ist frontal in Hauptströmungs- und Wellenrichtung (ca. 321,75° NNW).
- Bei Bedarf kann der Ponton ballastiert werden, um eine größtmögliche Einsatzstabilität zu erzielen.
- Gemäß Ref. 18 muss der Ponton mindestens 62 m<sup>2</sup> Platz bieten.
- Auf dem Ponton muss ein Bereich von 4 × 4 m für Hebezwecke ausgewiesen sein. Von diesem Bereich aus müssen bis zu 200 kg schwere Gegenstände auf den MD 6 gehoben werden können bzw. umgekehrt; der Kran muss zum Heben von Personal (Man-Riding) geeignet sein.
- Die Mindestdecklast des Pontons beträgt 1 t/m<sup>2</sup>.
- Bemessungsschiffe:
  - Schlepper: L 28,4 m × B 13 m × Tiefgang 5,63 m
  - Seenotrettungskreuzer: L 23,1 m × B 6 m × Tiefgang 1,6 m

#### 3.3.2 Pfähle der Ponton-Anlage:

- Der Ponton wird nicht mit den Monopiles der FSRU-Anlage vertäut. Er verfügt über eigene Vertäupfähle. Diese Pfähle sind oben geschlossen und zur Dauernutzung vorgesehen.

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 12 of 73

- Bei der Auslegung der Pfahldurchmesser, -wandstärken und -längen sind die Lasten zu berücksichtigen, die vom Ponton auf die Pfähle einwirken.
- Die Pfähle müssen den auf den Ponton einwirkenden Lasten durch Umgebungseinflüsse (Wind, Wellen, Strömung) sowie durch jegliche am Ponton vertäuende/vertäute Schiffe standhalten.
- Das dynamische Verhalten des Pontons ist zu berücksichtigen.

### 3.3.3 Gangway/Rampe zum Ponton:

- Der Vertäu-Ponton sollte auch von der Sammelstelle auf MD 6 aus zugänglich sein.
- Das Gefälle und die Länge der Rampe sollten so gering wie möglich gehalten werden, da die Rampe auch als Fluchtweg dient, wie in den anzuwendenden Richtlinien der EAU gefordert, siehe Ref. 7.
- Die lichte Breite der Gangway zwischen den Handläufen sollte mindestens 1,2 m betragen (siehe Begründung in den nächsten Kapiteln).
- Die Gangway ist auf dem Vertäudalben MD 6 und auf dem Ponton-Deck aufgelagert (Bemessungshöhe der Oberseite der Gangway: +11,680 m SKN).

## 4 Standortdaten

### 4.1 Einheiten, Bezugsebenen und Koordinatensystem

Es müssen SI-Einheiten verwendet werden. Alle Abmessungen müssen in Metern oder Millimetern angegeben werden. Alle horizontalen Angaben sind relativ zu den geographischen Koordinaten „WGS 84 / UTM Zone 32N“.

Alle vertikalen Angaben sind relativ zum Seekartennull (SKN, englisch: „Chart Datum“ (CD)).





#### Anmerkungen:

*Andere Quellen verwenden möglicherweise NHN (Normalhöhenull) oder NN (Normalnull). Geschätzte Differenz zwischen NHN und SKN (bei Hooksiel): +0,00 m NHN = +2,49 m SKN.*

### 4.2 Auftragsabgrenzung

Die Auftragsabgrenzung des Ponton-Auftrags liegt an der Stelle, an der die Gangway an das Dalbendeck montiert wird.

Die Anforderungen zum Vertäuen der FSRU-Anlage werden in einem separaten Bericht bewertet.

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 13 of 73

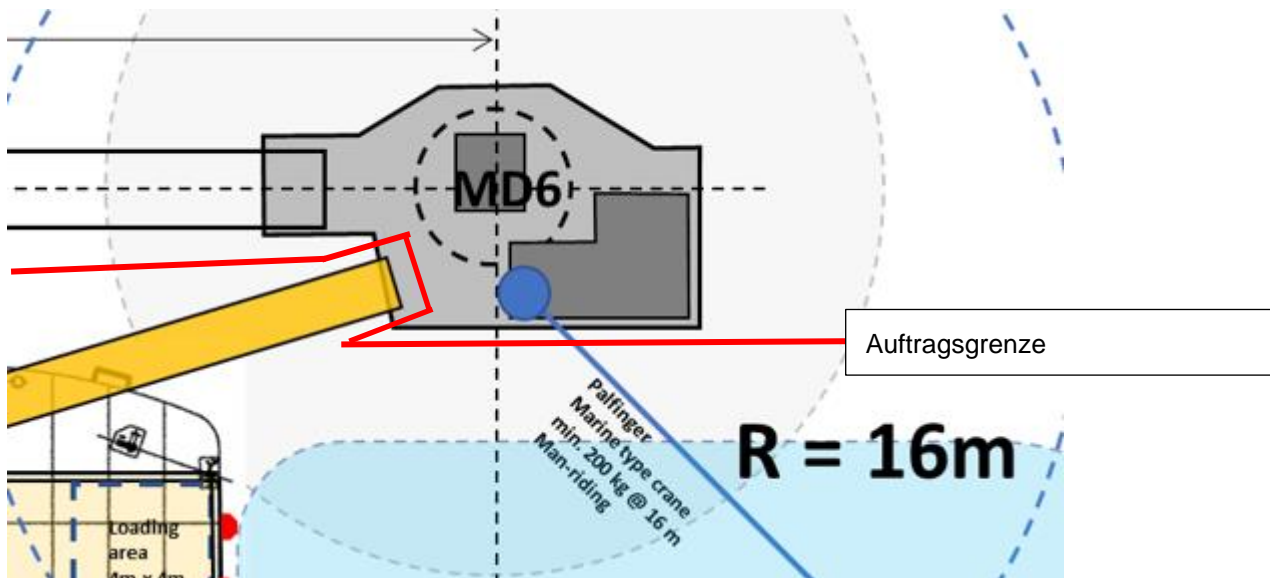


Abbildung 4 Auftragsabgrenzung für die Ponton-Anlage

Loading area 4m x 4m	Ladebereich 4 m × 4 m
Palfinger	Palfinger
Marine type crane	Seekran
min. 200 kg @ 16 m	mind. 200 kg bei 16 m
Man-riding	Man-Riding

Derzeit wird erwogen, die Gangway und den Kran an Lieferanten auszulagern. Die funktionalen Anforderungen für diese Elemente sind in diesem Dokument enthalten.





### 4.3 Meteorologisch-ozeanographische Bedingungen

Die meteorologisch-ozeanographischen Bedingungen am Projektstandort, einschließlich der Extremwertanalyse, sind in 18 beschrieben. Die nachstehenden Abschnitte enthalten eine kurze Zusammenfassung. Dabei handelt es sich um die gleichen Daten, die für die Bemessung des Anlandeterminals verwendet wurden.

#### 4.3.1 Wasserstände

Die folgenden Bemessungswasserstände werden in Ref. 17 für den Projektstandort hergeleitet:

- Der 100-jährliche Hochwasserstand (konservative Annahme) beträgt +7,16 m SKN.
- Der fünfjährige Hochwasserstand beträgt +6,15 m SKN.
- Der 100-jährliche extreme Niedrigwasserstand beträgt -1,03 m SKN.

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 14 of 73

Die Gezeitenstände für andere Wiederkehrintervalle sind in der nachstehenden Tabelle aufgeführt.

[Jahre] Wiederkehrintervalle	Leuchtturm Alte Weser				Projektstandort			
	Oberer Pegelstand [m MN]	Oberer Pegelstand [m SKN]	Unterer Pegelstand [m MN]	Unterer Pegelstand [m SKN]	Oberer Pegelstand [m MN]	Oberer Pegelstand [m SKN]	Unterer Pegelstand** [m MN]	Unterer Pegelstand** [m SKN]
100	4,40	6,89	-3,21	-0,72	4,67	7,16	-3,52	-1,03
50	4,18	6,67	-3,13	-0,64	4,44	6,93	-3,41	-0,92
20	3,89	6,38	-3,01	-0,52	4,14	6,63	-3,30	-0,81
10	3,67	6,16	-2,92	-0,43	3,91	6,40	-3,2	-0,71
5	3,45	5,94	-2,81	-0,32	3,68	6,17	-3,1	-0,61
2	3,15	5,64	-2,68	-0,19	3,37	5,86	-2,98	-0,49
1	2,90	5,39	-2,58	-0,09	3,11	5,60	-2,92	-0,43

\* Am Projektstandort betr ag : NHN [m] = SKN [m] + 2,49 [m].





\*\* Die 95%-Konfidenzintervall-Linie verwendet, um der niedrigen Wasserstände abzuschätzen

Tabelle 2 Gezeitenst ande für verschiedene Wiederkehrintervalle.

Die nachstehende Tabelle zeigt die Gezeitenst ande gemäß öffentlich zugänglichen Quellen für Hooksiel. In Anlage 2 sind weitere Einzelheiten zu diesen Werten zu finden.

Gezeitenstand	Erläuterung	Gezeitenstand [m NHN]	Gezeitenstand [m CD/SKN]
HAT	Höchste Astrotide	+2,2	+4,8
MSpHW	Mittleres Springhochwasser	+1,8	+4,3
MHW	Mittleres Hochwasser	+1,6	+4,1
MNpHW	Mittleres Nipphochwasser	+1,3	+3,8
MSL	Mittlerer Meeresspiegel	+0,0	+2,5
MNpNW	Mittleres Nippniedrigwasser	-1,5	+1,0
MLW	Mittleres Niedrigwasser	-1,8	+0,7
MSpNW	Mittleres Springniedrigwasser	-2,0	+0,5
LAT	Niedrigste Astrotide	-2,5	0,0

Tabelle 3 Gezeitenst ande gemäß Ref. [17], ergänzt durch öffentlich zugängliche Quellen; siehe Anlage 2.

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 15 of 73

### 4.3.2 Strömung

Die extremen Strömungen im Wendebassin im Vertäubereich der FSRU sind in der nachstehenden Tabelle dargestellt.

Falls keine detaillierteren Daten vorliegen, werden sie bei der Bemessung verwendet.

Direction Going to (°N)	Speed (m/s) - within the turning basin	Speed (m/s) -near the FSRU
(Low tide)	1,88	1,60
(tide)	1,81	1,70

Abbildung 5 Strömungsbedingung ohne Ausbaggerung gemäß Ref. 17

Direction Going to (°N)	Richtung nach (°N)
Speed (m/s) - within the turning basin	Geschwindigkeit (m/s) – innerhalb des Wendbeckens
Speed (m/s) - near the FSRU	Geschwindigkeit (m/s) – in FSRU-Nähe
(Low tide)	(Ebbe)
(tide)	(Flut)





### 4.3.3 Meeresbodenhöhe

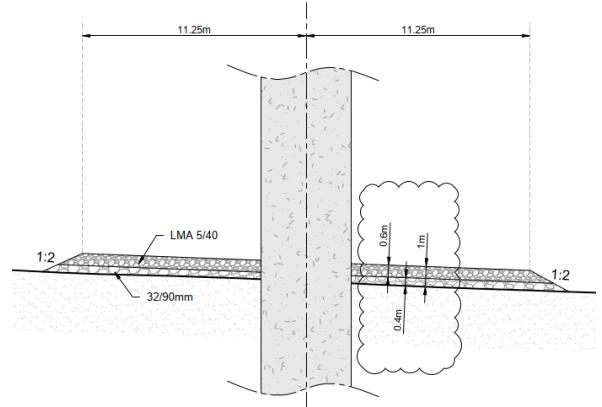
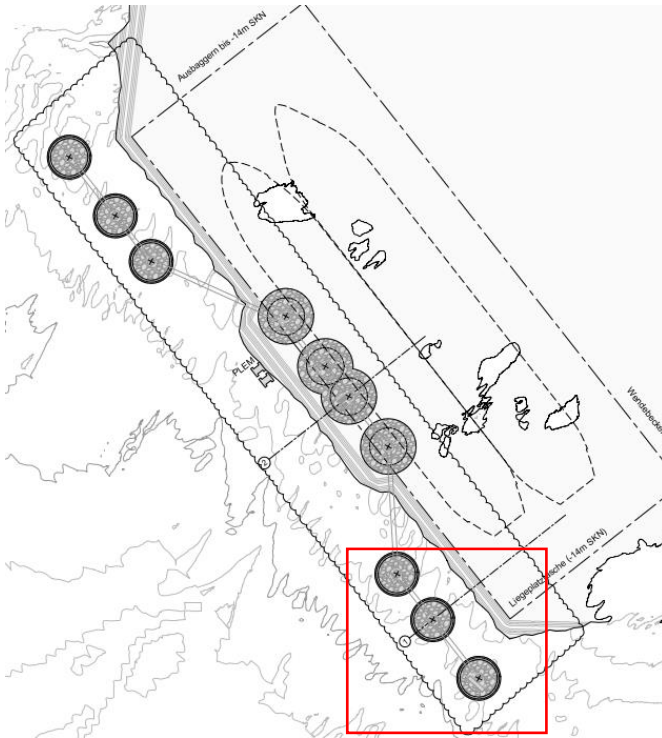
Die Meeresbodenhöhe der Liegewanne beträgt –14,5 m SKN (höchste Baggertiefe). Bei den Vertäudalben ist die Meeresbodenhöhe höher als bei der Anlegestelle der FSRU. Die Pfähle der Ponton-Anlage befinden sich an Stellen mit und ohne Kolkschutz, der um die Vertäudalben herum angebracht ist (siehe nachstehende Abbildung). Die Bemessungsmeeresbodenhöhen an der Ponton-Anlage betragen:

- Ohne Kolkschutz –10,80 [m SKN]
- Mit Kolkschutz –9,80 [m SKN]

Für Stellen ohne Kolkschutz wird eine lokale Kolkbildung um den Pfahl von  $1 \times D$  ( $D$  = Pfahldurchmesser) berücksichtigt.



  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 16 of 73







*Um die Dalben herum eingebauter Kolksschutz*

*Der eingebaute Kolksschutz ist in der rechts abgebildeten Detailskizze dargestellt.*

*Abbildung 6 Um die Dalben herum eingebauter Kolksschutz*







		Struktur		
 		Wilhelmshaven	FSRU:	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST-DOC_2201_00
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN		Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage		Page 17 of 73
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU				

#### 4.4 Wind- und Wellendaten

Die nachstehende Tabelle zeigt die Wind- und Wellendaten für die 100-jährlichen Bedingungen. Sie werden beim Festigkeitsnachweis für die Anlegestelle berücksichtigt. Die Tabelle zeigt Wellenhöhen mit verschiedenen Wiederkehrintervallen. Grau unterlegte Zellen geben Bedingungen an, bei denen die FSRU nicht vertäut werden kann und die Anlegestelle verlassen muss. Es ist festzustellen, dass es zu Wellenhöhen von Hm0 2,1 m aus nördlicher Richtung kommen kann, bei denen die FSRU noch an der Anlegestelle liegt. Daher muss der Zugang für Serviceschiffe unter diesen Bedingungen gegeben sein. Für Werte für andere Wiederkehrintervalle siehe Anlage 2.

Wind		Windwellen					
Richtung aus (°N)	Geschwindigkeit (m/s)	Mdir aus (°N)	Hm0 (m)	Tp (s)	Gamma (JONSWAP)	Richtungs- ausbreitung (°)	Richtungs- ausbreitung (s)
0	27,2	347,2	2,1	5,1	2,3	9,6	24,7
30	22,6	9,4	1,6	4,4	2,8	5,4	32,4
60	18,0	51,1	1,2	3,8	3,3	5,5	32,1
90	21,0	94,2	1,3	3,8	3,4	5,7	31,6
120	17,9	122,8	1,1	3,7	3,5	7,5	27,7
150	16,8	138,8	1,0	3,7	2,4	10,3	24,0
180	21,6	149,9	0,6	3,2	1,7	7,9	27,0
210	24,2	171,0	1,2	3,8	1,5	4,5	35,0
240	26,4	239,5	1,0	3,0	2,9	1,9	46,5
270	26,0	314,3	1,3	4,3	1,5	4,9	33,8
300	26,8	333,5	1,8	4,9	1,9	11,5	22,8
330	27,8	339,0	2,1	5,2	2,0	13,7	21,1

Tabelle 4 Wind- und Wellendaten. 100-jährliches Wiederkehrintervall





  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 18 of 73

Es gelten die folgenden Dünungsbedingungen:

Dünungswellen						
Sektor	Mdir aus (°N)	Hm0 (m)	Tp (s)	Gamma (JONSWAP)	Richtungsausbreitung (s)	Richtungsausbreitung (°)
West	345	0,1	13,5	1,8	34,0	13,5
WNW	348	0,1	14,7	1,8	29,9	14,5
NNW	356	0,2	15,4	1,8	19,2	18,1
Nord	358	0,4	8,7	1,1	12,6	21,9
NNO	0	0,4	6,7	1,7	9,4	25,0

Tabelle 5 Mit den 100-jährlichen Bedingungen korrespondierende Dünungsbedingungen

Für die Bemessungsbedingungen müssen die Wind- und die Dünungswellen auf Grundlage einer Energiebalance kombiniert und quadriert werden. Der Einfluss der Dünungskomponente ist jedoch sehr gering, wie in der Bewegungsanalyse gezeigt werden wird.

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 19 of 73

## 4.5 Eisbedingungen

Es müssen keine Eislasten mit den Wellenlasten kombiniert werden. Zur Berücksichtigung von Lasten durch Eisblockdrift gelten die folgenden Bemessungsparameter:

- 0,4 m maximale Eisdicke bei Wilhelmshaven [Tabelle 4.14 EAU 2020]
- 3,0 % Salzgehalt in den Nordseeästuaren [Tabelle 4.13 EAU 2020];
- -2 °C mittlere Eistemperatur an der Eisunterseite [Kapitel 4.11.2 EAU 2020]

Nachstehend sind die relevanten Daten in Tabellen aufgeführt.

Nordsee	Maximale $h$ [cm]	Ostsee	Maximale $h$ [cm]
Helgoland	30–50	Nord-Ostsee-Kanal	60
Wilhelmshaven	40	Flensburg (Außenförde)	32
Leuchtturm „Hohe Weg“	60	Flensburg (Innenförde)	40
Büsum	45	Schleimünde	35
Meldorf (Hafen)	60	Kappeln	50
Tönning	80	Eckernförde	50

Man beachte:  $h = 40$  cm.

Tabelle 6 Gemessene maximale Eisdicke ( $h$ ) gemäß Tabelle 4.14 von Ref. 7

Nordsee	Salinität Wasser [‰]	Salinität Ei [‰]	Ostsee	Salinität Wasser [‰]	Salinität [‰]
Deutsche Bucht	32–35	14–18	Beltsee	15–20	10–12
Flussmündungen	25–30	12–14	Kieler Bucht	15	8–10
			Mecklenburger Bucht	15	8–10
			Arkonabecken und	8–10	5–7
			Bornholmsee		
			Gotlandsee	5–7	a)
			Finnischer und	1–5	a)
			Botnischer Meerbusen		

Man beachte: Der Salzgehalt beträgt in den Nordseeästuaren maximal 3 %.

Tabelle 7 Salzgehalt in den Nordseeästuaren gemäß Tabelle 4.13 von Ref. 7

## 4.6 Bodenerkundung

Für das Projekt werden mehrere Drucksondierungen (Cone Penetration Test, CPT) und Bohrungen durchgeführt. Die nachstehende Abbildung gibt einen Überblick über die ausgeführte Bodenerkundung.







  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 20 of 73



Abbildung 7 Ausgeführte Bodenerkundung am Projektstandort

Die Ponton-Anlage wird zwischen den Vertäudalben MD 4 bis MD 6 positioniert. Der Bericht von Ref. 19 spricht eine geotechnische Empfehlung für die Positionierung der Ponton-Anlage aus. Die Bodenprofile und -parameter entstammen Anlage 3 „Rechnerische Bodenprofile für erdstatische Berechnungen“ in Ref. 19. Es werden die Steifigkeits- und Festigkeitsgrenzen (Ober- und Untergrenze) berücksichtigt.

	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven	Doc. No.: TES-WHV-VGN-FSRU-ST-DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Page 21 of 73





Bereich: FSRU - Ponton-Dalben ohne Kalkschüttung (ponton dolphins w/o armor layer)										
Rechnerische Wassertiefe (D&L): -10,80 [in SKN]										
Charakteristische Bodenkennwerte (BE in "fett") und Bandbreite (LE - HE)										
Schicht Nr.	Tiefe unter Meeresboden [m]	Höhe [m SKN]	Spitzenwiderstand $q_v$ [MPa]	Bodenart	Benannte Lagerungsdichte $l_v$ [%]	Auftriebswichte des Bodens $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Effektiver Reibungswinkel $\varphi'$ [°]	Effektive Kohäsion $c'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Undefinierte Kohäsion $c_u$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Stiffenmodul $E_s$ [kN/m <sup>2</sup> ]
1 <sup>1)</sup>	0,00	-10,80	-	Sand/Schluff locker	-	7,5	25,0	-	-	-
2	2,63	-13,43	-	Sand/Schluff locker	25,0	6,5	25,0	2	40	2
3	5,70	-16,50	0,2	Sand	30,0	6,5	27,5	1	20	4
4	12,48	-23,28	12,0	Sand mittelsteif	51,2	8,5	35,4	-	0	19
5	19,00	-29,80	16,0	Sand mittelsteif	53,4	9,0	38,0	-	0	31
6	26,98	-37,78	20,0	Sand dicht	77,0	10,0	42,0	-	0	44
7	39,78	-50,58	26,0	Sand dicht	83,0	10,5	45,0	-	0	47
8	40,38	-51,18	34,0	Sand dicht	85	11,0	47,0	-	0	60
9 <sup>2)</sup>	45,42	-56,22	24,0	Sand mittelsteif	69	11,5	39,9	-	0	53
	65,00	-75,80	-	Sand mittelsteif	-	10,0	32,5	-	0	67

Bereich: FSRU - Ponton-Dalben mit Kalkschüttung (ponton dolphins w/ armor layer)										
Rechnerische Wassertiefe (D&L): -9,80 [in SKN]										
Charakteristische Bodenkennwerte (BE in "fett") und Bandbreite (LE - HE)										
Schicht Nr.	Tiefe unter Meeresboden [m]	Höhe [m SKN]	Spitzenwiderstand $q_v$ [MPa]	Bodenart	Benannte Lagerungsdichte $l_v$ [%]	Auftriebswichte des Bodens $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Effektiver Reibungswinkel $\varphi'$ [°]	Effektive Kohäsion $c'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Undefinierte Kohäsion $c_u$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Stiffenmodul $E_s$ [kN/m <sup>2</sup> ]
0 <sup>1)</sup>	0,00	-9,80	-	Steinschüttung mittelsteif	-	0,0	0,0	0,0	0	0,0/10,0 <sup>4)</sup>
1 <sup>1)</sup>	1,00	-10,80	-	Sand/Schluff locker	-	7,5	25,0	-	-	-
2	3,63	-13,43	2,0	Sand/Schluff locker	25,0	6,5	25,0	2	40	2
3	6,70	-16,50	0,2	Sand mittelsteif	28,0	6,5	27,5	1	20	4
4	13,48	-23,28	12,0	Sand mittelsteif	51,2	7,0	31,0	-	0	19
5	20,00	-29,80	16,0	Sand mittelsteif	53,4	9,0	38,0	-	0	31
6	27,98	-37,78	20,0	Sand dicht	77,0	10,0	42,0	-	0	44
7	30,78	-40,58	14,0	Sand mittelsteif	56	9,5	37,1	-	0	47
8	41,38	-51,18	22,0	Sand dicht	73	11,0	37,6	-	0	60
9 <sup>2)</sup>	46,42	-56,22	24,0	Sand dicht	69	11,0	36,2	-	0	53
	66,00	-75,80	-	Sand mittelsteif	-	10,0	32,5	-	0	67

<sup>1)</sup> (Teilweise) vorgebohrte schuffige Sande, keine vollständigen CPT-Daten verfügbar, Bodenparameter konservativ angenommen gemäß Interpolation benachbarter Daten.  
<sup>2)</sup> Keine CPT-Daten verfügbar, Bodenparameter konservativ angenommen gemäß Bohrdaten.  
<sup>3)</sup> Kalkschüttung (Steinschüttung 50-200 mm mit Filterschicht, auflaufend auf Seeboden), angenommene Mächtigkeit: 1 m (OK-9,80 mSKN).  
<sup>4)</sup> Zur Berücksichtigung einer Kalkschüttung im Pfahl-Design siehe Hinweise in Abschnitt 3.3

Abbildung 8 Bodenparameter, die gemäß Anlage 3 in Ref. 19 für die Bemessung zu verwenden sind

Das Bodenprofil kann als sandig beschrieben werden, sodass von einem undrained Bodenverhalten ausgegangen wird. Es sei darauf hingewiesen, dass undrained Bedingungen bei Sandböden eine Überschätzung der Festigkeit mit sich bringen.

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 22 of 73

## 5 Schiffsdaten

In diesem Kapitel werden die Merkmale der Ponton-Anlage und der Serviceschiffe aufgeführt.

### 5.1 Ponton-Anlage

Die Ponton-Anlage wird vom Fabrikat HEBO P63 sein. Dieser – bereits vorhandene – Ponton wird (semi-)permanent an der marinen Anlage vertäut sein. Vor der Installation wird er durch einen Zertifizierungsdienst eingestuft. Beim Ponton handelt es sich um einen Flat-Top-Kahn. Auf dem Deck wird die Gangway enden, die zum Vertäudalben verläuft.



**HEBO-P63**  
FLAT TOP PONTOON

Length	67.00 m
Breadth moulded	18.00 m
Depth	4.50 m
Maximum draught	2.385 m from baseline 2.400 m from underside keel

#### Anmerkung:

Gemäß den von HEBO erhaltenen Angaben und dem Internationalen Freibordzeugnis des Lloyd's Register beträgt der Mindestfreibord

2220 mm wie für winterliche Bedingungen





#### LIGHTSHIP DETAILS

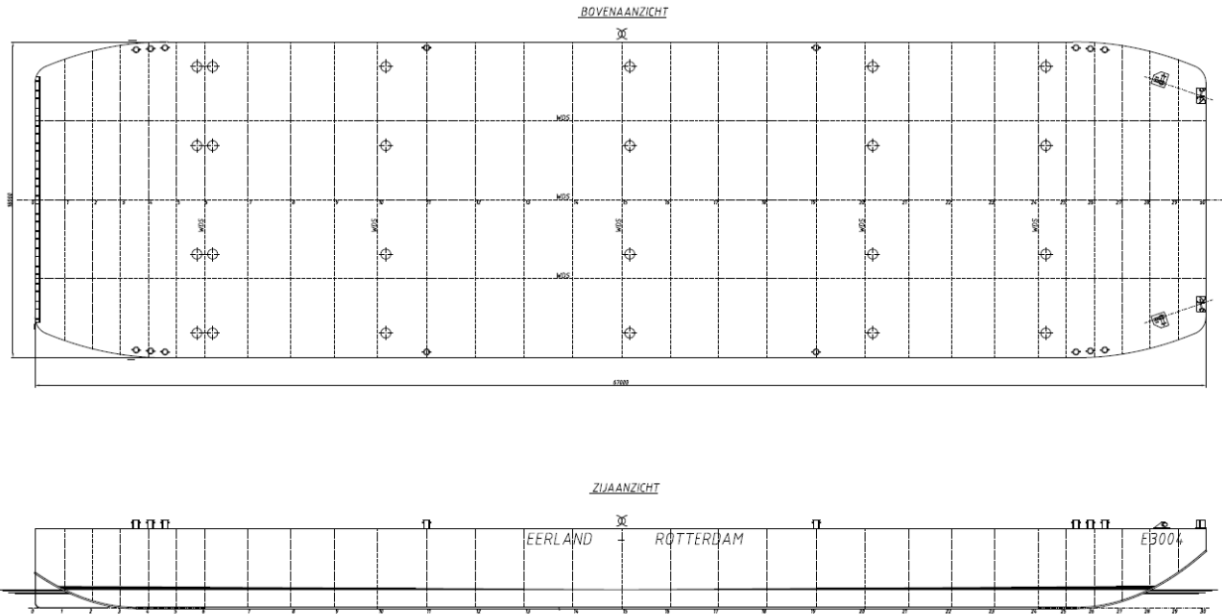
Lightship weight	739.891	tonnes
Longitudinal centre of gravity (LCG)	32.734	meters from AP

HEBO-P63	HEBO-P63
FLAT TOP PONTOON	FLAT-TOP-PONTON

Anmerkung: Bei einem Freibord von 2,23 m (max. zulässigem Tiefgang) wird die Verdrängung in Tonnen niedriger sein.



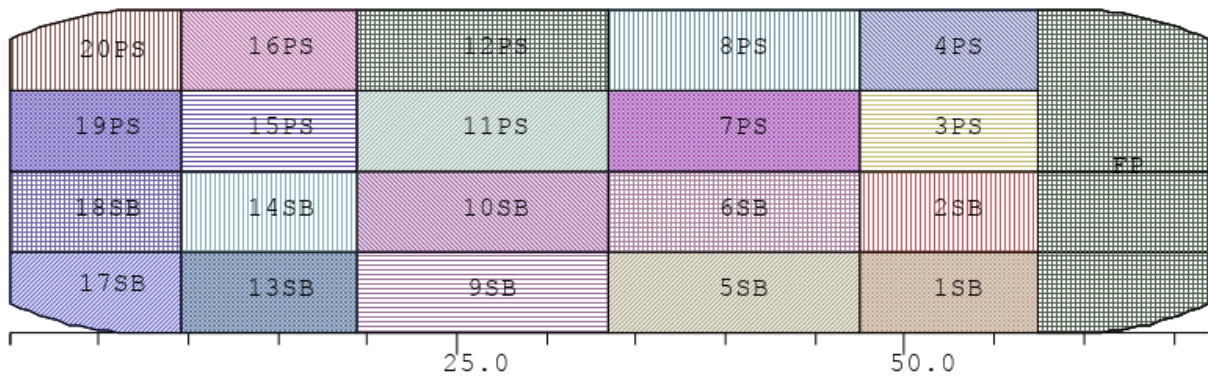
  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 23 of 73







Anmerkung: Es liegen detailliertere Ponton-Zeichnungen vor.

Abbildung 9 Detaildaten zum HEBO-Ponton, entnommen aus Ref. 21

BOVENAANZICHT	DRAUFSICHT
ZIJAAANZICHT	SEITENANSICHT
EERLAND	EERLAND
ROTTERDAM	ROTTERDAM



  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 24 of 73

E3004

Summary of maximum tankvolumes





03 sep 2011 16:33:35

Compartment	Volume	Weight	VCG	LCG	TCG	Mom.In.T	S.W.
Forepeak fr.24-30	600.309	615.316	2.522	61.422	0.000	3993.763	1.025
1 SB fr.20-24	196.457	201.369	2.250	52.450	6.750	73.820	1.025
2 SB fr.20-24	196.463	201.375	2.250	52.450	2.250	73.707	1.025
3 PS fr.20-24	196.463	201.375	2.250	52.450	-2.250	73.707	1.025
4 PS fr.20-24	196.457	201.369	2.250	52.450	-6.750	73.820	1.025
5 SB fr.15-20	277.819	284.764	2.250	40.500	6.750	104.464	1.025
6 SB fr.15-20	277.827	284.773	2.250	40.500	2.250	104.283	1.025
7 PS fr.15-20	277.827	284.773	2.250	40.500	-2.250	104.283	1.025
8 PS fr.15-20	277.819	284.764	2.250	40.500	-6.750	104.464	1.025
9 SB fr.10-15	277.818	284.764	2.250	26.500	6.750	104.431	1.025
10SB fr.10-15	277.827	284.773	2.250	26.500	2.250	104.287	1.025
11PS fr.10-15	277.827	284.773	2.250	26.500	-2.250	104.287	1.025
12PS fr.10-15	277.818	284.764	2.250	26.500	-6.750	104.431	1.025
13SB fr.6-10	196.457	201.369	2.250	14.550	6.750	73.826	1.025
14SB fr.6-10	196.463	201.375	2.250	14.550	2.250	73.711	1.025
15PS fr.6-10	196.463	201.375	2.250	14.550	-2.250	73.711	1.025
16PS fr.6-10	196.457	201.369	2.250	14.550	-6.750	73.826	1.025
17SB fr.0-6	159.281	163.263	2.385	5.398	6.592	57.141	1.025
18SB fr.0-6	173.391	177.726	2.413	5.131	2.250	71.555	1.025
19PS fr.0-6	173.391	177.726	2.413	5.131	-2.250	71.555	1.025
20PS fr.0-6	159.281	163.263	2.385	5.398	-6.592	57.141	1.025

Abbildung 10 Überblick über Ballasttanks, entnommen aus Ref. 21

Summary of maximum tankvolumes	Zusammenfassung der maximalen Tankvolumina
03 sep 2011 13:33:35	3. Sept. 2011 16:33:35
Compartment	Abteilung
Volume	Volumen
Waight	Gewicht
VCG	VCG
LCG	LCG
TCG	TCG
Mom.In.T	Mom.In.T
S.W.	S.W.
Forepeak fr.14-30	Vorpiek FR. 14-30
1 SB fr.20-24	1 Stb FR. 20-24
2 SB fr.20-24	2 Stb FR. 20-24
3 SB fr.20-24	3 Stb FR. 20-24
4 SB fr.20-24	4 Stb FR. 20-24
5 SB fr.15-20	5 Stb FR. 15-20
6 SB fr.15-20	6 Stb FR. 15-20
7 PS fr.15-20	7 Bb FR. 15-20
8 PS fr.15-20	8 Bb FR. 15-20
9 SB fr.10-15	9 Stb FR. 10-15
10SB fr.10-15	10 Stb FR. 10-15
11PS fr.10-15	11 Bb FR. 10-15
12PS fr.10-15	12 Bb FR. 10-15
13SB fr.6-10	13 Stb FR. 6-10
14SB fr.6-10	14 Stb FR. 6-10
15PS fr.6-10	15 Bb FR. 6-10
16PS fr.6-10	16 Bb FR. 6-10
17SB fr.0-6	17 Stb FR. 0-6
18SB fr.0-6	18 Stb FR. 0-6
19SB fr.0-6	19 Stb FR. 0-6







  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 25 of 73

20SB fr.0-6	20 Stb FR. 0-6
-------------	----------------

tonnage	draft in m	tonnage	draft in m
Empty	0,72	2501,5	2,80
109,0	0,82	2623	2,90
257,8	0,90	2744,4	3,00
370,8	1,00	2865,9	3,10
485,5	1,10	2987,5	3,20
600,3	1,20	3109,3	3,30
715,5	1,30	3231,2	3,40
832,0	1,40	3353,1	3,50
948,6	1,50	3475,0	3,60
1065,3	1,60	3596,9	3,70
1183,6	1,70	3718,9	3,80
1301,9	1,80	3840,8	3,90
1420,4	1,90	3962,7	4,00
1539,2	2,00	4084,6	4,10
1658,9	2,10	4200,0	4,20
1778,7	2,20		
1898,5	2,30		
2018,7	2,40		
2139,3	2,50		
2259,9	2,60		
2380,7	2,70		

Tabelle 8 Gegenüberstellung Tiefgang / Tonnage

tonnage	Tonnage
draft in m	Tiefgang in m
tonnage	Tonnage
draft in m	Tiefgang in m
Empty	Leer

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 26 of 73

## 5.2 Serviceschiffe und Feuerlöschschlepper

### Bemessungsschiffe:

In der nachstehenden Tabelle werden die Einzelheiten der Bemessungsschiffe dargestellt, die die Ponton-Anlage benutzen.

1. Feuerlöschschlepper VB Magnum, Länge 28,40 m
2. Seenotrettungskreuzer Hooksiel, Länge 23,10 m

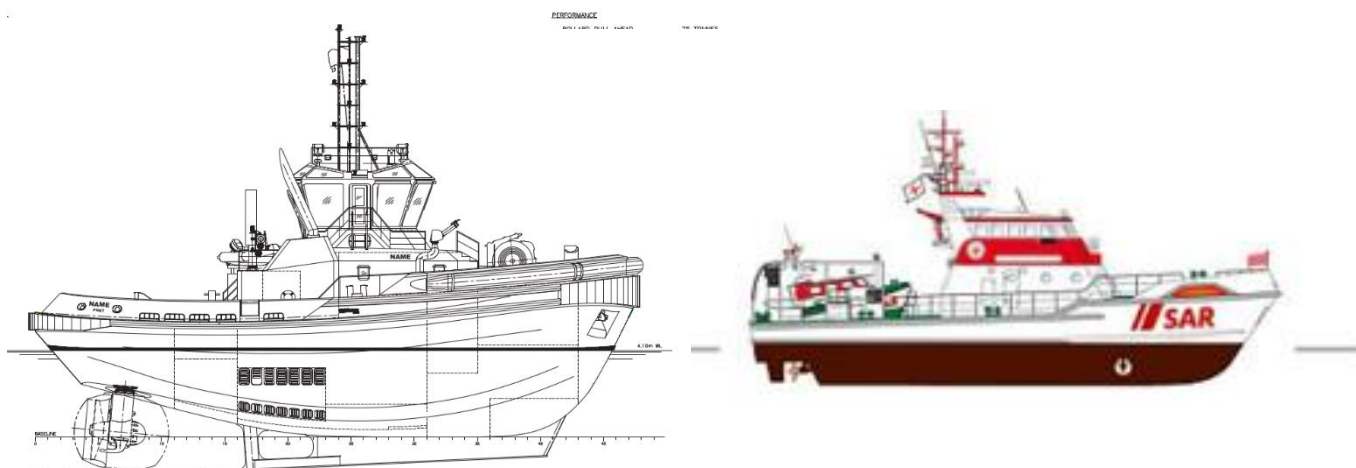


Abbildung 11 Serviceschiffe, die den Bootszugang benutzen.





Schiffsdetail	Feuerlöschschlepper VB Magnum	Seenotrettungskreuzer Hooksiel
Länge	28,40 m	23,10 m
Breite	13,00 m	6,00 m
Tiefgang	5,70 m	1,60 m
Wasserverdrängung/Bruttotonnage	< 500 Tonnen	80 Tonnen

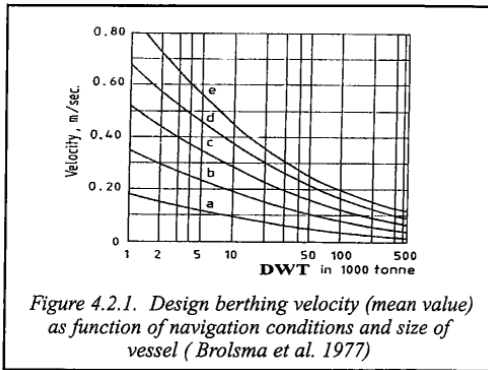
Tabelle 9 Bemessungsschiffe, die die Ponton-Anlage benutzen

Beide Serviceschiffe müssen zeitgleich vertäut werden können.

Zu Anlegegeschwindigkeiten verweisen die EAU 2020, Ref. 7, auf die PIANC-Richtlinien, Ref. 10.

Für die Serviceschiffe wird eine Anfahrtsgeschwindigkeit von 0,50 m/s angesetzt (C-Kurve). Dies wird für die Bemessung der Ponton-Fender berücksichtigt.

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 27 of 73



- Gute Anlegebedingungen, geschützt
- Schwierige Anlegebedingungen, geschützt
- Einfache Anlegebedingungen, exponiert
- Gute Anlegebedingungen, exponiert
- Schwierige Navigationsbedingungen, exponiert

Abbildung 12 Anlegegeschwindigkeiten gemäß Ref. 10





Velocity, m /sec.	Geschwindigkeit, m/s
DWT in 1000 tonne	DWT je 1.000 Tonnen
Figure 4.2.1. Design berthing velocity (mean value) as function of navigation conditions and size of vessel (Brolsma et al. 1977)	Abbildung 4.2.1. Bemessungsanlegegeschwindigkeit (Mittelwert) i. Abh. v. Navigationsbedingungen und Schiffsgröße (Brolsma et al. 1977)

## 6 Bemessungskriterien

### 6.1 Bemessungsphilosophie

Die DIN-/Eurocode-Standards behandeln umweltbezogene, betriebliche und Unfalllasten für maritime Bauwerke nicht explizit. Mangels anderer Richtlinien bieten die EAU, Ref. 7, Empfehlungen für die Anwendung der Eurocodes auf maritime Anlagen. Daher wird für die Bemessung des Pontons das EAU-Referenzdokument 7 verwendet. Hinsichtlich einiger Aspekte wie Ermüdung und zulässige Verdrängung dienen andere Richtlinien.

Maritime Anlagen werden zumeist in die Schadensfolge- und Zuverlässigkeitsklasse 2 eingestuft. Die EAU-Empfehlungen sprechen nicht ausdrücklich von Schadensfolgeklassen. Die in ihnen benannten Sicherheitsbeiwerte und Materialfaktoren, die für die Bemessung zu verwenden sind, stehen jedoch im Einklang mit Schadensfolgeklasse 2.

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 28 of 73

## 6.2 Bemessungslebensdauer

Die Bemessungslebensdauer der Ponton-Anlage muss 10 Jahre betragen. Dies lässt sich aus Ref. 18 ableiten. Hierüber besteht Einigkeit zwischen IMDC und dem Kunden ENGIE, mit dem Ziel der Durchführbarkeit des Projekts nach Ausstellung des Dokuments.

## 6.3 Ausführungsklasse

Zwischen der Schadensfolgeklasse und der Ausführungsklasse besteht ein Zusammenhang. Wenn wie in diesem Fall Ermüdung eine Rolle spielt, wird die Ausführungsklasse gemäß Eurocode eine Stufe höher angesetzt.

Für die Fertigung der Vertäupfähle für die Ponton-Anlage gilt die Ausführungsklasse 3 gemäß DIN EN 1090-2, Referenzdokument 6. Hinsichtlich Ermüdung, insbesondere für den Prüfumfang der Schweißnähte, gelten außerdem die Kriterien gemäß Ref. 12, DNV-GL-RP-C203: „Fatigue design of offshore steel structures“.

## 6.4 Maximaler Gefällewinkel und funktionale Anforderungen an die Gangway

### 6.4.1 Gangway-Gefälle

Gemäß Ref. 7 müssen bei Schwimmpontons die Gezeitenstandsunterschiede berücksichtigt werden. Das Gefälle des Zugangsstegs sollte nicht steiler sein als wie folgt angegeben:





- bei mittlerer Tide nicht steiler als 1:6, entspricht 9° Steigung
- bei Extremwasser nicht steiler als 1:4, entspricht 14° Steigung\*

\* Berechnet für den ungünstigsten Fall – maximal zulässiger Tiefgang 2,27 m (Freibord 2,23 m) und Niveau der verbindenden Gangway zu MD 6 +11,680 m SKN.

### 6.4.2 Anforderungen an die Gangway-Brücke

Für das Gangway-System gelten die folgenden Anforderungen:

- lichte Mindestbreite einer einteiligen Gangway: 1,2 m
- nur für Fußgänger ausgelegte Gangway
- Eine Rollwalze (Höhe 750 mm) am Gangway-Fuß auf dem Ponton-Deck, mit einem Drehpunkt auf dem Stahldeck von Vertäudalben MD 6.
- Es ist ein Bemessungsgewicht in Höhe von 25–27 t zu erwarten.

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 29 of 73

- Material: Für die Gangway wird die Stahlsorte S355J2 (beschichtet) verwendet. Alternativ kann Aluminium verwendet werden.
- Mindestlast: Es wird eine gleichmäßig verteilte Mindestlast von  $q = 2,0 \text{ kN/m}^2$  berücksichtigt. Zudem muss als Alternativlast in der Mitte eines freitragenden Bereichs eine Einzellast von  $Q_i = 1,5 \text{ kN}$  berücksichtigt werden.
- Am oberen Ende aller Handläufe wird eine horizontale Bemessungsholmlast (inkl. Lastfaktor) von  $H_d = 0,525 \text{ kN/m}$  angesetzt.
- Für die grundlegenden Modi wird ein Nachweis gemäß den HIVOSS-Richtlinien erbracht.

Die Bemessung der Gangway ist nicht Bestandteil dieses Dokuments.

### 6.5 Erforderlicher Mindestfreibord des Pontons

Gemäß Artikel 7.2.14.2 der EAU gelten für Pontons folgende Freibordwerte. Zudem besagt der Artikel, dass der Freibord mit der Größe des Pontons zunehmen muss.

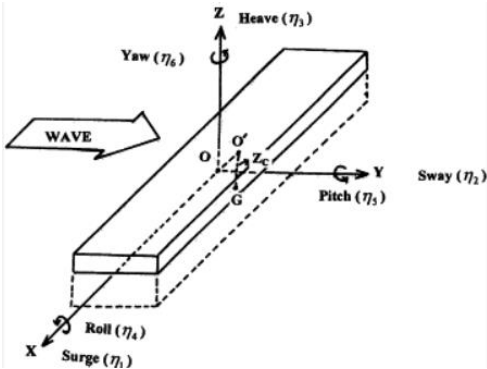
- Pontons mit einer Länge von 30 m und einer Breite in der Größenordnung von 3 bis 6 m müssen ein Freibord im Bereich von 0,80 bis 1,2 m haben.
- Pontons mit einer Länge von 60 m und einer Breite in der Größenordnung bis 16 m müssen ein Freibord im Bereich von 1,20 bis 1,5 m haben.

Gemäß den von HEBO erhaltenen Angaben zum Internationalen Freibordzeugnis beträgt der Mindestfreibord 2.230 mm, wie für winterliche Bedingungen im Nordatlantik vorgesehen.

Je höher der Ponton-Freibord ist, desto geringer ist das Gangway-Gefälle. Bei der Bemessung wird dies unter Berücksichtigung der Betriebs- und Stabilitätsanforderungen detaillierter untersucht.

### 6.6 Zulässige Bewegung des Pontons

Die nachstehende Tabelle zeigt die zulässigen Bewegungen gemäß Ref. 9. Der Schiffstyp „Ferries, Ro-Ro“ trifft hier am ehesten zu, da die Gangways auf dem Ponton enden. Da die Gangway von wahrscheinlich besser ausgebildetem und geschultem Personal benutzt wird, kann angenommen werden, dass die Kriterien als sicher gelten dürfen.



Ship Type	Cargo Handling Equipment	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)	Yaw (°)	Pitch (°)	Roll (°)
Fishing vessels	Elevator crane	0.15	0.15				
	Lift-on-lift-off	1.0	1.0	0.4	3	3	3
	suction pump	2.0	1.0				
Freighters, coasters	Ship's gear	1.0	1.2	0.6	1	1	2
	Quarry cranes	1.0	1.2	0.8	2	1	3
Ferries, Ro-Ro	Side ramp <sup>2</sup>	0.6	0.6	0.6	1	1	2
	Dew/storm ramp	0.8	0.6	0.8	1	1	4
	linkspan	0.4	0.6	0.8	3	2	4
	Rail ramp	0.1	0.1	0.4	-	1	1
General cargo	-	2.0	1.5	1.0	3	2	5
Container vessels	100% efficiency	1.0	0.6	0.8	1	1	3
	50% efficiency	2.0	1.2	1.2	1.5	2	6
Bulk carriers	Cranes	2.0	1.0	1.0	2	2	6
	Elevator/bucket-wheel	1.0	0.5	1.0	2	2	2
	Conveyor belt	5.0	2.5		3		
Oil tankers	Loading arms	3.0 <sup>3</sup>	3.0				
Gas tankers	Loading arms	2.0	2.0		2	2	2





Remarks: <sup>1)</sup> Motions refer to peak-peak values (except for sway: zero-peak).  
<sup>2)</sup> Ramps equipped with rollers.  
<sup>3)</sup> For exposed locations 5.0 m (regular loading arms allow large movements)

Tabelle 10 Kriterien zur empfohlenen Bewegung unter Einhaltung sicherer Arbeitsbedingungen.

Heave ( $\eta_3$ )	Tauchen ( $\eta_3$ )
Yaw ( $\eta_4$ )	Gieren ( $\eta_4$ )
WAVE	WELLE
Pitch ( $\eta_5$ )	Stampfen ( $\eta_5$ )
Sway ( $\eta_2$ )	Versetzen ( $\eta_2$ )
Roll ( $\eta_6$ )	Rollen ( $\eta_6$ )
Surge ( $\eta_1$ )	Schnellen ( $\eta_1$ )

Schiffstyp	Frachtaufschlagsgeräte	Schnellen (m)	Versetzen (m)	Tauchen (m)	Gieren (°)	Stampfen (°)	Rollen (°)
Fischereifahrzeuge	Kranaufzug	0,15	0,15				
	LoLo	1,0	1,0	0,4	3	3	3
	Saugpumpe	2,0	1,0				
Frachter, KüMo	Schiffsausrüstung	1,0	1,2	0,6	1	1	2
	Brückenkräne	1,0	1,2	0,8	2	1	3
Fähren, RoRo	Seitliche Rampe <sup>2</sup>	0,6	0,6	0,6	1	1	2
	Tau-/Sturmrampe	0,8	0,6	0,8	1	1	4
	Link-Span	0,4	0,6	0,8	3	2	4
	Schienenrampe	0,1	0,1	0,4	-	1	1
Stückgut	-	2,0	1,5	1,0	3	2	5
Containerschiffe	100 % Auslastung	1,0	0,6	0,8	1	1	3
	50 % Auslastung	2,0	1,2	1,2	1,5	2	6
Massengutfrachter	Kräne	2,0	1,0	1,0	2	2	6
	Becherelevator	1,0	0,5	1,0	2	2	2
	Förderband	5,0	2,5		3		
Öltanker	Verladearme	3,0 <sup>3</sup>	3,0				
Gastanker	Verladearme	2,0	2,0		2	2	2

Remarks:	Anmerkungen:
<sup>1)</sup> Motions refer to peak-peak values (except for sway: zero-peak).	<sup>1)</sup> Bewegungen beziehen sich auf Spitze-Spitze-Werte (außer bei Versetzen, dort Null-Spitze).
<sup>2)</sup> Ramps equipped with rollers.	<sup>2)</sup> Mit Rollen ausgestattete Rampen.

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 31 of 73

<sup>3)</sup> For exposed locations 5.0 m (regular loading arms allow large movements)	<sup>3)</sup> Bei exponierten Standorten: 5,0 m (übliche Ladearme ermöglichen große Bewegungen)
--	---

Die vorstehend definierten Kriterien werden für die 1-jährlichen Wellenbedingungen überprüft.

Ref. 7 schreibt strengere Kriterien vor. Angesichts der vergleichsweise exponierten Natur des Pontons ist das Kriterium von +/-150 mm für Versetzen jedoch unrealistisch.

In Ref. 9 stehen auch Werte für die Geschwindigkeiten in die Bewegungsrichtung. Angesichts der Ponton-Größe (DWT) stellen die Geschwindigkeitskriterien angemessene Einschränkungen für das dynamische Verhalten des sich bewegenden Pontons dar.

Ship size (DWT)	Surge (m/s)	Sway (m/s)	Heave (m/s)	Yaw (°/s)	Pitch (°/s)	Roll (°/s)
1,000	0.6	0.6	-	2.0	-	2.0
2,000	0.4	0.4	-	1.5	-	1.5
8,000	0.3	0.3	-	1.0	-	1.0





<sup>1)</sup> These criteria are applicable for fishing vessels, coasters, freighters, ferries and Ro-Ro vessels.

**Table 1.3 - Recommended Velocity Criteria<sup>1</sup> for Safe Mooring Conditions.**

**Tabelle 11 Empfohlene Geschwindigkeitskriterien gemäß Ref. 9**

Ship size (DWT)	Schiffsgröße (DWT)
Surge (m/s)	Schnellen (m/s)
Sway (m/s)	Versetzen (m/s)
Heave (m/s)	Tauchen (m/s)
Yaw (°/s)	Gieren (°/s)
Pitch (°/s)	Stampfen (°/s)
Roll (°/s)	Rollen (°/s)
<sup>1)</sup> These criteria are applicable for fishing vessels, coasters, freighters, ferries and Ro-Ro vessels.	<sup>1)</sup> Diese Kriterien gelten für Fischereifahrzeuge, KüMos, Frachter, Fähren und RoRos.
Table 1.3 - Recommended Velocity Criteria <sup>1</sup> for Safe Mooring Conditions.	Tabelle 1.3 – Empfohlene Geschwindigkeitskriterien <sup>1</sup> für sichere Vertäubedingungen.

Falls die Bewegung kritisch erscheint, kann durch eine Bewegungsanalyse mithilfe von Ansys AQWA überprüft werden, ob der Ponton diese Kriterien erfüllt.

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 32 of 73

## 6.7 Ausgangswerte für die Ermüdungsbemessung der Vertäupfähle.

### 6.7.1 Allgemeines

Die Ermüdungsbemessung erfolgt gemäß DNV-GL-RP-C203 „Fatigue design of offshore steel structures“, April 2023, Ref. 11. Die in diesem DNV-Standard definierten Kriterien sind angesichts der maritimen Umgebung der Anlage und der eingesetzten Pfähle angemessener und stellen eine bessere Ergänzung dar, als es die in den Eurocodes definierten Kriterien tun. Nachfolgend werden die für die Ermüdungsbemessung verwendeten Ausgangswerte angegeben. Es wird das in diesem Standard definierte Bemessungsverfahren verwendet. Daraus ergibt sich ein Spannungsbereich  $D_s$  (nicht zu verwechseln mit der Amplitude, der bei der Bemessung der Vertäupfähle überprüft wird, um einen Nachweis für die ermittelte Ermüdungslebensdauer der Pfähle zu erbringen.

Für die Bemessung der Pfahlhalterungen können verschiedene Ermüdungskurven und Korrekturen für die mittlere Spannung anwendbar sein.

Dies wird bei der Bemessung der Pfahlhalterungen noch detaillierter behandelt werden.

### 6.7.2 Welleneigenschaften

Zur Ermittlung von Schäden unter Ermüdungsbedingungen wird das in der nachstehenden Abbildung dargestellte Streudiagramm verwendet. Es zeigt die maßgebliche Wellenhöhe in Abhängigkeit von der Richtung, aus der die Welle kommt.





	Mean wave direction																ALL
	North	NNE	NE	ENE	East	ESE	SE	SSE	South	SSW	SW	WSW	West	WNW	NW	NNW	
[0.0-0.1]	1.73%	0.73%	0.54%	0.59%	0.96%	1.13%	6.09%	4.08%	0.64%	0.70%	0.41%	0.41%	0.23%	0.58%	1.39%	14.05%	34.25%
[0.1-0.2]	2.03%	1.43%	1.04%	1.40%	2.10%	1.95%	6.92%	5.91%	0.99%	0.51%	0.23%	0.27%	0.37%	0.52%	1.39%	11.99%	39.05%
[0.2-0.3]	1.04%	0.89%	0.52%	0.54%	0.54%	0.51%	1.39%	1.30%	0.15%	0.055%	0.041%	0.027%	0.041%	0.055%	0.40%	6.39%	13.89%
[0.3-0.4]	0.48%	0.29%	0.12%	0.082%	0.082%	0.082%	0.14%	0.34%	0.027%		0.014%				0.055%	4.31%	6.02%
[0.4-0.5]	0.26%	0.041%		0.014%				0.069%	0.014%		0.014%				0.069%	3.35%	3.83%
[0.5-0.6]	0.14%	0.014%						0.014%								1.80%	1.96%
[0.6-0.7]	0.027%							0.014%								0.60%	0.64%
[0.7-0.8]	0.069%															0.22%	0.29%
[0.8-0.9]																0.041%	0.041%
[0.9-1.0]																0.014%	0.014%
[1.0-1.1]																	
[1.1-1.2]																0.014%	0.014%
ALL	5.78%	3.39%	2.22%	2.62%	3.68%	3.66%	14.53%	11.73%	1.82%	1.26%	0.71%	0.71%	0.64%	1.15%	3.29%	42.78%	100%

Anmerkung: Für die 10-jährlichen signifikanten Wellenbedingungen je Richtung siehe Wellendaten in Anlage 1.





Tabelle 12 Für den Ermüdungsnachweis zu verwendende Wellenspektren.

Mean wave direction	Mittlere Wellenrichtung
North	Nord
NNE	NNO
NE	NO
ENE	ONO
East	Ost
ESE	OSO



  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 33 of 73

SE	SO
SSE	SSO
South	Süd
SSW	SSW
SW	SW
WSW	WSW
West	West
WNW	WNW
NW	NW
NNW	NNW
ALL	SUMME
Significant wve height, Hm0 [m]	Maßgebliche Wellenhöhe H <sub>m0</sub> [m]

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 34 of 73

Die nachstehende Abbildung zeigt die Wellenrose und die Intensität der Wellen.

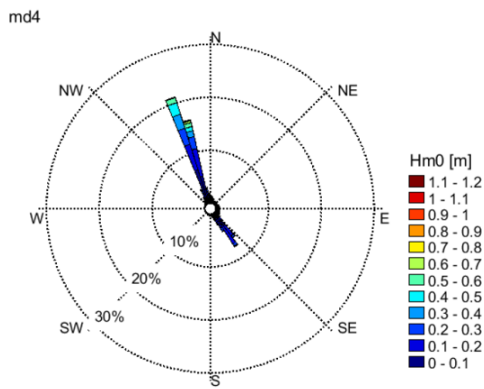


Figure 6-9 Wave rose at output location md4.

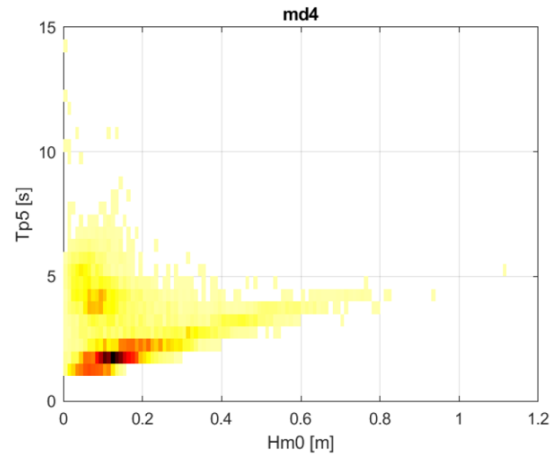


Abbildung 13 Wellenrose und -intensität

Figure 6-9 Wave rose at output location md4.	Abbildung 6-9 Wellenrose am Ausgabestandort MD4.
N	N
NE	NO
NW	NW
W	W
SW	SW
S	S
SE	SO
E	O
Tp5[s]	Tp5 [s]
Hm0 [m]	Hm0 [m]





Aus den Wellendaten lässt sich schließen, dass die folgenden Sektoren von Bedeutung sind:

$$NW + NNW + SO + SSO = 3,29 + 42,78 + 14,53 + 11,73 = 72 \%$$

Das Auftreten von Wellen aus diesen Sektoren macht zusammen 72 % der Zeit aus.

Anhand des Intensitätsdiagramms wird die durchschnittliche Zeitdauer der Wellen auf 2,5 Sekunden geschätzt.

Dieser Wert wird zur Berechnung der Anzahl der Lastzyklen herangezogen.

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 35 of 73

### 6.7.3 Ansetzen des maßgeblichen Ermüdungsgrads (DDF)

Tabelle 5-1 im Offshore Standard DNV-OS-C101, Ref. 13, gibt Anhaltspunkte für die Auswahl des Bemessungsermüdungsgrads. Bemessungsermüdungsgrade (Design fatigue factors, DFFs) sind Teilsicherheitsbeiwerte für die Anzahl der Lastzyklen. Mit ihnen wird den mit dem Bemessungsprozess verbundenen Unsicherheiten Rechnung getragen. DFFs stehen im Zusammenhang mit der Wahrscheinlichkeit eines Ermüdungsversagens. Sie verhalten sich proportional zur Zuverlässigkeit gegenüber Ermüdungsversagen.

Ihre Auslegung ist davon abhängig, wie kritisch das Bauteil ist und wie gut es sich inspizieren lässt.

<i>DDF</i>	<i>Structural element</i>
1	Internal structure, accessible and not welded directly to the submerged part.
1	External structure, accessible for regular inspection and repair in dry and clean conditions.
2	Internal structure, accessible and welded directly to the submerged part.
2	External structure not accessible for inspection and repair in dry and clean conditions.
3	Non-accessible areas, areas not planned to be accessible for inspection and repair during operation.

**Guidance note:**

Units intended to follow normal inspection schedule according to class requirements, i.e. the 5-yearly inspection interval in sheltered waters or drydock, may apply a Design Fatigue Factor (DDF) of 1. Units that are planned to be inspected afloat at a sheltered location the DFF for areas above 1 m above lowest inspection waterline should be taken as 1, and below this line the DFF is 2 for the outer shell. Splash zone is defined as non-accessible area (see splash zone definition in [Sec.9 \[2.2\]](#)).

<i>DDF</i>	<i>Bauteil</i>
1	Innen befindliches Bauteil – zugänglich und nicht direkt mit dem Teil verschweißt, der sich unter Wasser befindet
1	Außen befindliches Bauteil – zugänglich für regelmäßige Inspektionen und Reparaturen unter trockenen und sauberen Bedingungen
2	Innen befindliches Bauteil – zugänglich und direkt mit dem Teil verschweißt, der sich unter Wasser befindet
2	Außen befindliches Bauteil – nicht zugänglich für regelmäßige Inspektionen und Reparaturen unter trockenen und sauberen Bedingungen
3	Nicht zugängliche Bereiche – Bereiche, für die nicht vorgesehen ist, dass sie für Inspektionen und Reparaturen während des Betriebs zugänglich sind

<b>Guidance note:</b>	<b>Leithinweis:</b>
Units intended to follow normal inspection schedule according to class requirements. i.e. the 5-yearly inspection interval in sheltered waters or drydock, may apply a Design Fatigue Factor (DDF) of 1. Units that are planned to be inspected afloat at a sheltered location the DFF for areas above 1 m above lowest inspection waterline should be taken as 1, and below this line the DFF is 2 for the outer shell. Splash zone is defined as non-accessible area (see splash zone definition in <a href="#">Sec 9 [2.2]</a> ).	Bei Einheiten, für die die üblichen Inspektionsintervalle gemäß klassenspezifischen Anforderungen vorgesehen sind – z. B. 5-jährl. Inspektionsintervall in geschützten Gewässern oder im Trockendock –, kann ein DFF von 1 angesetzt werden. Bei Einheiten, für die Inspektionen zu Wasser an einem geschützten Ort vorgesehen sind, sollte der DFF für Bereiche oberhalb von 1 m über der untersten Inspektionswasserlinie mit 1 angesetzt werden; darunter mit 2 für die Außenhülle. Spritzwasserzonen gelten als nicht zugänglich (siehe Definition in <a href="#">Abschnitt 9 [2.2]</a> ).





  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 36 of 73

Tabelle 13 Offshore Standard DNV-OS-C101, Tabelle 5-1

Das maximale Moment in den Vertäupfählen der Ponton-Anlage tritt im Boden auf. Nachdem die Pfähle eingebaut sind, kann dieser Aspekt auch unter Einsatz von Tauchern nicht überprüft werden. Vor diesem Hintergrund wird ein Ermüdungsgrad DFF = 3 angesetzt. Für die Halterung, die sich über dem Wasserspiegel befindet und somit inspiziert werden kann, kann ein niedrigerer DFF von 2 angesetzt werden.

Die Ermüdungslebensdauer gerechnet in Gebrauchsjahren beträgt 10 Jahre.

#### 6.7.4 Ansetzen der geeigneten S-N-Kurve und Details zu den Schweißnähten

Das maximale Biegemoment tritt im Boden auf. Dort kommt es nur in begrenztem Maße zu Korrosion. Es wird ein relativ hoher DFF angesetzt, der eine gewisse Unsicherheitstoleranz zulässt. (Siehe auch Kommentar F 6 in Ref. 11)





Mangels dokumentierter S-N-Kurven kann in Meerwasser bei freier Korrosion für beschichtete Verbindungen (im Hochzyklusbereich über  $10^6$  Zyklen) die Meerwasserkurve mit kathodischem Schutz verwendet werden.

In Bereichen, in denen Korrosion an der Niedrigwasserlinie auftritt, werden die Biegespannungen deutlich geringer sein, wie im Bericht über die Bemessungspfähle gezeigt wird.

Gemäß Ref. 11 Absatz 2.4.13 über S-N-Daten für Pfähle kann der Übergang der Schweißnaht zum Grundwerkstoff an der Außenseite von einseitig geschweißten Stumpfstößen von Kreishohlprofilen normalerweise in die S-N-Kurve E eingestuft werden. Wenn die Schweißnaht in einer flachen Position ausgeführt wird, kann sie als D eingestuft werden. Wenn die Schweißnaht nur von außen ausgeführt wird, sollte sie als F3 eingestuft werden.

Im Hinblick auf die Pfahlfertigung sollte vorzugsweise nur von außen geschweißt werden.

In Anhang A 6 von Ref. 11 werden Kriterien für einseitig ausgeführte querverlaufende Stumpfnähte angegeben. Nachstehend werden relevante Abbildungen aus diesem Anhang dargestellt.

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 37 of 73

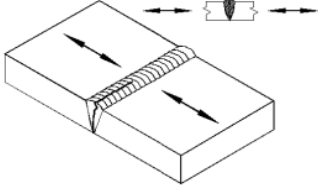




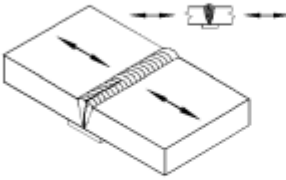
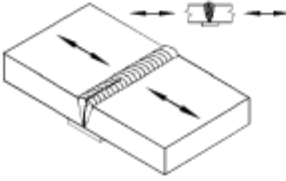
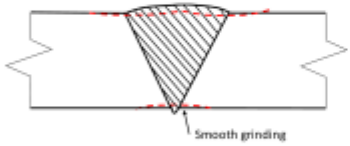
W3	<p>1.</p> 	<p>1. Butt weld made from one side only and without backing strip.</p>	<p>1. — With the root proved free from defects larger than 1-2 mm (in the thickness direction) by non-destructive testing, detail 1 may be categorised to F3 (it is assumed that this is fulfilled by inspection category I). See also commentary section. If it is likely that larger defects may be present after the inspection the detail may be downgraded from F3 based on fatigue life calculation using fracture mechanics. The analysis should then be based on a relevant defect size.</p>
----	---	--	--





Abbildung 14 Stumpfnähte einseitig geschweißt ohne Abdeckband.

1. Butt weld made from one side only and without backing strip.	1. Stumpfnäht, einseitig und ohne Abdeckband.
— With the root proved free from defects larger than 1-2 mm (in the thickness direction) by non-destructive testing, detail 1 may be categorised to F3 (it is assumed that this is fulfilled by inspection category 1). See also commentary section. If It Is likely that larger defects may be present after the inspection the detail may be downgraded from F3 based on fatigue life calculation using fracture mechanics. The analysis should then be based on a relevant defect size.	– Sofern die Wurzel laut zerstörungsfreier Werkstoffprüfung nachweislich frei von Fehlern größer als 1–2 mm ist (in Dickenrichtung), kann Detail 1 in F3 eingestuft werden (unter der Annahme, dass dies durch Inspektionskategorie I erfüllt ist). Siehe auch Kommentarabschnitt. Falls die Inspektion wahrscheinlich größere Defekte zutage bringt, kann das Detail auf Grundlage einer DFF-Berechnung mithilfe der Bruchmechanik von F3 herabgestuft werden. Die Analyse sollte dann auf einer relevanten Fehlergröße beruhen.

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 38 of 73

Detail category	Constructional details	Description	Requirement
F	<p>2.</p> 	<p>2.</p> <p>Transverse butt weld on a temporary or a permanent backing strip without fillet welds.</p>	
G	<p>3.</p> 	<p>3.</p> <p>Transverse butt weld on a backing strip fillet welded to the plate.</p>	
C1	<p>4.</p>  <p>Smooth grinding</p>	<p>4.</p> <p>Transverse butt weld where the weld toes and weld root is ground or machined to a smooth transition from the weld to the base material. The grinding should be minimum 0.2 mm below any imperfection both for weld toes and the weld root. A typical maximum grinding depth is 1.0 mm, however, the planned actual grinding depth should be used for calculation of nominal stress range at the connection.</p>	<p>4.</p> <p>— The detail classification may be increased to category C when high quality welding is performed using a qualified welding procedure and the weld proved free from defects by non-destructive testing. Note that special consideration with respect to NDT and acceptance criteria are required for butt welds where a higher classification than D is used. See <a href="#">App.F</a>.</p>

Detail category	Detail-Kategorie
Constructional details	Konstruktionsdetails
Description	Beschreibung
Requirement	Anforderung





  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 39 of 73

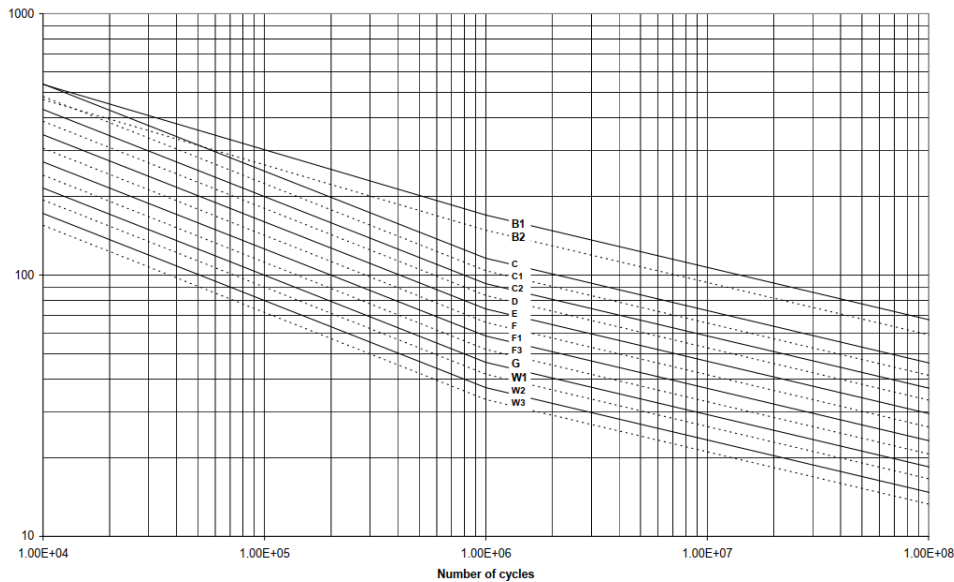
2. Transverse butt weld on a temporary or a permanent backing strip without fillet welds.	2. Querverlaufende Stumpfnah auf provisorischem oder permanentem Abdeckband ohne Kehlnähte.
3. Transverse butt weld on a backing strip fillet welded to the plate.	3. Querverlaufende Stumpfnah auf Abdeckband mit Kehlnah, mit der Platte verschweißt.
4. Transverse butt weld where the weld toes and weld root is ground or machined to a smooth transition from the weld to the base material. The grinding should be minimum 0.2 mm below any imperfection both for weld toes and the weld root. A typical maximum grinding depth is 1.0 mm, however, the planned actual grinding depth should be used for calculation of nominal stress range at the connection.	4. Querverlaufende Stumpfnah, bei der die Schweißnahtflanken und die -wurzel für einen glatten Übergang von der Schweißnaht zum Grundwerkstoff geschliffen bzw. maschinell bearbeitet sind. Fehlstellen sollten bis mindestens 0,2 mm unter der Fehlstelle weggeschliffen werden, sowohl an den Schweißnahtflanken als auch an der -wurzel. Üblicherweise sollte die maximale Schleiftiefe 1,0 mm betragen, wobei zur Berechnung des Nennspannungsbereiches an der Verbindungsstelle die geplante tatsächliche Schleiftiefe zu verwenden ist.
4. — The detail classification may be increased to category C when high quality welding is performed using a qualified welding procedure and the weld proved free from defects by non-destructive testing. Note that special consideration with respect to NDT and acceptance criteria are required for butt welds where a higher classification than D is used. See App.F.	4. – Bei hochwertiger Schweißung mit qualifiziertem Schweißverfahren und sofern die Schweißnaht gemäß zerstörungsfreier Prüfung fehlerfrei ist, kann das Detail zu Kategorie C hochgestuft werden. Hinweis: Bei Stumpfnähten mit höherer Klassifizierung als D muss besonderes Augenmerk auf die zerstörungsfreie Prüfung und die Abnahmekriterien gelegt werden. Siehe Anhang F.

Abbildung 15 Stumpfnähte einseitig geschweißt mit Abdeckband oder Schleifen

Als Ermüdungskurve wird die Kurve F angesetzt, die einer einseitig geschweißten Stumpfnah mit einem **nicht geschweißten** Abdeckband entspricht. Das Schleifen der Querschweißnähte der Pfahlverbindungen wird als zu zeitaufwendig beurteilt.



		Struktur		
 		Wilhelmshaven	FSRU:	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST-DOC_2201_00
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN		Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage		Page 40 of 73
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU				







S-N curve	$N \leq 10^6$ cycles		$N > 10^6$ cycles $\log \bar{a}_2$ $m_2 = 5.0$	Fatigue limit at $10^7$ cycles (MPa) *)	Thickness exponent $k$	Structural stress concentration embedded in the detail (S-N class), see also equation (2.3.2)
	$m_1$	$\log \bar{a}_1$				
B1	4.0	14.917	17.146	106.97	0	
B2	4.0	14.685	16.856	93.59	0	
C	3.0	12.192	16.320	73.10	0.05	
C1	3.0	12.049	16.081	65.50	0.10	
C2	3.0	11.901	15.835	58.48	0.15	
D	3.0	11.764	15.606	52.63	0.20	1.00
E	3.0	11.610	15.350	46.78	0.20	1.13
F	3.0	11.455	15.091	41.52	0.25	1.27
F1	3.0	11.299	14.832	36.84	0.25	1.43
F3	3.0	11.146	14.576	32.75	0.25	1.61
G	3.0	10.998	14.330	29.24	0.25	1.80
W1	3.0	10.861	14.101	26.32	0.25	2.00
W2	3.0	10.707	13.845	23.39	0.25	2.25
W3	3.0	10.570	13.617	21.05	0.25	2.50

\*) see also [2.11]

Anmerkung: In Kurve F ist ein konstruktiver Spannungskonzentrationsfaktor von 1,27 enthalten.

S/N curve	S/N-Kurve
$N \leq 10^6$ cycles	$N \leq 10^6$ Zyklen
$N > 10^6$ cycles	$N > 10^6$ Zyklen
Fatigue limit at $10^7$ cycles (MPa) *)	Ermüdungsgrenze bei $10^7$ Zyklen (MPa) *)
Thickness exponent $k$	Dicken-Exponent $k$
Structural stress concentration embedded in the detail (S-N class), see also equation (2.3.2)	Im Detail eingeschlossene konstruktive Spannungskonzentration (S-N-Klasse), siehe auch Gleichung (2.3.2)
*) see also [2.11]	*) siehe auch [2.11]

Tabelle 14 S-N-Kurven in Meerwasser mit kathodischem Schutz, entnommen aus Abbildung 2.9 von Ref. 11

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 41 of 73

### SCF für die Rillenschweißnähte

Zusätzliche Spannung infolge von Fertigungstoleranzen sollte gering ausfallen, daher wird als Spannungskonzentrationsfaktor (SCF) ein Wert von 1,0 angesetzt.

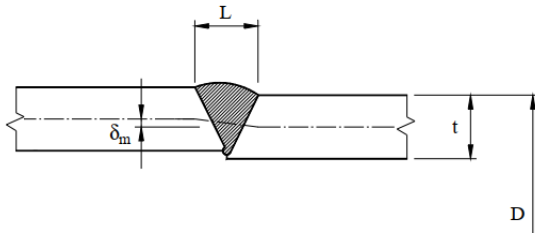


Abbildung 16 V-Rillenschweißnähte gemäß Abbildung 3-8 von Ref. 11

Die Spannungskonzentration kann mithilfe von Artikel 3.1.2 von Ref. 11 berechnet werden (DNV-GL-RP-C203 Fatigue design of offshore steel structures, April 2023).

Am Übergang von Blechen mit gleicher Dicke kommt es bei Versatz der Bleche zu Spannungskonzentrationen. Bei der Berechnung des Spannungskonzentrationsfaktors kann die Exzentrizität ( $\delta_m$ ) zwischen geschweißten Blechen mit ähnlicher Dicke berücksichtigt werden. Die folgende Formel gilt für eine Stumpfnah bei einem unversteiften Blech:

$$SCF = 1 + \frac{3(\delta_m - \delta_0)}{t}$$





Dabei steht  $\delta_m$  für die Exzentrizität (Versatz) und  $t$  für die Blechdicke. Siehe Abbildung 15.

Ein  $\delta_0 = 0,05 t$  entspricht einem Versatz, der in den S-N-Daten für Stumpfnähte und Analyseverfahren für plattierte

Werkstoffe mit einer erwarteten Fertigungstoleranz enthalten ist, die geringer ist als die in der Fertigungsspezifikation

zugelassene und für die Bemessung verwendete, siehe auch Tabelle 3-1 in Ref. 11.

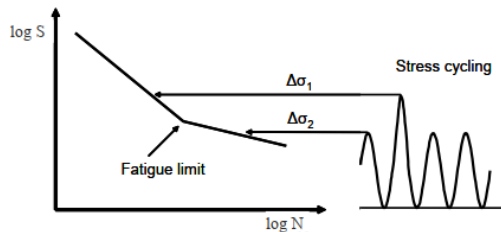
Bei verschweißten Blechen mit unterschiedlichen Dicken kommt es am Übergang zwischen den Blechen zu Spannungskonzentrationen.

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 42 of 73

Für einen SCF von 1 sollte die Exzentrizität aufgrund von Versatz kleiner sein als  $0,05 t = 0,05 \times 50 = 2,5$  mm. Dies erfordert enge Toleranzen bei der Pfahlfertigung.

### 6.7.5 Bestimmung des zulässigen Spannungsbereichs unter Ermüdungsbedingungen

Der Spannungsbereich in den Vertäupfählen der Ponton-Anlage wird größer sein als die Ermüdungsgrenze, wie in der nachstehenden Abbildung dargestellt. Daher ist eine detaillierte Ermüdungsbewertung erforderlich.



log S	log S
Stress cycling	Spannungszyklen
Fatigue limit	Ermüdungsgrenze
Log N	log N

Abbildung 17 Anzusetzende Spannungen im Pfahl

Die Ermittlung des zulässigen Spannungsbereichs in den Vertäupfählen erfolgt gemäß Ref. [11 ] Abschnitt 5 „Simplified fatigue analysis“ (Vereinfachte Ermüdungsanalyse). Die Wandstärke der Stahlbleche der Vertäupfähle beträgt 50,0 mm.

Bei dieser Methode werden Bemessungstabellen verwendet.



Diese Bemessungstabellen beruhen auf der Ableitung eines angenommenen zulässigen Ermüdungsschadens von  $\eta = 1,0$

während  $10^8$  Zyklen (20 Jahre Lebensdauer, was einer durchschnittlichen Zyklusdauer von 6,3 Sek. entspricht).

Für eine Bemessung mit anderen zulässigen Ermüdungsschäden –  $\eta$  – sollte die gemäß den Bemessungstabellen zulässige Spannung

um Faktoren gemindert werden, die aus Tabellen hergeleitet oder mithilfe von Formeln ermittelt werden.

Es gelten Korrekturfaktoren für:

	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 43 of 73

- Nutzung
- Wanddicke

Bestimmung der anwendbaren Nutzungsfaktoren  $\eta$

- Durchschnittliche Wellenperiode = 2,5 Sekunden (basierend auf dem Intensitätsdiagramm)
- Anzahl der Lastzyklen basierend auf der Lebensdauer für Ermüdungsanalysen =  $10 \times 365 \times 24 \times 3600 / 2,5 \times 0,72 = 0,9 \times 10^8$
- (Division durch 0,72 korrigiert auf 100 % Lebensdauer)
- Die in der Bemessungstafel angegebene Anzahl an Lastzyklen,  $10^8$ , wird nach  $1/0,9 = 11$  Jahren erreicht.
- Tabelle 15 zeigt die Nutzungsfaktoren für 1,00 bei  $10^8$  Lastzyklen in 20 Jahren.
- Dies führt entsprechend der Tabelle durch Interpolation  $(2 \times 0,44 + 3 \times 0,33) / 5$  zu  $0,9 \times 20 = 18$  Jahren.
- Daraus ergibt sich ein Nutzungsfaktor  $\eta$  von 0,37.





DFF	Design life in years						
	5	10	15	20	25	30	50
1	4.0	2.0	1.33	1.00	0.80	0.67	0.40
2	2.0	1.0	0.67	0.50	0.40	0.33	0.20
3	1.33	0.67	0.44	0.33	0.27	0.22	0.13
5	0.80	0.40	0.27	0.20	0.16	0.13	0.08
10	0.40	0.20	0.13	0.10	0.08	0.07	0.04

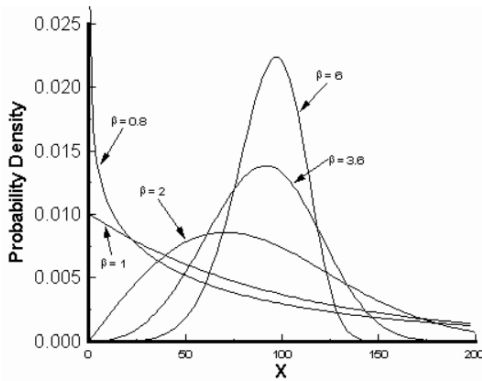
DFF	DFF
Design life in years	Bemessungslebensdauer in Jahren

Tabelle 15 Nutzungsfaktoren  $\eta$  in Abhängigkeit von der Lebensdauer und dem Ermüdungsfaktor gemäß Tabelle 5-8 in Ref. 11

Weibull-Formparameter

Der Formparameter verleiht der Weibull-Verteilung ihre Flexibilität. Je nach Wert  $h$ ,  $b$  lässt sich mit der Weibull-Verteilung eine große Bandbreite an Daten modellieren, wie aus der nachstehenden Abbildung zum Formparameter ersichtlich ist. Bei  $h = 1$  ist die Weibull-Verteilung identisch mit der Exponentialverteilung. Bei  $h = 2$  ist die Weibull-Verteilung identisch mit der Rayleigh-Verteilung. Bei  $h$  zwischen 3 und 4 ist die Weibull-Verteilung eine Annäherung an die Normalverteilung.

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 44 of 73



Probability Density	Wahrscheinlichkeitsdichte
---------------------	---------------------------

Abbildung 18 Form der Wahrscheinlichkeitsverteilung in Bezug auf den Formparameter





Mangels detaillierterer Informationen wird ein Weibull-Formparameter von 1,00 angenommen.

Der folgende zulässige Spannungsbereich wird für  $h = 1,0$  für die S-N-Kurve F hergeleitet (siehe nachfolgende Tabelle):

S-N curves	Weibull shape parameter $h$							
	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20
B1	1309.8	996.0	793.0	655.2	557.4	485.3	430.5	387.6
B2	1146.0	871.5	693.9	573.3	487.7	424.7	376.6	339.1
C	1038.5	745.5	573.6	464.3	389.8	336.7	297.0	266.5
C1	930.5	668.0	513.9	415.8	349.3	301.5	266.1	238.7
C2	830.7	596.3	458.7	371.3	311.7	269.2	237.6	213.1
D and T	747.8	536.7	413.0	334.2	280.7	242.4	213.9	191.9
E	664.3	476.9	367.0	297.0	249.3	215.3	190.1	170.5
F	589.8	423.4	325.8	263.6	221.4	191.1	168.6	151.3
F1	523.3	375.7	289.0	233.9	196.4	169.6	149.6	134.3
F3	465.3	334.0	257.0	208.0	174.6	150.9	133.1	119.3
G	415.3	298.2	229.4	185.7	155.9	134.6	118.8	106.6
W1	373.9	268.3	206.6	167.1	140.3	121.2	106.9	95.9
W2	332.3	238.4	183.5	148.5	124.7	107.7	95.0	85.3
W3	299.1	214.7	165.2	133.4	112.2	96.9	85.6	76.7

S/N curves	S/N-Kurven
Weibull shape parameter $h$	Weibull-Formparameter $h$
D and T	D und T

Tabelle 16 Zulässiger extremer Spannungsbereich in MPa während  $10^8$  Zyklen für Bauteile in Meerwasser mit kathodischem Schutz

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 45 of 73

Fatigue damage utilisation $\eta$	Weibull shape parameter $h$							
	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20
0.10	0.535	0.558	0.577	0.593	0.605	0.613	0.619	0.623
0.20	0.640	0.659	0.676	0.689	0.699	0.707	0.713	0.717
0.22	0.657	0.675	0.691	0.703	0.713	0.721	0.727	0.731
0.27	0.694	0.710	0.725	0.736	0.745	0.752	0.758	0.762
0.30	0.714	0.729	0.743	0.754	0.763	0.769	0.775	0.779
0.33	0.732	0.747	0.760	0.770	0.779	0.785	0.790	0.794
0.40	0.772	0.785	0.796	0.805	0.812	0.818	0.822	0.825
0.50	0.821	0.831	0.840	0.847	0.853	0.858	0.862	0.864
0.60	0.864	0.872	0.879	0.885	0.889	0.893	0.896	0.898
0.67	0.892	0.898	0.903	0.908	0.912	0.915	0.917	0.919
0.70	0.903	0.908	0.913	0.917	0.921	0.924	0.926	0.927
0.80	0.938	0.941	0.945	0.947	0.949	0.951	0.953	0.954
1.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Fatigue damage utilisation $\eta$	Ermüdungsschadennutzung $\eta$
Weibull shape parameter $h$	Weibull-Formparameter $h$

Tabelle 17 Minderungsfaktor auf die Spannung, entspricht dem Nutzungsfaktor  $\eta$  für C-W3-Kurven in Meerwasser mit kathodischem Schutz, entnommen aus Tabelle 5-7 von Ref. 11

Der zulässige extreme Spannungsbereich beträgt 191,1 MPa. Siehe Tabelle 15 (ohne Minderung).

Anschließend wird aus Tabelle 16 durch lineare Interpolation zwischen den Nutzungsfaktoren für  $h$ -Werte von 1,0 (bei  $\eta = 0,37$ ) ein Minderungsfaktor von 0,804 ermittelt.

$$0,804 \times 191,1 = 153,64 \text{ MPa.}$$





$$\sigma_{0,t} = \sigma_{0,tref} \left( \frac{t_{ref}}{t} \right)^k$$

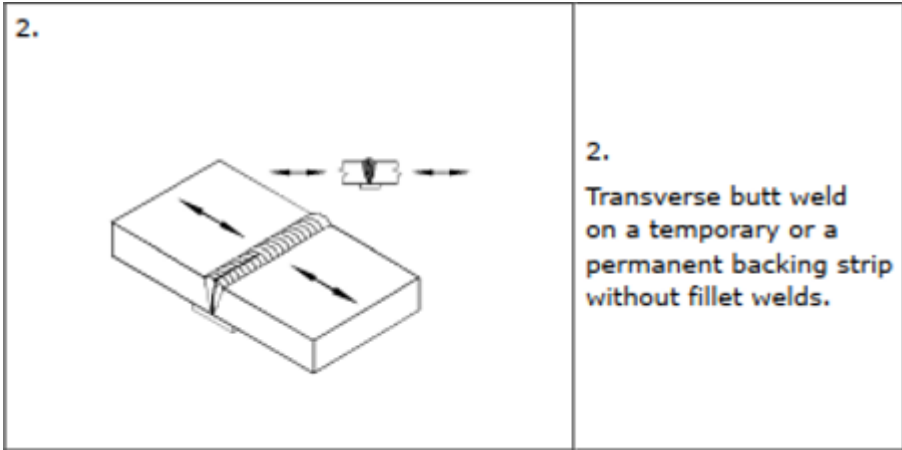
$t_{ref}$  = Referenzdicke gleich 25 mm für andere Schweißverbindungen als Rohrverbindungen. Bei Rohrverbindungen beträgt die Referenzdicke 25 mm.

Als zulässiger Spannungsbereich für ein 50 mm starkes Blech ergibt sich:  $153,7 \times (25/50)^{0,25}$

Der zulässige Spannungsbereich ( $D_s$ ) beträgt  $0,84 \times 153,64 = 129 \text{ N/mm}^2$  (zwischen Laden und Entladen)

Nachstehend wird die Schweißnaht im Detail dargestellt.

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 46 of 73







2. Transverse butt weld on a temporary or a permanent backing strip without fillet welds.

2. Querverlaufende Stumpfnäht auf provisorischem oder permanentem Abdeckband ohne Kehlnähte.

Zum vereinfachten Nachweis wird der Spannungsbereich für die 10-jährlichen Bedingungen mit der zulässigen Spannung abgeglichen. Es müssen keine Lastfaktoren angesetzt werden.



  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 47 of 73

## 6.8 Korrosionszuschlag

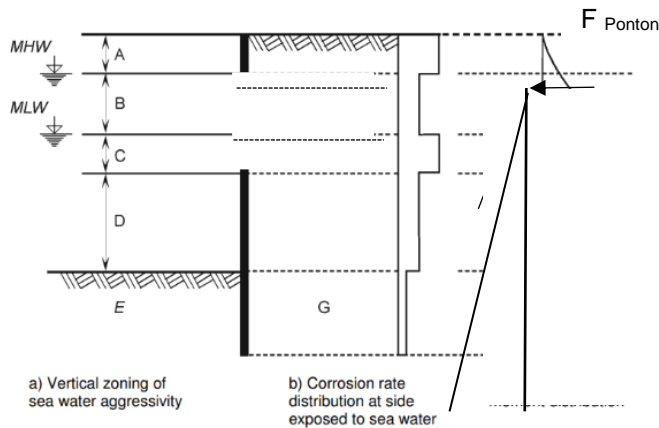
Oberhalb der Dauertauchzone wird als vereinfachter Ansatz ein Korrosionszuschlag von 2 mm berücksichtigt. (Siehe Abbildung 16)

Gemäß EAU 2020, Ref. 7, beträgt die Abrostungsrate für Stahl in nicht aggressiven Böden, wenn mikrobiologische Korrosion ausgeschlossen werden kann, je Seite 0,01 mm/Jahr. Nach 10 Jahren wären es 0,10 mm.





Die Oberseite der Pfähle wird aus Sicherheitsgründen mit einem Abschlussblech verschlossen. Das sorgt auch für eine geringe Sauerstoffmenge im Pfahl und reduziert somit die Korrosion im Pfahlinnenen auf vernachlässigbare Werte.

Das Biegemoment im Pfahl führt zu einem maximalen Biegemoment im Boden, eine Stelle mit geringer Korrosion.

An den Pfählen in korrosionsbetroffenen Bereichen wird kein Korrosionsschutzsystem eingesetzt. Die Biegespannungen unter Ermüdungsbedingungen sind deutlich geringer. An diesen Stellen können höhere Spannungskonzentrationsfaktoren akzeptiert werden.



MHW	MHW
MLW	MLW
a) Vertical zoning of sea water aggressivity	a) Vertikale Zoneneinteilung der Meerwasseraggressivität
b) Corrosion rate distribution at side exposed to sea water	b) Abrostungsrateverteilung an der dem Meerwasser ausgesetzten Seite
c) Typical bending moment distribution	c) Typische Biegemomentverteilung

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 48 of 73

- |  |                                    |
|--|------------------------------------|
| <b>A</b> Zone of high attack (splash zone);    | <b>B</b> Intertidal zone;          |
| <b>C</b> Zone of high attack (Low water zone); | <b>D</b> Permanent immersion zone; |
| <b>E</b> Buried zone (Water side);             | <b>F</b> Anchor;                   |
| <b>G</b> Buried zone (Soil side)               |                                    |
| <b>MHW</b> Mean high water;                    | <b>MLW</b> Mean low water          |

E	Buried zone (Water side);	E	Erdverlegte Zone (im Wasser)	one)
G	Buried zone (Soil side)	G	Erdverlegte Zone (an Land)	zone)
MHW	Mean high water;	MHW	Mittleres Hochwasser	
B	Intertidal zone;	B	Gezeitenzone	
D	Permanent immersion zone;	D	Dauertauchzone	
F	Anchor;	F	Ankerbereich	
MLW	Mean low water	MLW	Mittleres Niedrigwasser	

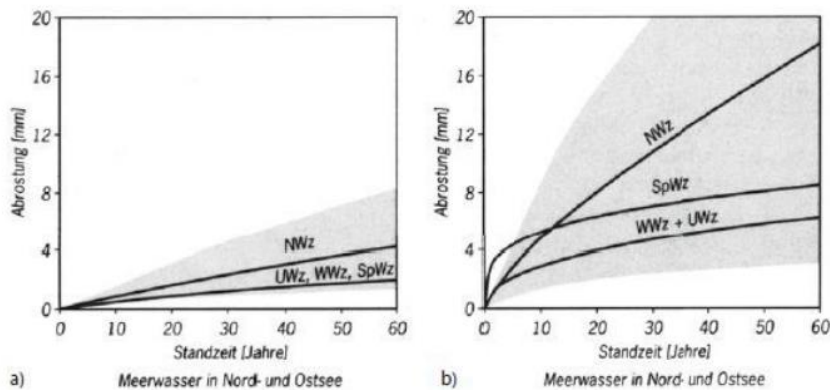






Abbildung 19: Abrostungsratenverteilung nach DIN EN 1993-5 und EAU 2020

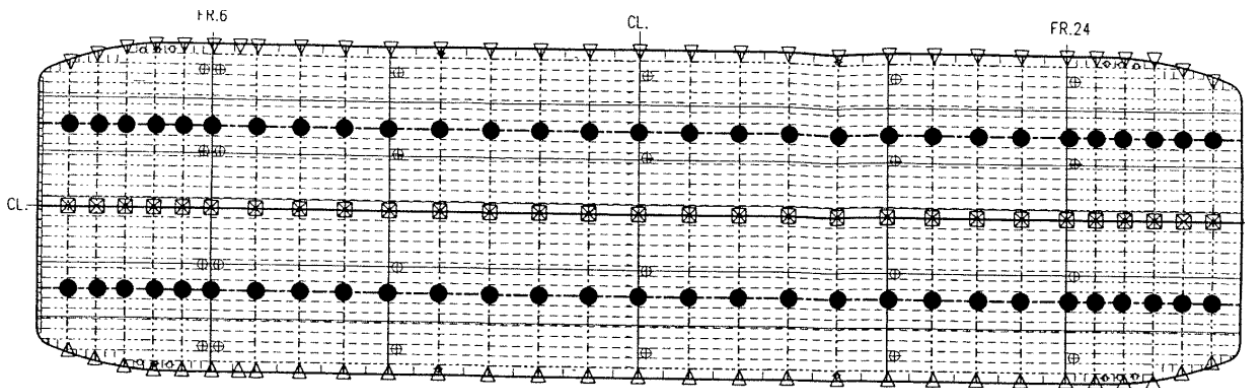
  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 49 of 73

## 6.9 Decklastdiagramm des Pontons

Auf dem Ponton muss die Gangway auflagern, die an den Pfahlführungen zu befestigen ist. Außerdem müssen für das Vertäuen der Serviceschiffe vor Ort Poller oder Fender vorgesehen werden.

Das nachstehende Decklastdiagramm zeigt, welchen Lasten der Ponton standhalten kann.

Die maximale Höhe für die Decklast auf dem Ponton beträgt gemäß Ref. 21 10 m. Die Abbildung enthält nur Werte für die Decklast, nicht für den Druck des Schiffskörpers auf die Seitenflächen.







### MAXIMUM PERMISSIBLE CONCENTRATED LOADING

POSITION	LOAD	
	STATIC	DYNAMIC
----- DECK TRANSVERSES	53.6 t	64.3 t
----- DECK LONGITUDINALS AFT. FR.6 FORW.24	20.7 t	24.7 t
----- DECK LONGITUDINALS BETWEEN FR.6- FR.24	12.2 t	14.7 t
☒ CROSSING CL. BULKHEAD WITH WEB FRAME/TRANSV. BULKHEAD	262 t	315 t
● CROSSING 4.5m BULKHEAD WITH WEB FRAME/TRANSV. BULKHEAD.	209 t	251 t
△ CROSSING SIDE SHELL WITH WEB FRAME/TRANSV. BULKHEAD.	310 t	372 t

### MAXIMUM PERMISSIBLE UNIFORM LOADING:

POSITION	LOAD	
	STATIC	DYNAMIC
===== MAIN DECK	10 t/m <sup>2</sup>	12 t/m <sup>2</sup> *
===== LONGITUDINAL BULKHEADS CL.	78 t/m	89 t/m
----- LONGITUDINAL BULKHEADS 4.5m	23 t/m	26 t/m
----- TRANSVERSE BULKHEADS	189 t/m	227 t/m
----- SIDE SHELL	160 t/m	183 t/m
----- BOW	22 t/m	26 t/m
----- TRANSOM	45 t/m	54 t/m
----- DECK TRANSVERSES	23.7 t/m	28.4 t/m
----- LONGITUDINAL AFT. FR.6-FORW. FR.24	19.4 t/m	23.2 t/m
----- LONGITUDINAL BETWEEN FR.6-FR.24	6.6 t/m	7.9 t/m

MAXIMUM PERMISSIBLE CONCENTRATED LOADING	MAX. ZULÄSSIGE EINZELLAST
POSITION	POSITION
DECK TRANSVERSES	DECK QUERVERBÄNDE
DECK LONGITUDINALS AFT. FR.6 FORW.24	DECK LÄNGSVERBÄNDE ACHT. FR. 6 FORW. FR. 24
DECK LONGITUDINALS BETWEEN FR.6- FR.24	DECK LÄNGSVERBÄNDE ZWISCHEN FR. 6–24
CROSSING CL. BULKHEAD WITH WEB FRAME/TRANSV. BULKHEAD	KREUZPUNKT SCHOTT MITTSCHIFFSLINIE MIT RAHMENSPANT/QUERSCHOTT
CROSSING 4.5m BULKHEAD WITH WEB FRAME/TRANSV. BULKHEAD.	KREUZPUNKT 4,5 m SCHOTT MIT RAHMENSPANT/QUERSCHOTT

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 50 of 73





CROSSING SIDE SHELL WITH WE FRAME/TRANSV. BULKHEAD.	KREUZPUNKT SEITENAUSSENHAUT MIT RAHMENSPANT/QUERSCHOTT
LOAD	LAST
STATIC	STATISCH
DYNAMIC	DYNAMISCH

MAXIMUM PERMISSABLE UNIFORM LOADKING:	MAXIMAL ZULÄSSIGE GLEICHMÄSSIGE LAST:
POSITION	POSITION
MAIN DECK	HAUPTDECK
LONGITUDINALS BULKHEADS CL.	LÄNGSSCHOTTEN MITTSCHIFFSLINIE
LONGITUDINALS BULKHEADS 4.5m	LÄNGSSCHOTTEN 4,5 m
TRANSVERSE BULKHEADS	QUERSCHOTTEN
SIDE SHELL	SEITENAUSSENHAUT
BOW	BUG
TRANSOM	HECKSPIEGEL
DECK TRANSVERSES	DECK QUERVERBÄNDE
LONGITUDINALS AFT. FR.6-FORW.FR.24	LÄNGSVERBÄNDE ACHT. FR. 6 FORW. FR. 24
LONGITUDINALS BETWEEN FR.6-FR.2	LÄNGSVERBÄNDE ZWISCHEN FR. 6-24
LOAD	LAST
STATIC	STATISCH
DYNAMIC	DYNAMISCH

Anmerkungen:

- Zulässige Einzellasten sind gleichmäßige Lasten. Um sie zu kombinieren, wären weitere Analysen erforderlich.
- Einzellasten können an jeder beliebigen Stelle entlang der angegebenen Bauteile einwirken.
- Damit die maximal zulässigen Lasten aufgebracht werden dürfen, müssen geeignete Trimmungsvorrichtungen verwendet werden, die eine ordnungsgemäße Verteilung der Lasten auf die Rumpfstruktur zu gewährleisten.
- Das Decklastdiagramm gilt nicht für Kräfte, die die Decksplatte herausziehen.

Abbildung 20 Zulässige Decklasten für den Ponton HEBO 63

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 51 of 73

## 7 Lasten und Lastkombinationen

### 7.1 Vertäukräfte

Die auf die Pfähle wirkenden Vertäukräfte resultieren aus den Wind-, Strömungs- und Wellenkräften, die auf den Ponton einwirken.

Für dieses Projekt werden die umgebungsbezogenen 100-jährlichen Wiederkehrintervalle angesetzt, wie vorstehend ausgeführt.

- Zum Nachweis der ULS-Bedingungen (Ultimate Limit State, Grenzzustand der Tragfähigkeit) werden die 100-jährlichen Bedingungen verwendet.
- Zum Nachweis der Gebrauchstauglichkeitsbedingungen (Bewegungen) werden die 1-jährlichen Bedingungen verwendet.





Dieses Intervall ist kürzer als das in den EAU empfohlene Wiederkehrintervall von 50-Jahren, vergleiche wie folgt:

- Für Windlasten siehe EAU, Kapitel 4.8.2: „Maßgebende wind Geschwindigkeit“
- Für Wellenlasten siehe EAU, Kapitel 4.3.4: „Bemessungskonzepte und Festlegung der Bemessungsparameter“

Hinsichtlich der ULS-Situation werden die Sicherheitsfaktoren verwendet, die in Kapitel 7.4 aufgeführt sind.

Die Vertäukräfte werden mithilfe von Ansys AQWA berechnet. Die Vertäukräfte werden für verschiedene Richtungen und Seezustände berechnet, die verschiedene Wiederkehrintervalle darstellen, wie vorstehend definiert, und es werden auch Zwischenzustände berücksichtigt.

Anmerkung: Die Bemessungswellenhöhe variiert je nach Richtung. Vorliche Wellen wirken mit einer anderen Kraft auf die Pfähle ein als quer anlaufende Wellen.

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 52 of 73

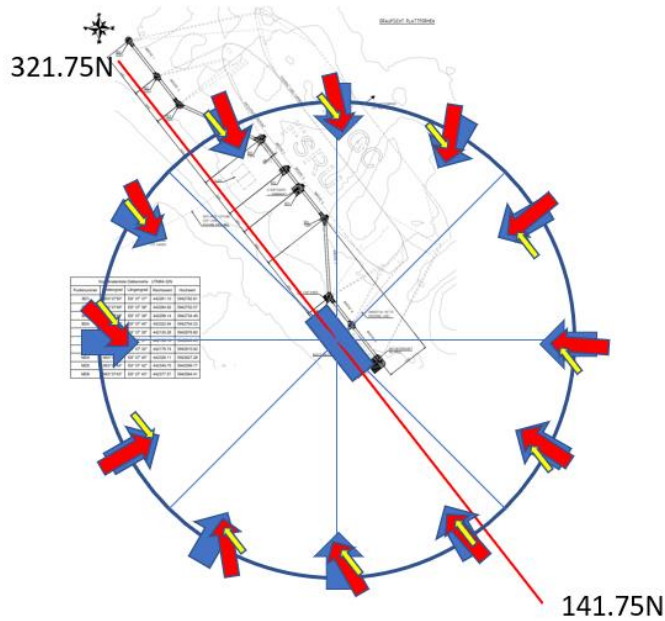


Abbildung 21 Kräfte-Output aus dem Ansys-AQWA-Modell

## 7.2 Direkt auf die Pfähle einwirkende Wellenlasten

Die Wellenlast auf den Ponton wird mithilfe des Ansys-AQWA-Modells anhand der Vertäukräfte berücksichtigt, die auf die Pfähle wirken. Die direkten Wellen- und Strömungskräfte, die auf die Pfähle einwirken, sind in diesem Modell jedoch nicht enthalten. Diese direkten Wellen werden separat ermittelt.

Gemäß EAU sollten die auf die Pfähle einwirkenden Wellenlasten mithilfe der Morison-Gleichung bestimmt werden.

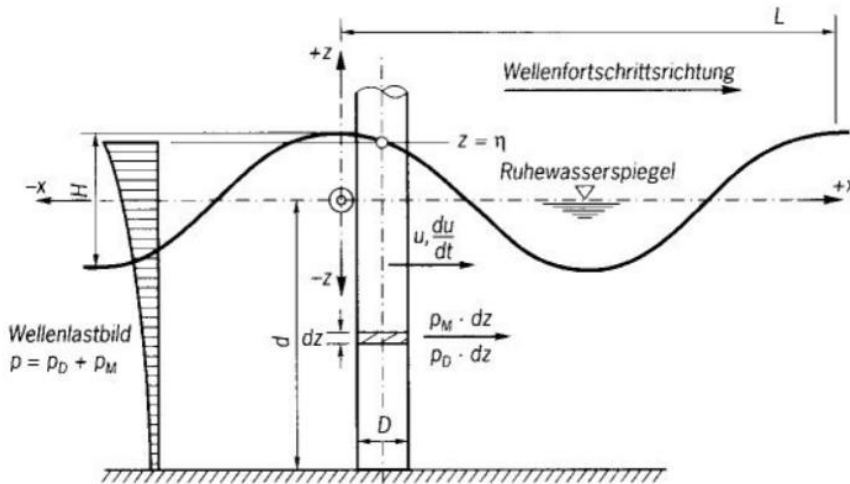


Abbildung 22 Welleneinwirkung auf ein schlankes Bauwerk gemäß Abbildung 4.11 in EAU, Ref. 7

Zur Bestimmung der Wellen- und Strömungskräfte auf die Pfähle wurde eine Methode ausgewählt, die eine Vereinfachung der Morison-Gleichung darstellt. Gemäß dem „Shore Protection Manual“ (CERC 1984) gilt Folgendes:



$$F_{\max} = F_I + F_D = C_I K_I H \rho g \frac{\pi D^2}{4} + C_D K_D H^2 \frac{1}{2} \rho g D$$

$$M_{\max} = F_I d S_I + F_D d S_D$$

where:	$C_I$ [-]	= inertia coefficient $\approx 2,0$
	$C_D$ [-]	= drag coefficient (for small flow velocities $C_D \approx 1,2$ , see Section 20.3)
	$K_I$ [-]	= correction for extent of inertia force
	$K_D$ [-]	= correction for extent of drag force
	$S_I$ [-]	= correction for position of resultant inertia force
	$S_D$ [-]	= correction for position of resultant drag force
	$H$ [m]	= wave height
	$D$ [m]	= diameter pile
	$d$ [m]	= depth

$F_{\max}$	$F_{\max}$
$M_{\max}$	$M_{\max}$
where:	wobei Folgendes gilt:
$C_I$ [-] = inertia coefficient $\approx 2,0$	$C_I$ [-] = Trägheitskoeffizient $\approx 2,0$
$C_D$ [-] = drag coefficient (for small flow velocities $C_D \approx 1,2$ , see Section 20.3)	$C_D$ [-] = Strömungswiderstandskoeffizient (bei geringen Fließgeschwindigkeiten $C_D \approx 1,2$ ; siehe Abschnitt 20.3)
$K_I$ [-] = correction for extent of inertia force	$K_I$ [-] = Korrekturfaktor für Trägheitskraftmaß
$K_D$ [-] = correction for extent of drag force	$K_D$ [-] = Korrekturfaktor für Strömungswiderstandsmaß
$S_I$ [-] = correction for position of resultant inertia force	$S_I$ [-] = Korrekturfaktor für Position der resultierenden Trägheitskraft
$S_D$ [-] = correction for position of resultant drag force	$S_D$ [-] = Korrekturfaktor für Position der resultierenden Strömungswiderstandskraft
$H$ [m] = wave height	$H$ [m] = Wellenhöhe
$D$ [m] = diameter pile	$D$ [m] = Pfahldurchmesser
$d$ [m] = depth	$d$ [m] = Tiefe



	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 54 of 73

### 7.3 Eislasten

In diesem Abschnitt werden die durch Eis verursachten Lasten berechnet.

Aus EAU, Kapitel 4.11.2 „Bestimmung der Eisdruckfestigkeit“:

$$\varphi_B = 19,37 + 36,18 S_B^{0,91} \cdot |\vartheta_m|^{-0,6}$$

Darin sind

$$\sigma_0 = 2700 \varepsilon^{1/3} \cdot \varphi_B^{-1}$$

Darin sind

$\sigma_0$	horizontale einachsige Eisdruckfestigkeit [MN/m <sup>2</sup> ],
$\varepsilon$	spezifische Dehnungsgeschwindigkeit [s <sup>-1</sup> ], $\varepsilon = 0,001$
$\varphi_B$	Porosität [‰].
$\sigma_0 = (2700 \times 0,001^{0,33}) / 233,22 = 1,18 \text{ MN/m}^2$	

$\varphi_B$	Porosität [‰],
$S_B$	Salinität [‰],
$\vartheta_m$	$(\vartheta_o + \vartheta_u)/2$ , mittlere Eistemperatur [°C],
$\vartheta_u$	Temperatur an Eisunterseite ( $\vartheta_u = -1$ °C deutsche Ostsee und $\vartheta_u = -2$ °C deutsche Nordsee) [°C],
$\vartheta_o$	Temperatur an Eisoberseite (entspricht Lufttemperatur) [°C].

$$\vartheta_m = (-2 - 16) / 2 = -9 \text{ °C}$$

$$S_B = 30 \text{ ‰}$$

$$\varphi_B = 19,37 + (36,18 \cdot 30^{0,91} \cdot 9^{-0,6}) = 19,37 + 213,85 = 233,22$$





Bei Eislasten auf flachen Strukturen kann die Last, die senkrecht zur Struktur wirkt, mit der folgenden Formel geschätzt werden:

$$p_0 = k \cdot h \cdot \sigma_0$$

Darin sind

$p_0$	mittlere Linienlast [MN/m],	$P_0 = 0,33 \times 0,4 \times 1,18 = 0,156 \text{ MN/m'}$  In gezeitenbeeinflussten Gebieten: $P'_0 = 0,4 \times P_0 = 0,4 \times 155 = 62 \text{ kN/m'}$
$k$	Kontaktbeiwert [-], $k = 0,33$	
$h$	Dicke des Eises [m],	
$\sigma_0$	einaxiale Eisdruckfestigkeit [MN/m <sup>2</sup> ]	

Tabelle 18 Berechnung der Eislasten gemäß EAU, Kapitel 4.11.2

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 55 of 73

Bei einer Pontonlänge von 67 m ergibt dies  $67 \times 62 = 4154$  kN, verteilt auf 6 Pfähle sind dies 692 kN/Pfahl.

Konservativ angesetzt, werden nur die Pfähle entlang der Längskante des Pontons berücksichtigt.

Der auf diese Last anzuwendende Sicherheitsfaktor beträgt 1,00. Diese Last wird nicht mit den Vertäulasten kombiniert.

Höchstwahrscheinlich handelt es sich um eine konservative Annahme dieser Last. Denn in den Ästuaren kann es sein, dass das Eis dünner ausfällt und von Eisbrechern zerteilt wird. Es ist nicht Bestandteil dieses Dokuments, den Nachweis für den Ponton hinsichtlich der Eislasten zu erbringen.

#### 7.4 Last- und Materialfaktoren

Die in der nachstehenden Tabelle aufgeführten Lastfaktoren entstammen Kapitel 12 in Ref. 7. Dieser Ansatz ist identisch mit dem Bemessungsansatz 2 gemäß Ref. 5.

	Einwirkungen	Widerstände Boden	Stahl
	$\gamma_Q$	$\gamma_{R,e}$	$\gamma_M$
Lasten aus Anlegemanövern	1,00	1,00	1,00
Vertäukräfte (Trossenzug) und Anlehnkräfte	1,20	1,15	1,10
Kräfte aus Wellen, Wind und Strömung	1,20	1,15	1,10
Eislasten (siehe auch Abschn. 4.12)	1,00	1,10	1,10





Abbildung 23 Sicherheitsfaktoren für die Bemessung der Vertäupfähle, entnommen aus Tabelle 12.1 in Ref. 7

Eislasten werden als separater Fall behandelt und nicht mit den auf die Pfähle einwirkenden Vertäulasten und Wellenlasten kombiniert.

## 8 Modellierung

### 8.1 Schwimmverhalten des vertäuten Pontons

Die Modellierung des Schwimmverhaltens erfolgt mithilfe von Ansys AQWA, einem 3-D-Diffraktionsprogramm. Die anfängliche Modellierung im RAO-Modul gibt das Verhältnis zwischen der Reaktion des frei schwimmenden Pontons (Rollen, Stampfen, Tauchen, Schnellen, Versetzen, Gieren) im Verhältnis zur Höhe der ankommenden Wellen für die Spanne der Wellenperioden an.

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 56 of 73

Nach dieser Analyse wird die tatsächliche Geometrie im hydrodynamischen Modell analysiert. Die modellierte Ponton-Geometrie ist in der nachstehenden Abbildung dargestellt. Die Panelgröße variiert zwischen 0,5 und 1 m. Damit lassen sich Wellenperioden von 3 bis 60 Sekunden simulieren.

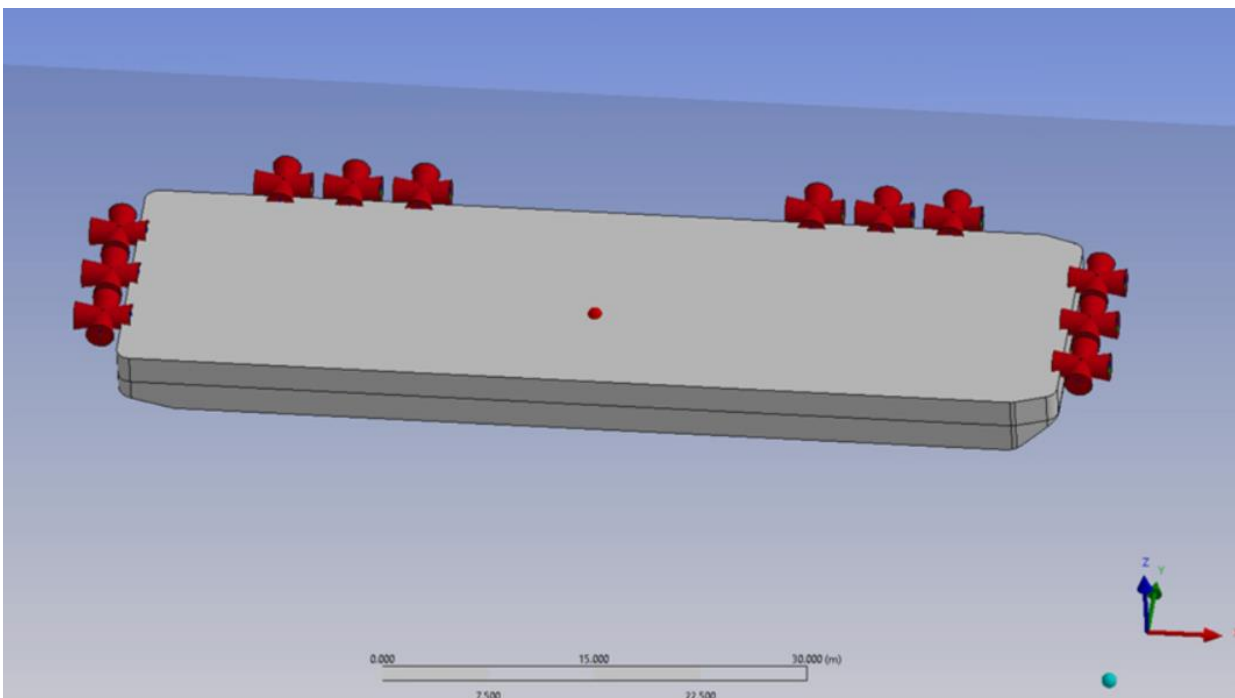






Abbildung 24 Ansys-AQWA-Modell

Der Ponton wird durch 12 Pfähle gehalten. Im Ansys-AQWA-Modell hat jeder Pfahl vier reine Pressauflager, wie in der vorstehenden Abbildung dargestellt. Zwei senkrecht zum Ponton in je entgegengesetzter Richtung (eines für Zug und eines für Druck) und zwei parallel zum Ponton in je entgegengesetzter Richtung. Somit kann jeder Pfahl als Einzelnes Versetz- und Schnellbewegungen standhalten. Das Pfahlsystem als Ganzes kann Gieren standhalten. Tauchen, Stampfen und Rollen haben keinen wesentlichen Einfluss auf die Bemessung der Pfähle.

Die Steifigkeit der Auflagerpfähle variiert je nach Wasserstand.

Für das betrachtete Wiederkehrintervall werden die Grenzen des Steifigkeitsbereichs untersucht. Es werden verschiedene Steifigkeiten überprüft, um Spitzenwerte in der Steifigkeitsreaktion des Systems zu finden.

Das Ansys-AQWA-Modell enthält dynamische Verstärkungsfaktoren.

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 57 of 73

## 8.2 Bestimmung der inneren Pfahlkräfte

Die Pfähle wurden gemäß Ref. 7 und 8 mithilfe des Verfahrens nach Blum bemessen. In seiner einfachsten Form geht das Blum-Verfahren von einer vollständigen passiven Mobilisierung eines Bodentyps für eine Spundwand aus, wie in der nachstehenden Abbildung dargestellt. Das ursprüngliche Verfahren wurde für im oberen Bereich gestützte Spundwände entwickelt. Das horizontale Gleichgewicht wird durch eine theoretische horizontale Kraft am Spundwandfuß gewährleistet. Das Blum-Verfahren ist ein kräfteorientierter Ansatz. Aus dem statischen Gleichgewicht werden die Schnittgrößen Querkräfte und Biegemoment hergeleitet.

Das Blum-Verfahren wurde für flexible Dalben angepasst. Hierzu wurden zahlreiche Bodenschichten und Faktoren (Formbeiwerte) eingeführt, die die räumliche Wirkung vom Bodendruck auf kreisförmige Querschnitte berücksichtigen. An der Stelle, an der das Biegemoment gegen Null geht ( $M = 0$ ), wird eine Kraft angenommen, die das horizontale Gleichgewicht herstellt. Diese Kraft trägt das Symbol  $C$  und wird als „Ersatzkraft“ bezeichnet. Die Gesamtpfahltiefe beträgt  $t_0 + \Delta t$ . Dabei gibt  $t_0$  den Abstand zwischen der Bodenoberkante und dem Niveau  $M = 0$  in Metern an und  $\Delta t$  steht für die geforderte Tiefe unter dem Niveau  $M = 0$ . In Ref. 7 wird  $\Delta t$  wie in Abbildung 25 dargestellt berechnet.

Zur Berechnung des passiven Widerstands wurde der Reibungswinkel (die Reibung zwischen Pfahl und Boden) auf  $2/3$  des inneren Reibungswinkels des Bodens festgelegt. Dies basiert auf Korrelationen, die für Benchmark-Berechnungen mithilfe der Software Plaxis erstellt wurden.

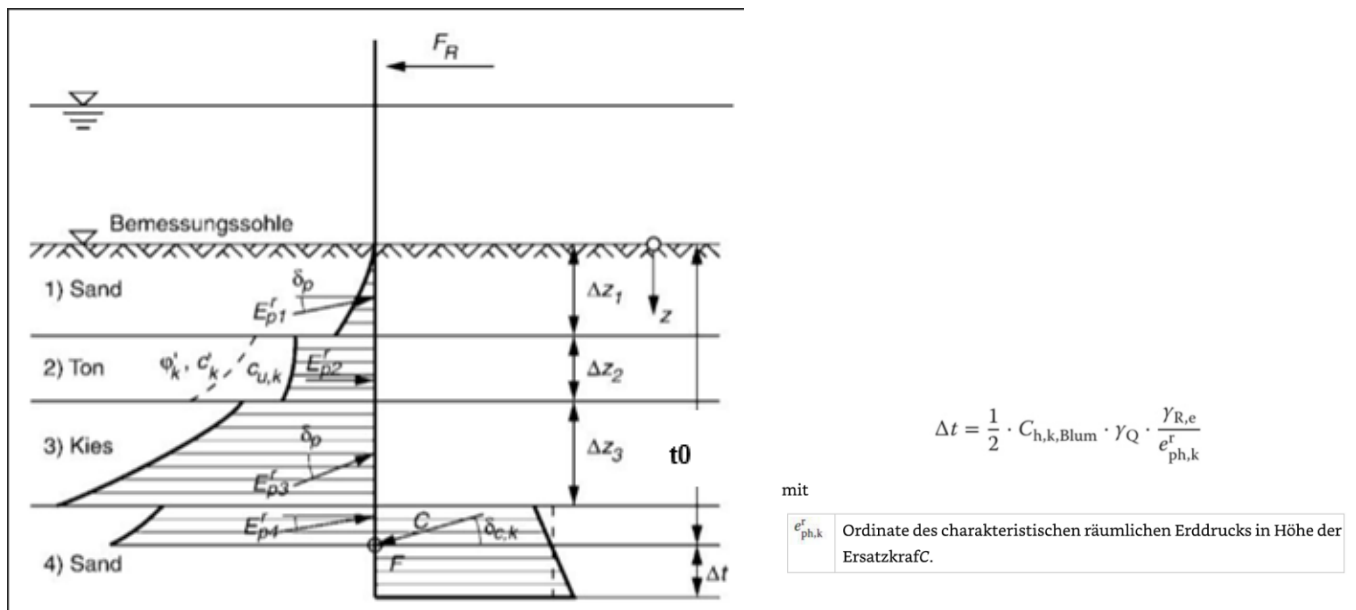






Abbildung 25 Ersatzkraft  $C$  bei  $M = 0$  für Monopiles in mehreren Bodenschichten, Ref. 7

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 58 of 73

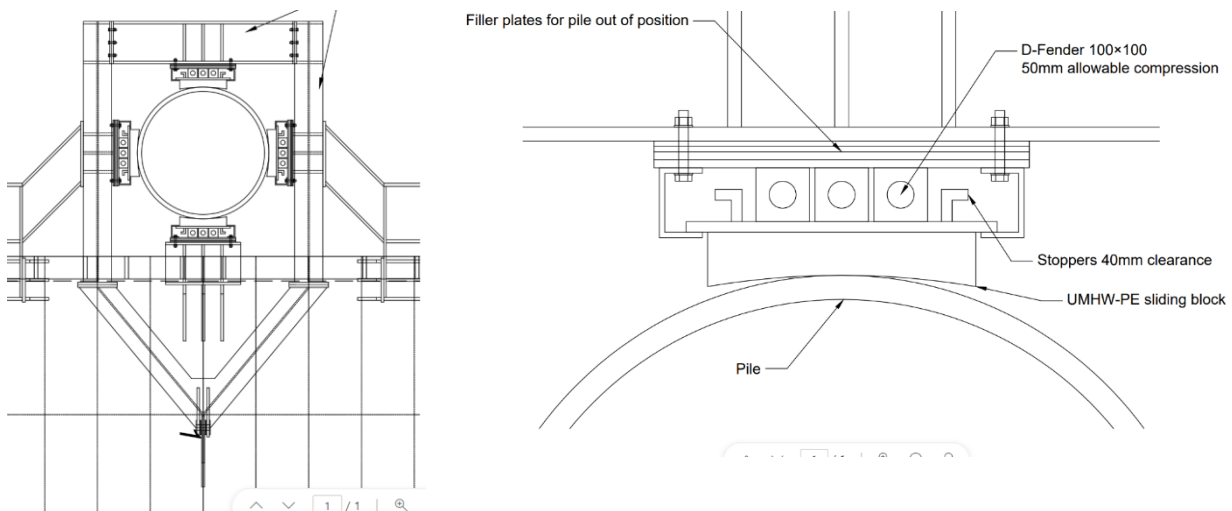
Für die Bestimmung der Lastverteilung im Pfahl wird das DMC-eigene Blum-Tabellenblatt verwendet.

Schließlich ist der Nachweis für maximale Momente und die entsprechenden Spannungen gegenüber den zulässigen Werten zu erbringen.

### 8.3 Pfahl-Ponton-Befestigung





Die Pfähle werden mit dem Ponton wie in der nachstehenden Abbildung dargestellt durch eine Halterung verbunden. Diese Halterung wird im Rahmen der grundlegenden und der detaillierten Bemessung weiterentwickelt. Mithilfe von Gleitvorrichtungen werden die Normalkräfte (sowohl Zug als auch Druck) in den Pfählen minimiert.

Im Vergleich zur seitlichen Belastung sind diese Kräfte marginal, aber der Vollständigkeit halber wird der Tragfähigkeitsnachweis erbracht.







Filler plates for pile out of position	Ausgleichsplatten bei fehlpositionierten Pfählen
D-Fender 100x100	D-Fender 100 x 100
50mm allowable compression	50 mm zulässige Komprimierung
Stoppers 40mm clearance	Stopper 40 mm Abstand
UMHW/PE sliding block	Gleitstück aus UHMW-PE
Pile	Pfahl

Abbildung 26 Pfahl-Ponton-Befestigung

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST-DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 59 of 73

Es gelten enge Toleranzen für die vertikale Ausrichtung der Pfähle und ihre exakte Position. Daher kann es sinnvoll sein, Schablonen zu verwenden. Dies wird in der Ausführungsplanungsphase noch detaillierter untersucht werden.

		Struktur		
 		Wilhelmshaven	FSRU:	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST-DOC_2201_00
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN		Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage		Page 60 of 73
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU				





## Anlage A Wind- und Wellendaten

Die in dieser Anlage wiedergegebenen Daten sind Anhang B von Ref. 20 entnommen.

### Hundertjährliches Wiederkehrintervall

Wind		Windwellen					
Richtung aus (°N)	Geschwindigkeit (m/s)	Mdir aus (°N)	Hm0 (m)	Tp (s)	Gamma (JONSWAP)	Richtungsausbreitung (°)	Richtungsausbreitung (s)
0	27,2	347,2	2,1	5,1	2,3	9,6	24,7
30	22,6	9,4	1,6	4,4	2,8	5,4	32,4
60	18,0	51,1	1,2	3,8	3,3	5,5	32,1
90	21,0	94,2	1,3	3,8	3,4	5,7	31,6
120	17,9	122,8	1,1	3,7	3,5	7,5	27,7
150	16,8	138,8	1,0	3,7	2,4	10,3	24,0
180	21,6	150,7	1,3	4,1	1,7	7,9	27,0
210	24,2	171,0	1,2	3,8	1,5	4,5	35,0
240	26,4	239,5	1,0	3,0	2,9	1,9	46,5
270	26,0	314,3	1,3	4,3	1,5	4,9	33,8
300	26,8	333,5	1,8	4,9	1,9	11,5	22,8
330	27,8	339,0	2,1	5,2	2,0	13,7	21,1





Dünungswellen						
Sektor	Mdir aus (°N)	Hm0 (m)	Tp (s)	Gamma (JONSWAP)	Richtungsausbreitung (s)	Richtungsausbreitung (°)
West	345	0,1	13,5	1,8	34,0	13,5
WNW	348	0,1	14,7	1,8	29,9	14,5
NNW	356	0,2	15,4	1,8	19,2	18,1
Nord	358	0,4	8,7	1,1	12,6	21,9
NNO	0	0,4	6,7	1,7	9,4	25,0

		Struktur		
 		Wilhelmshaven	FSRU:	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST-DOC_2201_00
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN		Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage		Page 61 of 73
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU				

Fünfzigjährliches Wiederkehrintervall





Wind		Windwellen					
Richtung aus (°N)	Geschwindigkeit (m/s)	Mdir aus (°N)	Hm0 (m)	Tp (s)	Gamma (JONSWAP)	Richtungsausbreitung (°)	Richtungsausbreitung (s)
0	25,4	345,6	2,0	5,0	2,3	10,1	24,2
30	21,3	8,7	1,5	4,3	2,8	5,3	32,7
60	17,1	51,0	1,1	3,7	3,2	5,3	32,7
90	19,7	93,7	1,2	3,7	3,4	5,6	31,7
120	17,0	122,5	1,1	3,6	3,7	7,5	27,7
150	16,1	138,6	0,9	3,6	2,4	10,2	24,0
180	20,5	150,7	1,2	4,1	1,8	8,3	26,4
210	23,0	171,1	1,1	3,7	1,5	4,5	35,0
240	25,0	239,6	1,0	2,9	2,8	1,9	46,4
270	24,6	314,2	1,3	4,2	1,6	4,8	34,0
300	25,3	333,5	1,7	4,8	1,9	11,5	22,8
330	26,2	339,1	2,0	5,1	2,0	13,8	21,0



  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 62 of 73





Zwanzigjähriges Wiederkehrintervall

Wind		Windwellen					
Richtung aus (°N)	Geschwindigkeit (m/s)	Mdir aus (°N)	Hm0 (m)	Tp (s)	Gamma (JONSWAP)	Richtungsausbreitung (°)	Richtungsausbreitung (s)
0	22,9	347,0	1,8	4,9	2,4	9,6	24,8
30	19,4	9,5	1,4	4,2	2,8	5,2	32,9
60	15,9	51,2	1,0	3,5	3,3	5,3	32,5
90	17,9	92,7	1,1	3,6	3,5	5,7	31,5
120	15,7	122,7	1,0	3,5	3,5	7,5	27,8
150	15,1	138,7	0,9	3,5	2,2	10,1	24,1
180	18,9	151,0	1,1	4,0	1,7	8,3	26,5
210	21,5	171,4	1,0	3,6	1,5	4,5	35,0
240	23,1	239,8	0,9	2,9	2,8	2,0	45,9
270	22,7	313,9	1,2	4,1	1,7	4,8	34,1
300	23,3	334,2	1,6	4,6	1,9	11,3	23,0
330	24,1	339,1	1,9	5,0	2,0	13,8	21,0

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 63 of 73





Zehnjährliches Wiederkehrintervall

Wind		Windwellen					
Richtung aus (°N)	Geschwindigkeit (m/s)	Mdir aus (°N)	Hm0 (m)	Tp (s)	Gamma (JONSWAP)	Richtungsausbreitung (°)	Richtungsausbreitung (s)
0	21,0	347,7	1,7	4,7	2,4	9,4	24,9
30	18,1	10,2	1,3	4,1	2,8	5,2	32,9
60	15,1	51,1	1,0	3,5	3,3	5,4	32,4
90	16,6	91,9	1,0	3,5	3,2	5,8	31,4
120	14,7	122,6	0,9	3,4	3,5	7,3	28,0
150	14,4	138,9	0,8	3,4	2,2	10,1	24,1
180	17,7	151,1	1,1	3,8	1,7	8,3	26,5
210	20,3	171,5	1,0	3,5	1,5	4,5	35,0
240	21,7	239,8	0,8	2,8	2,8	2,0	45,8
270	21,4	313,5	1,1	4,0	1,7	4,8	34,2
300	21,9	334,2	1,5	4,5	1,9	11,1	23,2
330	22,4	339,7	1,7	4,9	2,1	13,7	21,1

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 64 of 73





#### Fünffährliches Wiederkehrintervall

Wind		Windwellen					
Richtung aus (°N)	Geschwindigkeit (m/s)	Mdir aus (°N)	Hm0 (m)	Tp (s)	Gamma (JONSWAP)	Richtungsausbreitung (°)	Richtungsausbreitung (s)
0	19,1	348,1	1,5	4,5	2,4	9,3	25,1
30	16,7	10,9	1,2	3,9	2,8	5,3	32,8
60	14,2	51,2	0,9	3,4	3,3	5,5	32,2
90	15,3	91,3	1,0	3,4	3,2	5,8	31,3
120	13,7	122,2	0,8	3,3	3,5	7,4	28,0
150	13,6	139,0	0,8	3,4	2,2	10,1	24,2
180	16,6	151,3	1,0	3,7	1,7	8,3	26,4
210	19,1	171,9	0,9	3,4	1,5	4,5	35,0
240	20,3	241,5	0,8	2,7	2,8	1,9	46,3
270	20,0	313,5	1,0	3,8	1,7	4,7	34,3
300	20,4	335,0	1,4	4,5	1,9	11,0	23,3
330	20,8	339,3	1,6	4,7	2,1	13,8	21,0

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 65 of 73





Zweijährliches Wiederkehrintervall

Wind		Windwellen					
Richtung aus (°N)	Geschwindigkeit (m/s)	Mdir aus (°N)	Hm0 (m)	Tp (s)	Gamma (JONSWAP)	Richtungsausbreitung (°)	Richtungsausbreitung (s)
0	16,7	349,1	1,3	4,3	2,4	9,1	25,4
30	14,9	12,3	1,1	3,8	2,8	5,3	32,7
60	13,0	51,7	0,8	3,7	3,3	7,2	28,3
90	13,6	90,4	0,8	3,2	3,2	5,9	31,1
120	12,4	121,9	0,7	3,1	3,5	7,2	28,2
150	12,7	138,7	0,7	3,3	2,2	10,0	24,3
180	15,0	151,7	0,9	3,6	1,7	8,3	26,5
210	17,6	172,5	0,8	3,3	1,5	4,5	35,2
240	18,4	240,3	0,7	2,6	2,8	2,1	45,3
270	18,1	312,6	0,9	3,7	1,7	4,6	34,7
300	18,4	334,6	1,3	4,3	1,9	10,6	23,6
330	18,7	339,6	1,4	4,5	2,1	13,7	21,1

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 66 of 73

Jährliches Wiederkehrintervall





Wind		Windwellen					
Richtung aus (°N)	Geschwindigkeit (m/s)	Mdir aus (°N)	Hm0 (m)	Tp (s)	Gamma (JONSWAP)	Richtungsausbreitung (°)	Richtungsausbreitung (s)
0	14,8	349,1	1,2	4,1	2,4	9,1	25,4
30	13,5	12,3	1,0	3,7	2,8	5,3	32,7
60	12,1	51,7	0,7	3,5	3,3	7,2	28,3
90	12,3	90,4	0,7	3,0	3,2	5,9	31,1
120	11,4	121,9	0,7	3,1	3,5	7,2	28,2
150	12,0	138,7	0,6	3,1	2,2	10,0	24,3
180	13,8	151,7	0,9	3,6	1,7	8,3	26,5
210	16,4	172,5	0,8	3,2	1,5	4,5	35,2
240	17,0	240,3	0,6	2,5	2,8	2,1	45,3
270	16,7	312,6	0,9	3,6	1,7	4,6	34,7
300	16,9	334,6	1,2	4,2	1,9	10,6	23,6
330	17,0	339,6	1,4	4,4	2,1	13,7	21,1

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 67 of 73

## Anlage B Vergleich der Wasserstände





Deutsch		Entwurfsgrundlagen (TES-WHV-VGN-ST- DOC-2001.09)	Hooksiel Nautical Almanac Reeds	Hooksiel BSH Kalender	Hooksiel BSH Kalender
		Wasserstand [m SKN]	Wasserstand [m SKN]	Wasserstand [m NHN]	Wasserstand [m SKN]
HSWL (Höchster Stillwasserstand) (T = 100 Jahre)	HSWL (100yRP)	+7,16			
HGzW	HAT	+4,77			
MSpHW	MHWS		+4,3		
MThw = MHW	MHW			+1,6	+4,1
MNpHW	MHWN		+3,8		
NHN	MSL	+2,49		+0,0	
MNpNW	MLWN		+1,0		
MTnw = MNW	MLW			-1,8	+0,7
MSpNW	MLWS		+0,5		
SKN / NGzW	LAT	0,0			
LSWL (Niedrigster Stillwasserstand) (T = 100 Jahre)	LSWL (100yRP)	-1,03			







  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 69 of 73

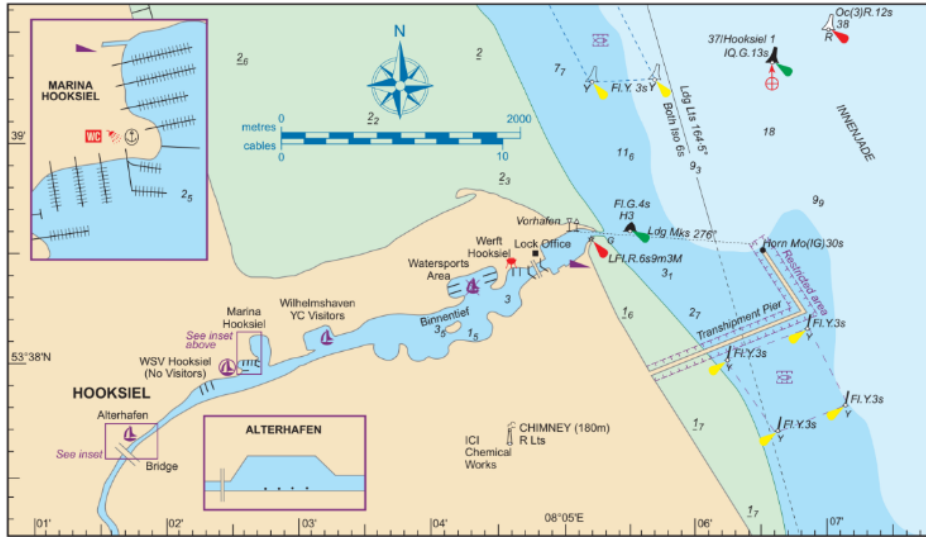
<p>marked by the disused Roter Sand It tr (conspic). Both chans are well marked and converge about 3M S of Alte Weser It tr (conspic). From this junction <i>Hohewegrinne</i> (buoyed) leads inward in a SE</p>	<p>getrennt sind, markiert durch den stillgelegten Leuchtturm Roter Sand (auffällig). Beide Fahrrinnen sind gut markiert und fließen etwa 3 Seemeilen südlich von Leuchtturm Alte Weser (auffällig) zusammen. Von diesem Kreuzpunkt aus führt die <i>Hohewegrinne</i> (betont) in südöstl. Richtung vorbei an Leuchtturm Tegeler Plate (auffällig) auf nordöstl. Seite und vorbei am Leuchtturm Hohe Weg (auffällig) auf südöstl. Seite.</p>
9.15.16 HOOKSIEL (RIVER JADE)	9.15.16 HOOKSIEL (JADE)
Niedersachsen 53°38'-61N 08°05'-19E	Niedersachsen 53°38' 61N 08°05' 19O
CHARTS AC 3618, Imray C26; D 7	KARTEN AC 3618, Imray C26; D 7
TIDES +0034 Dover; ML no data. Duration 0605	GEZEITEN +0034 Dover; ML keine Daten; Dauer 0605
Standard Port WILHEIMSHAVEN (-->)	Standardhafen WILHEIMSHAVEN (-->)
Times	Zeiten
Height (metres)	Höhen (in m)
High Water	Hochwasser
low Water	Niedrigwasser
MHWS	MSpHW
MHWN	MNpHW
MLWN	MNpNW
MLWS	MSpNW
Differences HOOKSIEL	Unterschiede HOOKSIEL
SCHILLIG	SCHILLIG
<p><b>SHELTER</b> Temp() in the Vorhafen (approx 1m. soft mud, at MLWS) but very commercial and uncomfortable in E winds. Beyond the lock there is complete shelter in the Binnentief, 2M long and 2 0-3-5m deep. Best for visitors is Alter Hafen Yacht Hbr in the town; max draft 2m. Larger yachts go to YCs; see lockmaster. Do not enter Watersports Area due to water-ski cables.</p>	<p><b>SCHUTZ</b> Temporär im Vorhafen (ca. 1 m weicher Schlamm, bei MSpNW) aber sehr kommerziell und ungemütlich bei Ostwind. Hinter der Schleuse vollständiger Schutz im Binnentief, 2 Seemeilen lang und 2,0–3,5 m tief. Für Besucher eignet sich am besten der Yachthafen Alter Hafen im Ortskern; max. Tiefgang 2 m. Größere Yachten → Yacht-Clubs; siehe Schleusenmeister. Wassersportgebiet wegen Wasserskikabeln nicht befahren.</p>
<p><b>NAVIGATION</b> WPT 53°39- 33N 08°06' 52E (No 37/Hooksiel 1 SHM buoy. IQ G 13s), 217°/9ca to H3 SHM buoy. FI G 4s, 3S0m E of ent. direction past Tegeler Plate It tr (conspic) on the NE side and Hohe Weg It tr (conspic) to the SSE. The Nordegründe Windfarm (18 turbines. 53°50' 07N 08°10' 17E) lies midway between Alte Weser and Tegeler Plate It twrs. From Robbenplate to Wremer Tief (part way towards Bremerhaven) it is constrained by training walls, which may cause tidal accelerations &gt; <i>In the Aussenwesser the stream (&gt;3kn at sp) often sets towards the banks and the branch chans which traverse them.</i> &lt;</p>	<p><b>NAVIGATION</b> WPT 53°39' 33N 08°06' 52O (Nr. 37/Hooksiel 1 SHM-Tonne IQ G 13 s), 217°/9 ca bis H3 SHM-Tonne FI G 4 s, 350 m östl. vom Eingang Der Windpark Nordergründe (18 Windräder, 53°50' 07N 08°10' 17O) liegt auf halber Strecke zwischen Leuchtturm Alte Weser und Leuchtturm Tegeler Plate. Von Robbenplate bis Wremer Tief (etwas in Richtung Bremerhaven) Einengung durch Leitdämme, dadurch ggf. Beschleunigung d. Gezeiten. &gt; <i>In der Außenwesser oft Strömung (&gt; 3 kn bei Springtide) in Richtung der Ufer und querenden Nebenanäle.</i> &lt;</p>



  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 70 of 73

<p><b>The Weser-Elbe Wattfahrwasser</b> is a demanding, extremely shallow inshore passage between Rivers Weser and Elbe. It leads NNE from the Wurster Arm (E of Hohe Weg) keeping about 3M offshore; SE of Neuwerk and around Cuxhaven training wall. It is tricky, normally requires two or three spring tides for a vessel drawing up to 1 -2m, and is not recommended for visitors.</p>	<p>Das <b>Weser-Elbe-Wattfahrwasser</b> ist eine anspruchsvolle, extrem flache Küstenpassage zw. Weser und Elbe. Es verläuft in nordnordöstl. Richtung vom Wurster Arm (östlich vom Hohen Weg), stets ca. 3 Seemeilen vor der Küste; südöstl. von Neuwerk und um den Leitdamm bei Cuxhaven herum. Die Befahrung ist knifflig. I. d. R. benötigen Boote mit Tiefgang bis zu 1,2 m zwei oder drei Springtiden; für Besucher nicht empfehlenswert.</p>
<p>Caution: aquaculture N of H3, seasonal HS ferry, strong cross-tide, transshipment pier and restricted area to SE of ent.</p>	<p>Achtung: Aquakultur nördl. von H3, saisonal HS-Fähren, starke Gezeiten, Umschlagpier und Sperrgebiet südöstl. vom Eingang.</p>
<p>Appr via chan 2 1 m deep to Vorhafen (beware shoaling) enclosed by two moles Inner Idg daymarks 276 5°, two RW bcns, lead through ent. but are obsc'd when ferry berthed on N pier.</p>	<p>Anfahrt über 2,1 m tiefen Kanal in Vorhafen (Achtung: Untiefen), umschlossen von zwei Molen. Innen leitende Tagessichtmarken 276 5°, zwei RW-Baken, führen durch Eingang, sind jedoch bei angelegter Fähre am Nordpier verdeckt.</p>
<p>For lock and bridge opening times, see: <a href="http://www.wangerland.de/Media/Attraction/Schleuse-Hooksiel">www.wangerland.de/Media/Attraction/Schleuse-Hooksiel</a> (open:Schleusenzeiten). Secure well in lock, pay at control office €1 00/ m (each way).</p>	<p>Öffnungszeiten von Schleuse und Brücke siehe <a href="http://www.wangerland.de/Media/Attraction/Schleuse-Hooksiel">www.wangerland.de/Media/Attraction/Schleuse-Hooksiel</a>. Erst gute Positionierung in Schleuse sicherstellen, dann im Büro 1,00 €/m zahlen (je Richtung).</p>
<p><b>LIGHTS AND MARKS</b> Ldg lts 164 5°. as chartlet. Conspic chys of chemical works and oil refinery SSE of lock. * L FI R 6s on dayglo R pile on S mole and street lamp on N mole. R/G tfc lts at lock.</p>	<p><b>LEUCHTEN UND SICHTMARKEN</b> Leitlichter 164 5° wie Kartenblatt. Auffällige Schornsteine von Chemiewerk und Ölraffinerie südsüdöstl. der Schleuse. L FI R 6s auf Tagesleucht-R-Pfahl auf Süd- und Straßenlampe auf Nordmole. Rot-grüne Ampelsignale an Schleuse.</p>
<p><b>COMMUNICATIONS</b> (Code 04425) Coast Guard (0421) 5550555. K. (0190) 116047; Police 269, &gt; 1302. Brit Consul (030) 204570; (04421) 2080; Dr 1080; HM/Lockmaster, no VHF. 430.</p>	<p><b>KOMMUNIKATION</b> (Vorwahl 04425) Küstenwache (0421) 5550555; (0190) 116047; Polizei 269; 1302; Brit. Konsulat (030) 204570; (04421); 2080; Arzt 1080; Hafen-/Schleusenmeister, kein UKW, 430.</p>
<p>Jade River VTS, inbound, VHF Ch 63, Ch 20 from buoy 33.</p>	<p>Jade VTS, eingehend, UKW Kanal 63, Kanal 20 ab Tonne 33.</p>
<p><b>FACILITIES Werft BY +95850. (25t) Wilhelmshaven YC 04421 22983. 50 (V) berths (-) €1 00, Alter Hafen (V) berth on quays, first night free then €1 00. Marina Hooksiel 958050 hafenmeister@wangerland.de www.wangerland.de/media/attraction/marina-hooksiel. (V) €1 00p/m, 1st night free.</b></p>	<p><b>AUSSTATTUNG Werft BY 95850, (25 t) Yacht-Club Wilhelmshaven 04421 22983, 50 Anlegestellen 1,00 €). Alter Hafen Anlegestellen an Kajen, erste Nacht gratis, dann 1,00 €. Marina Hooksiel 958050 hafenmeister@wangerland.de. www.wangerland.de/media/attraction/marina-hooksiel. 1,00 € P/m, erste Nacht gratis.</b></p>
<p><b>Town</b> (Wilhelmshaven and Bremen). <b>Wangersiel</b>, 3 4M NNW (53°41' 0N 8°01' 5E) has small marina *(04463) 1515.</p>	<p><b>Stadt</b> (Wilhelmshaven und Bremen). <b>Wangersiel</b>, 3,4 Seemeilen nordnordwestl. (53°41' 0N 8°01' 5O), hat kleinen Hafen (04463) 1515.</p>

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 71 of 73







Germany

693

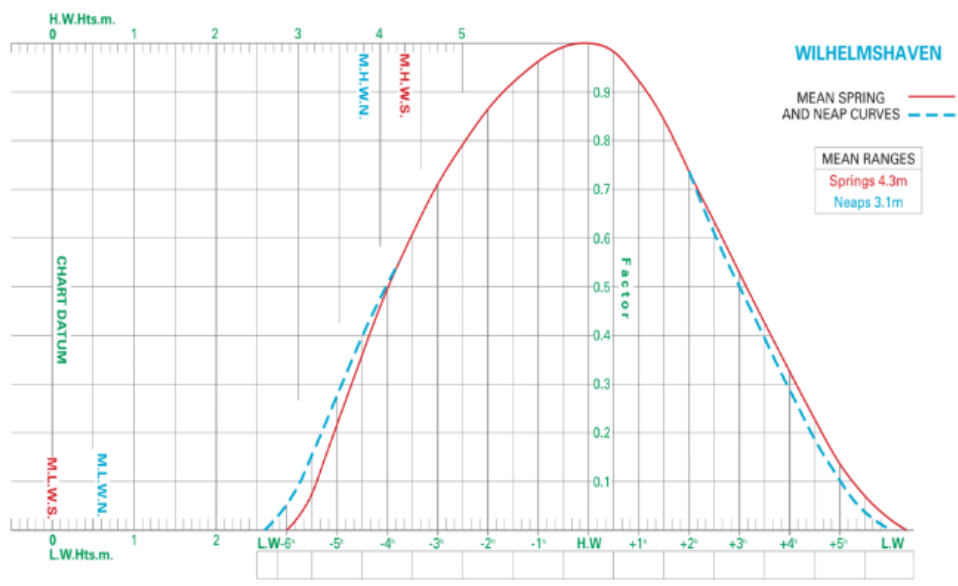
Auteursrechtelijk beschermd materiaal

MARINA HOOKSIEL	MARINA HOOKSIEL
metres	Meter
cables	Kabel
37/Hooksiel 1	37/Hooksiel 1
IQ.G.13s	IQ.G.13s
INNENJADE	INNENJADE
Restricted area	Sperrgebiet
Transshipment Pier	Umschlagpier
Vorhafen	Vorhafen
Lock Office	Schleusenbüro
Werft Hooksiel	Werft Hooksiel
Watersports Area	Wassersportgebiet
Binnentief	Binnentief
Wilhelmshaven YC Visitors	YC Wilhelmshaven, Besucher
Marina Hooksiel	Marina Hooksiel
See Inset above	S. Ausschnitt o. [li.]
WSV Hooksiel (No Visitors)	WSV Hooksiel (keine Besucher)
Alterhafen	Alter Hafen
See inset	S. Ausschnitt [re.]
Bridge	Brücke
ICI Chemical Works	ICI Chemiewerk
CHIMNEY (180M)	SCHORNSTEIN (180 m)
R Lts	R Lts





  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST-DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU	Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Page 72 of 73

Germany	Deutschland
Auteursrechtelijk beschermd materiaal	Urheberrechtlich geschütztes Material

AREA 15 – Germany



AREA 15 - Germany	GEBIET 15 – Deutschland
WILHELMSHAVEN	WILHELMSHAVEN
MEAN SPRING AND NEAP CURVES	MITTLERE SPRING- UND NIPP-KURVEN
MEAN RANGES	MITTELWERTE
Spring 4.3m	Springtiden 4,3 m
Neaps 3.1m	Nipptiden 3,1 m
H.W.Hts.m.	HW-Höhen in m
M.H.W.S.	MSpHW
M.H.W.N.	MNpHW
Factor	Faktor
CHART DATUM	SEEKARTENNULL
M.L.W.N.	MNpNW
M.L.W.S.	MSpNW
L.W.Hts.m.	NW-Höhen in m

  	Struktur	
TES Proj. No.: TES-WHV-VGN	Wilhelmshaven FSRU: Bemessungsgrundlage Ponton-Anlage	Doc. No: TES-WHV-VGN-FSRU-ST- DOC_2201_00
TES Code: TES-WHV-VGN-FSRU		Page 73 of 73