

Wasserrechtlicher Planfeststellungsantrag für die Errichtung eines FSRU-Schiffsanlegers mit Liegewanne und Zufahrtbereich

LNG Voslapper Groden Nord 2

**Teil B – Antragsunterlagen
04 Erläuterungsbericht
FSRU Wilhelmshaven GmbH**

19. September 2023

Kontakt

KERSTIN ZÜLCH
Senior Consultant
Genehmigungsverfahren

M +49 173 4102391
E kerstin.zuelch@arcadis.com

Arcadis Germany GmbH
EUREF-Campus 10
10829 Berlin
Deutschland

WEITERE BETEILIGTE
Georg Fank (extern)

Inhalt

Abkürzungsverzeichnis	13
4 Erläuterungsbericht	15
4.1 Allgemeines	15
4.1.1 Antragstellerin und Vorhabenträgerin (TdV)	15
4.1.2 Planfeststellungsbehörde	15
4.1.3 Projektkoordination und Steuerung	15
4.1.4 Genehmigungsbehörde immissionsschutzrechtliches Verfahren (nachrichtlich)	16
4.1.5 Überblick über das Vorhaben	16
4.1.6 Hauptbestandteile des FSRU-Gesamtvorhabens	17
4.1.6.1 Komponenten	17
4.1.6.2 Daten FSRU	23
4.1.6.3 Leistung der Anlage	24
4.1.6.4 Maximale Abmessungen der LNG-Tanker	24
4.2 Rechtliche Grundlagen und Zuordnung der Verfahren	24
4.2.1 Wasserrechtliches Planfeststellungsverfahren	24
4.2.2 Parallele Zulassungsverfahren	25
4.2.2.1 Betrieb der FSRU und der Nebenanlagen, insbesondere des Transfersystems (nachrichtlich)	25
4.2.2.2 Wasserentnahme und Einleitung beim Betrieb der FSRU (nachrichtlich)	25
4.2.3 Sonstige zu berücksichtigende Zulassungen und Zertifizierungen	26
4.2.4 Zulassung des vorzeitigen Beginns (nachrichtlich)	27
4.3 Vorhabengründung	28
4.4 Standort des Vorhabens	29
4.4.1.1 Koordinaten des Vorhabens	31
4.4.1.2 Angrenzende Anlagen, wasserseitig	31
4.4.1.3 Angrenzende Anlagen, landseitig (nachrichtlich)	32
4.4.2 Eigentumsverhältnisse	32
4.4.3 Betroffene Biotop, wasserseitig	32
4.4.4 Betroffene Kommunen, auf die sich das Vorhaben voraussichtlich auswirkt	33
4.4.5 Schiffsbewegungen im Vorhabengebiet (Bestand)	33
4.5 Technische Vorhabenbeschreibung	35
4.5.1 Vorbemerkung	35
4.5.2 Kurzbeschreibung Maßnahme 1 Bau und Errichtung des Schiffsanlegers	35
4.5.2.1 Allgemeines	35
4.5.2.2 Schallschutzkonzept Rammschall	35

4.5.2.3	Installation der Dalbenplattformen	37
4.5.3	Kurzbeschreibung Maßnahme 2 und 3: Herstellung einer Zufahrt zum Anschluss des Schiffsanlegers an die vorhandene Fahrrinne, Errichtung einer Liegewanne einschließlich Verbringung des Baggerguts	38
4.5.4	Kampfmittelerkundung	40
4.5.5	Bauzeitenplan	40
4.5.6	Betriebseinstellung und Rückbaukonzept	40
4.6	Planunterlagen	41
4.7	Statische Nachweise	41
4.7.1	Pfahlfundamente	41
4.7.2	Dalben-Plattformen	43
4.7.3	Brücken	46
4.7.4	Statische Berechnungen zum PLEM (nachrichtlich)	48
4.8	Geotechnischer Bericht und Bemessung	49
4.8.1	Einleitung	49
4.8.2	Hinweis zur weiteren geotechnischen Untersuchung	49
4.8.3	Geologische Gegebenheiten	49
4.8.4	Umfang der Untersuchungen	49
4.8.5	Baugrundbeschreibung	51
4.8.6	Geotechnische Beurteilung	52
4.8.7	Designbodenprofil für die statischen Berechnungen	53
4.8.8	Analysen nach GÜBAK	54
4.9	Planungs- und Entwurfsgrundlagen	54
4.9.1	Bericht zur Entwurfsgrundlage und Einleitung	54
4.9.2	Position	54
4.9.2.1	Auswirkungen auf den bestehenden Schiffsverkehr und Einordnung in die vorhandene Hafeninfrastruktur	54
4.9.2.2	Sicherheitsabstände Betrieb (nachrichtlich)	54
4.9.2.3	Nutzungsvertrag Bundeswasserstraße	55
4.9.2.4	Abstand zur Fahrrinne und zum Fahrwasser	55
4.9.3	Ausrichtung des Schiffsanlegers zur Hauptströmungsrichtung	56
4.10	Alternativenprüfung	56
4.10.1	Einleitung	56
4.10.2	Standortauswahl und Kriterien	57
4.10.3	Variantenprüfung	58
4.10.4	Schlussfolgerung	59
4.11	Umweltbedingungen und hydrodynamische Studien	60
4.11.1	Einleitung und Methodik	60
4.11.2	Kurzzusammenfassung der Ergebnisse	61

4.11.3	Wind	62
4.11.4	Wasserstände an Pegelstationen	63
4.11.5	Strömungen und Strömungsmodellierung	65
4.11.5.1	Modellaufbau	65
4.11.5.2	Kalibrierung / Validierung des hydrodynamischen Modells	69
4.11.5.3	Bauliche Strukturen für die Modellrechnungen	70
4.11.5.4	Ergebnisse der Szenarien (Normal und Extrem)	71
4.11.6	Wellenklima	75
4.11.6.1	Offshore	75
4.11.6.2	Wellenklima und Wellenmodell	75
4.11.6.3	Wellenklima am Projektstandort	76
4.11.6.4	Extreme Wellen	77
4.11.7	Zusammenfassung der extremen Umweltbedingungen	78
4.11.8	Sonstige Umweltbedingungen	81
4.11.8.1	Wasserstandsdaten und Referenzwerte am LNG-Terminal Uniper	81
4.11.8.2	Dichte des Meerwassers	81
4.11.8.3	Temperatur des Meerwassers	81
4.11.8.4	Schwebstoffverhältnisse	82
4.12	Strömungsmessungen Messkampagne zur weiteren Verifizierung	83
4.12.1	Zielsetzung	83
4.12.2	Durchführung	83
4.12.3	Messwertverarbeitung	84
4.12.4	Zeitplan	86
4.12.5	Ergebnisse mobile Messungen	88
4.12.6	Ergebnisse stationäre Messungen	89
4.13	Nautische Studien und Risikobewertung	91
4.13.1	Einleitung	91
4.13.2	Dynamisches Vertäukonzept/ Mooringkonzept	92
4.13.2.1	Einleitung und Ziele	92
4.13.2.2	Methode und Ansatz	92
4.13.2.3	Eingabedaten	94
4.13.2.4	Simulationsergebnisse FSRU Vertäuanalyse	95
4.13.2.5	Simulationsergebnisse Schiff-zu-Schiff Vertäuanalyse	96
4.13.2.6	Auswahl der Quick Release Hooks (QRH) und Fender	97
4.13.2.7	Bemessungslasten beim Vertäuten Schiffen	97
4.13.2.8	Schlussfolgerungen und Empfehlungen	98
4.13.3	Nautische Risikoanalyse	99
4.13.3.1	Einleitung und Zielsetzung	99
4.13.3.2	Basisdaten	100
4.13.3.3	Bewertung der Fahrtrasse und der Manöverstrategie des LNG-Tankers	100

4.13.3.4	Methodik zur nautischen Risikobewertung	102
4.13.3.5	Gefahrenidentifikation (HAZID)	104
4.13.3.6	Risk Assessment Matrix (RAM)	105
4.13.3.7	Kollisionsrisikoanalyse	107
4.13.3.8	Empfehlungen und Fazit	109
4.13.4	Nautitec Echtzeitsimulationsfahrt	109
4.13.4.1	Studie 2020	109
4.13.4.2	Studie im Februar 2023	110
4.14	Schalltechnische Beurteilung Bau und Schallschutzkonzept	113
4.14.1	Einleitung	113
4.14.2	Beurteilung Luftschall	113
4.14.3	Schallschutzkonzept zur Einhaltung der Unterwasserschallgrenzwerte	113
4.15	Schalltechnische Beurteilung Betrieb (nachrichtlich)	116
4.16	Sonstige Immissionen	116
4.17	Monitoring	117
4.17.1	Allgemeines	117
4.17.2	Datenerhebung und Nullmessungen	117
4.17.3	Maßnahmen am Anleger	117
4.17.4	Maßnahmen in der Zufahrt	117
4.17.5	Maßnahmen außerhalb der Zufahrt und des Wendebeckens	118
4.18	Arbeitssicherheit, Brandschutz	118
4.19	Hydromorphologische Auswirkungen, Kolksschutz	118
4.19.1	Einleitung und Übersicht	118
4.19.2	Simulationsmodelle	119
4.19.3	Morphologische Studie	119
4.19.3.1	Allgemeines	119
4.19.3.2	Bewertung bereits vorhandenen Daten	119
4.19.3.3	Berechnung hydrodynamischer Auswirkungen	119
4.19.3.4	Zu erwartende Auswirkungen	119
4.19.3.5	Monitoring	121
4.19.4	Ausbreitung von Sedimentfahnen bei Baggerarbeiten und Verklappung	121
4.19.4.1	Hintergrund der Studie	121
4.19.4.2	Datenmodell und Rahmenbedingungen	121
4.19.4.3	Szenarien	122
4.19.4.4	Ergebnisse	123
4.19.5	Kolksschutz	124
4.20	Zusammenfassende Beschreibung der Umweltauswirkungen und Fachbeiträge	127
4.20.1	Gutachten und Fachbeiträge zu den Umweltauswirkungen	127

4.20.2	Ergebnisse aus den Fachbeiträgen	128
4.20.2.1	Fazit zum Artenschutzrechtlichen Fachbeitrag	128
4.20.2.2	Fazit zur Wasserrahmenrichtlinie	128
4.20.2.3	Fazit zur Meeresstrategierahmenrichtlinie MSRL	128
4.20.2.4	Fazit zur Natura 2000 / FFH-Verträglichkeitsuntersuchung	128
4.20.2.5	Hydromorphologischer Wirkraum	128
4.20.2.6	Eingriffsbilanzierung	129
4.20.2.7	Beurteilung der Umweltauswirkungen auf die Klappstelle K01	130
4.20.2.8	Auswirkungen auf das Klima	130
4.20.3	Zusammenfassende Darstellung der Umweltauswirkungen	131
4.21	Einbringen von Baggergut	131
4.21.1	Veranlassung und rechtlicher Rahmen	131
4.21.2	Antrag	131
4.21.3	Voraussichtliche Volumen	132
4.21.4	Verklappungsstelle	133
4.21.5	Einhaltung der Werte nach GÜBAK	133
4.21.6	Beurteilung der Umweltauswirkungen auf die Klappstelle K01	135
4.22	Befreiung vom Biotopschutz nach § 67 BNatSchG	135
4.23	Information zur Einleiterlaubnis nach § 9 WHG und IZÜV (nachrichtlich)	137
4.23.1	Rechtliche Einordnung und Antrag	137
4.23.2	Wasserentnahme und Behandlung	137
4.23.3	Ultraschall-Antifouling und Prüfung von alternativen Systemen	137
4.23.4	Ausbreitung von Temperaturfahnen	137
4.23.5	Umweltauswirkungen	138
4.24	Gesamtkosten	138

Abbildungen

Abbildung 1: Illustration der Hauptkomponenten des wasserseitigen Transfersystems (Anleger nur schematisch dargestellt ohne Details)	18
Abbildung 2: Groblayout Anleger (Draufsicht)	19
Abbildung 3: Übersichtsplan Anleger (Draufsicht)	20
Abbildung 4: Plattform MD3	21
Abbildung 5: Plattform BD3	21
Abbildung 6: FSRU „EXCELSIOR“, IMO Nr. 9239616	22
Abbildung 7: Positionen Hauptkomponenten FSRU	22
Abbildung 8: Zufahrt zum HES 2/3 Anleger	26
Abbildung 9: Ausbaggerungsplan für vorzeitigen Beginn 1	27
Abbildung 10: Topografische Karte mit Lage des Vorhabens	30
Abbildung 11: Seekarte mit Lage des Vorhabens und Hafenbereich	30
Abbildung 12: Koordinaten des Anlegers	31
Abbildung 13: Betroffene Biotope wasserseitig (wPFV und BImSchG)	33
Abbildung 14: Anzahl Schiffe pro Tag im Auswertungszeitraum	34
Abbildung 15: Analyse Schiffsbewegungen und Streckenabschnitte	34
Abbildung 16: Installationschiff zur Errichtung der Dalben (Beispiel)	36
Abbildung 17: Positionierung der Monopiles vor dem Eintreiben	36
Abbildung 18: Doppelter Blasenvorhang im Einsatz	37
Abbildung 19: TSHD-Bagger	39
Abbildung 20: Entladung / Verklappung Baggergut	39
Abbildung 21: Arbeitsschiff zum Herstellen der Liegewanne und des Zufahrtsbereiches (Beispiel)	39
Abbildung 22: Hakenlasten (Mooring-Lasten) in +Y Richtung, MD1	44
Abbildung 23: Spannungsanalyse am MD1 im Betriebszustand	44
Abbildung 24: Lage der Bohrkernkerne (ursprünglich geplante Position)	50
Abbildung 25: Auszug aus Bohrkernanalyse für BD1	52
Abbildung 26: Sicherheitsabstand zur Bojenline (Begrenzung Fahrwasser)	55
Abbildung 27: Variantenprüfung	59
Abbildung 28: Nautische Referenzniveaus für den Projektstandort	60
Abbildung 29: Referenzort „Leuchtturm Alte Weser“	61
Abbildung 30: Windverteilung am NORA3, in der Nähe des Projektstandorts	62
Abbildung 31: Spitzenwindgeschwindigkeiten für jeden Windsektor für verschiedene Wiederkehrperioden.	63
Abbildung 32: Wasserstände am Pegel Alte Weser	64
Abbildung 33: Korrelationskoeffizient zwischen Hooksielplate und Leuchtturm Alte Weser unter Berücksichtigung verschiedener Zeitabstände	65
Abbildung 34: Berechnungsnetz des Jade-Weser-Modells	66

Abbildung 35: Vergrößerte Darstellung in der Nähe des Projektstandorts des Berechnungsrasternetzes für das Jade-Weser-Modell	66
Abbildung 36: Modell-Bathymetrie [m MW] des Jade-Weser-Modells	67
Abbildung 37: Jade-Weser-Modellgitter und Grenzpunkte. Die grünen Dreiecke zeigen die Grenzpunkte des Offshore-Wasserstands an.	68
Abbildung 38: Pegelstationen, die zur Modellkalibrierung herangezogen wurden	69
Abbildung 39: Zeitreihen des modellierten (blau) und gemessenen (orange) Wasserstands [m MW] am Pegel Hooksielplate für den Modellierungszeitraum 28-Aug-2018 bis 13-Sep-2018.	70
Abbildung 40: Vergrößerung der Modell-Bathymetrie [m MW] des Jade-Weser-Modells in der Nähe des Projektstandorts einschließlich der kurzfristigen Projektstrukturen	71
Abbildung 41: Maximale, über die Tiefe gemittelte Strömungsgeschwindigkeit [m/s] und Vektoren, berechnet für den Zeitpunkt der maximalen Flut-Strömungsgeschwindigkeit im Modellierungszeitraum von 28. Aug. 2018 bis 13. Aug. 2018. Ergebnisse des Kurzzeitszenarios	73
Abbildung 42: Vergrößerte Darstellung: Maximale, über die Tiefe gemittelte Strömungsgeschwindigkeitsdifferenz [m/s] (temporäres Szenario – Referenz-Szenario) und Vektoren (grün: Referenz, violett: Szenario), berechnet für den Zeitpunkt der maximalen Flut-Strömungsgeschwindigkeit im Modellierungszeitraum von 28. Aug. 2018 bis 13. Sept. 2018.	73
Abbildung 43: Über die Tiefe gemittelte Größe der Strömungsgeschwindigkeit [m/s] (Median, Minimum und Maximum über den gesamten Simulationszeitraum) am Wendebecken in Bezug auf den Zeitpunkt des oberen Pegelstands. Berechnet für den gesamten Modellierungszeitraum vom 28. Aug. 2018 bis 13. Sept. 2018.	74
Abbildung 44: Umrisslinie des grundlegenden Wellenmodells (türkis) und des erweiterten Wellenmodells (grün).	75
Abbildung 45: Rasternetz und Bathymetrie vom erweiterten Rasternetz	76
Abbildung 46: Ausgangsorte des Wellenmodells für das Normalklima an dem betreffenden Standort	76
Abbildung 47: Wellenrosen für normale Wellenbedingungen am Projektstandort (Beispiel BD3 und MD4)	77
Abbildung 48: Korngrößenverteilungen von Sedimentproben, die am 05.05.2022 in der Nähe des LNG-Terminals WHV	82
Abbildung 49: Aufbau der SiltProfiler- und ADCP-Messungen	84
Abbildung 50: Messkampagne Räumliche Visualisierung der Stromverteilung über einen Querschnitt	85
Abbildung 51: Überwachungsstandorte für mobile Messungen (Transekt), stationäre Messungen (Meeresbodengestell) und Darstellung geplanter Signalbojen.	86
Abbildung 52: Strömungsgeschwindigkeit (oben) und Strömungsrichtung (unten), gemessen mit dem ADCP zwischen dem 06.03.2023 und dem 13.03.2023.	89
Abbildung 53: Strömungsrichtung, Wellenrichtung, signifikante (Hs) und maximale (Hmax) Wellenhöhe, signifikante (Ts) und maximale (Tmax) Wellenperiode, wie sie vom ADCP zwischen dem 06/03/2023 und dem 13/03/2023 gemessen wurden	91
Abbildung 54: Modellierungsansatz für Mooring Studie	93
Abbildung 55: Schiffspanelisierung in AQWA (Simulationsprogramm)	94
Abbildung 56: Verbessertes Vertäuungslayout für den Schiff-zu-Schiff-Betrieb mit dem 177k-Moss-LNG-Tanker	97
Abbildung 57: Überblick über die Fahrtrasse von der Lotsenstation zum Schiffsanleger	101
Abbildung 58: Schlepperkonfiguration beim Anlegen im Hafen entlang der FSRU in Ebttide	102
Abbildung 59: Identifizierte Routen und deren Verkehrsverteilung	108

Abbildung 60: Vorschlag für ein Beleuchtungskonzept	111
Abbildung 61: Beispiel 1 Nautitec Simulationsfahrt	111
Abbildung 62: Beispiel 2 Nautitec Simulationsfahrt	112
Abbildung 63: Simulation Zufahrt zum HES Anleger 2/3	112
Abbildung 64: BBC-Details mit drittem Membranschlauch als Schallminderung (Jaeger Maritime Solutions, 2023)	115
Abbildung 65: Immissionsprognose für Dalbengründung D = 4,5 m Minderung SEL - 16dB	115
Abbildung 66: Beispiel 1 Schallminderungsmaßnahme Druckluftblasenvorhang	116
Abbildung 67: Sedimentations- und Erosionsmuster, berechnet nach einem Jahr, simuliert mit Wendebecken, Dalben und FSRU, Vergrößerung rund um das Wendebecken	120
Abbildung 68: Relative Sedimentations-Erosionsmuster durch Wendebecken, Dalben und FSRU (im Vergleich zur autonomen morphologischen Entwicklung)	121
Abbildung 69: Berechnungsgitter des Jade-Weser-Modells mit zusätzlichen Gitteroptimierungen rund um die Verklappstelle K01.	122
Abbildung 70: Überblick über die verschiedenen Arten von Baggerfreisetzungen und die vertikalen Profile, die in das Modell einbezogen werden	123
Abbildung 71: Maximale angetroffene Sedimentkonzentration [mg/L] von Feinstoffen (< 210 [µm]) in der Mitte der Wassersäule während des Simulationszeitraums. Baggerszenario A, Springbedingungen	124
Abbildung 72: Kolkschutz berücksichtigte Lastfälle für den Schlepper bei der Abfahrt von LNG-Schiffen	125
<i>Abbildung 73: Skizze des Querschnitts mit der Mindestabmessung des Kolkschutzes für Brustdalben (oberes Feld) und Festmachdalben (unteres Feld)</i>	126
Abbildung 74: Direkte Auswirkung durch Baggararbeiten	129
Abbildung 75: Aushubtiefen Baggerbereich	132
Abbildung 76: Lage der Klappstelle und des Planvorhabens	133
Abbildung 77: Übersicht über die Stationen für die Entnahme von Sedimentkernen im Bagger- und Baubereich	134
Abbildung 78: Übersicht Wirkraum Biotop §30	136

Tabellen

Tabelle 1: Datentabelle FSRU EXCELSIOR	23
Tabelle 2: Eigentumsverhältnisse	32
Tabelle 3: Geotechnische Parameter des Design Bodenprofils	43
Tabelle 4: Übersicht Durchbiegungen	45
Tabelle 5: Längen der Verbindungsbrücken	46
Tabelle 6: Eigenfrequenzen vertikal	47
Tabelle 7: Eigenfrequenzen horizontal	47
Tabelle 8: Brücken Auflagerkräfte	47
Tabelle 9: Zusammenfassung der primären geologischen Schichten	51
Tabelle 10: Charakteristische Bodenkennwerte	53
Tabelle 11: Homogenbereiche nach VOB/C	53

Tabelle 12: Homogenbereiche nach VOB/C	53
Tabelle 13: Vergleichsdaten Hauptströmungsausrichtung	56
Tabelle 14: Ergebnis Variantenprüfung	59
Tabelle 15: Spitzenwindgeschwindigkeiten für jeden Windsektor für verschiedene Wiederkehrperioden	63
Tabelle 16: Extreme obere und untere Pegelstände für verschiedene Wiederkehrzeiträume am Leuchtturm Alte Weser und am Projektstandort	64
Tabelle 17: Datenquellen Modell-Bathymetrie	67
Tabelle 18: Simulationszeiträume der hydrodynamischen Modellierung	69
Tabelle 19 Statistische Parameter des Vergleichs zwischen gemessenem und simuliertem Wasserstand für relevante Wasserstandsstationen in der Nähe des Projektstandorts	70
Tabelle 20: Maximale Strömungsgeschwindigkeiten	74
Tabelle 21: Extreme Windwelleneigenschaften bei bd3, simuliert für die gemeinsamen Extremwertverteilungen von Windgeschwindigkeit und oberem und unterem Pegelstand	77
Tabelle 22: Dünungswellenverhältnisse im 100-jährigen Wiederkehrzeitraum	79
Tabelle 23: Spitzenwindgeschwindigkeiten (m/s) am Projektstandort für jeden Windsektor für verschiedene Wiederkehrzeiträume	79
Tabelle 24: Extreme Strömungsverhältnisse am Projektstandort	79
Tabelle 25: Extreme obere und untere Pegelstände für verschiedene Wiederkehrzeiträume am Projektstandort.	80
Tabelle 26: Windwellenverhältnisse im 100-jährigen Wiederkehrzeitraum	80
Tabelle 27 Andere Windwellenverhältnisse im Wiederkehrzeitraum	80
Tabelle 28: Wasserstandsdaten am Nachbarterminal LNG Terminals WHV	81
Tabelle 29: Durchschnittliche monatliche Wassertemperatur in Wilhelmshaven	82
Tabelle 30: Mobile Messungen - Koordinaten des Transekts	87
Tabelle 31: Mobile Messungen - Koordinaten des SiltProfilers und der Wasserproben	87
Tabelle 32: stationäre Messungen – Koordinaten Meeresbodenrahmen und Signalisierungsbojen	87
Tabelle 33: Ergebnisse der Gezeitenmessungen bei unterschiedlichen Gezeitenbedingungen und Messungen und Wasserproben zur Bestimmung von Salzgehalt, Temperatur und Schwebstoffkonzentrationen.	88
Tabelle 34: Überblick über die Statistik der Strömungsgeschwindigkeit und der Schwebstoffkonzentration in den verschiedenen Gezeitenphasen.	90
Tabelle 35: Hauptmerkmale des LNG-Tankers in Ballast und beladenem Zustand	94
Tabelle 36: Aus der DMA für jede Windrichtung entnommene maximale QRH-Lasten	98
Tabelle 37: In Wilhelmshaven verkehrende Schlepper	100
Tabelle 38: Trassendetails	102
Tabelle 39: Häufigkeitsklassen der Gefahren	103
Tabelle 40: Folgenklassen je Gefahrentyp	103
Tabelle 41: Matrix zur qualitativen Risikobewertung	104
Tabelle 42: HAZID für Anfahrt an den Liegeplatz	105
Tabelle 43: Risikobewertungsmatrix für Wenden, Anfahrt zum Liegeplatz, Anlegen	106
Tabelle 44: Driftparameter	107

Tabelle 45: Mindestabmessungen Kolkschutz Dalben	126
Tabelle 46: Übersicht Fachbeiträge zur Umweltauswirkung	127

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung
BD	Brustdalben, Synonym für Anlegedalben
CH ₄	Methan
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
DGGEV	Deutsche Grüngas und Energieversorgung GmbH
EDC	Emergency Disconnect Coupling, Notfallentkupplung der
EE	Excelerate Energy
ERS	Emergency Release System,
FSRU	Floating Storage and Regasification Unit
GDRM	Gasdruck-Regel- und Messanlage
GDWS	Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt
H ₂	Wasserstoff
HES	HES Wilhelmshaven GmbH
HIPPS	High Integrity Pressure Protection System
HPU	Hydraulic Power Unit
ID	Innerer Durchmesser
IGC	IGC-Code - Internationaler Gastankschiff-Code Internationaler Code für den Bau und die Ausrüstung von Schiffen zur Beförderung verflüssigter Gase als Massengut
IGF	Internationaler Code für die Sicherheit von Schiffen, die Gase oder andere Brennstoffe mit niedrigem Flammpunkt verwenden
ILO	International Labor Organisation
IMDC	International Marine and Dredging Consultants n.v.
IMO	International Maritime Organization
LAT	niedrigst möglicher Gezeitenwasserstand“ bzw. „lowest astronomical tide“ (LAT), siehe SKN
LNG	Liquefied Natural Gas (verflüssigtes Erdgas)
LNGC	Liquefied Natural Gas Carrier (Tankschiffe für LNG)

Abkürzung	Erläuterung
LNGG	LNG-Beschleunigungsgesetz – Gesetz zur Beschleunigung des Einsatzes verflüssigten Erdgases
LROP	Landesraumordnungsplan
Lüa	Länge über alle
MMSCFD	Million Standard Cubic Feet per Day
NHN	Normalhöhennull
Nm ³ /h	Normkubikmeter pro Stunde
OGE	Open Grid Europe
PLEM	Pipeline End Manifold
POT	Peak over Threshold, Spitzenwertüberschreitung
PVC	Polyvinylchlorid
QCDC	Quick Connection and Disconnection Clamps
QQRH	Quadruple Quick Release Hook,
rwN	rechtweisend Nord, Angaben beziehen sich auf die geografische Nordausrichtung
SKN	Seekartennull, entspricht dem örtlich „niedrigst möglicher Gezeitenwasserstand“ bzw. „lowest astronomical tide“ (LAT) berechnet wird. Liegt am Vorhabenstandort ca. 2,50 m unter dem Normalhöhennull. Für den Pegelort „Hooksieplate“, in der Nähe zum Vorhaben, ist SKN auf 2,49 m unter NHN von der GDWS festgelegt.
STS	Schiff-zu-Schiff Transfer
TCP	Thermoplastic Composite Pipes
TES	Tree Energy Solutions
TQRH	Triple Quick Release Hook
WAL	Wilhelmshavener Anbindungsleitung
WSA	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Weser-Jade-Nordsee
WSV	Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes

4 Erläuterungsbericht

4.1 Allgemeines

4.1.1 Antragstellerin und Vorhabenträgerin (TdV)

FSRU Wilhelmshaven GmbH
Emsstraße 20
26382 Wilhelmshaven

Ansprechpartner

Herr Raf Vermeyen
T +32 478 63 05 82
E raf.vermeyen@tes-h2.com
W www.tes-h2.com

Trägerin des Vorhabens (TdV) ist die FSRU Wilhelmshaven GmbH mit Sitz in Wilhelmshaven, eine Beteiligungsgesellschaft, u.a. der Deutsche Grüngas und Energieversorgung GmbH (DGGEV) mit Sitz in Wilhelmshaven. Beide genannten Gesellschaften sind (indirekte) Beteiligungsgesellschaften der niederländischen Tree Energy Solution B.V. (TES), siehe <https://tes-h2.com/de/globale-wirkung/deutschland>. Die TdV plant die Errichtung und den Betrieb einer FSRU inkl. Gasanbindungsleitung an das deutsche Erdgasnetz an der Küste von Wilhelmshaven. Neben TES sind bei der Planung, dem Bau und dem Betrieb der Anlage E.ON und ENGIE in Form eines internationalen Projektkonsortiums eingebunden. Über die ENGIE Beteiligungs GmbH mit Sitz in Berlin ist ENGIE seit September 2023 mit einem Anteil von 50 % an der FSRU Wilhelmshaven GmbH beteiligt.

TES ist ein Unternehmen für grünen Wasserstoff, welches Industrie und Verbraucher langfristig, unterbrechungsfrei und zuverlässig auf Abruf mit CO₂-neutraler, sauberer Energie versorgt. TES verfolgt das Ziel, die Energiewende zu beschleunigen, indem es die bestehende globale Energie-Infrastruktur nutzt, um Kunden mit grünem Wasserstoff, grünem Gas und grünem Strom zu versorgen. Gleichzeitig will das Unternehmen den Ausstieg aus fossilen Brennstoffen weltweit beschleunigen und eine kreislauforientierte Kohlenstoffwirtschaft einführen. Um ein integriertes Netz mit globaler Reichweite aufzubauen, entwickelt TES derzeit in Europa, Nordamerika, Australien und im Nahen Osten mehrere Standorte für den effizienten Import und die Verteilung von Energie. Am Standort Wilhelmshaven auf einem Teil des Voslapper Groden-Nord plant TES den „Green Energy Hub Wilhelmshaven“ (siehe dazu den folgenden Überblick über das Vorhaben).

Die FSRU Wilhelmshaven GmbH wurde mit dem Zweck gegründet, in Abstimmung mit dem Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) schnellstmöglich eine schwimmende Anlage zur Einfuhr, Entladung, Lagerung und Wiederverdampfung verflüssigten Erdgases (FSRU) am Standort des künftigen Green Energy Hub zu installieren, um Importmöglichkeiten für verflüssigtes Erdgas (LNG) zu schaffen, bis das Landterminal errichtet und betriebsbereit ist.

4.1.2 Planfeststellungsbehörde

Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN)
Direktion, Geschäftsbereich 6

Im Dreieck 12
26127 Oldenburg

4.1.3 Projektkoordination und Steuerung

Arcadis Germany GmbH
EUREF-Campus 10
10829 Berlin

Robert Atkinson

M +49 174 738 0323

E robert.atkinson@arcadis.com

Web www.arcadis.com

4.1.4 Genehmigungsbehörde immissionsschutzrechtliches Verfahren (nachrichtlich)

Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Oldenburg
Abteilung 3

Theodor-Tantzen-Platz 8
26122 Oldenburg

4.1.5 Überblick über das Vorhaben

TES, Muttergesellschaft der TdV, entwickelt ein globales Energieprojekt, dessen zentrale Bestandteile der Import von grünen Energieträgern auf dem Seeweg und die Wiederverwertung von Kohlendioxid (CO₂) unter Verwendung von grünem Wasserstoff (H₂) sind. Durch den industriellen Maßstab des Projektes wird ein wichtiger Beitrag für das Erreichen der nationalen Klimaschutzziele 2050 geleistet.

Einen wesentlichen Teil des Projekts möchte TES in Wilhelmshaven auf einem Teil des Voslapper Groden-Nord verwirklichen („Green Energy Hub Wilhelmshaven“). Dort soll ein grüner Energiepark errichtet werden. Das Fundament des Projektes ist die Herstellung von grünem Wasserstoff mittels Wasser-Elektrolyse durch erneuerbare Stromquellen, wie z.B. Photovoltaik oder Wind. Die Herstellung des grünen Wasserstoffs soll außerhalb der Bundesrepublik Deutschland in Gebieten erfolgen, in denen erneuerbare Stromquellen kostengünstig zur Verfügung stehen. Für Solarenergie sind Länder des Sonnengürtels optimal geeignet. Da der Transport von Wasserstoff einen erheblichen Energieaufwand erfordert, wird der grüne Wasserstoff zunächst in einen anderen grünen Energieträger umgewandelt, welcher dann auf dem Seeweg zum Einsatzgebiet transportiert werden kann. Als grüner Energieträger kommt insbesondere synthetisches Methan (CH₄) in Betracht. Methan hat den Vorteil, dass man es schon heute in großen Mengen sicher und über weite Strecken in flüssiger Form mit dem Schiff transportieren kann und dass die bereits vorhandene Erdgasinfrastruktur genutzt werden kann. Unter der Voraussetzung entsprechender Technologiefortschritte ist es aber auch denkbar, dass zukünftig verflüssigter Wasserstoff direkt – d.h. ohne Umwandlung in einen weiteren Energieträger – nach Wilhelmshaven importiert wird.

Im Vorfeld wird die TdV vorübergehend eine stationäre, schwimmende Anlage zur Einfuhr, Entladung, Lagerung und Wiederverdampfung verflüssigten Erdgases (LNG) errichten und betreiben, um so zur Sicherung der deutschen Energieimporte beizutragen. Für den Betrieb der FSRU muss ein neuer Anleger errichtet werden. Für diesen Teil des Gesamtprojektes sind mehrere behördliche Zulassungen erforderlich: eine immissionsschutzrechtliche Genehmigung für die FSRU mit Nebenanlagen, eine wasserrechtliche Planfeststellung für den mit der Herstellung des Anlegers, der Liegewanne und der Zufahrt verbundenen Gewässerausbau und eine wasserrechtliche Erlaubnis für die Einleitung von Abwässern.

Gegenstand des vorliegenden Antrags sind die genannten Gewässerausbaumaßnahmen mit den folgenden Bestandteilen:

Maßnahme 1

Neuerrichtung des Schiffsanlegers LNG Voslapper Groden Nord 2,

für die Errichtung und den Betrieb einer stationären, schwimmenden Anlage zur Einfuhr, Entladung, Lagerung und Wiederverdampfung von verflüssigtem Erdgas (LNG).

Maßnahme 2

Neuerrichtung der Liegewanne Voslapper Groden Nord 2, einschließlich Zufahrtsbereich inklusive Wendebecken zwischen dem neu errichteten Umschlaganleger LNG Voslapper Groden Nord 2 und der vorhandenen Fahrrinne,

mit einer Gesamtfläche der Liegewanne und des Zufahrtsbereiches einschließlich Wendebecken von ca. 770.000 m².

Ausbaggerung der Liegewanne auf eine Solltiefe von -17 mNHN - 14,5 m SKN) einschließlich der Zufahrt zum Fahrwasser mit einer Tiefe von -17 mNHN (- 14,5 mSKN).

Maßnahme 3

- einmalige Unterbringung des Initialbaggergutes von bis zu 1,2 Mio. m³ (Laderaumaufmaß) auf der Klappstelle 01
- Unterbringung von Baggergut aus der anlaufenden Unterhaltung der Anlage nach Inbetriebnahme für 2 Jahre. Die geschätzte Menge beträgt ca. 50.000 m³ pro Jahr bzw. 100.000 m³ innerhalb der ersten 2 Jahre, angegeben als Laderaumaufmaß

Eingeschlossen ist u.a. der Antrag auf Erteilung einer Befreiung nach § 67 Abs. 1 i.V.m. § 30 Abs. 2 BNatSchG für den Eingriff in gesetzliche geschützte Biotop der durch die wasserbaulichen Maßnahmen begründet ist. Das Biotop im Gewässerbereich ist klassifiziert als „Meeresarme der äußeren Flussmündungen - Artenreiche Kies-, Grobsand- und Schillgründe“ (KMFFk*). Ebenfalls eingeschlossen ist der Antrag auf Erteilung einer strom- und schiffahrtspolizeilichen Genehmigung gemäß § 31 Abs. 1 WaStrG für den Betrieb der Bagger- und Rammschiffe.

Beantragt wird außerdem die Erteilung einer wasserrechtlichen Erlaubnis nach §§ 8, 9 Abs. 1 Nr. 4 WHG für die Verklappung von Baggergut.

4.1.6 Hauptbestandteile des FSRU-Gesamtvorhabens

4.1.6.1 Komponenten

Das gesamte FSRU-Vorhaben besteht aus den folgenden, wesentlichen land- und wasserseitigen Komponenten und Bauwerken:

a.) Schiffsanleger

Dem neuen Schiffsanleger für die FSRU und die LNG-Tankschiffe als „Inselanleger“ mit 4 Anlegedalben (BD1 – BD4) und 6 Vertäudalben (MD1 – MD6), 9 Verbindungsbrücken (B1 – B9) zwischen den Dalben, 1 Ponton für Boote, Versorgungs- und Rettungsschiffe, 1 Treppenturm mit Laufsteg zur FSRU (Gangway), sowie allen, weiteren, notwendigen Einrichtungen zum sicheren Betreiben der Anlage wie z.B. Schnellverschlusshaken zum Festmachen der Taue, Fender als Schutz der FSRU beim Anlegen, den Sicherheitskennzeichnungen und Kolkschutz für die Dalben.

Ausführung der Anlegerstruktur in Stahlbauweise. Fertigung der Dalben jeweils aus einem massiven Stahlrohr, sog. „Monopiles“ (engl. für einzelner Pfahl) mit einem Durchmesser von 4,5 m und einer Länge von ca. 70 m. Gesamtlänge des Anlegers von ca. 400 m und ist einer Ausrichtung von 321,8° rwn in Hauptströmungsrichtung. Dimensionierung für das Anlegen von Gasschiffen (LNGC) mit maximal 300 m Länge (Lüa) und einer Kapazität von ca. 180.000 m³.

b.) Liegewanne und Zufahrt

Einer neuen Liegewanne für die FSRU und die LNG-Tankschiffe mit einer Tiefe von -17 mNHN einschließlich der trapezförmigen Zufahrt zum Fahrwasser mit einer Tiefe von -17 mNHN. Der Zufahrtsbereich dient zugleich als Wendebecken (Wendebereich) für die LNG-Tankschiffe.

Elliptische Form des Wendebereichs mit einem Durchmesser von mind. 600 m in Querrichtung und mind. 900 m in Strömungsrichtung. Auslegung für das Wenden von Schiffen bis 300 m Länge (Lüa).

Gesamtfläche der Liegewanne, einschließlich der Zufahrt und des Wendebereichs ca. 770.000 m².
Herstellung mittels Schleppsaugbagger.

Markierung des Bereichs mittels Funkbojen (ATON) und vorgeschriebenen Navigationskennzeichen.

c.) FSRU „EXCELSIOR (nachrichtlich)

Die FSRU „EXCELSIOR“, IMO Nr. 9239616, ist zugelassen als Gastankerschiff mit 4 Lagertanks für bis zu insgesamt 138.058 m³ LNG (bei 100% Füllung), einschließlich der Wärmeerzeugung (Großfeuerungsanlage) und der Anlage zur Wiederverdampfung von LNG (Regasifizierung) sowie der schiffseitigen Nebenanlagen. Die FSRU ist durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz für die Dauer von 5 Jahren gechartert und wird der TdV bereitgestellt. *Der Betrieb der FSRU wird im parallelen immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren beantragt.*

d.) Transfersystem (nachrichtlich)

Das Transfersystem für das wiederverdampfte Erdgas zwischen der FSRU und der landseitigen Erdgasleitung einschließlich der erforderlichen Nebenanlagen. Die Verbindungsleitungen (TCP) als wesentlicher Bestandteil des Transfersystems werden zum überwiegenden Teil im Meeresboden verlegt. *Die Errichtung und der Betrieb des Transfersystems einschließlich der Nebenanlagen werden im parallelen immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren beantragt.*

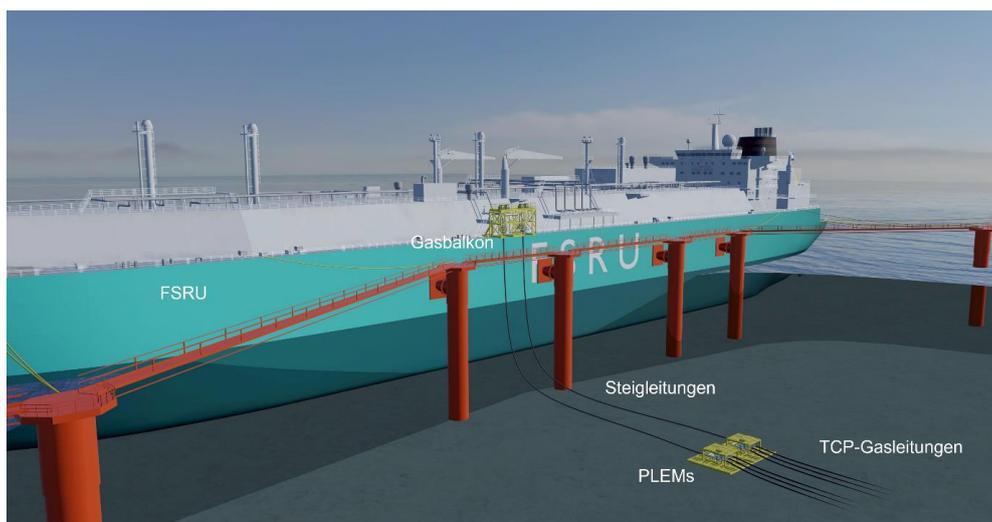


Abbildung 1: Illustration der Hauptkomponenten des wasserseitigen Transfersystems (Anleger nur schematisch dargestellt ohne Details)

e.) Einspeisung in Erdgasleitung (nachrichtlich)

Die wasser- und landseitige Infrastruktur für das Einspeisen in die vorhandene Erdgasleitung WAL II. Hierzu gehören die landseitigen Rohrleitungen, Mess- und Regelungstechnik, Brand- und Ex-Schutz-Einrichtungen sowie sonstige technische Anlagen. Die Errichtung und der Betrieb dieser Infrastruktur wird im parallelen immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren beantragt.

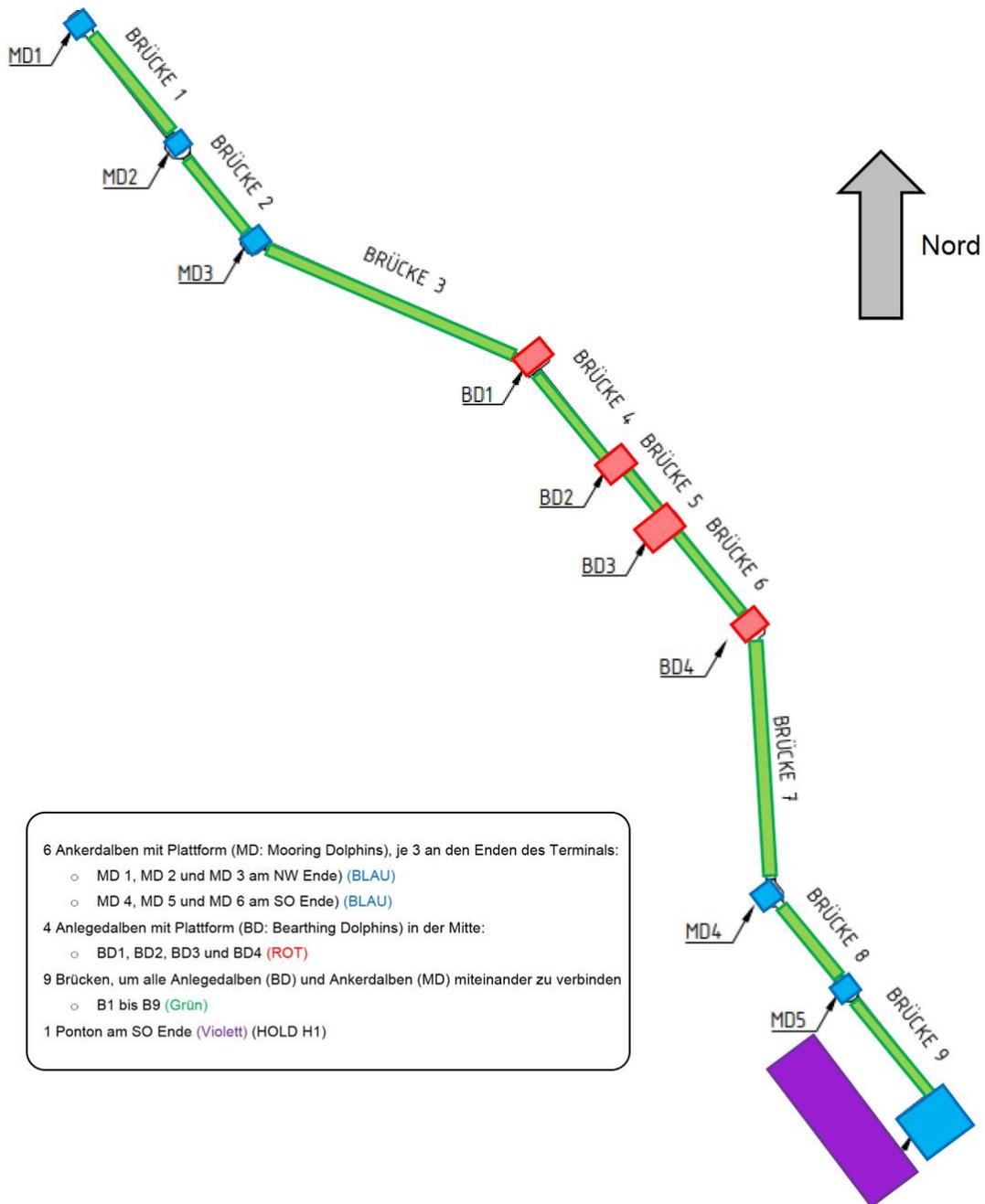


Abbildung 2: Groblayout Anleger (Draufsicht)

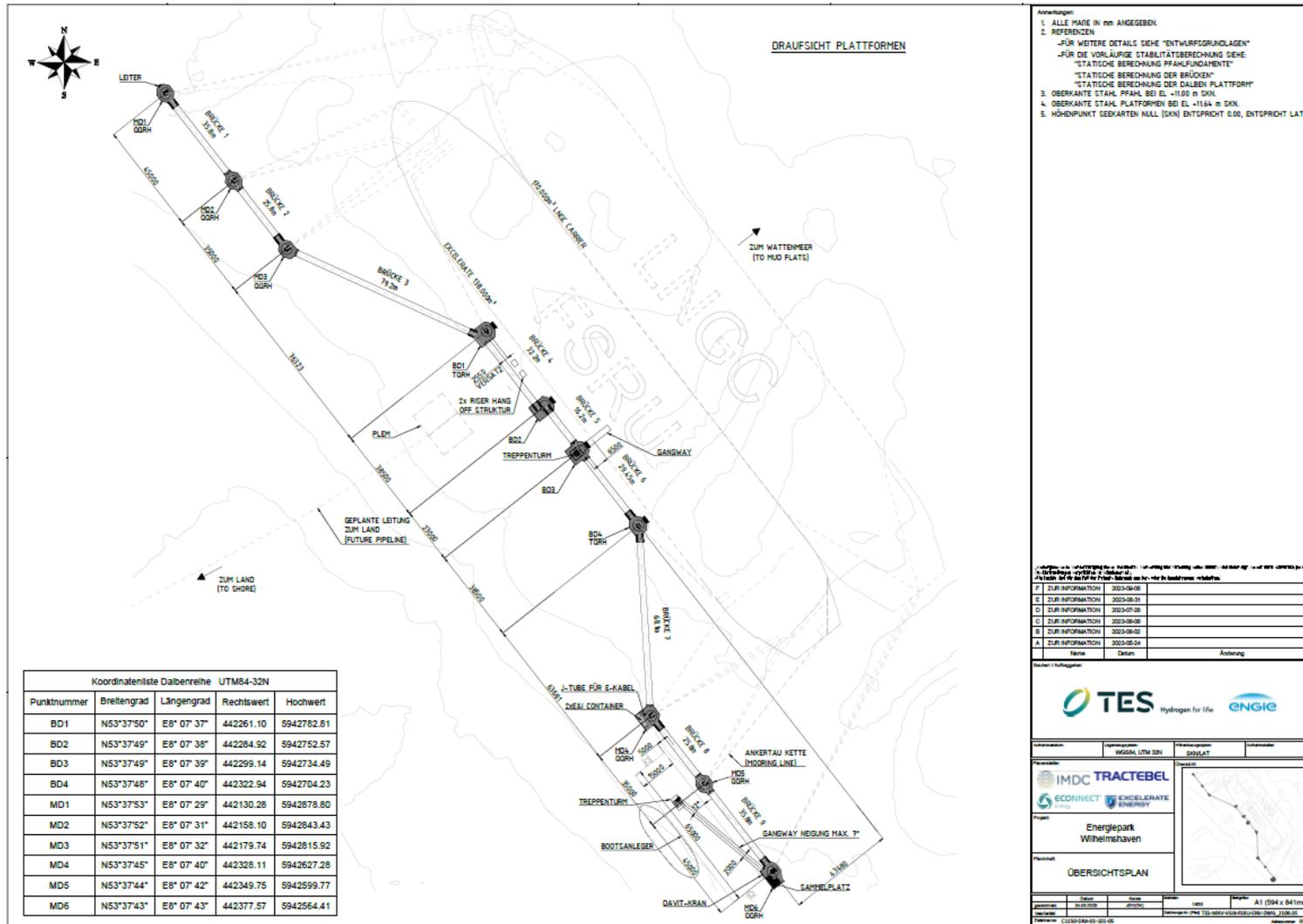


Abbildung 3: Übersichtsplan Anleger (Draufsicht)

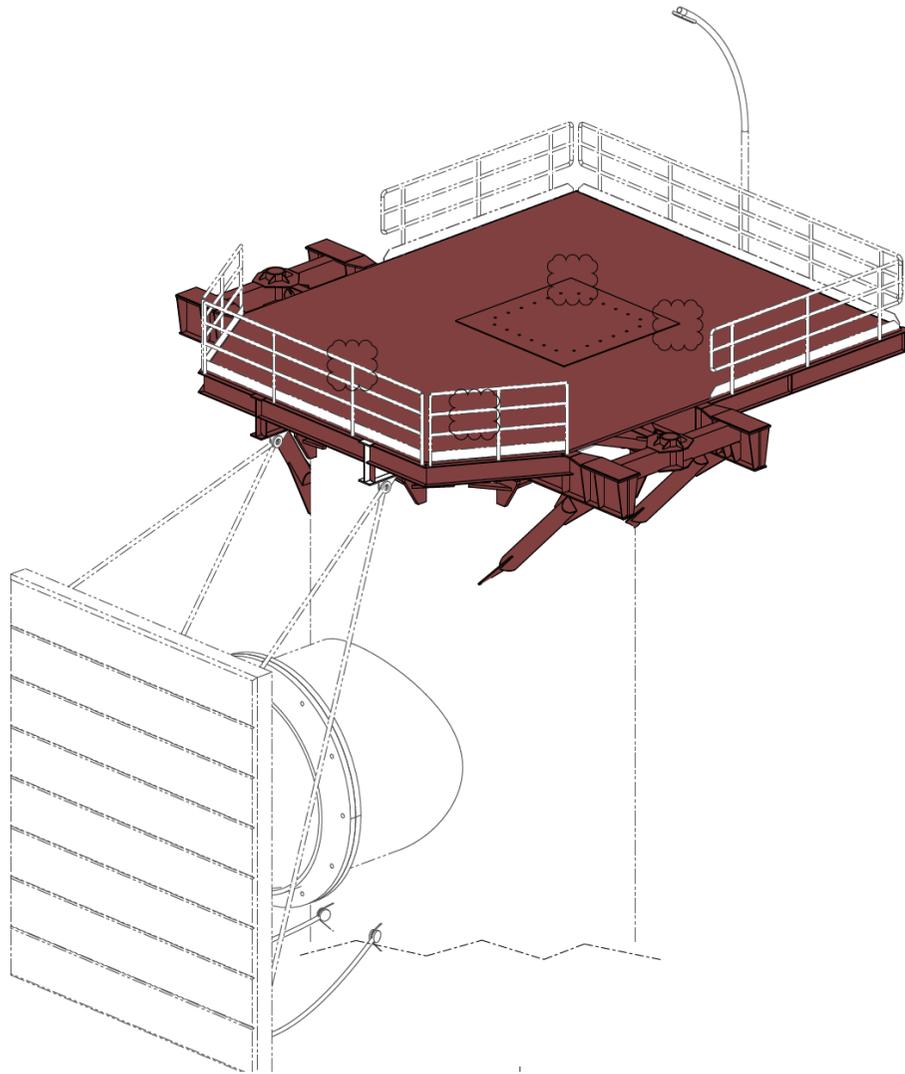


Abbildung 5: Plattform BD3

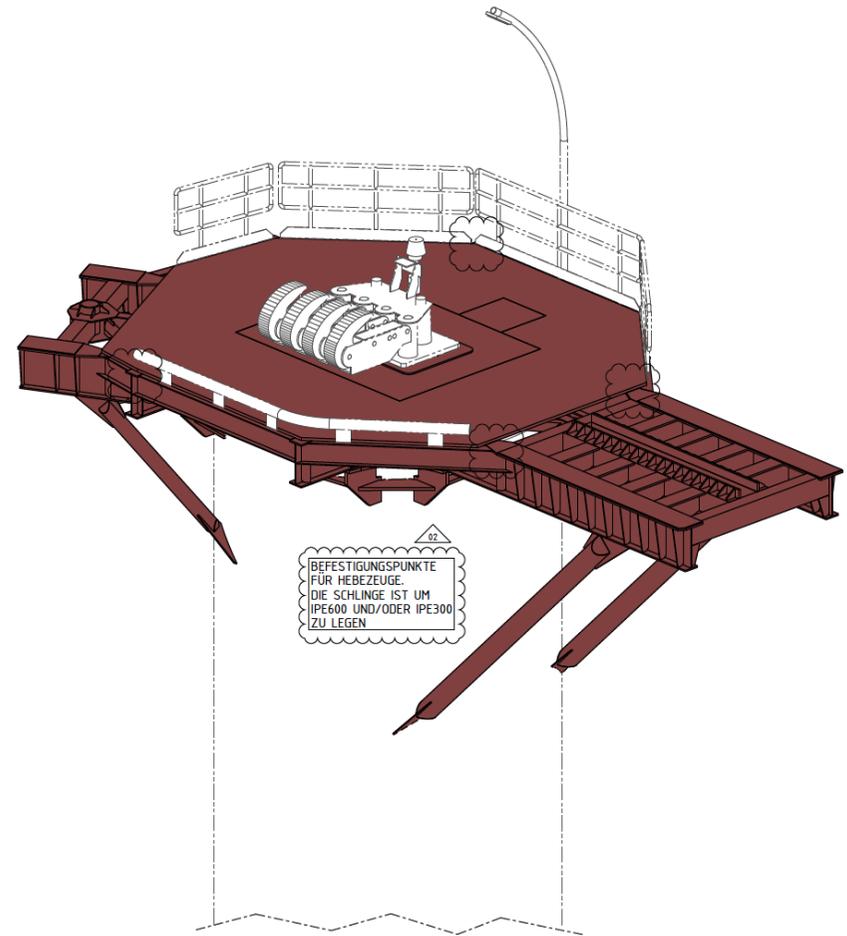


Abbildung 4: Plattform MD3

4.1.6.2 Daten FSRU

Tabelle 1: Datentabelle FSRU EXCELSIOR

Schiffsname	EXCELSIOR
LR/IMO Number	9239616
Flagge	Belgien
Registriert in	Antwerpen
Typ	Gastankschiff mit Regasifizierungseinheit FSRU, Typ 2G gemäß IGC-Code
Hülle	Doppelhülle
Anzahl Lagertanks	4
Bauart Lagertanks	Membrantank
Länge über alles (LOA)	277 m
Längen zwischen den Loten (LBP)	266 m
Maximale Breite	43,45 m
Tiefgang (Design Draft)	11,50 m
Maximal zulässiger Tiefgang (Scantling Draft)	12,60
Parallele Bordwand bei Leergewicht (SDWT)	143,65 m
Hersteller	DSME
Baujahr (Auslieferungsdatum)	2005
Antrieb Hauptmaschine	Dampfturbine
Dampferzeugung	Gasbrenner 2 x 52 MW Feuerungsleistung
Netto Register Tonnen	28115 Tonnen
Bruttoraumzahl	93719 Tonnen
Klassifizierungsgesellschaft	Bureau Veritas
Klassen	I+HULL+MACH, Liquefied gas, carrier/LNGRV, Unrestricted navigation, +AUT-UMS, +VeriStar-Hull 40 years, +SYS-NEQ-1, MONSHAFT, STL-SPM, INWATERSURVEY
Besondere Vorschriften	IGC-Code IGF- Code

4.1.6.3 Leistung der Anlage

Die Anzahl der LNG-Tankschiffe, welche an der Anlage gelöscht werden, beträgt im Mittel ca. 75 Schiffe pro Jahr. Die Gesamtanlage ist für eine Einspeiseleistung in das Erdgasnetz von ca. 5 Mrd. Nm³ pro Jahr ausgelegt. Die technisch maximal mögliche Leistung pro Tag beträgt 690 MMSCFD (Million Standard Cubic Feet per Day). Dies entspricht ca. 18,5 Mio. Nm³ pro Tag.

4.1.6.4 Maximale Abmessungen der LNG-Tanker

Der Anleger ist ausgelegt für folgende maximal zulässige Abmessungen der LNG-Tankschiffe:

Länge über alles:	300 m
Breite:	55 m
Tiefgang:	12 m (design draft)

4.2 Rechtliche Grundlagen und Zuordnung der Verfahren

4.2.1 Wasserrechtliches Planfeststellungsverfahren

Bei der Errichtung des Anlegers für die FSRU und die LNG-Tankschiffe, der Liegewanne und des Zufahrtbereichs handelt es sich um eine wesentliche Umgestaltung eines Gewässers und damit um einen Gewässerausbau im Sinne des § 67 Abs. 2 WHG, da der ca. 72,2 ha umfassende Zufahrtbereich zwischen der bestehenden Fahrrinne und dem Anleger auf einer Fläche von ca. 38 ha sowie die Liegewanne am Anleger auf einer Fläche von ca. 4,8 ha dauerhaft vertieft werden. Die wasserbaulichen Maßnahmen zum teilweisen Eingraben der Leitungen des Transfersystems werden in Abstimmung mit dem NLWKN dem immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren zugeordnet und sind daher nicht Bestandteil dieses Vorhabens.

Gemäß §§ 68 Abs. 1, 70 Abs. 1 WHG; 72 ff. VwVfG bedarf der Gewässerausbau der wasserrechtlichen Planfeststellung. Der Gewässerausbau schließt die Errichtung des Anlegers ein (§ 57 Abs. 1 Satz 2 in Verbindung mit § 83 NWG).

Zuständige Behörde für die Durchführung des Planfeststellungsverfahrens ist gemäß § 129 Abs. 1 Satz 2 Nr. 1 NWG i. V. m. § 1 Nr. 7 a) der Verordnung über Zuständigkeiten auf dem Gebiet des Wasserrechts (ZustVO-Wasser) der NLWKN.

Die Planfeststellung hat nach den §§ 75 Abs. 1 Satz 1 2. Hs. VwVfG, 70 Abs. 1 Satz 1 2. Hs. WHG eine sog. Konzentrationswirkung. Durch die Planfeststellung wird die Zulässigkeit des Vorhabens einschließlich der notwendigen Folgemaßnahmen an anderen Anlagen im Hinblick auf alle von ihm berührten öffentlichen Belange festgestellt. Neben der Planfeststellung sind andere behördliche Entscheidungen, insbesondere öffentlich-rechtliche Genehmigungen, Verleihungen, Erlaubnisse, Bewilligungen, Zustimmungen und Planfeststellungen grundsätzlich nicht erforderlich. Durch die Planfeststellung werden alle öffentlich-rechtlichen Beziehungen zwischen dem Träger des Vorhabens und den durch den Plan Betroffenen rechtsgestaltend geregelt.

Die Konzentrationswirkung des beantragten Planfeststellungsbeschlusses und – soweit beantragt – der Zulassung des vorzeitigen Baubeginns umfasst insbesondere die folgenden Entscheidungen:

- Befreiung nach § 67 BNatSchG vom Verbot der erheblichen Beeinträchtigung von nach § 30 BNatSchG geschützten Biotopen
- Zulassung der mit der Errichtung und dem Betrieb des Vorhabens verbundenen Eingriffe in Natur und Landschaft nach §§ 13 ff. BNatSchG, §§ 5 ff. NAGBNatSchG
- strom- und schiffahrtspolizeiliche Genehmigung nach § 31 Abs. 1 Nr. 1 und 2 WaStrG

Weiterhin ist die Erteilung wasserrechtlicher Erlaubnisse nach § 8 Abs. 1 in Verbindung mit § 9 Abs. 1 WHG für folgende Maßnahmen im Rahmen der Errichtung des Vorhabens beantragt:

- die einmalige Unterbringung des Initialbaggergutes von bis zu 1,2 Mio. m³ (Laderaumaufmaß) auf der Klappstelle 01.
- die Unterbringung von Baggergut aus der anlaufenden Unterhaltung der Anlage nach Inbetriebnahme für 2 Jahre. Die geschätzte Menge beträgt ca. 50.000 m³ pro Jahr bzw. 100.000 m³ innerhalb der ersten 2 Jahre, angegeben als Laderaummaß.

Die Planfeststellungsbehörde entscheidet nach § 19 Abs. 1 WHG auch über die Erteilung der wasserrechtlichen Erlaubnis.

Für das Vorhaben entfällt die Pflicht zur UVP nach Maßgabe des § 4 Abs. 1 LNGG. Die beschleunigte Zulassung des Anlegers für die FSRU ist dafür geeignet, einen relevanten Beitrag zu leisten, um eine Krise der Gasversorgung zu bewältigen oder abzuwenden. Nach Maßgabe des § 4 Abs. 2 LNGG entfallen somit auch die entsprechenden, in fachrechtlichen Vorschriften geregelten Pflichten der Antragsteller und Aufgaben der Behörden in Bezug auf die UVP.

4.2.2 Parallele Zulassungsverfahren

Neben der wasserrechtlichen Planfeststellung für den Gewässer Ausbau sind für das Gesamtvorhaben weitere Zulassungen erforderlich und dementsprechend unterschiedliche Behörden zuständig.

4.2.2.1 Betrieb der FSRU und der Nebenanlagen, insbesondere des Transfersystems (nachrichtlich)

Der Betrieb der FSRU einschließlich der Errichtung der Nebenanlagen (insbesondere des Transfersystems zwischen FSRU und dem Übergabepunkt zu der landseitigen Erdgasleistung) bedarf einer immissionsschutzrechtlichen Genehmigung nach § 4 i.V.m. § 10 BImSchG gem. Nr. 1.1 G E und Nr. 9.3.1 G des Anhang 1 der 4. BImSchV. Das Vorhaben unterliegt der RL 2010/75/EU (Industrieemissionsrichtlinie, IED-Anlage).

Zulassungsbehörde ist das Gewerbeaufsichtsamt Oldenburg (GAA OL).

Für die Deichquerung wird im immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren eine deichrechtliche Ausnahmegenehmigung beantragt.

4.2.2.2 Wasserentnahme und Einleitung beim Betrieb der FSRU (nachrichtlich)

Für den Betrieb der FSRU ist eine separate Erlaubnis zur Einleitung von Ab- und Prozesswässern aus der FSRU in den Jadebusen gemäß §§ 8, 9 Abs. 1 Nr. 4, 10, 12 und 57 WHG i.V. mit § 2 IZÜV erforderlich.

Zulassungsbehörde ist der NLWKN, Braunschweig.

Eine Erlaubnis für die Entnahme ist nicht erforderlich, da das Wasser nicht aus einem oberirdischen Gewässer, sondern aus einem Küstengewässer (Jadebusen) entnommen werden soll, vgl. § 9 Abs. 1 Nr. 1 WHG.

Die Umweltauswirkungen zur Entnahme werden im Rahmen des immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahrens beschrieben und geprüft.

4.2.3 Sonstige zu berücksichtigende Zulassungen und Zertifizierungen

- Die FSRU „EXCELSIOR“, IMO Nr. 9239616, unterliegt dem internationalen Seerecht und somit den besonderen Regelungen nach IMO und SOLAS. Das Schiff wird von der Schiffsklassifizierungsgesellschaft Bureau Veritas regelmäßig überprüft. Die nächste reguläre Überprüfung erfolgt derzeit.
- Am 23.6.2023 hat das Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen (LBEG) die Planfeststellung nach § 43 EnWG für die Wilhelmshaven Anbindungsleitung (WAL II) der Open Grid Europe GmbH (OGE) zur Anbindung an das Fernleitungsnetz erteilt.
- Für den südlich gelegenen Schiffsanleger H2/3 der HES einschließlich der Liegewanne und des Zufahrtbereiches liegt ein wasserrechtlicher Planfeststellungsbeschluss der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Aurich, Az. W3A/W6-21-6929/75-3a vom 30. Dezember 1975, ausgestellt auf die Mobil Oil A.G. als damaligem Betreiber, vor.
- Für die Änderung des Zufahrtbereiches zu dem Schiffsanleger H2/3 liegt ein wasserrechtlicher Planänderungsbeschluss der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Aurich, Az A4/A5/T1/T2/T3/T5 – 4047/79 – A40-1 vom 4. Dezember 1979, ausgestellt auf die Mobil Oil A.G. als damaligem Betreiber, vor.

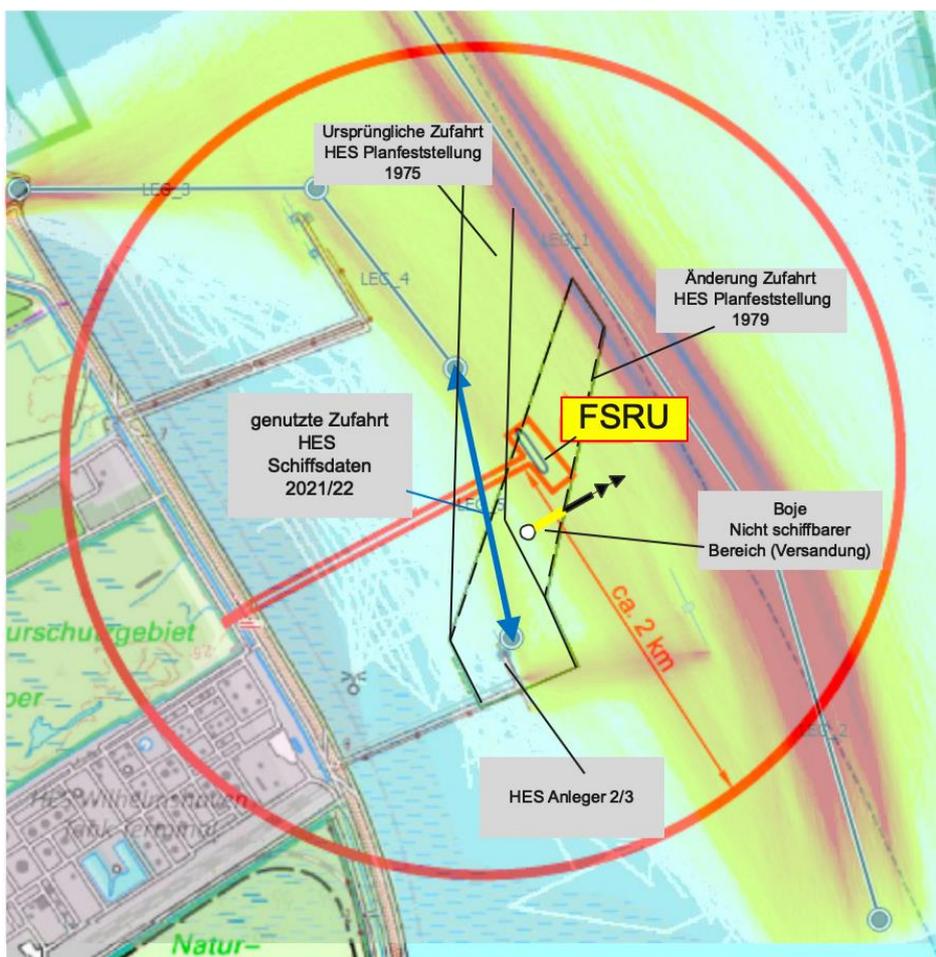


Abbildung 8: Zufahrt zum HES 2/3 Anleger

Die zum Anleger HES 2/3 planfestgestellte Zufahrt aus dem Jahre 1975 verläuft nördlich zur geplanten Position des neuen Anlegers. Die Zufahrt konnte wegen Versandungen kurz nach Inbetriebnahme nicht mehr genutzt werden und wurde daher im Planfeststellungsbeschluss 1979 auf Wunsch des damaligen Betreibers Mobile Oil A.G. Richtung Süden verlegt. Die Strömungsverhältnisse haben sich in den letzten Jahren insbesondere nach dem Bau des Jade-Weser Ports ab 2008 nochmals geändert. Wie aus der Auswertung der Schiffsdaten der Jahre 2021 und 2022

ersichtlich ist, wird die Zufahrt aus 1979 nicht mehr genutzt vgl. hierzu Schiffsbewegungen im Vorhabengebiet (Bestand). Stattdessen verläuft der Schiffsverkehr zum HES 2/3 Anleger wieder nördlich zur geplanten Position des neuen Anlegers. Durch Planvorhaben und den Neubau des Anlegers muss diese bereits genutzte Zufahrt geringfügig Richtung Westen verschoben werden, um die notwendigen Sicherheitsabstände einzuhalten. Die Verlegung ist ohne bauliche Maßnahmen möglich, es ist ausreichend Tiefgang für die Schiffe zum HES 2/3 Anleger vorhanden. Die Verschiebung wurde im Rahmen der Echtzeitsimulationen durch NAUTITEC untersucht. Durch den Neubau des Anlegers gibt es keine Einschränkung in der Zufahrt zum HES 2/3 Anlegers vgl. hierzu 4.13.4.2 Studie im Februar 2023.

4.2.4 Zulassung des vorzeitigen Beginns (nachrichtlich)

Mit Bescheid (Az.: D 6 - 62025-691-002) vom 24.8.2023 hat der NLWKN gemäß § 69 Abs. 2 i. V. m. § 17 Abs. 1 WHG den vorzeitigen Beginn für die folgenden Teilmaßnahmen unter Beifügung von Nebenbestimmungen zugelassen:

- das Baggern der Liegewanne,
- das Baggern von Teilen des Wendebeckens und Zufahrtbereichs (Phase 1),
- die Verbringung des beim Ausbau anfallenden Baggergutes zur Klappstelle 01 in der Nordsee,
- das Einbringen des Kolksschutzes.

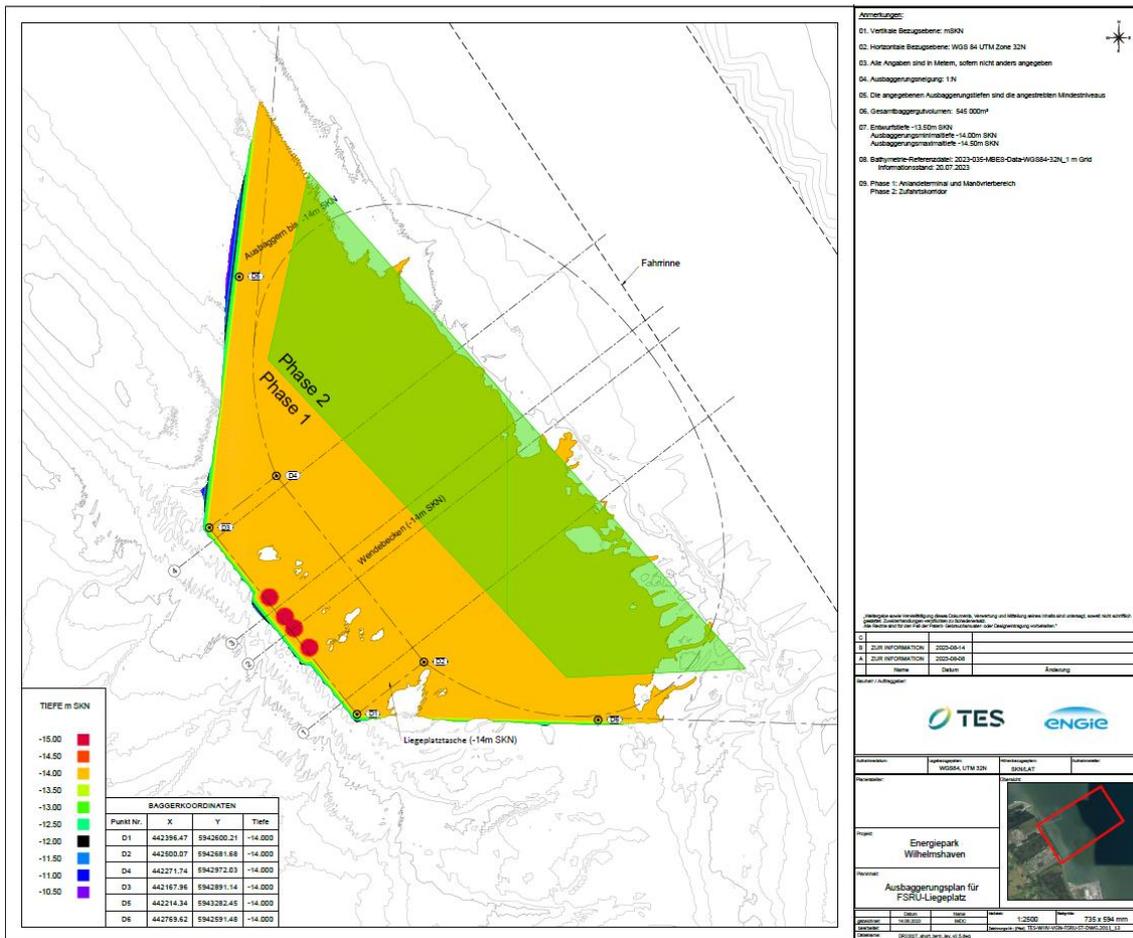


Abbildung 9: Ausbaggerungsplan für vorzeitigen Beginn 1

Vorzeitigen Beginn 2

Die TdV hat mit Schreiben vom 14.09.2023 die Zulassung des vorzeitigen Beginns für weitere Teilmaßnahmen zur Errichtung des Schiffsanlegers beantragt. Das Schreiben ist in Kapitel „02 Antragsschreiben“ als Anlage „02.03_Antrag_Vorzeitiger Beginn 2_14092023“ den Antragsunterlagen beigelegt.

4.3 Vorhabenbegründung

Für das vorliegende Vorhaben besteht eine (gesetzliche) Planrechtfertigung:

Im Jahr 2021 wurden ca. 55 % des deutschen Erdgasbedarfs durch den Import von russischem Erdgas gedeckt. Mit dem Angriffskrieg der Russischen Föderation auf die Ukraine hat die Bundesregierung die energiepolitische Entscheidung für eine schnellstmögliche Unabhängigkeit von russischen Öl- und Gasimporten getroffen. Vor dem Hintergrund der zwischenzeitlich eingetretenen Kürzungen der Gaslieferungen aus Russland und des weiterhin hohen Preisniveaus am Gasmarkt hat die Bundesregierung am 23. Juni 2022 die Alarmstufe nach dem Notfallplan Gas der Bundesrepublik Deutschland ausgerufen. Damit wurde nach dem Notfallplan eine Situation festgestellt, wonach eine „Störung der Gasversorgung“ oder eine außergewöhnlich hohe Nachfrage nach Erdgas vorliegt, „die zu einer erheblichen Verschlechterung der Gasversorgungslage führt“. Die Gasversorgung hat sich seitdem weiter verschlechtert, da die russischen Gaslieferungen über die Nord Stream 1-Leitung zwischenzeitlich von dem bereits niedrigen Niveau von 40 % auf null reduziert wurden.

Neben der Befüllung der Gasspeicher ist eine kurzfristige Diversifizierung der deutschen und europäischen Energie- und insbesondere der Erdgasversorgung notwendig. Dabei ist die Sicherung der Einbindung von verflüssigtem Erdgas in das Fernleitungsnetz von überragender Bedeutung. Der Gesetzgeber hat dafür mit dem Gesetz zur Beschleunigung des Einsatzes von verflüssigtem Erdgas (LNG-Beschleunigungsgesetz – LNGG) vom 24. Mai 2022 die rechtlichen Rahmenbedingungen für eine beschleunigte Zulassung von LNG-Projekten geschaffen. Ziel des Gesetzes ist die Sicherung der nationalen Energieversorgung durch eine beschleunigte Einbindung von verflüssigtem Erdgas in das Fernleitungsnetz (§ 1 LNGG). Gemäß § 3 LNGG sind die Vorhaben nach § 2 Absatz 2 LNGG für die sichere Gasversorgung Deutschlands besonders dringlich. Für diese Vorhaben werden die energiewirtschaftliche Notwendigkeit und der Bedarf zur Gewährleistung der Versorgung der Allgemeinheit mit Gas festgestellt. Die schnellstmögliche Durchführung dieser Vorhaben dient dem zentralen Interesse an einer sicheren und diversifizierten Gasversorgung in Deutschland und ist aus Gründen eines überragenden öffentlichen Interesses und im Interesse der öffentlichen Sicherheit erforderlich. Das LNGG schafft damit für die von ihm erfassten Vorhaben eine gesetzliche Planrechtfertigung (BT-Drs. 20/1742, S. 17).

Das LNG-Projekt Wilhelmshaven dient der Einbindung von Erdgas in das Fernleitungsnetz. Die FSRU, der Neubau des Anlegers, sowie die mit dem Projekt verbundenen Gewässerbenutzungen zählen gemäß § 3 i.V.m. § 2 Abs. 2 Nr. 1, 4, 5 LNGG und Nr. 2.3 der Anlage zum LNGG zu den vom LNGG erfassten Projekten. Damit besteht für den Neubau des Anlegers eine gesetzliche Planrechtfertigung.

Aber auch losgelöst von der gesetzlichen Bedarfsfeststellung ist nach den vorherigen Ausführungen zur Gasversorgungslage in der Bundesrepublik Deutschland die Notwendigkeit für das Gesamtprojekt und seine Teilvorhaben gegeben. Es ist aus Gründen des Allgemeinwohls objektiv erforderlich.

Die Energieversorgung ist eine Leistung, deren der Bürger zur Sicherung einer menschenwürdigen Existenz unumgänglich bedarf (BVerfG, Beschl. v. 20.3.1984, 1 BvL 28/82, Juris Rn. 37) und die für die räumliche Entwicklung und das wirtschaftliche Wachstum eines Landes und seiner Teilräume von wesentlicher Bedeutung ist. Aufgrund der Einschränkungen und des vollständigen Wegfalls russischer Gaslieferungen ist die Energieversorgung der Bundesrepublik Deutschland mit Gas gegenwärtig nicht mehr ausreichend gesichert (siehe dazu oben). Der Betrieb der FSRU in Wilhelmshaven ist erforderlich, um die nationale Energieversorgung durch die zügige Einbindung verflüssigten Erdgases in das bestehende Fernleitungsnetz zu sichern (§ 1 Abs. 1, § 3 LNGG). Die Errichtung des Anlegers ist erforderlich, um den Betrieb der FSRU in Wilhelmshaven infrastrukturseitig zu ermöglichen und somit einen Beitrag zur Sicherstellung der Gasversorgung der Bundesrepublik Deutschland zu leisten.

Dabei ist die energiepolitische Grundentscheidung der Bundesregierung für LNG als Energieträger zugrunde zu legen. Es ist zuallererst eine energiepolitische Entscheidung des Bundes und der Länder, unter welchen ökonomischen Bedingungen, mit welchen Energieträgern und in welcher Kombination der verfügbaren Energieträger sie eine zuverlässige Energieversorgung sicherstellen wollen (BVerfG, UrT. v. 17.12.2013, 1 BvR 3139/08, Juris Rn. 287).

Das LNG-FSRU-Projekt Wilhelmshaven ist Bestandteil des energiewirtschaftlichen Gesamtkonzeptes des Bundes für den Ersatz russischer Gasimporte. Das BMWK – Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz – ist im September 2022 an die Tree Energy Solutions GmbH (TES) herangetreten und hat die gemeinsame Realisierung der fünften Bundes-FSRU angefragt. Die FSRU „Excelsior“ wurde im Februar 2023 vom BMWK für bis zu 60 Monate gechartert. Das schwimmende LNG-Importterminal (LNG = Liquefied Natural Gas = Flüssigerdgas oder verflüssigtes Erdgas) wird am Standort Voslapper Groden-Nord (VGN) in Wilhelmshaven errichtet. Die FSRU Wilhelmshaven GmbH übernimmt die für den Betrieb der FSRU erforderliche Errichtung und den Betrieb der hier antragsgegenständlichen Hafeninfrastruktur, der Gasleitungsanbindung an die Landseite, inkl. die Rohrleitungen zur Überquerung des Deichs, bis zur Übergabestation an das Fernleitungsnetz der Open Grid Europe GmbH (OGE).

Nach der Vorstellung der Bundesregierung soll nach Abschluss des Baus der Wilhelmshaven Anbindungsleitung 2 (WAL II) durch OGE, der Errichtung der Hafen- und Anlegestruktur für die Schiffe und dem Bau der Gasleitungen zwischen der FSRU und der Landseite das Terminal bis Ende 2023 die Regasifizierung und Einspeisung in das deutsche Fernleitungsnetz in einem Umfang von über 5 Mrd. Nm³ (Nm³ = Norm-Kubikmeter) Erdgas pro Jahr starten und so seinen Beitrag zur Sicherung der Energieversorgung im Winter 2023/2024 leisten. Dies entspricht etwa fünf Prozent des Jahresverbrauchs an Erdgas in Deutschland.

4.4 Standort des Vorhabens

Die landseitigen Anlagenteile befinden sich im Bereich Voslapper Groden-Nord, im Stadtgebiet der Stadt Wilhelmshaven, Gemarkung Sengwarden. Die neue Schiffsanlegestelle liegt an der Westseite der Jade, Gemarkung Nordsee, Jade, Flurstück 1/11 (Liegeplatz).

Parallel zum Vorhabengebiet verläuft in Nord-Süd-Ausrichtung das insgesamt 600 m breite Fahrwasser für den Durchgangsverkehr. In der Mitte des Fahrwassers ist eine 300 m breite Fahrrinne ausgebildet. Wilhelmshaven ist der einzige deutsche Hafen, welcher besonders tiefgängige Seeschiffe tideunabhängig abfertigen kann. Die Solltiefe der Hauptfahrrinne beträgt -17,6 mSKN.

Der Bereich des Schiffsanlegers und der Liegewanne ist als Bundeswasserstraße ausgewiesen. Der Bereich für die Verbindungsleitungen des Transfersystems zu den landseitigen Anlagenteilen liegt sowohl im Bereich der Bundeswasserstraße als auch im Watt- und Deichbereich. Der landseitige Anlagenteil endet vor dem zukünftigen Bereich für das Energieprojekt („Green Energy Hub Wilhelmshaven“), welcher derzeit noch als Naturschutzgebiet ausgewiesen ist. Für die Erschließung des Energieparks und Umwidmung läuft derzeit ein Verfahren zur Änderung des Flächennutzungsplans der Stadt Wilhelmshaven und zur parallelen Aufstellung eines Bebauungsplans (B225). Im Landesraumordnungsplan LROP (Stand 2017) ist die Fläche des Voslapper Groden als Vorranggebiet für hafensorientierte wirtschaftliche Anlagen festgelegt.

Die nachfolgenden Karten und Schaubilder sind in Kapitel „05 Planunterlagen“ zu den Antragsunterlagen in höherer Auflösung als Einzeldokument beigefügt.



Abbildung 10: Topografische Karte mit Lage des Vorhabens

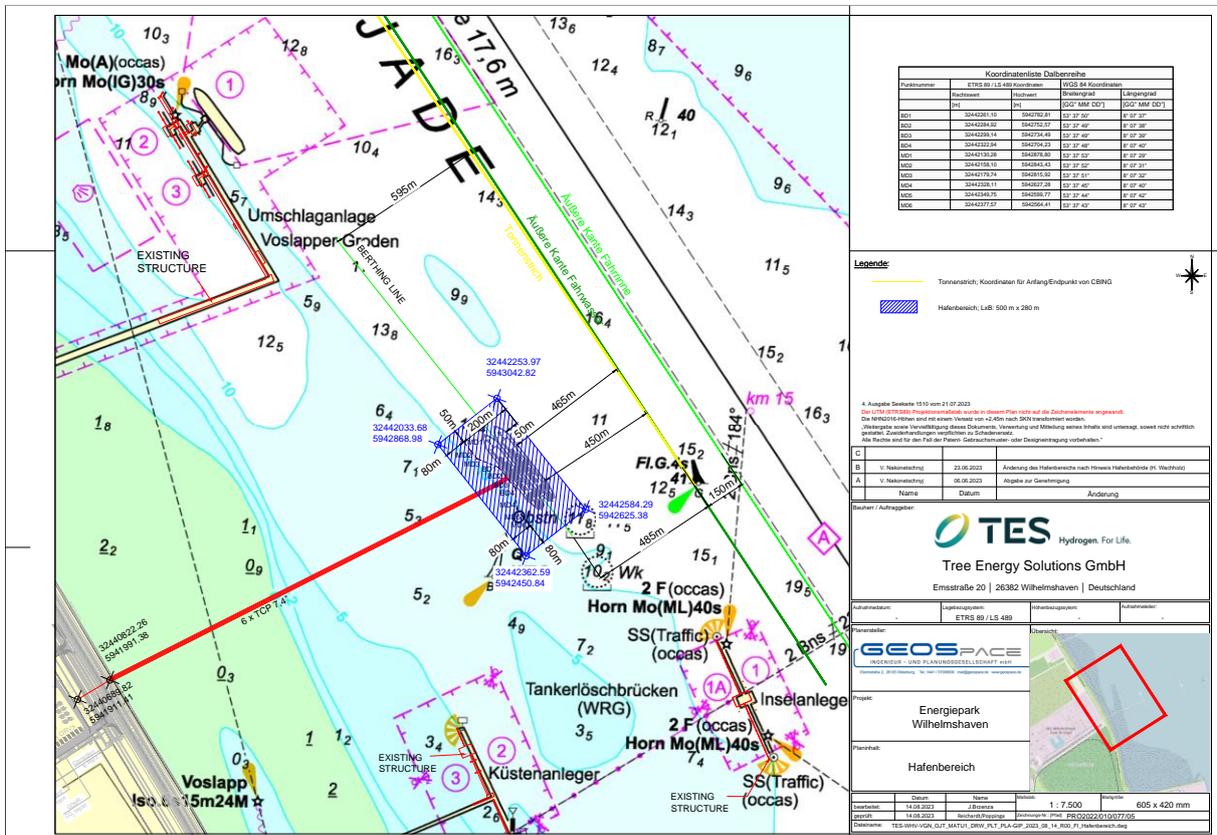


Abbildung 11: Seekarte mit Lage des Vorhabens und Hafenbereich

4.4.1.1 Koordinaten des Vorhabens

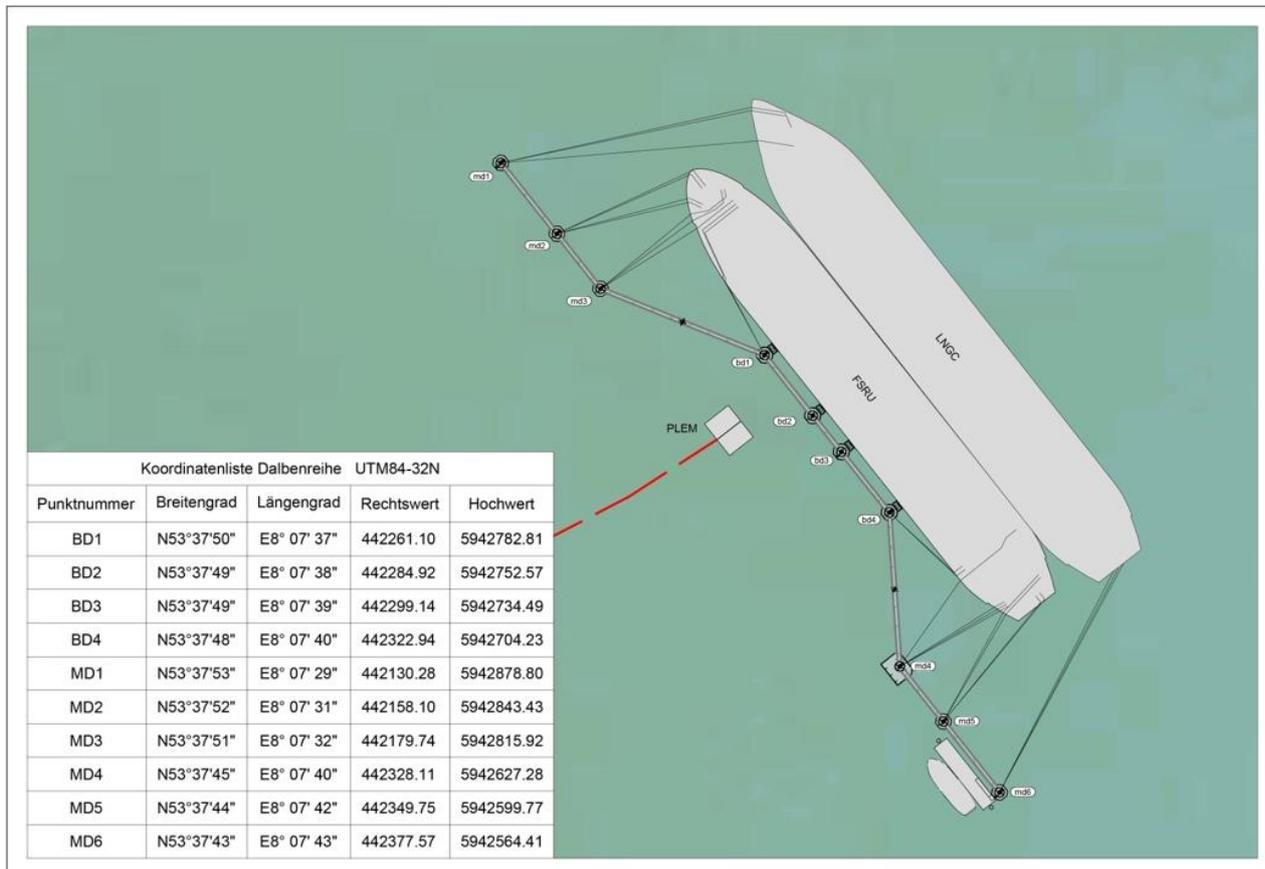


Abbildung 12: Koordinaten des Anlegers

4.4.1.2 Angrenzende Anlagen, wasserseitig

HES Wilhelmshaven Tank Terminal GmbH

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

HES Anleger H2/3 südwestlich zum neuen Schiffsanleger

Südwestlich des neuen Schiffsanlegers betreibt die HES Wilhelmshaven Tank Terminal GmbH im Abstand von ca. 1.000 m den Schiffsanleger H2/3 einschließlich einer Verbindungsbrücke zu ihren landseitigen Anlagen. Der Schiffsanleger H2/3 ist nicht für tiefwassergängige Schiffe geeignet. Die gepeilte Tiefe zu SKN beträgt im Zufahrtbereich und am Anleger ca. 7,60 – 8,60 m [Peilung 2.11.2022]. Teile des geplanten FSRU-Vorhabens liegen im ausgewiesenen Zufahrtbereich dieses Schiffsanlegers.

HES Inselanleger H1 und H1A südöstlich zum neuen Schiffsanleger

Südöstlich des neuen Schiffsanlegers befinden sich in ca. 1.000 m Entfernung die als Inselanleger ausgeführten Schiffsanleger 1 und 1A. Hier werden größere Tankschiffe mit entsprechendem Tiefgang geladen und gelöscht.

UVG

Nördlich des neuen Schiffsanlegers befindet sich der Schiffsanleger Voslapper Groden mit Zugangsbrücke. Der Anleger steht im Eigentum der Niedersachsen Ports GmbH & Co KG. Der Anleger wird von der Vynova Wilhelmshaven GmbH betrieben und wurde im Jahr 2022 erweitert. Seit Dezember 2022 ist die LNG FSRU „Hoegh Esperanza“ als stationäre schwimmende Anlage zur Einfuhr, Entladung, Lagerung und Wiederverdampfung verflüssigten Erdgases (LNG) der Uniper Global Commodities SE in Betrieb. Der Abstand zum neuen Schiffsanleger beträgt ca. 1.300 m.

4.4.1.3 Angrenzende Anlagen, landseitig (nachrichtlich)

Die landseitigen Anlagenteile (im Wesentlichen Infrastruktur zum Betrieb und zur Überwachung der Verbindungsleitungen) sind nicht Bestandteil des wasserrechtlichen Planfeststellungsverfahrens. Sie werden im parallelen immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren behandelt.

Südlich der landseitigen Anlagen befindet sich der landseitige Bereich des Tank-Terminals der HES Tank Terminal Wilhelmshaven GmbH.

Nördlich zu den landseitigen Anlagenteilen liegt in ca. 1.920 m Entfernung das Betriebsgelände der Vynova Wilhelmshaven GmbH, eine Chemiefabrik, die unter anderem Polyvinylchlorid herstellt.

4.4.2 Eigentumsverhältnisse

Für die für das Vorhabens benötigten Flächen liegen der TdV folgende Informationen zu den Eigentumsverhältnissen vor:

Tabelle 2: Eigentumsverhältnisse

Betroffene Maßnahme	Bezeichnung	Eigentümer	Zuständigkeit
Schiffsanleger	Bundeswasserstraße Jade	Bundesrepublik Deutschland	WSA-Jade-Weser
Liegewanne	Bundeswasserstraße Jade	Bundesrepublik Deutschland	WSA-Jade-Weser
Zufahrtsbereich und Wendebecken	Bundeswasserstraße Jade	Bundesrepublik Deutschland	WSA-Jade-Weser

4.4.3 Betroffene Biotope, wasserseitig

Durch das Vorhaben ist im Gewässerbereich der Bundeswasserstraße, welches nach § 30 Abs. 2 Nr. 6 BNatSchG als „Meeresarme der äußeren Flussmündungen – Artenreiche Kies-, Grobsand- und Schillgründe“ (KMFFK*) beschrieben ist, das gesetzlich geschützte Biotop direkt betroffen.

Insbesondere durch Vorgaben zum Mindestabstand des Schiffsanlegers zum vorhandenen Fahrwasser und der Hauptfahrrinne musste die ursprünglich geplante Position des Schiffsanlegers um ca. 150 m* Richtung Land verschoben werden. Hierdurch kommt es zu einer erheblichen, direkten Beeinträchtigung des als KMFFK* klassifizierten Biotops. Nähere Informationen hierzu finden sich im Kapitel „28 Antrag geschützte Biotope § 67 BNatSchG“ zu den Antragsunterlagen.

* Bezogen auf die Richtung Fahrrinne liegende Außenkante des LNG Tankschiffes beim Entladen

„Nachrichtlich“

- Das Biotop im Küstenwattbereich ist klassifiziert als „Küstenwatt ohne Vegetation höherer Pflanzen“ (KWK).

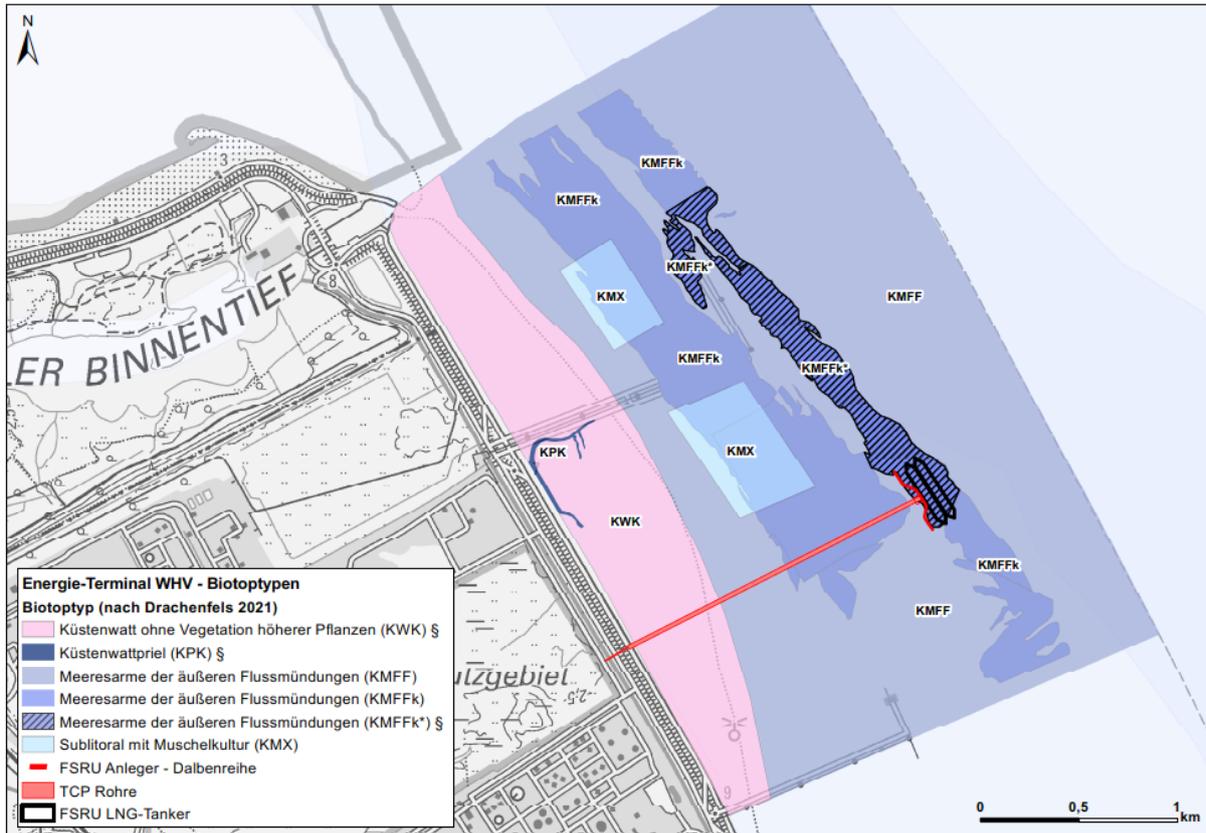


Abbildung 13: Betroffene Biotope wasserseitig (wPFV und BImSchG)

4.4.4 Betroffene Kommunen, auf die sich das Vorhaben voraussichtlich auswirkt

- Stadt Wilhelmshaven
- Gemeinde Wangerland
- Gemeinde Butjadingen

4.4.5 Schiffsbewegungen im Vorhabengebiet (Bestand)

Zur Analyse der Schiffsbewegungen im Vorhabengebiet wurden die AIS-Daten der Schiffe verwendet. AIS Automatic Identification System ist ein automatisches Identifikationssystem für Schiffe, mit dem durch ein Funksignal u.a. Daten zur Identifizierung, Position und zum Schiffstyp und der Länge erfasst werden. Ab einer Bruttoreaumzahl von 300 (internationale Fahrt) bzw. 500 (nationale Fahrt) sind Seeschiffe in der Berufsschiffahrt verpflichtet, ein AIS zu betreiben. Schiffe ab 20 m Länge oder mit mehr als 50 Personen an Bord fallen ebenfalls unter die Pflicht. Die AIS-Daten für den vorgesehenen FSRU-Standort in Wilhelmshaven wurden für den Zeitraum von einem Jahr – von Oktober 2021 bis September 2022 – der Schiffsdatenbank VesselFinder entnommen. Die AIS-Daten gelten als repräsentativ für den jährlichen Schiffsverkehr, der in diesem Gebiet erwartet werden kann. Die in dieser Analyse verarbeiteten AIS-Daten liegen innerhalb des geografischen Bereichs von 8,079° O, 53,646° N; 8,119° O, 53,598° N; 8,202° O, 53,616° N; 8,159° O, 53,672° N. Die Auswertung der Schiffspositionsmeldungen im Vorhabengebiet ergab eine mittlere Schiffsbewegungsrate in den

Jahren 2021 und 2022 von ca. 31 Schiffen/Tag, vgl. hierzu Abschnitt „7.3.1 Vorbeifahrender Verkehr“ im Dokument „14.3_Nautische Risikoanalyse_2018.04“ unter Kapitel 14 der Antragsunterlagen.

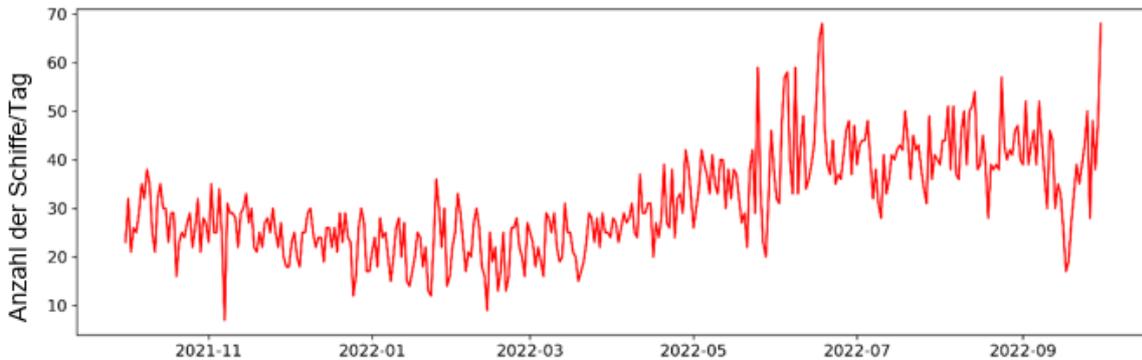


Abbildung 14: Anzahl Schiffe pro Tag im Auswertungszeitraum

Zur Modellierung des Schiffsverkehrs, der für den geplanten FSRU-Standort in Wilhelmshaven von besonderer Bedeutung ist – d. h. des Schiffsverkehrs in der Hauptfahrrinne sowie von der Hauptfahrrinne zum inneren Anlandeterminal 2/3 der HES und zum Insel-Anlandeterminal HES 1/1A –, wurden sechs Streckenabschnitte betrachtet. Die Abschnitte LEG 1 bis LEG 4 stehen für den Verkehr in der Hauptfahrrinne. Die Abschnitte LEG 5a und LEG 5b stehen für den Verkehr zum inneren Anlandeterminal 2/3 der HES. Die Abschnitte LEG 6a und LEG 6b stehen für den Verkehr zum und vom Insel-Anlandeterminal HES 1/1A.

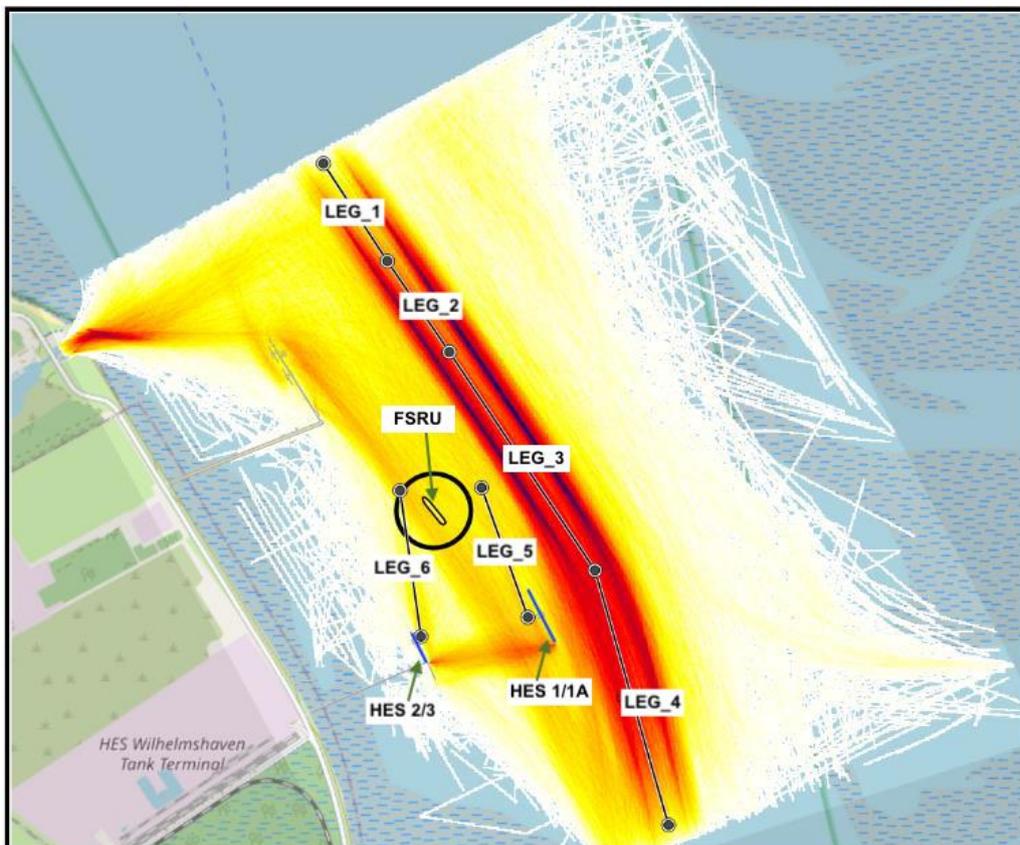


Abbildung 15: Analyse Schiffsbewegungen und Streckenabschnitte

Zufahrt zu den Anlegern HES H2/3 und HES 1/1A

Die Zufahrt zum Anleger HES H2/3 verläuft innerhalb des Vorhabengebietes. An dem Anleger werden kleinere Schiffe mit geringerem Tiefgang abgefertigt. Wie die Auswertungen der Schiffsbewegungen anhand der Positionsmeldungen im Jahr 2021 und 2022 zeigen, liegen die Schiffsbewegungen im diesem Zufahrtsbereich (LEG_6) bei ca. 0,70 Schiffsbewegungen pro Tag bzw. in Summe 249 im Jahr.

Am Inselanleger HES 1/1A wurden im Untersuchungszeitraum insgesamt 258 Schiffsbewegungen ermittelt, davon 21 mit Tanker für Erdölprodukte. Pro Tag sind dies ca. 0,71 Bewegungen.

4.5 Technische Vorhabenbeschreibung

4.5.1 Vorbemerkung

In der in Kapitel „09 Technische Baubeschreibung“ zu den Antragsunterlagen beigefügten Beschreibung „09.01_Bau- und Montagebeschreibung wasserseitige Arbeiten_1002“ sind alle wasserseitigen Arbeiten beschrieben. Die Verlegung des Gastransfersystems ist nachrichtlich aufgeführt. Nachfolgend werden die wasserbaulichen Maßnahmen, welche als Gewässerbaumaßnahmen Gegenstand des Planfeststellungsantrags sind, erläutert.

4.5.2 Kurzbeschreibung Maßnahme 1 Bau und Errichtung des Schiffsanlegers

4.5.2.1 Allgemeines

Maßnahme 1 besteht aus der Errichtung eines neuen Schiffsanlegers für das Anlegen der FSRU sowie der längsseits zur FSRU vertäuten LNGC. Der Anleger besteht aus insgesamt zehn Dalben. Davon sind die direkt am Schiff liegenden vier Dalben (BD1-BD4) als Anlegedalben ausgelegt. Die Dalben BD1 und BD4 werden zusätzlich zum Festmachen des Schiffs verwendet. Die weiteren sechs Dalben (MD1 – MD6) befinden sich vom Schiff entfernt und werden als reine Ankerdalben zum Festmachen der FSRU benutzt. Während des Ladevorgangs der FSRU (Schiff-Schiff Transfer) wird der zu entladende LNGC sowohl an der FSRU als auch an den äußeren Ankerdalben vertäut.

Alle Dalben werden als Stahlkonstruktion mittels Monopiles mit einem Außendurchmesser von 4,5 m, einer Wandstärke von 60 mm und einer Länge von 70,5 m hergestellt.

Die Monopiles der Dalben werden ca. 45 m in den Meeresboden gerammt. Zum Schutz der Dalben vor Kolkbildungen wird vor dem Rammen ein Kolkschutz hergestellt. Siehe hierzu 4.19.5 Kolkschutz.

Das Eintreiben der Monopiles in den Meeresboden erfolgt mittels hydraulischem Rammverfahren. Das Eintreiben dauert maximal 3 Stunden pro Pfahl zuzüglich vorbereitender Maßnahmen. Dies steht in Einklang mit der in der statischen Berechnung der Dalben berechneten Eintreibdauer von 150 – 156 Minuten, siehe 4.7.1.

4.5.2.2 Schallschutzkonzept Rammschall

Zur Einhaltung der gesetzlichen Grenzwerte für Unterwasserschall beim Rammen werden geeignete Schallminderungsmaßnahmen ergriffen. Das „Konzept für den Schutz der Schweinswale vor Schallbelastungen bei der Errichtung von Offshore-Windparks in der deutschen Nordsee (Schallschutzkonzept)“ des Bundesministeriums für Naturschutz, Umwelt- und Reaktorsicherheit dient hierzu als Basis. Es werden außerdem die besonderen Umgebungsbedingungen in der Jade berücksichtigt, die einen Einfluss auf die Wirksamkeit der Minderungsmaßnahmen haben können. Dazu gehören insbesondere: Wassertiefe, Strömungsgeschwindigkeit und Bodenbeschaffenheit.

Die TdV hat dazu in Zusammenarbeit mit IMDC, den ausführenden Baufirmen und weiteren Experten ein Schallschutzkonzept für die Rammarbeiten erstellt. Das Konzept ist den Antragsunterlagen unter „15.03_Schallschutzkonzept_2250.04“ beigefügt.



Abbildung 16: Installationsschiff zur Errichtung der Dalben (Beispiel)



Abbildung 17: Positionierung der Monopiles vor dem Eintreiben



Abbildung 18: Doppelter Blasenvorhang im Einsatz

4.5.2.3 Installation der Dalbenplattformen

Auf den Monopiles wird anschließend jeweils eine Stahlplattform installiert. Die Plattformen der Ankerdalben sind achteckig. Die beiden äußeren Anlegedalben haben eine fast quadratische Grundfläche in der Ausführung. Der beiden inneren Anlegedalben unterscheiden sich in den Verstrebungen zu den äußeren Anlegedalben. Zeichnungen zu den geplanten Ausführungen der Plattformen sind in Kapitel „05 Planunterlagen“ in den Antragsunterlagen enthalten.

Die Plattformen sind über insgesamt drei Steigleitern an den beiden äußeren Festmachdalben sowie an einer der mittleren Dalben erreichbar und werden durch Geländer gesichert. Es sind Stromversorgungseinrichtungen und Beleuchtungen vorhanden. Die Dalben sind untereinander mittels begehbare Stahlbaubrückenelemente verbunden. Insgesamt sind neun Verbindungsbrücken mit unterschiedlichen Spannweiten bis zu 68 m geplant. Auf einem der mittleren Plattformen (BD3) ist ein Treppenturm mit einer Gangway (Laufsteg) installiert. Hierüber ist ein Zugang zur FSRU möglich. Dieser Weg dient auch als Flucht- und Rettungsweg für die Personen an Bord der FSRU. Es wird zwischen den beiden südlichen Festmachdalben (MD5 und MD6) ein schwimmender Ponton für den sicheren Zugang von Personen in Notsituationen installiert.

Das Bauwerk ist entsprechend den schiffahrtspolizeilichen Vorschriften erforderlichen und vom WSA genehmigten Schiffsfahrtszeichen gekennzeichnet. Weitere Mess- und Überwachungseinrichtungen zum sicheren Betrieb der Anlage wie Abstandsüberwachungen, Wind- und Strömungsmesseinrichtungen werden in Abstimmung mit dem WSA angebracht und betrieben.

Auf den Dalben sind weitere Einrichtungen für die Steuerung und Überwachung des Gastransfersystems sowie zur Brandbekämpfung untergebracht. Diese Anlagenteile sind Bestandteil des immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahrens und werden dort ausführlich beschrieben. Acht Dalben sind mit Schnellspannhaken (Quick Release Hook - QRH) ausgerüstet. Die Schnellspannhaken ermöglichen im Gefahrenfall (z.B. bei Extremwetterlage) ein sofortiges Losmachen der FSRU ohne manuelle Unterstützung. Die Schnellspannhaken werden von der FSRU aus angesteuert und über die Landstromverbindung mit Strom versorgt.

Die statische Auslegung und Dimensionierung der Dalben, der Festmach- und Anlegevorrichtungen erfolgt auf Basis einer ausführlichen dynamischen Vertäustudie der Firma IMDC, siehe Kapitel „14 Nautische Studien und Risikobewertung“ in den Antragsunterlagen. Weitere Details zu den technischen Ausführungen des Anlegers und Grundlagen für statische Auslegung sind insbesondere auch in „11.01_Bericht über die Entwurfsgrundlagen_2001.08“ enthalten.

4.5.3 Kurzbeschreibung Maßnahme 2 und 3: Herstellung einer Zufahrt zum Anschluss des Schiffsanlegers an die vorhandene Fahrrinne, Errichtung einer Liegewanne einschließlich Verbringung des Baggerguts

Der geplante Bereich des neuen Schiffsanlegers ist derzeit für die FSRU und die LNGC aufgrund fehlender Wassertiefe nicht zugänglich. Es ist daher erforderlich, zwischen der Fahrrinne bzw. dem Fahrwasser und dem Schiffsanleger einen Bereich für das sichere Manövrieren der Schiffe und Schlepper durch Vertiefung auf -17 mNHN herzustellen. Dieser Bereich soll in Form einer trapezförmigen Zufahrt hergestellt werden. Im Bereich des Schiffsanlegers erfolgt die Herstellung einer Liegewanne durch Vertiefung auf das gleiche Niveau wie die Zufahrt, d.h. auf -17 mNHN.

Zur Auslegung und Dimensionierung der Zufahrt und der Liegewanne wurden verschiedene Studien erstellt, siehe Kapitel „14 Nautische Studien und Risikobewertung“ der Antragsunterlagen.

Die voraussichtlichen Mengen an abzutragendem Meeresboden für die Liegewanne und die Zufahrt wurden von IMDC anhand der vorhandenen Peilungen und Daten ermittelt.

Gesamtfläche	ca. 770.000 m ²
Ausbaggerungstiefe	-17 mNHN (-14,50 mSKN)
Voraussichtliche Baggermenge (Initial Baggerung)	1,2 Mio. m ³ als Laderaumaufmaß

Eine Kampfmittelfreigabebescheinigung nach ATV DIN 18299 Abs. 0.1.17 VOB/C UXO Clearance (ALARP) Certificate liegt vor und ist den Antragsunterlagen in Kapitel „19 Sonstige Themen, Arbeitssicherheit, Brandschutz“ beigefügt. Ergeben sich bei den Baggararbeiten erneut Verdachtsmomente, erfolgt eine Unterbrechung der Baggararbeiten im Verdachtsbereich und eine erneute Kampfmittelsondierung.

Basis der Planung der Baggararbeiten sind umfangreiche topografische Gewässervermessungen (Bathymetrie) im Plangebiet. vgl. hierzu auch Kapitel „18 Monitoring“ in den Antragsunterlagen.

Für die Herstellung der Zufahrt und der Liegewannen ist geplant, Schleppsaugbagger (TSHD Trailing Suction Hopper Dredger) zu verwenden. Schleppsaugbagger sind selbstfahrende Schiffe, die über ein oder zwei absenkbare Saugrohre mit einem am Ende angebrachten Schleppkopf verfügen. Der Schleppkopf wird in langsamer Fahrt dicht über den Meeresboden geführt und dabei die oberste Schicht abgesaugt und so der Baggerbereich auf die erforderliche Solltiefe gebracht. Die Absaugung erfolgt mittels an Bord befindlicher Baggerpumpen, die das Wasser-Bodengemisch in den Laderaum des Schleppsaugbaggers fördern. Der Feststoffanteil setzt sich an Bord ab und wird zur Verklappungsstelle gebracht. Durch Gitter am Schleppkopf ist das Einsaugen größerer Steine ausgeschlossen. Es wird so lange gebaggert, bis entweder der Laderaum sein Fassungsvermögen bis zum Überlauf erreicht hat oder der Bagger seine Belastungsgrenze erreicht.

Um die Genauigkeit und Sicherheit der Baggararbeiten zu gewährleisten, wird ein differenzielles globales Positionierungssystem (DGPS) eingesetzt. Dieses System liefert in Echtzeit Informationen über den genauen Standort der Geräte und stellt diese dem Baggerführer grafisch dar. Die Baggertoleranz in der Tiefe beträgt ca. 0,5 m. Außerdem kommt ein spezielles Bagger-Monitoring-System zum Einsatz, das sog. VODAS (Van Oord Dredging Automation System), das auf Basis folgender Informationen arbeitet:

- Positionsdaten vom Equipment (typischerweise DGPS)
- Vertikale Position des Schleppkopfes
- Peilungsdaten von einem Gyrokompass oder einem weiteren GPS-Empfänger
- Informationen von einem Gezeitenmessers über die Tide
- Signale weiterer Sensoren an Bord zur Überwachung des Baggerprozesses

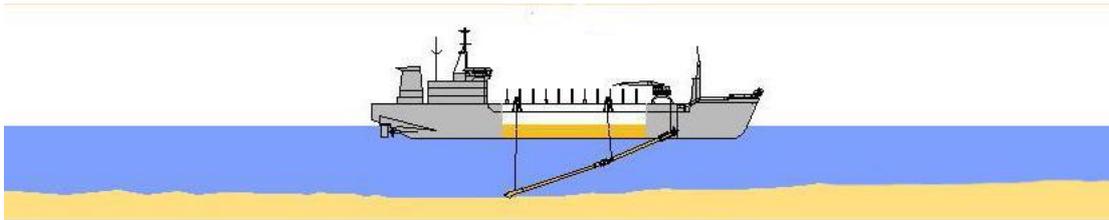


Abbildung 19: TSHD-Bagger

Das Baggergut wird unter Einhaltung der gesetzlichen Grenzwerte nach GÜBAK (Gemeinsame Übergangsbestimmungen zum Umgang mit Baggergut) auf die Umlagerungsstelle K01 des WSA Weser-Jade-Nordsee verbracht werden (OSPAR-Code 19). Ein entsprechender Erlaubnis Antrag ist den Planunterlagen in Kapitel „27.00_Erlaubnis Antrag Einbringen Baggergut §8_§10 WHG“, siehe hierzu auch 4.21.

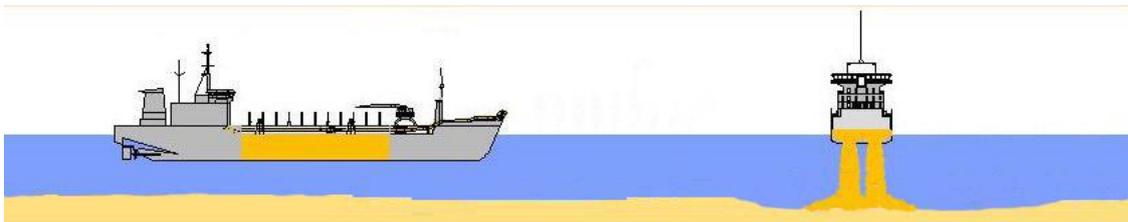


Abbildung 20: Entladung / Verklappung Baggergut



Abbildung 21: Arbeitsschiff zum Herstellen der Liegewanne und des Zufahrtbereiches (Beispiel)

Ausbreitung von Sedimentfahnen

Bei den Baggerarbeiten und an der Klappstelle entstehen technisch bedingt feine Sedimentfahnen. Die Bildung von Sedimentfahnen hängt maßgeblich von den Umweltbedingungen, dem Feinstoffgehalt im Bodensediment und der eingesetzten Technik ab. Schleppsaugbagger TSHD erzeugen im Verhältnis zu anderen Techniken geringe Sedimentfahnen; die Fahnen entstehen hauptsächlich direkt am Schleppkopf.

Zur Beurteilung der Umweltauswirkungen während der Baggerarbeiten hat die TdV durch IMDC den „21.02 Bericht über die Ausbreitung von Sedimentfahnen_2025.05“ erstellen lassen. Der Bericht findet sich in Kapitel „21 Hydromorphologische Auswirkungen und Kolkenschutz“ in den Antragsunterlagen.

Mit Hilfe von anerkannten Simulationsmodellen wurden zeitliche und räumliche Veränderungen der Schwebstoffkonzentrationen großräumig vom Jadebusen bis zur ca. 40 km vom Baggerbereich entfernten Klappstelle K01 und darüber hinaus ermittelt. Dabei wurden mehrere Szenarien bei unterschiedlichen Umgebungsbedingungen (z.B. Strömung, Gezeiten, Winde) und Feinstoffanteilen simuliert. Als Referenzwerte dienten die natürlich vorhandenen Schwebstoffkonzentrationen. Im Mittel werden im Projektgebiet Konzentrationen von ca. 100 - 250 mg/L mit Spitzenwerten von 1.000 – 2.000 mg/l gemessen. Die Ergebnisse zeigen, dass es durch die Baggerarbeiten zu keinen wesentlichen Umweltauswirkungen durch Sedimentfahnen kommt.

In keinem der Szenarien wird der Wert von 25 mg/L* an Schwebstoffkonzentration in den Gebieten mit Muschelfischerbetrieben überschritten. Eine wesentliche Auswirkung auf Gebiete mit Muschelfischerbetrieben ist daher nicht zu erwarten, vgl. hierzu Abschnitt „4 Szenarienergebnisse“ im Bericht „21.02 Bericht über die Ausbreitung von Sedimentfahnen_2025.05“.

4.5.4 Kampfmittelerkundung

Wasserseitige Kampfmittelerkundung und Kampfmittelräumung wurden durchgeführt. Eine Kampfmittelfreigabebescheinigung nach ATV DIN 18299 Abs. 0.1.17 VOB/C UXO Clearance (ALARP) Certificate liegt vor und ist den Antragsunterlagen unter „19.02_Kampfmittel-Teil-Freigabe“ beigefügt.

4.5.5 Bauzeitenplan

Im Kapitel „06 Bauzeitenplan“ der Antragsunterlagen sind die geplanten Zeiten der einzelnen Projektschritte und Bauphasen dargestellt.

Die wasserseitigen Arbeiten haben im Sommer 2023 mit vorbereiteten Maßnahmen wie der Kampfmittelsondierung- und -räumung und der nochmaligen Peilung begonnen. Im August 2023 haben die Baggerarbeiten für die Liegewanne und Teile des Wendebekken sowie den Einbau des Kolkenschutzes begonnen, siehe 4.2.4. Anschließend sollen die Installationsarbeiten für die Anlegerstruktur folgen. Im Dezember sind die letzten Baggerarbeiten an der Zufahrt geplant. Die Inbetriebnahme ist für Winter 2023/24 vorgesehen.

4.5.6 Betriebseinstellung und Rückbaukonzept

Langfristig ist geplant, den Schiffsanleger sowie die Zufahrt und die Liegewanne in die zukünftige Hafenstruktur des Energieparks einzubinden und weiter zu nutzen. Die TdV wird ein entsprechendes Konzept zur Weiterverwendung ausarbeiten und falls erforderlich die notwendigen Genehmigungen, Planfeststellungen und Erlaubnisse beantragen.

Sollte nach der Betriebseinstellung der FSRU eine Weiterverwendung der Schiffsanlagestruktur, Zufahrt und Liegewannen wider Erwarten nicht möglich sein, wird die TdV die Strukturen in Abstimmung mit den Behörden zurückbauen. In diesem Fall übernimmt der Bund die Kosten des

* Die bei den Messungen der Schwebstoffkonzentrationen ermittelten minimalen Werte lagen über 25 mg / L (35 – 200 mg/l und bei Nipptide und 40 – 400 mg/L bei Springtide) vgl. Zusammenfassung in 13.01_Metocean-Kampagne_2049.06 in Kapitel 13 der Antragsunterlagen

Rückbaus. Ein detailliertes Rückbaukonzept wird in Abstimmung mit den Genehmigungsbehörden bei Bedarf erstellt und eingereicht.

Weitere Informationen sind in Kapitel 29 „Betriebseinstellung und Rückbaukonzept“ enthalten.

4.6 Planunterlagen

Im Kapitel „05 Planunterlagen“ der Antragsunterlagen finden sich die wesentlichen Pläne, technischen Zeichnungen sowie weitere technische Informationen zum Vorhaben. Das Planverzeichnis ist Bestandteil des Gesamtverzeichnisses (Kapitel 00 der Antragsunterlagen). Enthalten sind u.a.:

- Topografische Karte
- Lageplan Hafenbereich (Auszug Seekarte mit zukünftigem Hafenbereich)
- Ausbaggerungspläne für Liegewanne, Zufahrt und Wendebereich
- Strukturzeichnungen zu den Pfählen, Dalben und Brücken

Im Kapitel „11 Planungs- und Entwurfsgrundlagen“ ist das Dokument „11.01_Bericht über die Entwurfsgrundlagen_2001.07“ beigefügt. Dieses Dokument enthält funktionale- und technische Anforderungen sowie Entwurfsbedingungen.

4.7 Statische Nachweise

Das Kapitel „08 Statische Nachweise“ der Antragsunterlagen enthält statische Berechnungen für die Dalben, Plattformen und Verbindungsbrücken und Standsicherheitsnachweise für den Schiffsanleger.

Die Berechnungen wurden auf Basis der einschlägigen Normen und Richtlinien erstellt, wie z.B.: DIN EN 1990, Eurocode 0 Grundlagen der Tragwerksplanung, DIN EN 1993, Eurocode 3 Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten. Details zu den verwendeten Normen und Richtlinien können den Berechnungen entnommen werden.

Lasten und Lasteffekte, welche für die Auslegung berücksichtigt sind, u.a.:

1. Permanente Lasten (G)
 - Eigengewicht der Struktur
 - Eigengewicht der Ausstattung und des Equipments (Gitterroste, Haken etc.)
2. Veränderliche Lasten (Q)
 - Verkehrslasten
 - Haken-Lasten (Mooringlasten)
 - Lasten aus der Treppenturm & Gangway Lagerung
 - Lasten aus dem Sammelplatz
 - Lasten aus E&I Container (20“)
 - Lasten E-Kabeln
 - Umweltlasten (Wind, Schnee, Eis)
 - Reaktionslasten aus den Auflagerpunkte der Brücken
 - Lasten aus dem Bootsanleger (Ponton)

4.7.1 Pfahlfundamente

Zugehöriges Dokument: „08.01_Statische Berechnung Pfahlfundamente_2003.08“ in Kapitel „08 Statische Nachweise“ der Antragsunterlagen.

Die Dalben werden auf einzelnen Monopiles mit einem einheitlichen Durchmesser von jeweils 4,5 m gegründet (identische Pfahltypen). Die hier betrachtete vorgeschlagene Baggertiefe liegt bei -15,0 m mSKN. Diese ergibt sich aus einer Design-Baggertiefe von -14,5m mSKN und einer Toleranz von 0,5m. Zusätzlich wird auch eine Baggerlinie auf -18.0 m betrachtet, bei gleichbleibenden Pfählen.

Die Dalben sind über Bootsanlegestellen erreichbar und durch Verbindungsbrücken miteinander gekoppelt. Die Stabilitätsanalysen entsprechen den EuroCode-Standards. Abweichungen von der Norm werden an den entsprechenden Stellen ausdrücklich hervorgehoben.

Ergebnisübersicht Dalben Fundamente – Wassertiefe 15,0 m (Designtiefe)

Hier werden nur die Fundamente der Anlage Dalben dargestellt, da diese die höhere Auslastung zeigen. Die Pfähle sehen die höchste Ausnutzung 10 m unter der vorgeschlagenen Baggertiefe (UC = 0,98). An der Pfahloberkante wird eine maximale Durchbiegung von 455 mm erwartet. Die axiale Tragfähigkeit des Bodens erreicht einen Sicherheitsfaktor von 17,5, während die seitliche Auslenkung unterhalb der vorgeschlagenen Baggertiefe keine Auslenkung über die Einbindetiefe von 35,0 m hinaus zeigt. Die Laterale Kapazität des Pfahls errechnet sich zu 489.481,31 kN unter Verwendung der P-Y Methode. Im Vergleich zu den berechneten Widerständen sind die auftretenden Lasten vernachlässigbar. Der Offshorelift (Wert für die Stabilität des Pfahls während der Montage) ist nicht stark ausgelastet und hat einen Nutzungsgrad von 32 % in der Mitte. Während des Rammvorgangs tritt kein Refusal (Pfahlstillstand) auf.

Eintreibbarkeit der Pfähle

Die Berechnung der Eintreibbarkeit der Pfähle in der vorgeschlagenen Tiefe von 44,5 m ergibt einen Wert von 150 bis 156 Minuten und liegt damit unter 3h pro Pfahl. Ein maximaler Ermüdungsschaden von etwa 10 % ergibt sich durch die Installation. Weitere Ermüdungsschäden werden nicht erwartet.

Ergebnisübersicht Dalben Fundamente – Wassertiefe 18,0 m

Im Rahmen der statischen Berechnung wurde untersucht, ob die Pfähle einer Wassertiefe von 18 m (3 m zusätzlich zu der Ausführungstiefe) Stand halten würden. Durch den erhöhten Hebelarm übersteigt die resultierende strukturelle Auslastung des Pfahls den zulässigen Widerstandswert für eine Wassertiefe von 18,0 m. Die entsprechenden Nachweise werden in diesem Bericht daher nicht weiter dargestellt. Eine solche Situation könnte theoretisch nur bei einem fehlendem Kolkenschutz auftreten. Durch das Monitoring des Kolkenschutzes kann dies sicher geschlossen werden.

Zusammenfassung

Die Pfähle sind ausreichend dimensioniert, um den dargestellten Belastungen sowie den Belastungen beim Eintreiben der Pfähle in Untergrund (Rammen) standzuhalten (siehe Kapitel 8).

Nochmalige Überprüfung nach Vorlage der neuen geotechnischen Untersuchung

Das in der statischen Berechnung der Pfahlfundamente verwendete Design Bodenprofil wurde auf Basis der Daten im geotechnischen Bericht der FUGRO erstellt, siehe 0. Dieser Bericht enthält geotechnische Untersuchungen für den ursprünglich vorgesehen ca. 150 m* entfernt zu der jetzigen Position gelegenen Standort. Es ist aufgrund der Erfahrungswerte davon auszugehen, dass die Bodenbeschaffenheit homogen und die Dimensionierung der Pfähle ausreichend ist. Zurzeit wird eine weitere Untersuchung des Baugrundes an der beantragten Position durchgeführt. Nach Vorlage der neuen Untersuchungsergebnisse wird die Statik zu den Pfählen in Zusammenarbeit mit den Prüfstatikern überprüft. Die daraus resultierenden Ergebnisse werden, sobald sie vorliegen, eingereicht.

* Bezogen auf die Richtung Fahrhinne liegenden Außenkante des LNG Tankschiffes beim Entladen

Tabelle 3: Geotechnische Parameter des Design Bodenprofils

Oberseite des Abschnitts	Unterseite des Abschnitts	Beschreibung	Eingetauchtes Einheitsgewicht unter Wasser	Interner Reibwinkel des Bodens	Elastizitätsmodul	Begrenzung der Oberflächenreibung	Begrenzung der Unterflächenreibung
			g'	j'	Es, q	qs	ql
[m]	[m]	[-]	[kN/m ³]	[°]	[MN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
0,0	2,1	Sand	7,0	26,0	20	67,0	3.000
2,1	3,2	Sand	9,5	34,0	30	81,0	5.000
3,2	31,5	Sand	9,0	30,0	30	81,0	5.000
31,5	32,2	Sand	9,5	34,0	40	81,0	5.000
32,2	38,0	Sand	9,0	32,0	35	81,0	5.000
38,0	42,0	Sand	9,0	32,0	35	81,0	5.000
42,0	46,5	Sand	10,0	34,0	40	81,0	5.000
46,5	47,5	Sand	9,0	30,0	30	81,0	5.000
47,5	49,9	Sand	10,0	34,0	45	81,0	5.000
49,9	51,0	Sand	9,0	30,0	40	81,0	5.000
51,0	52,2	Sand	10,0	34,0	45	81,0	5.000
52,2	55,5	Sand	9,0	30,0	40	81,0	5.000
55,5	56,6	Sand	9,0	30,0	40	81,0	5.000
56,6	57,0	Sand	9,0	30,0	40	81,0	5.000
57,0	60,0	Sand	10,0	34,0	50	81,0	5.000

4.7.2 Dalben-Plattformen

Zugehöriges Dokument: „08.02_Statische Berechnungen der Dalben Plattform_2028.02“ in Kapitel „08 Statische Nachweise“ der Antragsunterlagen.

Für die einzelnen Plattformen der Dalben hat IMDC statische Berechnungen durchgeführt. Die strukturellen Nachweise sind nach Eurocode (EC) 3 bzw. DIN EN erstellt, zusätzlich finden, soweit zutreffend, die Technischen Regeln für Anlagensicherheit TRAS und die Arbeitsstättenrichtlinien (ASR) Anwendung. Die Plattformen sind für alle Dalben bis auf MD2 und MD5 unterschiedlich. Daher werden für alle Plattformen bis auf MD5 einzelne Nachweise erstellt. Die statischen Nachweise basieren auf dem derzeitigen Planungsstand.

Einzelne Konstruktionsdetails wie z.B. die Ausführung des Bootsanlegers (Ponton) am MD6 und Details zum Treppenturm und Laufsteg an BD3 sind noch in Planung. Eingereicht werden daher zunächst die Statiken mit Ausnahme BD3, MD6. Die Statik für BD2 ist fertig aber noch nicht im Bericht enthalten. Sie wird mit der nächsten Version eingereicht. Es werden Nachweise für die folgenden Grenzzustände erbracht:

- Grenzzustand der Tragfähigkeit (Ultimate Limit State - ULS),
- Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (Serviceability Limit State – SLS)

Im Allgemeinen werden alle strukturellen Nachweise für die Dalbenplattformen nach DIN 18088-1 durchgeführt.

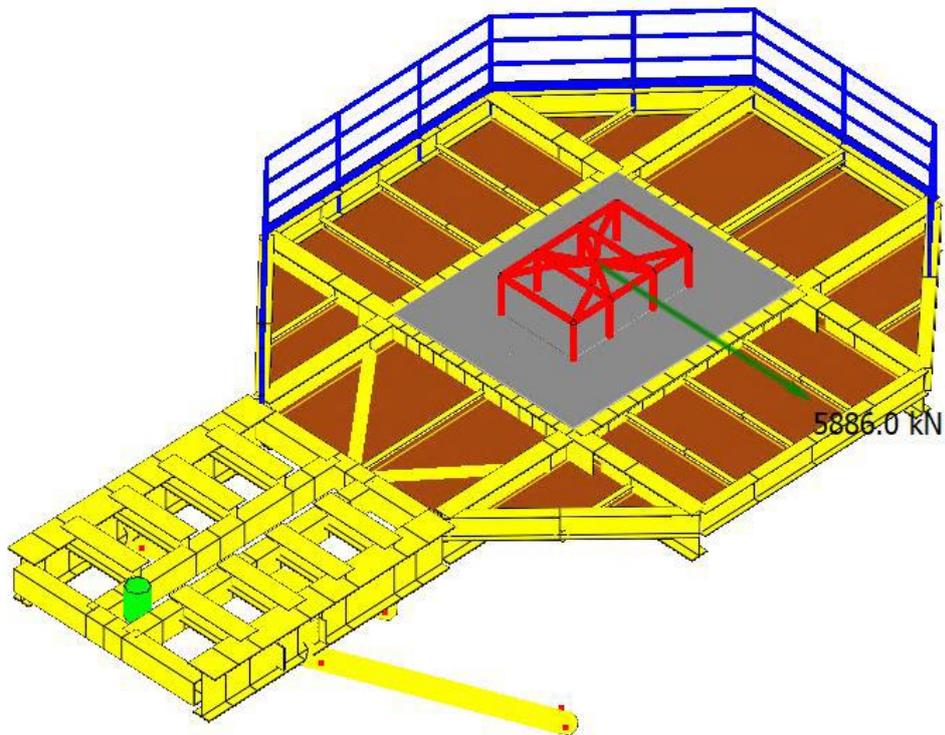


Abbildung 22: Hakenlasten (Mooring-Lasten) in +Y Richtung, MD1

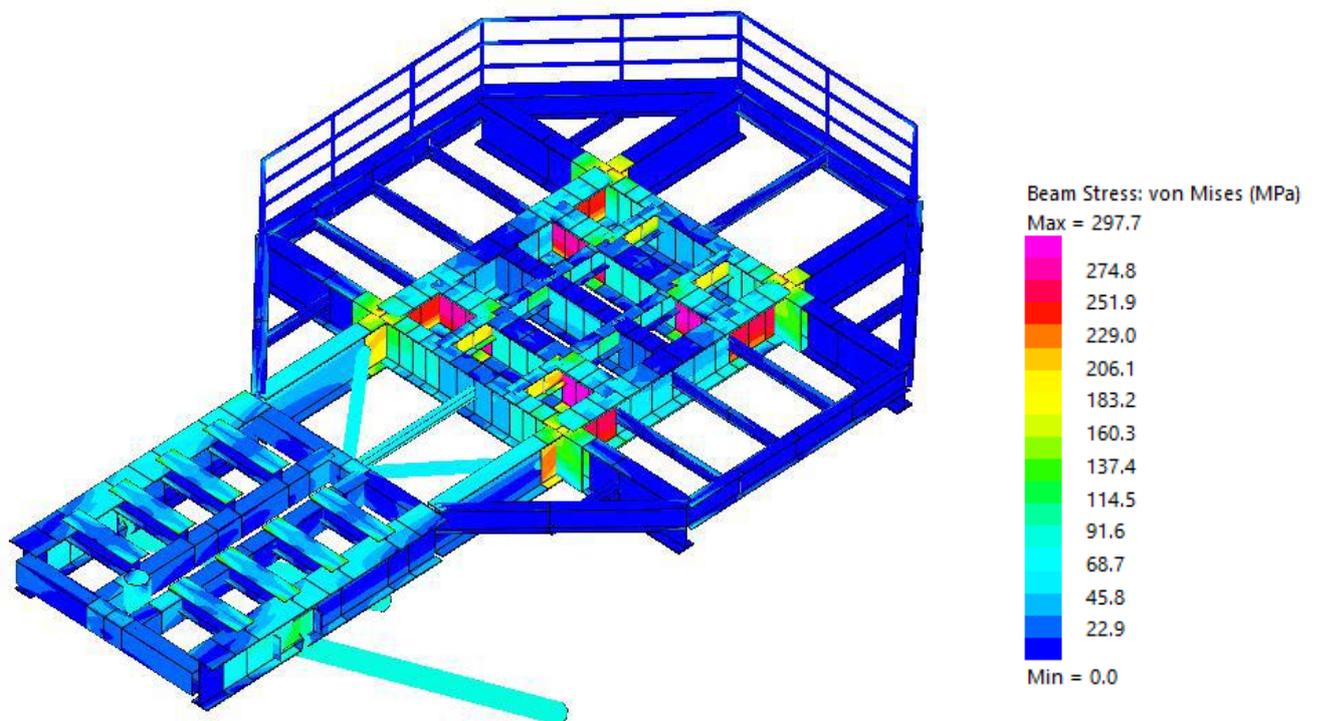


Abbildung 23: Spannungsanalyse am MD1 im Betriebszustand

Ergebnisse im Grenzzustand der Tragfähigkeit (ULS) für den eingebauten Zustand

Das Gesamtspannungsniveau in der Dalbenplattformen ist im Allgemeinen moderat und innerhalb der zulässigen Grenzen. Es treten nur sehr lokal begrenzte Überspannungen auf. Aufgrund der zusätzlich konservativen Ansätze in den Analysen sind die minimalen Überspannungen vernachlässigbar. Für detaillierte Spannungsergebnisse siehe Abschnitt 9.6.1. in „08.02_ Statische Berechnungen der Dalben Plattform_2028.02“.

Verformungsergebnisse im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (SLS)

In der folgenden Tabelle sind alle maximalen Durchbiegungen der maximal zulässigen Durchbiegung gegenübergestellt. Für alle 7 untersuchten Dalben wird die Grenzverformung von L/200 deutlich eingehalten.

Tabelle 4: Übersicht Durchbiegungen

Plattform	Zulässige Durchbiegung δ_{zul} [mm]	Resultierende Durchbiegung δ_{zul} [mm]
MD1	51.6	5.7
MD2	29.0	3.5
MD3	19.6	8.8
MD4	46.8	23.7
MD5	29.0	3.5
MD6*	60.4	34.6
BD1	49.7	14.0
BD2	In Prüfung	
BD3	In Prüfung	
BD4	47.0	10.0

Ergebnisse für das Einheben Hebeanalyse (Montage)

Die Festigkeit der Plattformen für das Einheben ist ausreichend. Die maximale Auslastung der zulässigen Spannungen liegt deutlich unter denen für den Betriebszustand. Die maximale Auslastung (nur sehr lokal begrenzt) liegt bei 86 %.

Ergebnisse für das Risiko gegen wirbelinduzierte Schwingungen durch Windkräfte

Die wirbelinduzierten Vibrationen werden gemäß DIN EN 1991-1-4/NA geprüft. Die Diagonalen wurden für alle untersuchten Dalbenplattformen geprüft. Da alle kritischen Anströmgeschwindigkeiten deutlich über der aktuellen Windgeschwindigkeit liegen, sind alle Verstrebungen/Diagonalen unkritisch.

Ergebnisse der Verbindungen von Plattformen und Pfahl

Die Verbindungen von Plattformen und Pfahl werden für die Designlasten/Reaktionslasten aus der globalen Analyse in Abschnitt 9 zu „08.02_ Statische Berechnungen der Dalben Plattform_2028.02“ . ausgelegt. Die sich daraus ergebenden Spannungsverläufe sind im Allgemeinen moderat und innerhalb der zulässigen Grenzen. Die überspannten Bereiche in der Anschlussstruktur zwischen Dalben und dem oberen Pfahl sind lokal und aufgrund der konservativen Annahmen unkritisch.

Ergebnisse der Brückenlager

Die Brückenlager werden für die Designlasten in Abschnitt 9.4.7 zu „08.02_ Statische Berechnungen der Dalben Plattform_2028.02“ ausgelegt. Die sich daraus ergebenden Spannungsverläufe sind moderat. Das Gleitlager ist im Bereich der Gleitplatten leicht überspannt, was jedoch nicht als kritisch betrachtet wird.

* Statik zu MD6 derzeit in Prüfung

Kritische Bereiche

Es wurden keine kritischen Bereiche gefunden.

Fazit / Schlussfolgerungen

Die Festigkeit der Plattformenstruktur ist für alle untersuchten Lastfälle und Konfigurationen ausreichend. Alle Prüfkriterien werden erfüllt.

4.7.3 Brücken

Zugehöriges Dokument: „08.03_Statische Berechnungen der Brücken_2029.02“ in Kapitel „08 Statische Nachweise“ der Antragsunterlagen.

Die einzelnen Plattformen werden über 9 Brücken in Stahlbauweise miteinander verbunden. Die Brücken unterscheiden sich im Wesentlichen in ihrer Länge. Ansonsten sind alle Brücken hinsichtlich ihrer Funktion gleich: Alle Brücken haben Laufwege und dienen als Fluchtweg für bis zu 40 Personen. Die Laufwege haben eine lichte Breite von $BL = 1,20$ m und eine lichte Höhe von mindestens $HL = 2,00$ m. Die einzige Ausnahme bildet die Brücke B4, zwischen BD1 und BD2: Diese Brücke dient gleichzeitig als Lagerung für die Rohrleitungen und ist deswegen zusätzlich mit 2 Riser Hang-Off-Strukturen versehen. Jede Brücke verfügt jeweils über ein Festlager (frei rotierend aber in allen 3 Richtungen fest) und ein Gleitlager (in Brückenaxialrichtung frei verschieblich, um Längenänderungen und Toleranzen auszugleichen). Die Höhe bzw. die Oberkante der Gitterroste auf allen Brücken ist gleich und liegt bei ca. + 12.15 m SKN.

Tabelle 5: Längen der Verbindungsbrücken

Bezeichnung	Spannweite m (Lager zu Lager)	Breite	Brückentyp
B1	35,80	konstant	symmetrisch
B2	25,80	konstant	symmetrisch
B3	79,20	variable	symmetrisch
B4	32,20	konstant	exzentrisch
B5	16,20	konstant	symmetrisch
B6	29,45	konstant	symmetrisch
B7	68,10	variable	symmetrisch
B8	25,80	konstant	symmetrisch
B9	35,80	konstant	symmetrisch

Es wurde eine statische Berechnung für die 4 kritischsten Brücken durchgeführt. Insbesondere die Einhaltung der Eigenfrequenzen für die längeren Brücken (B1, B3, B7) ist maßgeblich und muss separat betrachtet werden. Außerdem wird die Brücke B4 zwischen BD1 und BD2 analysiert, da dort eine exzentrische Last durch eine temporäre Riser Hang-Off wirkt.

Globale Ergebnisse im Grenzzustand der Tragfähigkeit (ULS) für den eingebauten Zustand

Alle 4 untersuchten Brücken weisen Balken- und Knotenauslastungen deutlich geringer als 1,0 auf. Die maximale Spannungsausnutzungen im Einzelstab (Member) liegen zwischen 0,78 und 0,85, in den Knoten zwischen 0,73 und maximal 0,77.

Ergebnisse für das Einheben Hebeanalyse (Montage)

Bei allen 4 untersuchten Brücken liegen die Balken- und Knotenauslastungen beim Einheben (Montage) deutlich geringer als 1,0 auf. Die maximale Spannungsausnutzungen im Einzelstab (Member) liegen zwischen 0,24 und 0,81, in den Knoten zwischen 0,13 und maximal 0,55.

Verformungsergebnisse im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (SLS)

Für alle 4 untersuchten Brücken wird die Grenzverformung von $L/200$ (Länge durch 200) eingehalten und deutlich unterschritten.

Ergebnisse für das Risiko gegen wirbelinduzierte Schwingungen durch Windkräfte

Die wirbelinduzierten Vibrationen werden gemäß DIN EN 1991-1-4/NA geprüft. Die horizontalen Primärstrukturen am Brückenboden sowie die Diagonalen an den Brückenseiten wurden für alle 4 Brücken geprüft. Da alle kritischen Anströmgeschwindigkeiten deutlich über dem 1,25-fachen des 10-Mittelwerts der aktuellen Windgeschwindigkeit liegen, sind alle Verstrebungen/Diagonalen unkritisch.

Prüfung der zulässigen Eigenfrequenzbereiche der Brücke

Da alle Brücken mit Laufstegen ausgerüstet sind, wurde zusätzlich nachgewiesen, dass keine Gefährdung durch Schwingungserregung infolge Personentransfer auf den Brücken entsteht.

Tabelle 6: Eigenfrequenzen vertikal

Brücke	Eigenfrequenz ohne Gewichtsaufschlag [Hz]	Eigenfrequenz mit 10% Gewichtsaufschlag [Hz]	Grenz-Frequenz [Hz]	Check
B1	4,560	4,78	> 3,0	Ok
B3	1,470	1,40	< 1,5	Ok
B4	6,940	6,62	> 3,0	Ok
B7	1,498	1,43	< 1,5	Ok

Die Eigenfrequenz von allen untersuchten Brücken sind außerhalb des kritischen Eigenfrequenzbereiches ($1,50 < f_{n,v} < 3,00$ Hz) in vertikale Richtung

Tabelle 7: Eigenfrequenzen horizontal

Brücke	Eigenfrequenz ohne Gewichtsaufschlag [Hz]	Eigenfrequenz mit 10% Gewichtsaufschlag [Hz]	Grenz-Frequenz [Hz]	Check
B1	3,78	3,60	> 1,5	Ok
B3	1,64	1,57	> 1,5	Ok
B4	4,27	4,07	> 1,5	Ok
B7	1,92	1,83	> 1,5	Ok

Die Eigenfrequenz von allen untersuchten Brücken sind außerhalb des kritischen Eigenfrequenzbereiches ($0,75 < f_{n,v} < 1,50$ Hz) in horizontale Richtung

Brückenlager Lasten

Die Reaktionslasten aus den Auflagerpunkten der Brücke sind in Tabelle 2-1 zum Bericht aufgeführt.

Tabelle 8: Brücken Auflagerkräfte

Brücke	Last [kN]			
	B1	B3	B4	B7
Vertikal (Druck) pro Lager	155	500	1.508	370
Vertikal (Auftrieb) pro Lager	-	-	-1.067	-
Horizontal (y-Richtung) pro Pin	120	300	332	230
Horizontal (x-Richtung) pro Pin	47	150	147	111

Lokale Ergebnisse der Brückenlager

Die Brückenlager werden für die Designlasten ausgelegt. Die sich daraus ergebenden Spannungsverläufe sind moderat mit einer maximalen Auslastung von 97 %.

Zusammenfassung und Fazit

Die Festigkeit der Brückenstruktur ist für alle untersuchten Lastfälle und Konfigurationen ausreichend. Alle Prüfkriterien werden erfüllt.

4.7.4 Statische Berechnungen zum PLEM (nachrichtlich)

Auf Wunsch der Planfeststellungsbehörde sind den Antragsunterlagen die in Kapitel 12 (Bauantrag) zum immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren beigefügten statischen Berechnungen des PLEM (Subsea Pipeline End Manifold) nachrichtlich beigefügt. Das PLEM ist in unmittelbarer Nähe zum Anleger auf dem Meeresboden installiert und ist Teil des Gastransfersystems. Zugehöriges Dokument „08.04_Statische Berechnung PLEM_1001.04“ in Kapitel „08 Statische Nachweise“ der Antragsunterlagen.

Zusammenfassung

Die Empfehlungen zum Kolkchutz, zur Gründung, Installation des PLEM und zum Kolkmonitoring werden von der TdV umgesetzt.

Die Nachweise Auftrieb, Gleiten, Kippen und Grundbruch wurden geführt. Die maßgeblichen Anforderungen werden eingehalten. Damit die Gleitsicherheit sichergestellt ist, muss die PLEM mit Stahlelementen von 61 t beschwert werden.

Die beiden PLEM's werden konstruktiv mit Wasserbausteinen gegen Kolk zu schützen, da Kolke die Nachweise Gleiten, Kippen und Grundbruch gravierend gefährdet. Für den Kolkchutz wird ein Einbaukonzept durch einen fachkundigen Auftragnehmer ausgearbeitet.

Die Funktionalität des Kolk schutzes wird im Rahmen der üblichen „Hafen-“Peilungen zu kontrolliert. Ggf. wird der Kolk schutz im Rahmen des HAZARD-Konzepts aus gebessert. Die Kolk tiefe wird in Abstimmung mit der TdV aus Erfahrung der benachbarten Bauwerke (Terminal von „Uniper“) mit 6 m angenommen. Eine Kolk bildung wird hier durch Verlegung eines konstruktiven Kolk schutzes verhindert. Vor Baubeginn werden die angenommenen Bodenkennwerte durch die TdV verifiziert.

Die gesamte Konstruktion (PLEM + Beschwerungselemente) wird auf den vorher begradigten Meeresboden aufgestellt z.B. mittels eines Stelzenpontons mit Seilbagger. Das Aufstellkonzept wird durch den Lieferanten der PLEM geliefert. An der PLEM sind Anschlagpunkte vorhanden, um diese mit einem Kran/Seilbagger anheben zu können. Es wird sichergestellt, dass die Anschlagpunkte und die Stahlprofile der PLEM diese Lasten aufnehmen können.

4.8 Geotechnischer Bericht und Bemessung

4.8.1 Einleitung

Für die Bemessung der Bauwerke, die Auswahl und die Planung geeigneter Bauverfahren, einschließlich der gesetzeskonformen Verklappung des Baggergutes, sind verschiedene Untersuchungen erforderlich. Die TdV hat die Fugro Germany Land GmbH mit der Durchführung geotechnischer Untersuchungen im Plangebiet beauftragt. Die Untersuchungen sind abgeschlossen. Der Bericht bestätigt die grundsätzliche Durchführbarkeit des Vorhabens, siehe „10.01_Geotechnischer Bericht FUGRO 362-22-006-03“ in Kapitel „10 Geotechnischer Bericht und Bemessung“ der Antragsunterlagen.

4.8.2 Hinweis zur weiteren geotechnischen Untersuchung

Die Untersuchungen wurden an der ursprünglich geplanten Position des Anlegers durchgeführt. Durch die Vorgaben des WSA zur Vergrößerung des Abstandes zum Fahrwasser hat sich, wie beschrieben die Position des Anlegers um ca. 150 m* Richtung Land verschoben. Es ist aufgrund der Erfahrungswerte davon auszugehen, dass die Bodenbeschaffenheit homogen ist und die Verschiebung keinen Einfluss auf die in der Antragsunterlagen beschriebenen Annahmen insbesondere der Dimensionierung der Bauwerke hat. Zur Absicherung der Ergebnisse ist zwischenzeitlich eine weitere Untersuchung des Baugrundes an der beantragten Position der Dalben beauftragt. Nach Vorlage der neuen Untersuchungsergebnisse wird die Statik zu den Pfählen in Zusammenarbeit mit den Prüfstatikern überprüft. Die daraus resultierenden Ergebnisse werden, sobald sie vorliegen, eingereicht.

4.8.3 Geologische Gegebenheiten

Das Untersuchungsgebiet befindet sich vollumfänglich im niedersächsischen Flachland. Das niedersächsische Flachland gehört zum nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet und nimmt flächenmäßig den größeren Bereich ein. Das Projektgebiet im Bereich des geplanten Schiffsanlegers ist durch Sedimente der Weichsel-Kaltzeit und Elster-Kaltzeit geprägt. Bei den Ablagerungen der Weichsel-Kaltzeit handelt es sich um fein- bis grobkörnige Talsande. Landseitig werden die Talsande der Weichsel-Kaltzeit vom Lauenburger Ton der späten Elster-Kaltzeit unterlagert. Seeseitig keilt der Lauenburger Ton aus und wurde somit im Bereich des geplanten Schiffsanlegers nicht angetroffen. Die überwiegend fein- bis grobkörnigen Sedimente der Weichselkaltzeit gehen somit direkt in die überwiegend mittel- bis grobkörnigen Sedimente der Elster-Kaltzeit über.

Erdbeben, Massenbewegungen/Rutschungen, Erdfälle, Dolinen und Senkungen infolge Auswaschungen, welche allgemein als natürliche Georisiken subsummiert werden, sind im betrachteten Gebiet der Innenjade nicht zu erwarten.

Die geplante Baumaßnahme ist nach Eurocode 7-1, bzw. den Entscheidungshilfen in DIN 4020, der geotechnischen Kategorie GK 2 zuzuordnen. Unter GK2 fallen Bauwerke mit normalem Schwierigkeitsgrad, z.B. bei relevanten Setzungen von Pfählen, aktive Horizontalbelastung von Pfählen.

4.8.4 Umfang der Untersuchungen

Die Baugrunderkundungen wurden mithilfe der Fugro Jack-Up-Plattform Aran 250 ausgeführt, welche speziell für küstennahe geotechnische Erkundungen und Bauaktivitäten konstruiert wurde. Die Plattform besitzt vier Hubstempel, welche die Plattform aufrichten und damit Arbeiten in bis zu 30 Meter Wassertiefe erlauben, sowie einen Büro-, einen Labor- und diverse Ausrüstungscontainer. Insgesamt wurden im Untersuchungsgebiet folgende Maßnahmen ausgeführt und geodätisch eingemessen:

* Bezogen auf die Richtung Fahrrinne liegende Außenkante des LNG Tankschiffes beim Entladen

- 8 x Drucksondierungen (CPT Cone Penetration Test) nach DIN EN ISO 22476-1 mit Sondiertiefen zwischen 10,60 m und 46,80 m unter dem Meeresboden.
- 4 x Vibrationsbohren nach DIN EN ISO 22475-1:2022 Tab. 1 Zeile 7 in Verbindung mit Rotationskernbohrung nach DIN EN ISO 22475-1:2022 Tab. 1 Zeile 2c und 3 mit Erkundungstiefen zwischen 10,5 m bis 60,0 m unter dem Meeresboden.
- Bohrungen im Bereich von geplanten Anlegedalben (Berthing-Dalben) sind mit „BD-BH“ und Bohrungen im Bereich von geplanten Festmachdalben (Mooring-Dalben) sind mit „MD-BH“ gekennzeichnet.

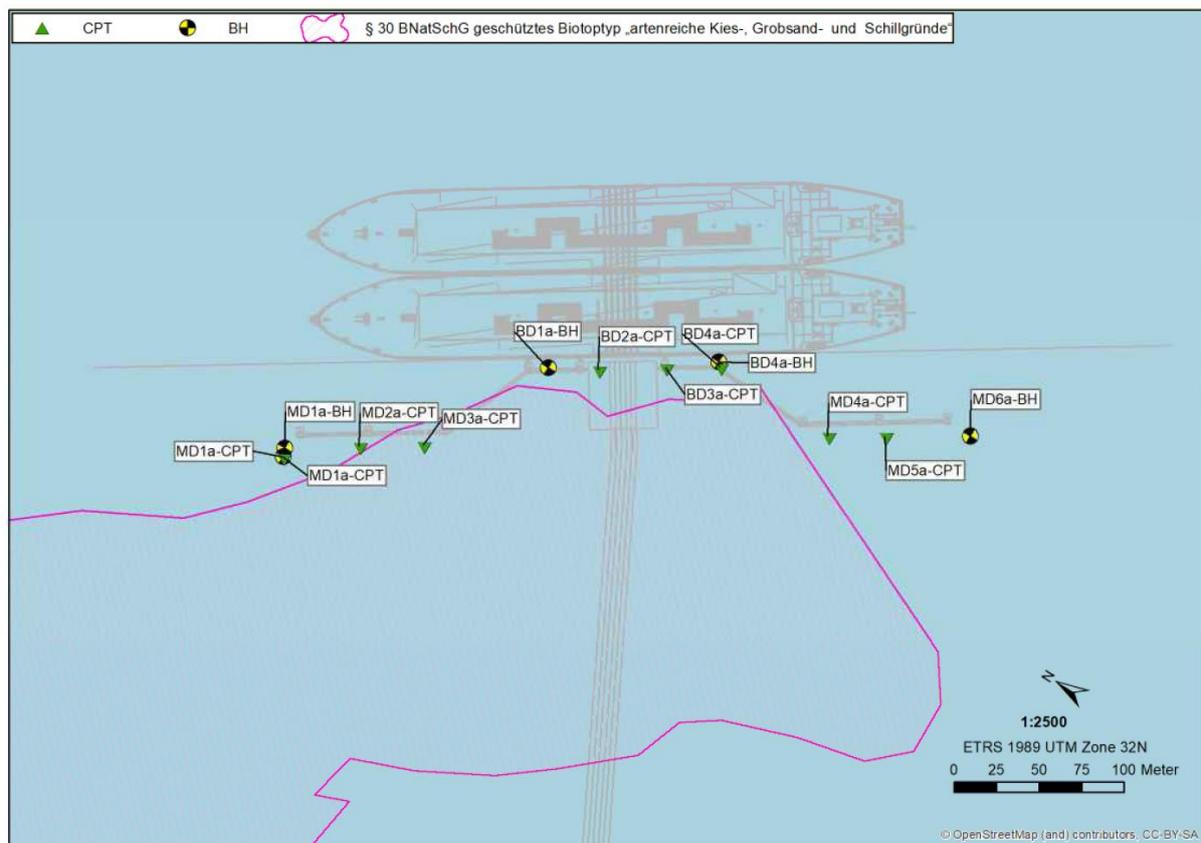


Abbildung 24: Lage der Bohrkern (ursprünglich geplante Position)

Zu den Laboruntersuchungen der Proben gehörten, je nach Eigenschaften des angetroffenen Bodens, Siebanalysen bzw. kombinierte Sieb-/Schlammanalysen zur Bestimmung der Kornverteilung und weitere Klassifikationstests zur Bestimmung von Glühverlust, Kalkgehalt und der Konsistenzgrenzen. Weiterhin wurden an ausgesuchten Proben isotrop konsolidierte, dränierte Triaxialversuche (TxCID) durchgeführt, um die effektiven Scherparameter c' und ϕ' sowie die Spannungs-Dehnungs-Beziehungen am Sand zu bestimmen.

4.8.5 Baugrundbeschreibung

Die angetroffenen Schichten sind auf Grundlage der Feldansprachen und durchgeführten bodenmechanischen Laborversuchen geotechnisch und bautechnisch klassifiziert und eingeordnet. Auf Grundlage der 4 durchgeführten Bohrungen wurden im Bereich des geplanten Schiffsanlegers 5 geologische Schichten identifiziert, wobei 3 Schichten in vorrangig rollige Böden und 2 Schichten in vorrangig bindigen Böden eingeordnet werden.

Tabelle 9: Zusammenfassung der primären geologischen Schichten

Schicht	Tiefe von -bis [m u. MB] ¹	Schichtbeschreibung	Genese
0	0,0 – 3,0	Tonseitiger Sand (ST) bis Ton (TI, TM)	Holozän – marine Ablagerung
2	-	Ton (TA)	Lauenburger Ton wurde nur landseitig erkundet und keilt wasserseitig, nordöstlich des Deiches aus; wasserseitig wurde kein Lauenburger ton erkundet
3A	15,0 – 60,0	Sand (SU – SU*) (Feinsand bis Grobsand)	Elster-Kaltzeit – glazifluviale Ablagerungen
3B	15,0 – 60,0	Sand (SU – SU*) (Feinsand bis Grobsand)	Elster-Kaltzeit – glazifluviale Ablagerungen
3C	3,0 – 15,0	Toniger Sand (ST)	Elster-Kaltzeit/Weichsel – Kaltzeit-Geschiebesand

1) MB = Meeresboden

Aufschluss: BD1a-BH			
Projekt: Tree Energy Solutions Germany NGE 2050 - preliminary nearshore SI			
Auftraggeber:	Tree Energy Solutions GmbH	Rechtswert: 442442	Bohrbeginn: 23.11.2022
Bohrfirma:	Fugro	Hochwert: 5942903	Bohrende: 25.11.2022
Erfassungsdatum im Gelände:	25.11.2022	Ansatzhöhe: -14,40 m	Endteufe: 51,00 m

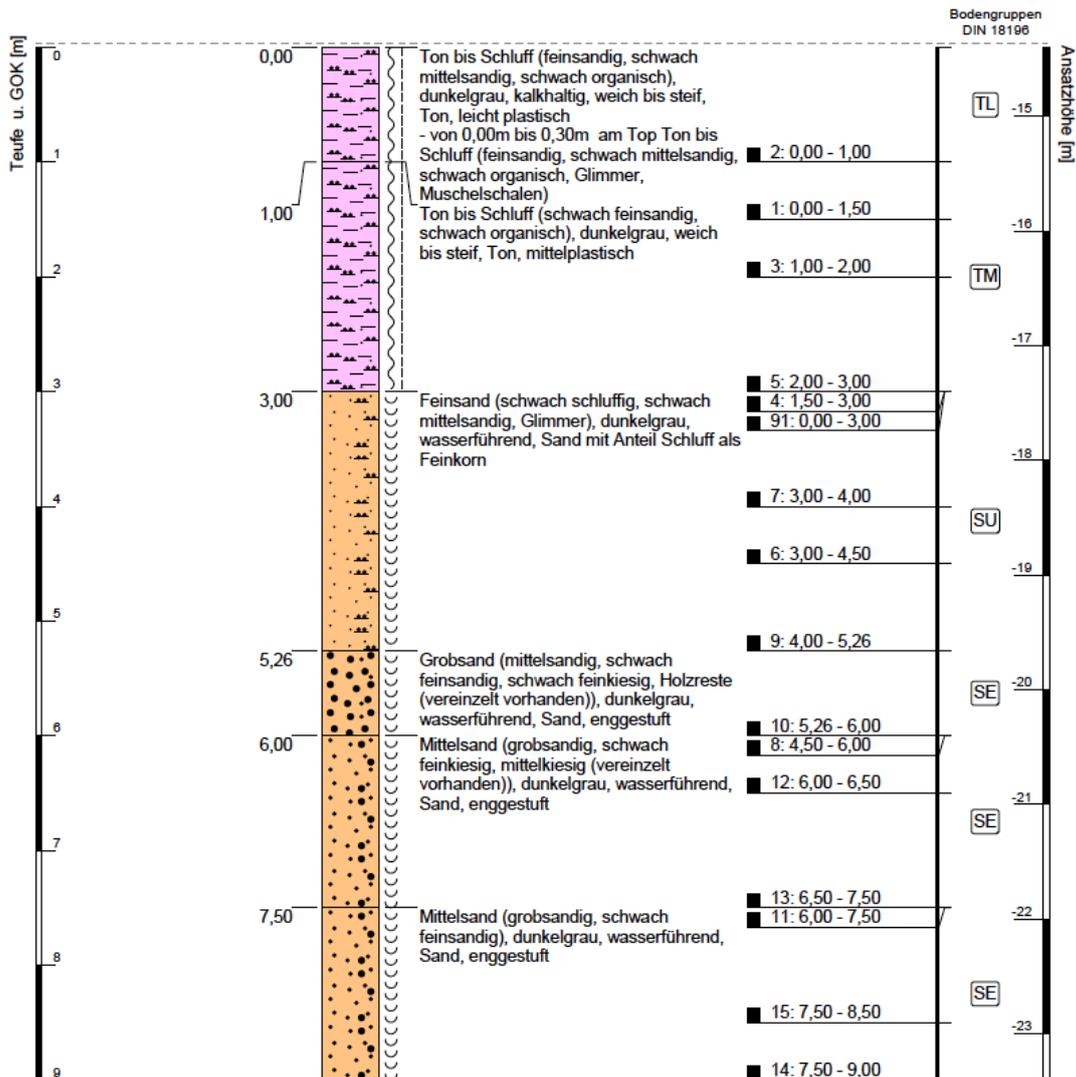


Abbildung 25: Auszug aus Bohrkernanalyse für BD1

4.8.6 Geotechnische Beurteilung

Die charakteristischen Kennwerte der angetroffenen Schichten sind in nachfolgender Tabelle zusammengefasst. Die Bodenwichten und Scherfestigkeiten gehen größtenteils aus Erfahrungswerten aus geologisch vergleichbaren Böden hervor. Derartige Erfahrungswerte sind in der DIN 1055-2 /N14/ bzw. in der EAU 2020 /N19/ enthalten. Weiterhin wurden auch bodenmechanische Laborversuche herangezogen.

Tabelle 10: Charakteristische Bodenkennwerte

Schicht	Wichte γ_k / γ'_k [kN/m ³]	Reibungs- winkel φ'_k [°]	Kohäsion / Undränirte Scherfestigkeit $c' / c_{u,k}$ [kN/m ²]	Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m ²]	Durchlässig- keitsbeiwert k [m/s]
0	20,0/10,0	25,0	5/70	1 - 3	1×10^{-5} - 1×10^{-9}
3A	18,0 / 10,0	32,5	-/-	40 - 100	2×10^{-5} - 1×10^{-7}
3B	18,0/10,35	37,5 ¹ /35,0 ²	-/-	40 140	1×10^{-4} - 1×10^{-5}
3C	18,0/10,0	32,5	-/-	-	2×10^{-5} - 1×10^{-6}

¹effektiver Reibungswinkel bei max. Deviatorspannung bis 3,0% Dehnung $\varepsilon_1 \leq 3$

²effektiver Reibungswinkel bei > 3,0% bis 10% Dehnung ($3\% < \varepsilon_1 \leq 3$)

Tabelle 11: Homogenbereiche nach VOB/C

Schicht	DIN 18301 Bohrarbeiten	DIN 18304 Ramm-, Rüttel-, Pressarbeiten
0 – marine Ablagerung	Bohr -1	Ramm - 1
3A – Sand mit 5% Feinbestandteile	Bohr -2 / Bohr -3	Ramm – 2 / Ramm - 3
3B – Reinsan	Bohr -2 / Bohr -3	Ramm – 2 / Ramm – 3
3C - Geschiebesand	Bohr -2 / Bohr -3	Ramm – 2 / Ramm - 3

1) Bohr-2 = Bereiche mit $q_c < 25$ MPa; Bohr-3 = Bereiche mit $q_c > 25$ MPa

Tabelle 12: Homogenbereiche nach VOB/C

Schicht	DIN 18304 Ramm-, Rüttel-, Pressarbeiten	Rammpbarkeit ¹ Ramm- 2 / Ramm-3	Rüttelbarkeit ² Ramm-2 / Ramm-3
0 - marine Ablagerung	Ramm-1	-	-
3A - Sand mit > 5% Feinbestandteile	Ramm-2 / Ramm-3	schwer / sehr schwer	sehr schwierig / nicht geeignet
3B - Reinsand	Ramm-2 / Ramm-3	schwer / sehr schwer	sehr schwierig / nicht geeignet
3C - Geschiebesand	Ramm-2 / Ramm-3	mittelschwer/sehr schwer	geeignet / sehr schwierig

¹Ramm-2 = Bereiche mit $q_c < 25$ MPa; Ramm-3 = Bereiche mit $q_c > 25$ MPa

²Ramm-2 = Bereiche mit $q_c < 20$ MPa; Ramm-3 = Bereiche mit $q_c > 20$ MPa

4.8.7 Designbodenprofil für die statischen Berechnungen

Auf Basis der Ergebnisse der geotechnischen Untersuchung wurde für die statischen Berechnungen der Pfähle ein Designbodenprofil sowie eine Rammpbarkeit-Analyse erstellt, vgl. hierzu Anhang „08.1_Statische Berechnung Pfahlfundamente_2003.08“ in Kapitel „08 Statische Nachweise“ der Antragsunterlagen, sowie 4.7.1.

4.8.8 Analysen nach GÜBAK

Die Bundesanstalt für Gewässerkunde hat die „Gemeinsamen Übergangsbestimmungen zum Umgang mit Baggergut im Küstenbereich“ (GÜBAK) erlassen. Diese Vorschrift ist im Rahmen des Vorhabens zu beachten. Die Analyseergebnisse gemäß GÜBAK für die Proben aus der geotechnischen Untersuchung finden sich in Anhang J9 zum Bericht und sind den Antragsunterlagen als Dokument „10.02_Appendix J9 Sedimentanalysen GÜBAK“ beigefügt. Nähere Informationen siehe 4.21.5.

Es wurden darüber hinaus weitere Sedimentanalysen im Plangebiet durchgeführt. Die Analysenanzahl entspricht den Vorgaben der GÜBAK. Die Ergebnisse bestätigen die Einhaltung der Grenzwerte gemäß GÜBAK, es wurden keine Überschreitungen festgestellt. Hierauf wird ausführlich in Kapitel „27 Erlaubnis Einbringen von Baggergut §8 §10 WHG“ der Antragsunterlagen sowie in Abschnitt 4.21 eingegangen.

4.9 Planungs- und Entwurfsgrundlagen

4.9.1 Bericht zur Entwurfsgrundlage und Einleitung

Die wesentlichen Grundlagen für die Planung und den Entwurf sind in „11.01_Bericht über die Entwurfsgrundlage_2001.08“ in Kapitel „11 Planungs- und Entwurfsgrundlagen“ der Antragsunterlagen enthalten. Studie enthält die wesentlichen Entwurfsgrundlagen für den Schiffsanleger, die Liegewanne, den Zufahrtbereich einschließlich des Wendbeckens. Das Dokument enthält funktionale, technische Anforderungen und Grundlagen, die in Abstimmung mit den zuständigen Fachbehörden und Beteiligten von der TdV zu berücksichtigen sind. Hierzu gehören z.B. Sicherheitsabstände, Vorgaben für die zu betrachtenden Lastfälle, Modellschiffe und Umweltbedingungen. Da das Dokument ursprünglich für die Entwurfsplanung des Energieparks und der wasserseitigen Infrastruktur gedacht war, wird vereinzelt auch auf die möglichen späteren Planungen (Phase 2 und Phase 3 des Energieparks) eingegangen. Diese Informationen sind nachrichtlich zu verstehen und nicht Bestandteil des Vorhabens. Der Bericht über die Entwurfsgrundlage wird im Rahmen der weiteren Entwurfs- und Ausführungsplanung kontinuierlich fortgeschrieben. Die TdV wird im Laufe des Verfahrens aktualisierte Versionen einreichen, sofern dies notwendig ist. Nachfolgend werden einige wesentliche Aspekte für die Positionierung, beispielhaft dargelegt. Weitere Details finden sich im Bericht über die Entwurfsgrundlage und den Antragsunterlagen.

4.9.2 Position

Bei der Auswahl der Position des neuen Schiffsanlegers einschließlich der Zufahrt sind unterschiedliche Aspekte zu berücksichtigen, die nachfolgend näher erläutert werden.

4.9.2.1 Auswirkungen auf den bestehenden Schiffsverkehr und Einordnung in die vorhandene Hafeninfrastruktur

Die Auswirkungen auf den bisherigen Schiffsverkehr müssen berücksichtigt werden. Hierzu wurden mehrere Studien und Gutachten erstellt, siehe insbesondere Kapitel „14 Nautische Studien und Risikoanalyse“ der Antragsunterlagen.

4.9.2.2 Sicherheitsabstände Betrieb (nachrichtlich)

LNG bzw. Erdgas besteht überwiegend aus Methan. Methan ist als extrem entzündbares Gas eingestuft. Die FSRU unterliegt daher besonderen Sicherheitsvorschriften wie z. B.:

- 12. BImSchV (Störfallverordnung)
- IGC-Code - Internationaler Gastankschiff-Code: Internationaler Code für den Bau und die Ausrüstung von Schiffen zur Beförderung verflüssigter Gase als Massengut

4.9.3 Ausrichtung des Schiffsanlegers zur Hauptströmungsrichtung

Die optimale Ausrichtung des neuen Schiffsanlegers muss zur Minimierung der morphologischen Reaktionen sowie zur Minimierung von Bauwerkslasten, z.B. Querkräfte durch die am Anleger vertäuten Schiffe, hydrodynamisch bestimmt werden. Die Ausrichtung erfolgte auf Basis der Ergebnisse der Messkampagne und der hydrodynamischen Untersuchungen.

Die Ausrichtung des neuen Anlegers ist geplant auf: 321,8 r.w.N °

Im Vergleich mit den Werten für den ca. 1.300 m nördlich gelegen Anleger UVG zeigt sich, dass die Modellierung von IMDC plausible Ergebnisse für die Ausrichtung des Anlegers liefert.

Tabelle 13: Vergleichsdaten Hauptströmungsausrichtung

Quelle	Flutstromrichtung (r.w.N °)	Ebbestromrichtung (r.w.N.°)	Richtung Differenz °
Simulation Daten 2018 IMDC	141,5	323,5	+2
Strömungsmessungen IMDC 2023	139	321	+2
Vergleichswerte UVG ca. 1.300 m nördlich des Plangebietes1			
Messung 2019/20	141	324	+3
DHI-Modell 2019	142	320	-2
Peilungen seit 2018	142	322	+/- 0

Wie zu sehen ist, besteht zwischen der Flut- und Ebbestromungsrichtung meist eine geringe Differenz. Bei der Ausrichtung ist daher zu berücksichtigen, welche der beiden Strömungsrichtungen eine stabilere Beurteilungsgrundlage ergeben.

4.10 Alternativenprüfung

4.10.1 Einleitung

Das LNGG sieht den Betrieb der FSRU am Voslapper Groden Nord 2 vor. Am Voslapper Groden Nord 2 wurde die Lage des Anlegers als vorzugswürdig ermittelt.

Ausgangspunkt für die Alternativenprüfung ist § 2 Abs. 2 LNGG i. V. m. der Anlage zu § 2 LNGG sowie § 3 LNGG. Mit diesen Regelungen hat der Gesetzgeber zum Ausdruck gebracht, dass die in der Anlage zu § 2 LNGG genannten Standorte für die Erfüllung des Gesetzeszwecks von herausragender Eignung sind. Der von der TdV gewählte Standort Voslapper Groden Nord 2 wird in Nr. 2.3 der Anlage zu § 2 LNGG im Sinne einer gesetzlichen Bedarfsplanung ausdrücklich aufgeführt. Die vom Gesetzgeber genannten Standorte sind für die TdV verbindlich., wobei die gesetzliche Bedarfsplanung die Prüfung der sog. Nullvariante dabei nicht ausschließt.

Der in Nr. 2.3 der Anlage zu § 2 LNGG genannte Standort Voslapper Groden Nord 2 bezieht sich auf die seeseitige Fläche zwischen der UVG-Brücke und den HES-Anlegern, die an das landseitige Grundstück der TES angrenzt. Auf dem landseitigen Grundstück der TES soll zukünftig das in Nr. 2.4 der Anlage zu § 2 LNGG aufgeführte Flüssigerdgas-Landterminal entstehen. Da der Gesetzgeber in der Anlage zum LNGG den Standort Voslapper Groden Nord 2 als Vorhabenstandort für eine weitere FSRU in Wilhelmshaven verbindlich festgelegt hat, ist in der Alternativenprüfung nur zu untersuchen, ob sich innerhalb der seeseitigen Fläche zwischen der UVG-Brücke und den HES-Anlegern ein besserer als der von der TdV ausgewählte Standort ermitteln lässt, insbesondere ob es Ausführungsvarianten gibt, bei denen die Eingriffsintensität in das nach § 30 BNatSchG geschützte Biotop geringer ist.

1 Erläuterungsbericht Planfeststellungsantrag LNG Terminal Wilhelmshaven, N-Ports öffentliche Fassung 07.07.2022

4.10.2 Standortauswahl und Kriterien

Der Standort Voslapper Groden Nord 2 erfüllt die für das Gesamtvorhaben erforderlichen Kriterien, insbesondere:

Hauptkriterien:

- direkte Anbindung an die Hauptfahrrinne
- kurze Revierfahrt
- ausreichender Sicherheitsabstand zum Fahrwasser
- keine Beeinträchtigung des übrigen Schiffsverkehrs
- Zufahrt zu den HES-Anlegern 1 und 2/3 möglich
- ausreichender Sicherheitsabstand zu benachbarten Anlagen
- Liegewanne, Zufahrt und Wendebecken mit erforderlicher Größe und ausreichendem Tiefgang von mind. -14.0 mSKN
- kurze Entfernung zum Erdgasnetz und Zugang zur Einbindeleitung WAL II
- Hohe Verfügbarkeit, freie Kapazitäten
- Spezifische Anpassung der Anlegerstruktur ist schnell umsetzbar
 - Ausreichende Dimensionierung für FSRU und LNGC
 - Statische Bemessung für FSRU und LNGC ausreichend
 - Sicherheitseinrichtungen z.B. Schnelllöseeinrichtungen, Ex-Schutz, Brandschutz
 - Anpassung an das Gastransfersystem

Weitere Kriterien

Bei dem Vorhaben handelt es sich um ein zeitkritisches Projekt. Die FSRU soll den Betrieb im Winter 2023/24 aufnehmen, um damit in der nächsten Heizperiode einen maßgeblichen Beitrag zur Gasversorgung leisten zu können. Deshalb sind bei der Variantenprüfung weitere, zeitrelevante Aspekte zu berücksichtigen.

1. Abstimmung mit Beteiligten wie
 - Zulassungsbehörden zur grundsätzlichen Genehmigungsfähigkeit und Umfang der einzureichenden Unterlagen
 - WSA als zuständige Behörde der Eigentümerin der Wasserstraße
 - Hafenbehörden und Hafenverwaltungen
 - Anlieger
2. Ausreichende Informationen und Daten zur Bestandssituation
 - Umweltbedingungen im Plangebiet wie Strömungsverhältnisse
 - Morphologische Situation
 - Peildaten
 - Geotechnische Untersuchungen

TES, die Muttergesellschaft der TdV, hat für den „Green Energy Hub Wilhelmshaven“ am Voslapper Groden Nord 2 im Plangebiet bereits Untersuchungen erstellt, die für die Variantenprüfung verwendet werden konnten.

3. Technisch und organisatorische Aspekte
 - Technische Umrüstung der FSRU und mögliche Liegezeiten
 - Lieferzeiten für die Anlagenteile (Dalben, Stahlbau)
 - Mögliche Zeitfenster für benötigtes Spezialequipment wie Schwimmkräne, Rammhämmer, Schallschutzeinrichtungen
 - Mögliche Zeitfenster für Dienstleistungen insbesondere Genehmigungs- und Planfeststellungsverfahren, Gutachten, Planungsleistungen, Bauüberwachungen
 - Dauer der Bauarbeiten

4.10.3 Variantenprüfung

Variante A

Aus den oben aufgeführten Kriterien und Rahmenbedingungen wurde eine Variante erarbeitet und als Planungsvariante verfolgt, mit der der Anleger in etwa mittig zwischen der UVG-Brücke und den HES-Anlegern außerhalb des Biotops in Richtung des Fahrwassers liegt, mit der Folge einer nur marginalen direkten Beeinträchtigung des Biotops (Variante A). Die TdV hat hierzu entsprechende Studien und Gutachten erstellt, um die Erfüllung der o.g. Kriterien zu prüfen. Die Variante liegt am Rande des Biotops und hat einen Abstand zur Fahrrinne von ca. 550 m, bezogen auf die Anlegedalben. Die direkte Beeinträchtigung des Biotops beträgt weniger 0,1 ha. Diese Variante wurde in der Antragskonferenz am 12.01.2023 vorgestellt.

Variante B

Das WSA Weser-Jade-Nordsee hat der TdV jedoch mitgeteilt, dass dieser Standort (Variante A) nicht genehmigungsfähig sei, da der erforderliche Mindestabstand vom Rand des Fahrwassers (Tonnenline) zum Anleger von 450 m bei dieser Variante nicht eingehalten werden könne. Die TdV hat aufgrund dieser Vorgabe den Standort näher in Richtung Küste gelegt (Variante B). Zwar liegt dieser Standort im gesetzlich geschützten Biotop, aber die Kriterien Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs, keine Beeinträchtigung der Anleger UVG-Brücke und HES sowie Geeignetheit zur Errichtung einer Anlegerstruktur werden gewahrt.

Im Zuge der weiteren Abstimmung zur Genehmigungsfähigkeit des Vorhabens hat das WSA verlangt, den Abstand zur Fahrrinne um ca. 150 m* zu erhöhen, um einen ausreichenden Sicherheitsabstand zum Hauptfahrwasser zu gewährleisten. Als Bezugslinie für den Sicherheitsabstand ist der Rand des Fahrwassers (Bojenline) anstelle der Fahrrinne sowie die äußere Seite (steuerbord) des beim Beladen an der FSRU anliegenden LNG-Tankschiffs zu verwenden. Daraufhin wurde die Planung überarbeitet und die Position des Anlegers Richtung Land verschoben. Die Gutachten und Studien wurden auf Basis der neuen Variante überarbeitet. Diese Variante B ist nunmehr Grundlage der Antragsunterlagen. Durch die Verschiebung erhöht sich die direkte Beeinträchtigung des Biotops auf ca. 8,4 ha.

Andere Varianten

Andere Varianten sind nicht ersichtlich. Aufgrund der Lage des Biotops kann eine Beeinträchtigung der Biotopflächen bei Wahrung des geforderten Sicherheitsabstandes zum Fahrwasser auch nicht bei einer Verschiebung des Standortes nördlich in Richtung UVG-Brücke oder – wie von HES vorgeschlagen – südlich in Richtung HES-Anleger vermieden werden, wobei eine Verschiebung auch zu Beeinträchtigungen des einen oder des anderen Anlegers geführt hätte. Eine Verschiebung nach Westen in Richtung Küste würde den Eingriff in das Biotop ebenfalls nicht verringern, weil es dann durch die Baggerarbeiten für den trichterförmigen Zufahrtbereich zum Fahrwasser noch erheblicher beeinträchtigt werden würde.

Die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs ist, auch angesichts des abstrakten Risikopotentials von LNG-Tankern, ein hohes Gut. Hinter diesem Belang muss der Biotopschutz zurücktreten, zumal der gewählte Standort die Erreichbarkeit des HES-Anlegers sicherstellt.

* Bezogen auf die Richtung Fahrrinne liegende Außenkante des LNG Tankschiffes beim Entladen

4.10.4 Schlussfolgerung

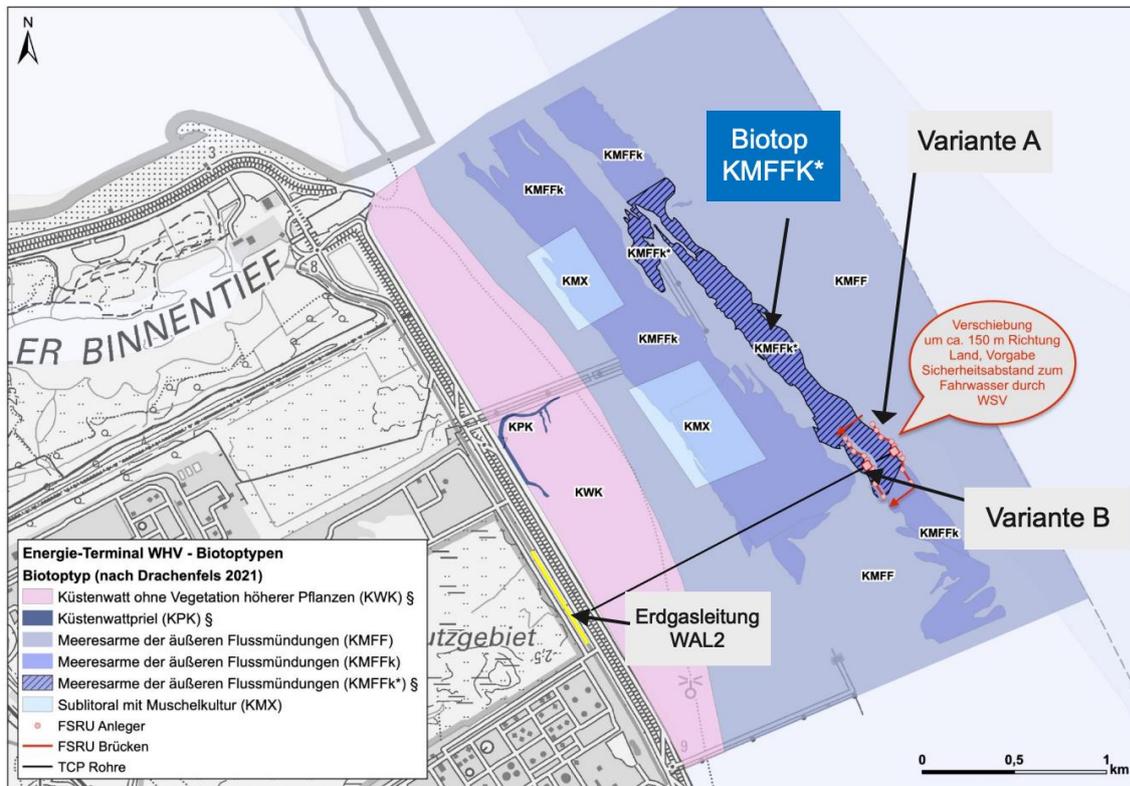


Abbildung 27: Variantenprüfung

Tabelle 14: Ergebnis Variantenprüfung

Kriterium	Variante A	Variante B	Bemerkung
Erfüllung Hauptkriterien	Ja ²	Ja	
Einhaltung Mindestabstände zum Fahrwasser	Nein	Ja	Vorgabe WSA
Genehmigungsfähigkeit gegeben	Nein	Ja	Vorgabe WSA
Datengrundlage ausreichend	Ja	Ja	
Technische Umsetzung möglich	Ja	Ja	
Direkte Auswirkung auf Biotop ³	< 0,1 ha	8,5 ha	
Befreiung nach § 67 BNatSchG. erforderlich	Ja	Ja	

Fazit

Im Ergebnis ist kein Standort ersichtlich, der den Grundsatz geringstmöglicher Beeinträchtigung öffentlicher und privater Interessen besser wahrt als der gewählte Standort (Variante B). Die Variante A scheidet wegen der Vorgabe des WSA zum Sicherheitsabstand als Option aus. Variante B erfüllt alle Kriterien. Die Beeinträchtigung des gesetzlich geschützten KMFFk*-Biotopes lässt sich innerhalb des seeseitigen Bereichs nicht vermeiden bzw. minimieren. Die Variante B beeinträchtigt den Betrieb der bereits bestehenden Anleger (UVG-Brücke und HES-Anleger) nicht. Sie wahrt einen möglichst großen Abstand zu den beiden Anlegern (der Betrieb der FSRU unterliegt der Störfallverordnung) und einen ausreichend großen Sicherheitsabstand zum Fahrwasser und ist zur schnellstmöglichen Errichtung eines FSRU-Anlegers geeignet.

² Mit Ausnahme Sicherheitsabstand zum Fahrwasser

³ Als direkte Auswirkung wird der Verlust an Biotopfläche angegeben.

4.11 Umweltbedingungen und hydrodynamische Studien

4.11.1 Einleitung und Methodik

Für Planung, den Bau, Unterhalt und Betrieb des Vorhabens sind detaillierte Kenntnisse der Umweltbedingungen auch bei seltenen Extremwetterverhältnissen erforderlich. Hierzu gehören u.a. minimale und maximale Wasserstände, Windgeschwindigkeiten und Richtungen, Wellen (Höhe, Frequenz), Gezeitenströmungen. Im Offshore- und Küsteningenieurwesen wird dafür „Metocean“ als Abkürzung von Meteorologie und Ozeanographie verwendet.

Am Projektstandort befinden sich direkt keine baulichen Strukturen an denen regelmäßige und umfassende Messungen der Umgebungsbedingungen durchgeführt wurden. Es ist deshalb notwendig, die relevanten Umweltbedingungen durch vorhandene Daten aus dem Umfeld, Messungen am Standort und der Hilfe von numerischen Modellen zu ermitteln. Hierbei sind sowohl die Bedingungen unmittelbar am Projektstandort relevant, beispielsweise zur Bestimmung der Mindesttiefe der Liegewanne und Zufahrt, sowie auf die Bauwerke wirkenden Wind- und Wellenkräfte, als auch die Umweltbedingungen in einem größeren Umfeld. Diese Daten sind erforderlich für die Verteilung der Sedimentfrachten während der Baggerarbeiten sowie die lang- und kurzfristigen morphologischen Veränderungen durch das Vorhaben. Die Daten werden auch für Ausbreitungsrechnungen der Temperaturfrachten von eingeleiteten Prozesswässern in der Jade verwendet (nachrichtlich).

Für die Planung des Vorhabens relevante, wesentliche Umweltbedingungen (bzw. Umgebungsbedingungen) sind beschrieben in „12.1_Bericht über die Umweltbedingungen_2014.07_Rev01“. Dieser Bericht beschreibt auch die Grundlagen für die hydrodynamischen Simulationen und stellt daher eine wichtige Datenbasis dar.

Ziel des Berichts ist die Untersuchung der metoceanen Verhältnisse im Jadebusen und speziell am Projektstandort. Zu diesem Zweck wurden gemessene historische Wind-, Wellen- und Wasserbaumaßnahmen aus der näheren Umgebung sowie standortbezogene Daten untersucht, die durch numerische Modellierung von Wellen und Gezeitenströmungen gewonnen wurden. Für Letztere wurden hydrodynamische Simulationen des Referenzstadiums (ohne Vorhaben) und des Projektstadiums (mit Vorhaben) durchgeführt, um einen Einblick in die lokalen hydrodynamischen Verhältnisse zu gewinnen und die Auswirkungen des Vorhabens auf die lokale Hydrodynamik zu bewerten. Im Bericht wird das Vorhaben zum Teil als „Kurzzeitprojekt“ bezeichnet. Dies bezieht sich auf die schnelle Umsetzung des Projekts und wurde zur Unterscheidung des Langzeitprojektes (Energiepark) von IMDC verwendet.

Es werden verschiedene Referenzpegel zur Beschreibung der Wasserstände verwendet.

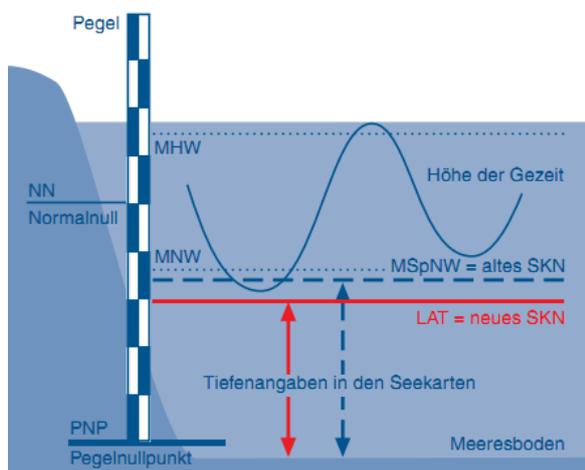


Abbildung 28: Nautische Referenzniveaus für den Projektstandort

MW = Mittel Wasser = NHN = Normalhöhennull

SKN = Seekartennull = LAT (Niedrigste astronomische Tide).

Am Projektstandort beträgt der Unterschied: MW [m] zu SKN [m] - 2.49



Abbildung 29: Referenzort „Leuchtturm Alte Weser“

4.11.2 Kurzzusammenfassung der Ergebnisse

Die umfangreichen Details zur Ermittlung der Umweltbedingungen lassen sich für die wichtigen Parameter für die Planung und Auslegung auf der Grundlage der Ergebnisse der 100-jährlichen wiederkehrenden Verhältnisse am Projektstandort wie folgt zusammenfassen:

- Windgeschwindigkeit = 27,8 m/s, kommend aus einer NNW-Richtung
- Oberer Pegelstand = 4,67 m MW (Mittel Wasser)
- Unterer Pegelstand = -3,21 m MW (Mittel Wasser)
- Dünungswellenverhältnisse = 0,4 m aus NNO und Nord mit einer T_p von 6,7 bzw. 8,7 s.
- Lokale, vom Wind erzeugte Wellenverhältnisse = 2,1 m, Richtung 347°N und mit einer T_p von 5,2 s
- Maximale, über die Tiefe gemittelte Gezeitenströmung = 1,88 m/s (erhöht sich mit Wendebecken und FSRU um 0,1 m/s)

Dies wird in den folgenden Abschnitten näher erläutert.

4.11.3 Wind

Windmessungen vom Leuchtturm Alte Weser sind beim Deutschen Wetterdienst (DWD) Climate-Data-Center (CDC) erhältlich. Der Leuchtturm Alte Weser befindet sich auf 53,86 °N; 8,13 °E am äußeren Rand der Wesermündung in der Deutschen Bucht. Die Windmessungen werden bis zum 25. April 2007 auf einer Höhe von 42,6 m über MW und seitdem auf 41 m über MW durchgeführt. Die Daten werden „wie beobachtet“ zur Verfügung gestellt, eine Homogenisierung wurde vom DWD nicht vorgenommen. Die Daten sind auf 10 m über NHN skaliert, wobei ein logarithmisches vertikales Windprofil und eine Oberflächenrauigkeit von 0,0002 m angenommen wird.

Die Windmessungen an der Alten Weser werden als repräsentativ für die Wesermündung angesehen. Darüber hinaus werden die an der Alten Weser gemessenen mittleren Windgeschwindigkeiten als konservativ für den Projektstandort angesehen. Im Untersuchungsgebiet werden die Winde aus der westlichen Hälfte durch die Oberflächenrauigkeit des angrenzenden Landes beeinflusst. Die im Vergleich zur Wasseroberfläche relativ hohe Oberflächenrauigkeit über Land übt eine höhere Widerstandskraft auf die Windgeschwindigkeit aus, wodurch die mittlere Windgeschwindigkeit abnimmt, und die Turbulenz zunimmt.

Abbildung 30 zeigt, dass in der Region südwestliche Winde vorherrschen. Die richtungsbezogenen Extremwertverteilungen für jeden Sektor sind in Abbildung 31 zu sehen. Die maximale Spitzenwindgeschwindigkeit beträgt 27,8 m/s, kommend aus einer NNW-Richtung.

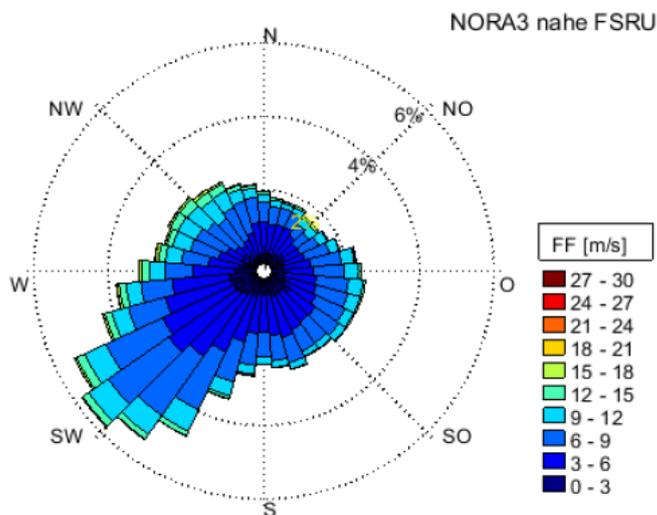


Abbildung 30: Windverteilung am NORA3, in der Nähe des Projektstandorts

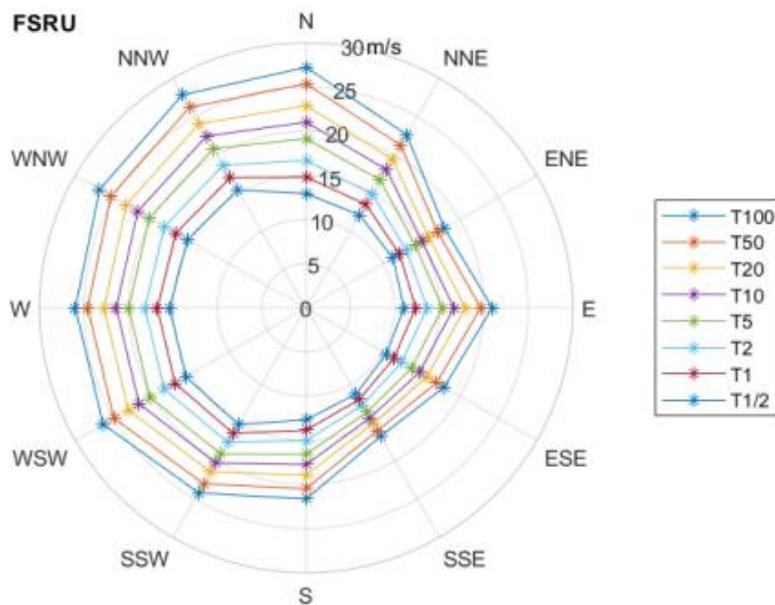


Abbildung 31: Spitzenwindgeschwindigkeiten für jeden Windsektor für verschiedene Wiederkehrperioden.

Tabelle 15: Spitzenwindgeschwindigkeiten für jeden Windsektor für verschiedene Wiederkehrperioden

		stündliche mittleren Windgeschwindigkeit											
		Nord	NNO	ONO	Ost	OSO	SSO	Süd	SSW	WSW	West	WNW	NNW
Wiederkehrperioden [Jahre]	100	27.2	22.6	18.0	21.0	17.9	16.8	21.6	24.2	26.4	26.0	26.8	27.8
	50	25.4	21.3	17.1	19.7	17.0	16.1	20.5	23.0	25.0	24.6	25.3	26.2
	20	22.9	19.4	15.9	17.9	15.7	15.1	18.9	21.5	23.1	22.7	23.3	24.1
	10	21.0	18.1	15.1	16.6	14.7	14.4	17.7	20.3	21.7	21.4	21.9	22.4
	5	19.1	16.7	14.2	15.3	13.7	13.6	16.6	19.1	20.3	20.0	20.4	20.8
	2	16.7	14.9	13.0	13.6	12.4	12.7	15.0	17.6	18.4	18.1	18.4	18.7
	1	14.8	13.5	12.1	12.3	11.4	12.0	13.8	16.4	17.0	16.7	16.9	17.0
	0.5	12.9	12.1	11.3	11.0	10.4	11.2	12.7	15.2	15.6	15.3	15.4	15.4

4.11.4 Wasserstände an Pegelstationen

Die Wasserstandsmessungen sind über die Küstendaten der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) verfügbar. Hauptmessstelle für diesen Abschnitt ist die Pegelstation Alte Weser. Die an dieser Station gemessenen Wasserstandsdaten liegen für den Zeitraum 1994 bis 2021 vor und werden, obwohl sie nicht den 18,6-jährigen Gezeitenzyklus abbilden, für eine sinnvolle weitere Analyse als ausreichend angesehen.

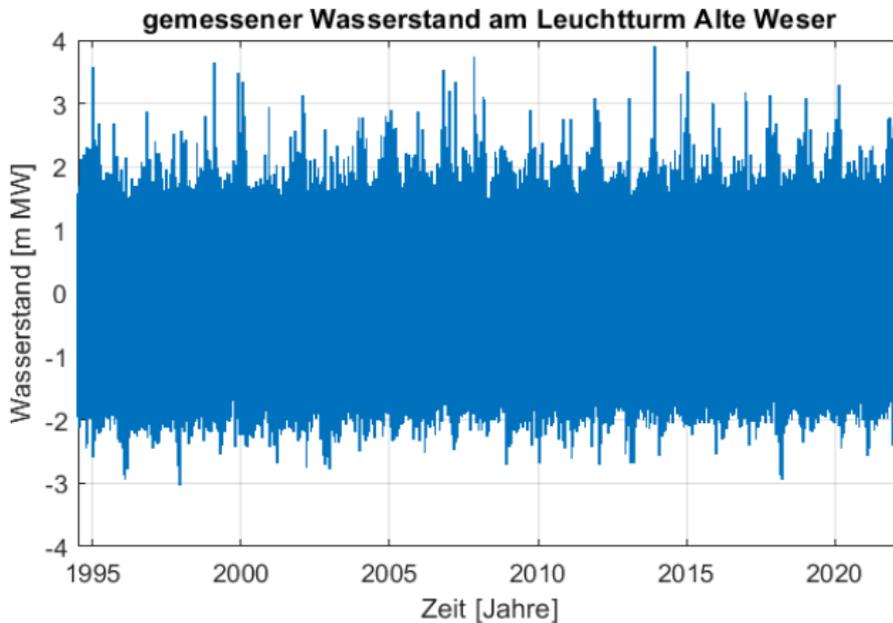


Abbildung 32: Wasserstände am Pegel Alte Weser

Tabelle 16: Extreme obere und untere Pegelstände für verschiedene Wiederkehrzeiträume am Leuchtturm Alte Weser und am Projektstandort

Rückgabefrist [Jahre]	Alte Weser		Projektstandort	
	Hochwasser [m MSL]	Niedrigwasser [m MSL]	Hochwasser [m MSL]	Niedrigwasser [m MSL]**
100	4.40	-3.21	4.67	-3.51
50	4.18	-3.13	4.44	-3.41
20	3.89	-3.01	4.14	-3.30
10	3.67	-2.92	3.91	-3.20
5	3.45	-2.81	3.68	-2.10
2	3.15	-2.68	3.37	-2.98
1	2.90	-2.58	3.11	-2.92

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

Für den Pegelort „Alte Weser“ liegen lückenlose, vollständige Daten auch zu anderen Bedingungen vor. Die Pegel an der Station „Alte Weser“ korrelieren sehr gut mit den Pegelständen Hooksielplate in der Nähe des Projektstandortes. Der Zusammenhang zwischen den Wasserständen am Leuchtturm Alte Weser und der Hooksielplate ist am stärksten ($R^2 = 0,9968$), wenn ein zeitlicher Abstand von 25 Minuten berücksichtigt wird, siehe Abbildung 33. Eine Umrechnung auf der Projektstand ist damit gut möglich.

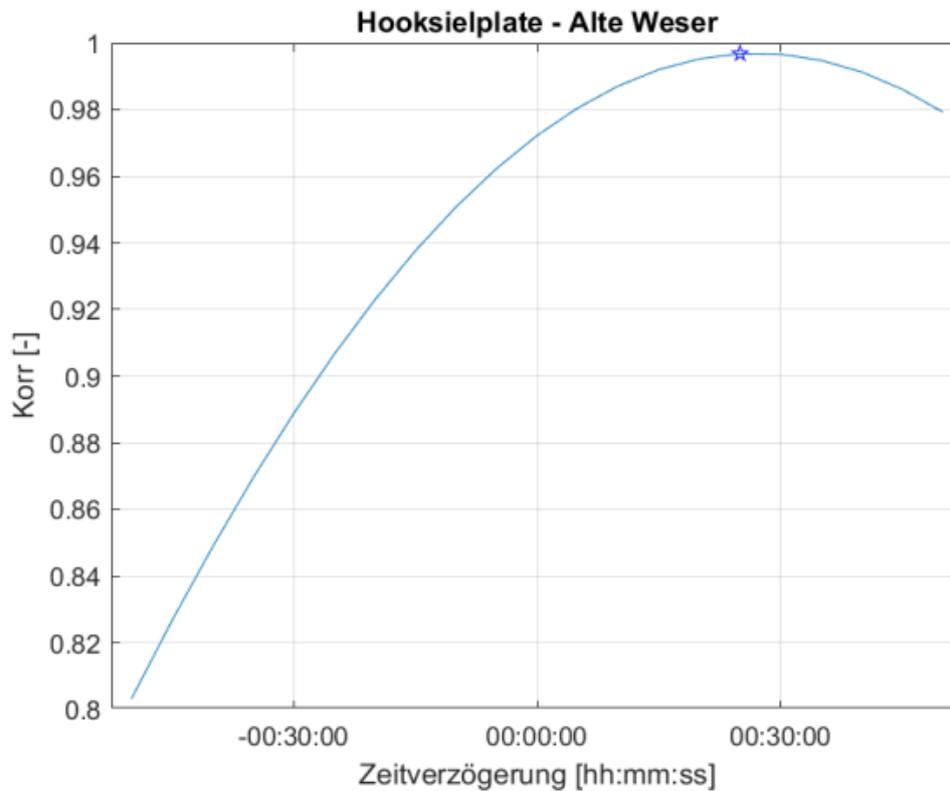


Abbildung 33: Korrelationskoeffizient zwischen Hooksielplate und Leuchtturm Alte Weser unter Berücksichtigung verschiedener Zeitabstände

4.11.5 Strömungen und Strömungsmodellierung

4.11.5.1 Modellaufbau

Für die hydrodynamischen Berechnungen wurde die Software TELEMAC-3D (v8p1 goblinsark) eingesetzt. TELEMAC-3D verwendet die Flachwassergleichungen, unter Verwendung einer Finite-Elemente-Methode, bei der alle Strömungsvariablen an den Knotenpunkten eines Rasternetzes liegen, das aus Prismen mit dreieckiger Grundfläche besteht. Die wichtigsten Ergebnisse sind für jeden Punkt des 3D-Rasternetzes die Geschwindigkeit in allen drei Richtungen und die Konzentrationen der bewegten Stoffe. Das Hauptergebnis auf dem Oberflächenrasternetz ist der Wasserstand.

Das Modell umfasst das gesamte Gebiet des Jade-Ästuars und einen großen Teil des Weser-Ästuars bis Bremen. Die Anzahl der Rechenknoten im Modellrasternetz variiert je nach Szenario, es besteht jedoch aus mehr als 150.000 Knoten in der Horizontalen, mit einer Elementgröße von 5 m bis 1.000 m. Für die vertikale Diskretisierung werden fünf vertikale Knoten verwendet. Dies führt zu einer Gesamtanzahl von mehr als 750.000 Knoten. Diese vertikalen Knoten befinden sich bei 0 %, 12 %, 30 %, 60 % und 100 % (ausgedrückt als Prozentsatz der Wassertiefe). Die Anzahl der vertikalen Knoten kann flexibel angepasst werden und wird zum Beispiel erhöht, wenn das vertikale Profil der Strömung untersucht wird.

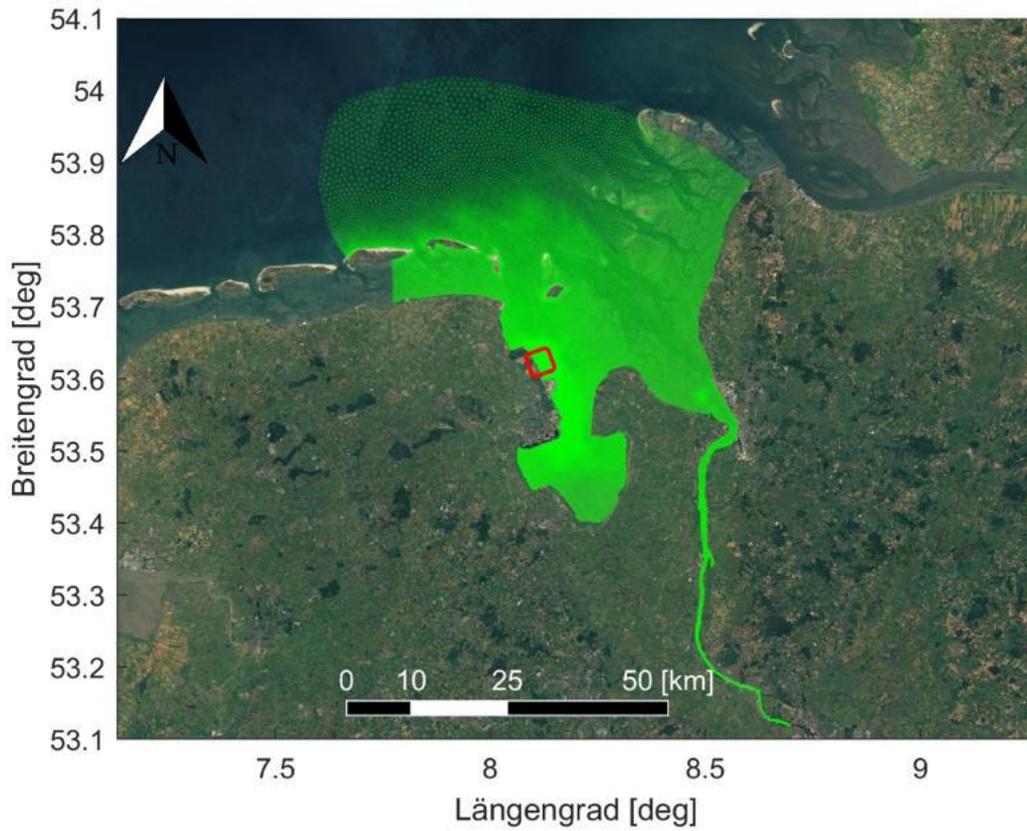


Abbildung 34: Berechnungsnetz des Jade-Weser-Modells

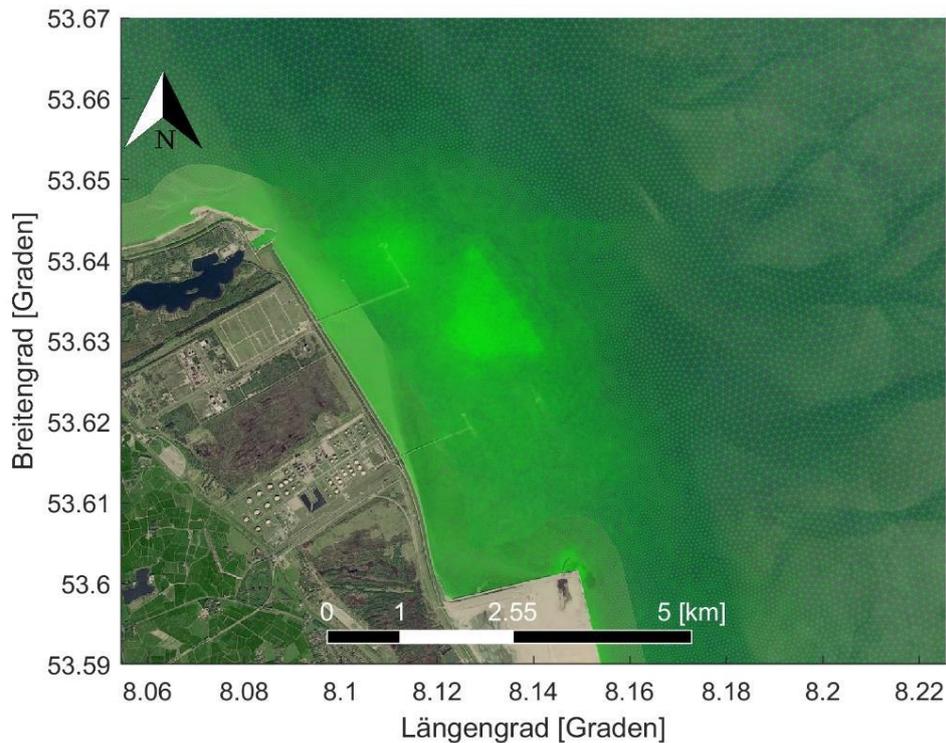


Abbildung 35: Vergrößerte Darstellung in der Nähe des Projektstandorts des Berechnungsrasternetzes für das Jade-Weser-Modell

Die Modell-Bathymetrie wurde mit Daten aus vier verschiedenen Datenquellen erstellt, die Daten aus den Jahren 2012 bis 2022 enthalten:

Tabelle 17: Datenquellen Modell-Bathymetrie

Name	Auflösung (m)	Quelle
„014_Zufahrt HES und LNG-Anleger_5 m Grid_19.24.01.22_SKN“	5x5	Kunde / TES
Emodnet 2020 Daten	150 x 150	https://www.emodnet-bathymetry.eu/
„DGM-W_2018_Jade_5x5m“	5x5	https://www.kuestendaten.de/Tideweser/DE/Service/Kartenthemen/Kartenthemen_node.html
„DGM-W_2012_Unterweser_Nebennfluesse_5x5m“	5x5	https://www.kuestendaten.de/Tideweser/DE/Service/Kartenthemen/Kartenthemen_node.html

Alle Daten werden auf den MW umgerechnet und anschließend auf das Berechnungsnetz interpoliert.

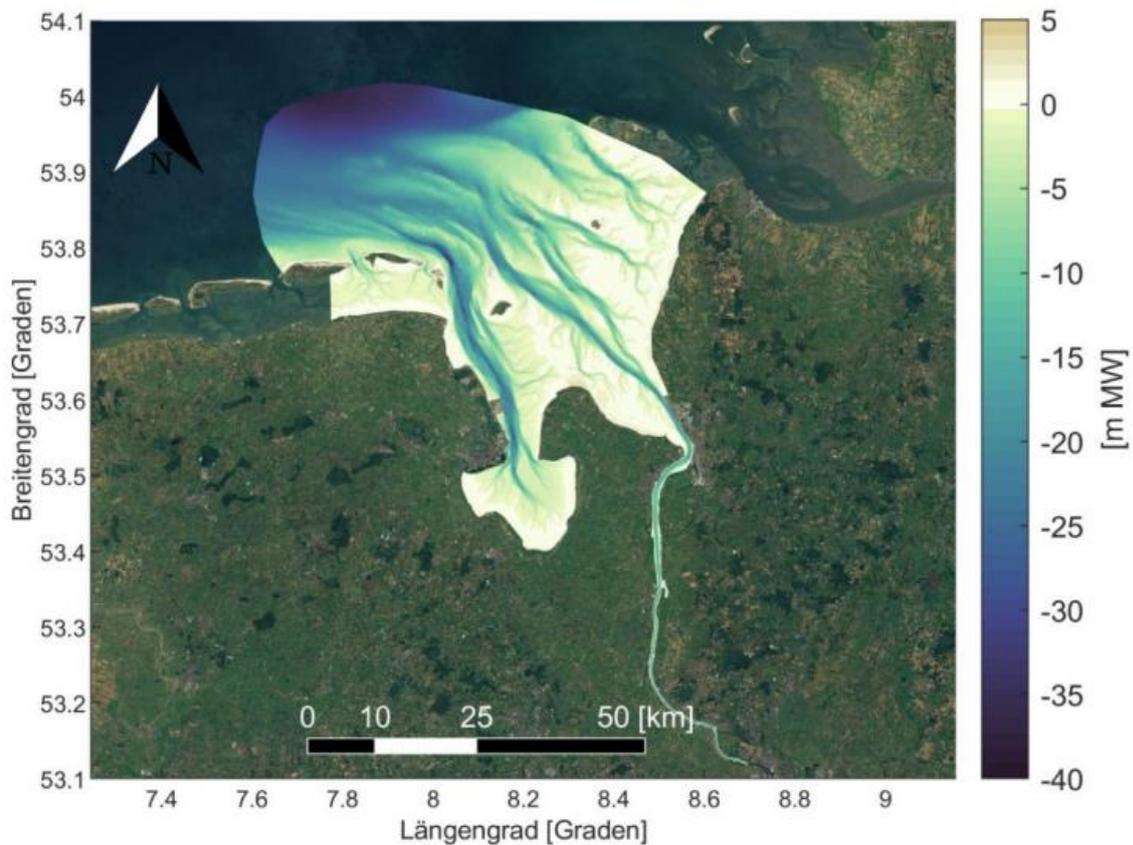


Abbildung 36: Modell-Bathymetrie [m MW] des Jade-Weser-Modells

Begrenzung und Modellverschachtelung

Das Modell enthält eine offene Offshore-Wasserstandsgrenzung und eine Abflussgrenze für die Weser. An der Offshore-Grenze werden beobachtete Wasserstandswerte des Pegels Alte Weser verwendet. Den Zeitreihen wurde eine Phasenverzögerung hinzugefügt, um die geografische Verschiebung zwischen dem westlichen und dem östlichen Endpunkt der Grenze zu berücksichtigen. Für die Abflussgrenze wird ein konstanter Abflusswert von 325 m³/s angenommen, der einen Jahresmittelwert darstellt (Gundlach et al., 2021).

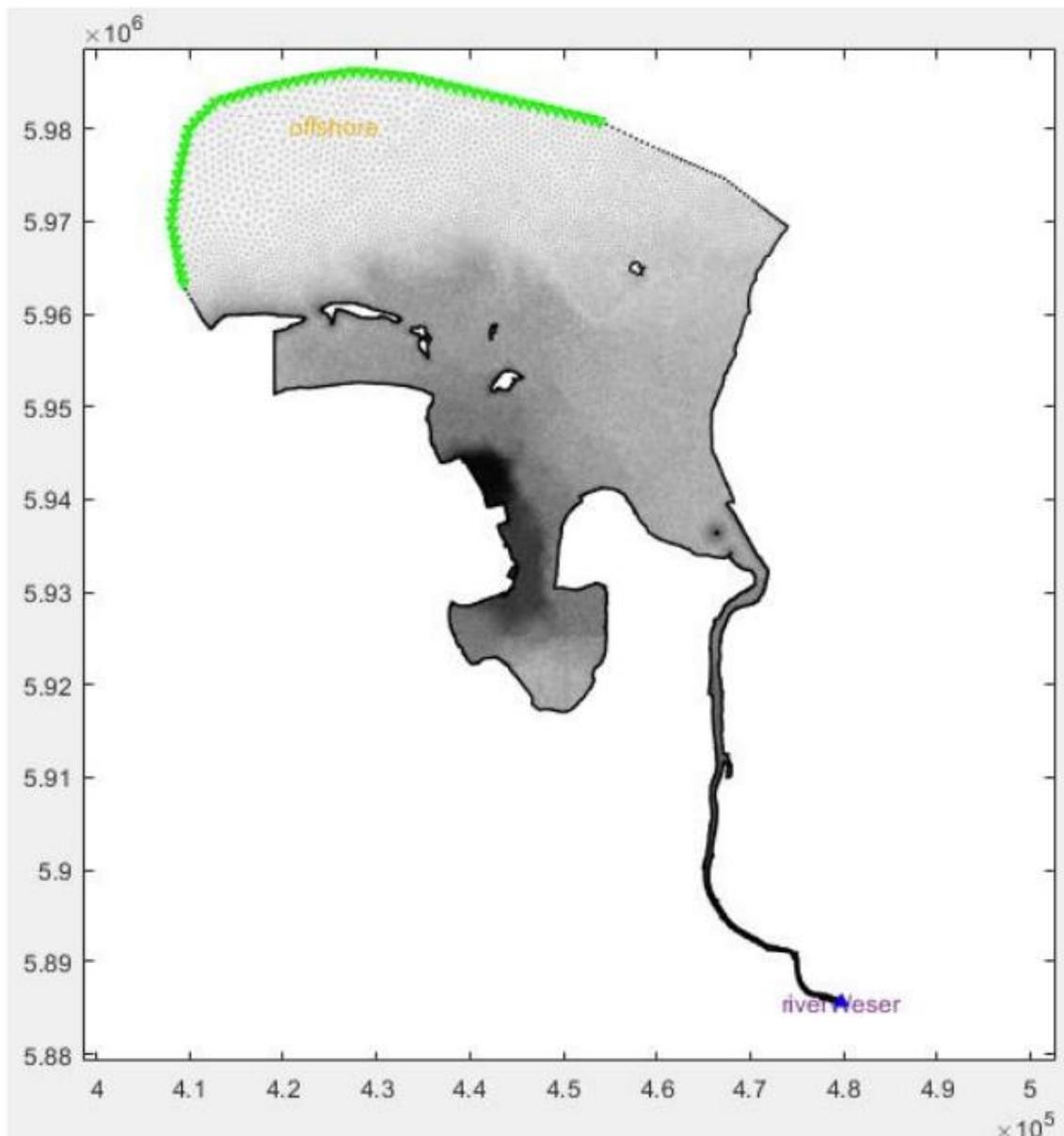


Abbildung 37: Jade-Weser-Modellgitter und Grenzpunkte. Die grünen Dreiecke zeigen die Grenzpunkte des Offshore-Wasserstands an.

Verwendete Simulationszeiträume für die hydrodynamische Modellierung:

Tabelle 18: Simulationszeiträume der hydrodynamischen Modellierung

Beschreibung des Zeitraums	Simulationszeitraum
Zeitraum Aug-Sep 2018, entspricht den durchschnittlichen Verhältnissen	28-Aug-2018 bis 13-Sep-2018
Zeitraum Jan 2015, entspricht am nächsten den Verhältnissen eines T100-Sturms	04 -Jan-2015 bis 19-Jan -2015
Zeitraum Feb 2020, zweitstärkster Sturm in der Zeitreihe	08-Feb-2020 bis 23-Feb-2020

4.11.5.2 Kalibrierung / Validierung des hydrodynamischen Modells

Die modellierten Wasserstände werden kalibriert, indem die Modellergebnisse mit den Messdaten der Stationen im gesamten Modellgebiet, die in der durchschnittlichen Spring-Nipp-Periode vom 28. Aug bis 13. Sept. 2019 erfasst wurden, verglichen werden. Die Ergebnisse der Modellkalibrierungssimulation sind in Tabelle 4-3 im Bericht dargestellt. Die Zeitreihen der gemessenen und modellierten Wasserstände der relevanten Stationen in der Nähe des Projektstandorts sind in Abbildung 4-10 bis Abbildung 4-11 (*im Bericht*) dargestellt. Die Tabelle und die Abbildung zeigen, dass das Modell bei der Berechnung der hydrodynamischen Bedingungen in dem Gebiet gut abschneidet, mit einem **RMSE unter 0,1 m** (RMSE = mittlerer quadratischer Fehler) für die Wasserstände in der Nähe von Wilhelmshaven.

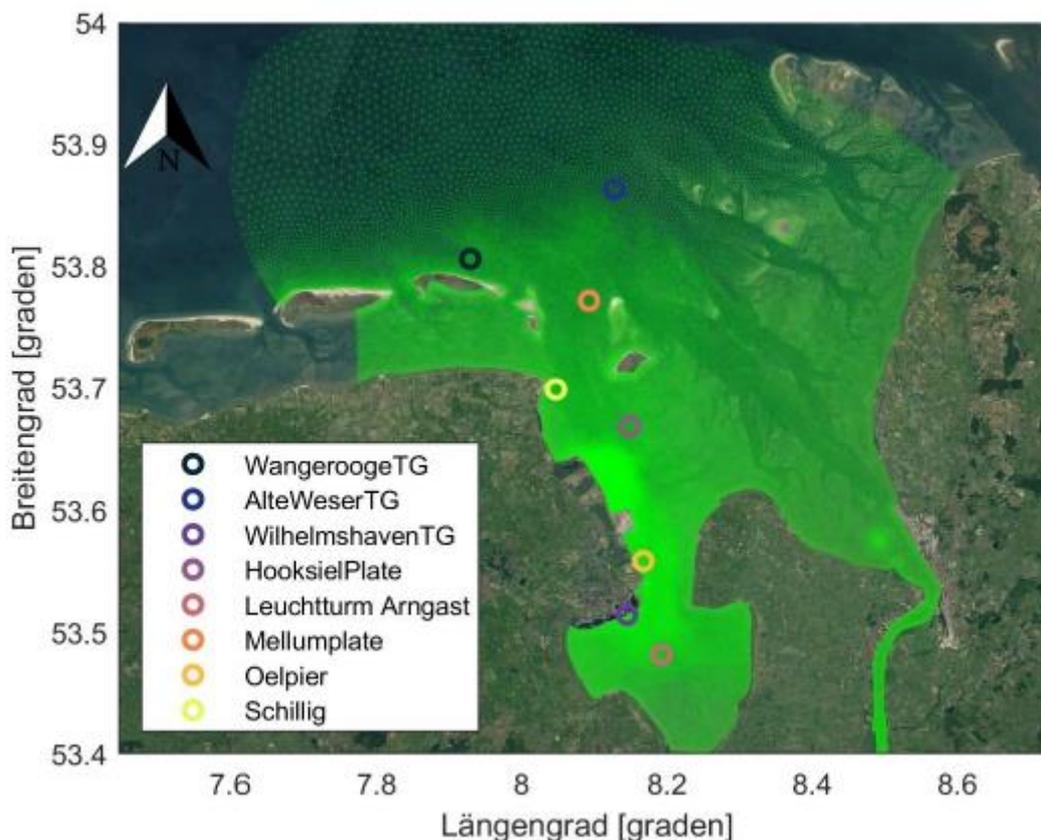


Abbildung 38: Pegelstationen, die zur Modellkalibrierung herangezogen wurden

Tabelle 19 Statistische Parameter des Vergleichs zwischen gemessenem und simuliertem Wasserstand für relevante Wasserstandsstationen in der Nähe des Projektstandorts

Station	Bias [m]	RMSE [m]	RMSEO [m]
Wangerooge	0	0,09	0,09
Leuchtturm Alte Weser	0,01	0,03	0,02
Wilhelmshaven	0,03	0,07	0,07
Hooksielplate	0,03	0,06	0,05
Leuchtturm Arngast	0,02	0,07	0,07
Mellumplate	0,03	0,05	0,04
Oelpier	0,04	0,07	0,05
Schillig	0,02	0,04	0,04

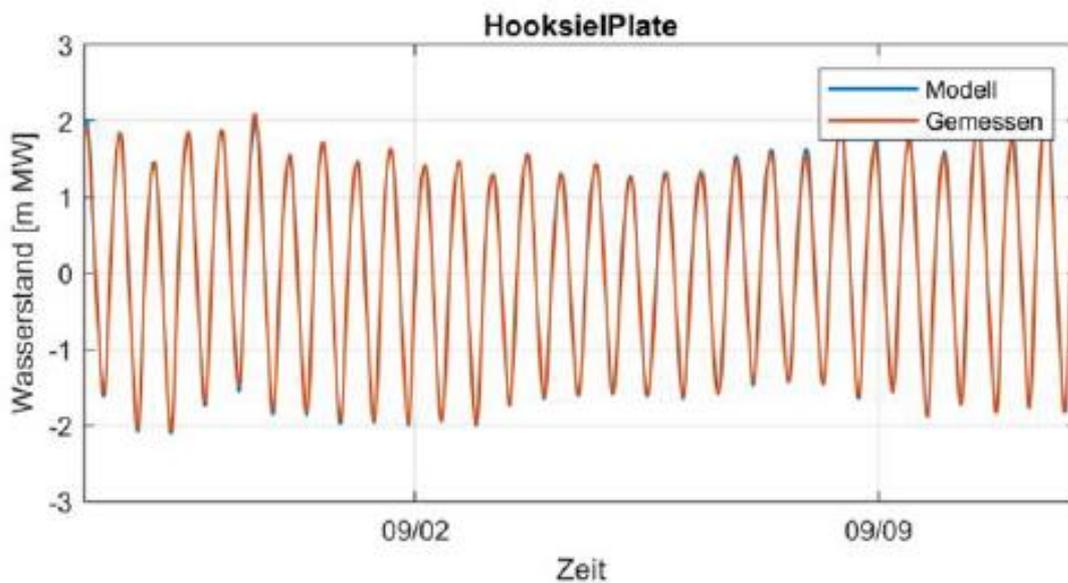


Abbildung 39: Zeitreihen des modellierten (blau) und gemessenen (orange) Wasserstands [m MW] am Pegel Hooksielplate für den Modellierungszeitraum 28-Aug-2018 bis 13-Sep-2018.

Die modellierten Strömungsgeschwindigkeiten wurden durch den Vergleich der simulierten Strömungen mit Punktmessungen an verschiedenen Stationen entlang der Jade validiert. Hierzu wurden sowohl Daten des WSA als auch eigene Strömungsmessungen verwendet, siehe auch Punkt 4.12 „Strömungsmessungen Messkampagne zur weiteren Verifizierung“. Weitere Details zur Strömungsmodellierung sind in „12.1_Bericht über die Umweltbedingungen_2014.07“ zu finden.

4.11.5.3 Bauliche Strukturen für die Modellrechnungen

Für die weiteren Berechnungen und Simulationen wurden in das Jade-Weser-Modell folgende bauliche Strukturen eingefügt:

- Liegewanne/Wendebecken (gemäß den Grundrisszeichnungen), realisiert durch Anpassung der Bathymetrie auf -17 m MHN
- FSRU, umgesetzt durch eine Neudefinition des Berechnungsrasters um die Umrisslinie der FSRU. Hier wird die FSRU als eine Struktur schematisiert, die sich über die gesamte Wassertiefe erstreckt. Dies ist ein konservativer Ansatz, der zu einer Überbewertung der Auswirkungen der FSRU auf die Strömung führt.
- Dalben, die durch Hinzufügen eines Impulsquellentерms (der die von den Dalben verursachte Widerstandskraft berücksichtigt) zum Modell an ihren Standorten implementiert werden.

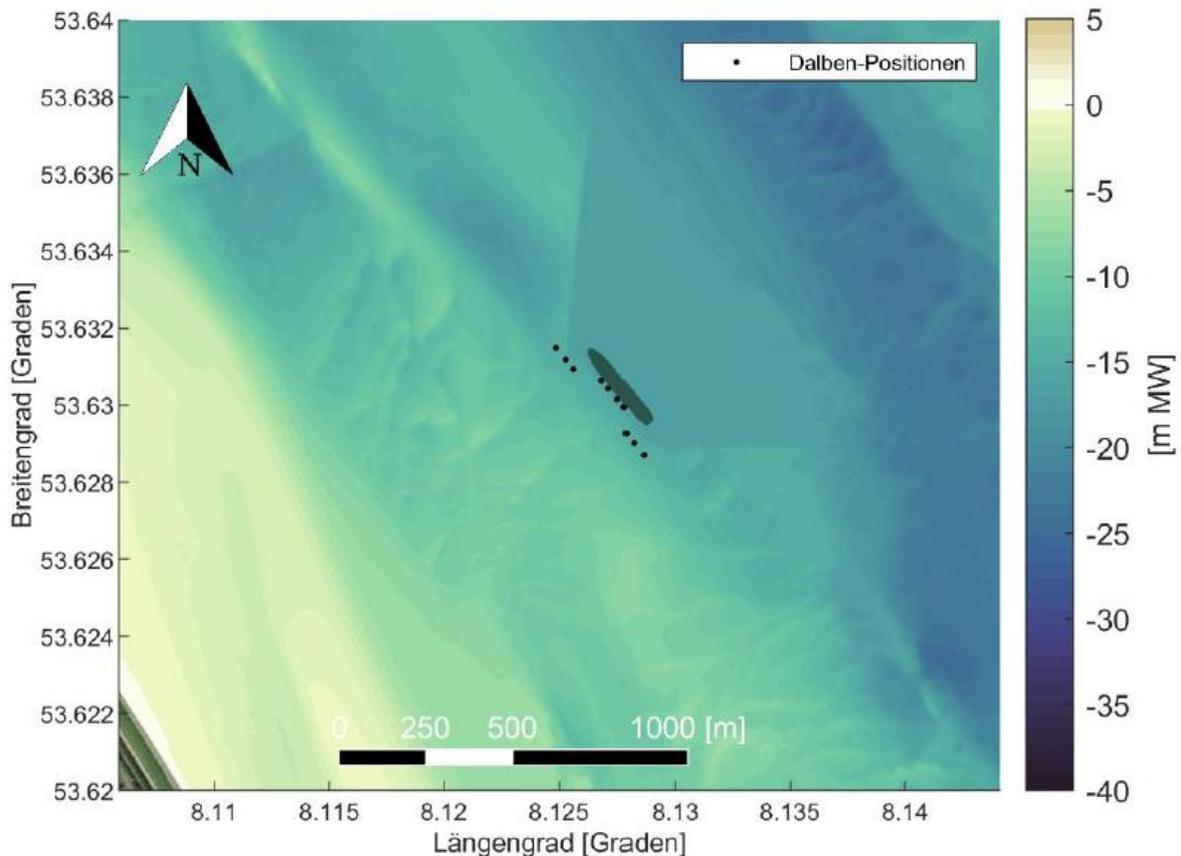


Abbildung 40: Vergrößerung der Modell-Bathymetrie [m MW] des Jade-Weser-Modells in der Nähe des Projektstandorts einschließlich der kurzfristigen Projektstrukturen

4.11.5.4 Ergebnisse der Szenarien (Normal und Extrem)

Zum Vergleich wurde das Modell auf unterschiedliche Szenarien angewendet.

Referenzszenario: Durchschnittliche Bedingungen

Während dieses durchschnittlichen Simulationszeitraums (28. Aug. 2018 bis 13. Sept. 2018) betrug die maximalen Geschwindigkeiten am Standort des Wendebekens 1,09 m/s, während der Flut und 1,16 m/s und während der Ebbe. Die Strömungsrichtung variiert im Laufe der Zeit nur wenig und zeigt eine vorherrschende Flut- und Ebberichtung, beziehungsweise 141,5°N und 323,5°N (am Anlegedalben selbst 141°N und 323°N). Karten der maximalen Ebbe- und Flutströmungen zeigen, dass die höchsten über die Tiefe gemittelten Strömungen bei Flut in der Mitte der Fahrrinne vorzufinden sind, während die höchsten Strömungen bei Ebbe etwas weiter westlich vorzufinden sind. In beiden Fällen ist eine allmähliche Größenabnahme in Richtung der seitlichen Ufer zu beobachten.

Referenzszenario: Sturm Felix (hohe Flutgeschwindigkeiten)

Die Ergebnisse der stürmischen Simulationsperiode (04. Januar 2015 bis 19. Januar 2015), in der Sturm Felix vorbeizog, werden in diesem Szenario dargestellt. Während dieses Zeitraums betragen die maximalen Geschwindigkeiten am Standort der FSRU 1,34 m/s bei Flut und 1,1 m/s bei Ebbe. Trotz eines solchen Sturms in der Zeitreihe variiert die Strömungsrichtung im Laufe der Zeit nur wenig und zeigt, dass die vorherrschenden Flut- und Ebberichtungen (141,5 °N bzw. 323,5 °N) durch den Sturm nicht beeinflusst werden. Im Wendebekken und näher an der Fahrrinne wurde eine maximale Flutgeschwindigkeit von 1,45 m/s ermittelt.

Referenzszenario: Sturm Ciara (hohe Ebbegeschwindigkeiten)

Die Ergebnisse der stürmischen Simulationsperiode (08. Februar 2020 bis 23. Februar 2020), in der der Sturm Ciara vorbeizog, wurden herangezogen. Während dieses Zeitraums betragen die maximalen Geschwindigkeiten an der Stelle der FSRU 1,22 m/s bei Flut und 1,24 m/s bei Ebbe. Die höchsten Ebbestromgeschwindigkeiten wurden kurz nach dem Vorbeiziehen des Sturms Ciara festgestellt, was zum größten Wasserstandsabfall, während eines Ebbestroms im Zeitraum zwischen 2013 und 2022 führte (gemessen am Pegel Alte Weser). Trotz eines solchen Sturms in der Zeitreihe ändert sich die Strömungsrichtung im Laufe der Zeit nur wenig und zeigt immer noch die gleichen vorherrschenden Flut- und Ebberichtungen (141,5 °N bzw. 323,5 °N) wie beim Szenario der durchschnittlichen Strömung. Im Wendebecken und näher an der Fahrrinne wurde eine maximale Ebbegeschwindigkeit von 1,5 m/s ermittelt.

Vergleich der Szenarien

Die Ergebnisse zum Vergleich für Sturm Felix zeigen, dass bei einer extremen Flut hinter der FSRU eine Nachströmung entsteht, in der die über die Tiefe gemittelten Strömungsgeschwindigkeiten abnehmen. Die Nachströmung hat eine Breite von ca. 200–300 m und ist bis zu 3 km stromabwärts der FSRU bemerkbar. Durch die Vertiefung der Bathymetrie am Standort des Wendebeckens nimmt die über die Tiefe gemittelte Strömungsgeschwindigkeit unmittelbar stromaufwärts und stromabwärts des Beckens um 0,05 bis 0,1 m/s zu und innerhalb des Beckens in ähnlichem Maße ab. Die Größe der Nachströmung bei Sturm Felix ist vergleichbar mit der Größe der Nachströmung bei durchschnittlichen Verhältnissen. Darüber hinaus ist eine Geschwindigkeitsabnahme bis zu 0,1 m/s im westlichen Bereich der FSRU, sowie auf beiden Seiten der Nachströmung eine geringe Geschwindigkeitszunahme (bis zu 0,05 m/s) zu beobachten.

Die Ergebnisse zum Vergleich für Sturm Ciara sind ähnlich zu Sturm Felix und zeigen, dass bei einer extremen Ebbe hinter der FSRU eine Nachströmung entsteht, in der die über die Tiefe gemittelten Strömungsgeschwindigkeiten abnehmen. Die Nachströmung hat eine Breite von ca. 200–300 m und ist bis zu 3 km stromaufwärts der FSRU bemerkbar. Die Größe der Nachströmung beim Sturm Ciara ist vergleichbar mit der Größe der Nachströmung bei durchschnittlichen Verhältnissen. Durch die Vertiefung der Bathymetrie am Standort des Wendebeckens nimmt die über die Tiefe gemittelte Strömungsgeschwindigkeit unmittelbar stromaufwärts und stromabwärts des Beckens um 0,05 bis 0,1 m/s zu und innerhalb des Beckens in ähnlichem Maße ab. Darüber hinaus ist ein geringer Anstieg parallel zur Nachströmung auf der Ostseite (bis zu 0,05 m/s) zu beobachten.

Fazit:

Die Ergebnisse des temporären Projekt-Szenarios und ihre Unterschiede zum Referenz-Szenario für den Sturm Felix (04. Jan. 2015 bis 19. Jan. 2015) und für den Sturm Ciara (08. Feb. 2020 bis 23. Feb. 2020) zeigen keine wesentlichen Unterschiede im Vergleich zum durchschnittlichen simulierten Zeitraum.

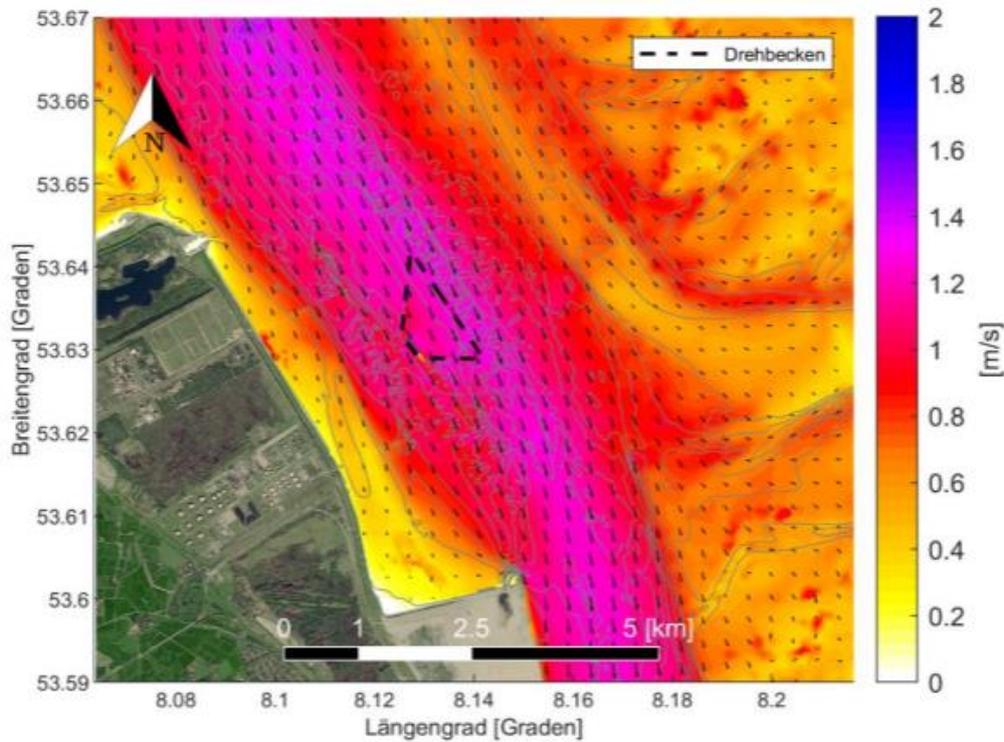


Abbildung 41: Maximale, über die Tiefe gemittelte Strömungsgeschwindigkeit [m/s] und Vektoren, berechnet für den Zeitpunkt der maximalen Flut-Strömungsgeschwindigkeit im Modellierungszeitraum von 28. Aug. 2018 bis 13. Aug. 2018. Ergebnisse des Kurzzeitszenarios

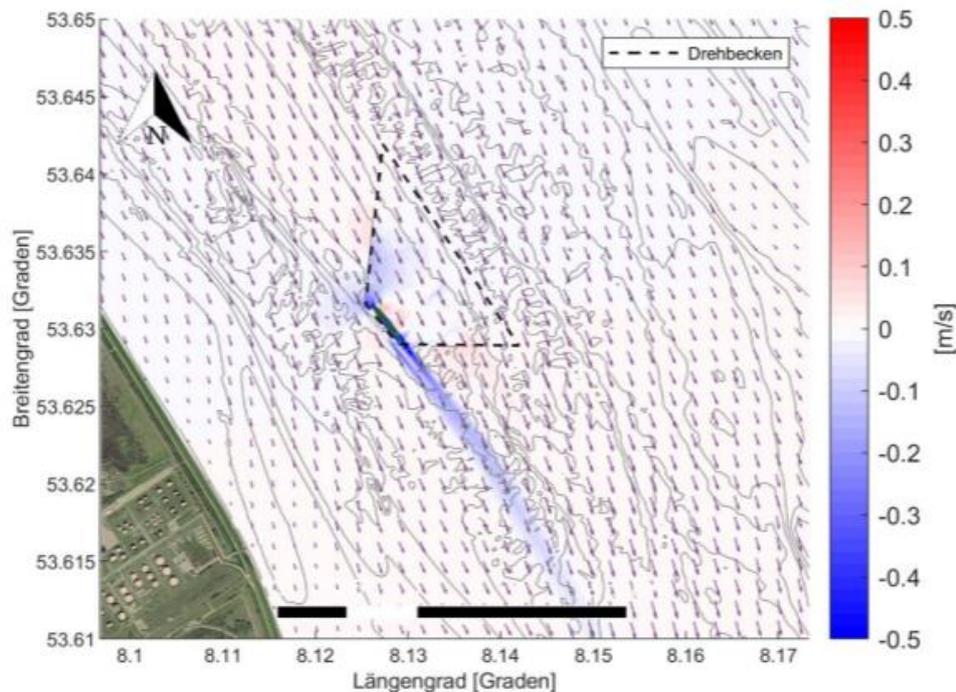


Abbildung 42: Vergrößerte Darstellung: Maximale, über die Tiefe gemittelte Strömungsgeschwindigkeitsdifferenz [m/s] (temporäres Szenario – Referenz-Szenario) und Vektoren (grün: Referenz, violett: Szenario), berechnet für den Zeitpunkt der maximalen Flut-Strömungsgeschwindigkeit im Modellierungszeitraum von 28. Aug. 2018 bis 13. Sept. 2018.

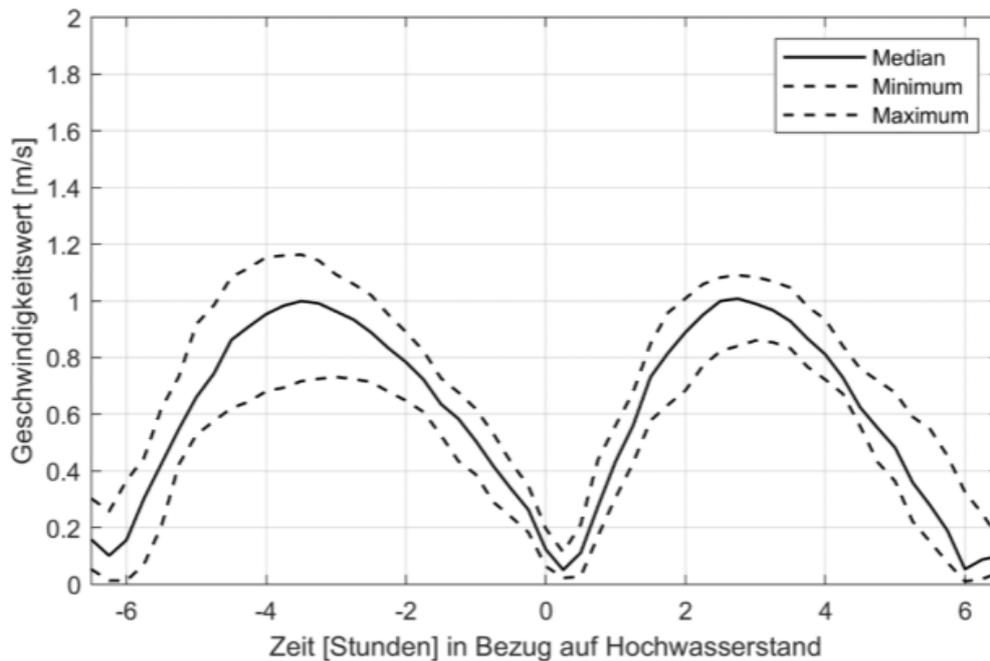


Abbildung 43: Über die Tiefe gemittelte Größe der Strömungsgeschwindigkeit [m/s] (Median, Minimum und Maximum über den gesamten Simulationszeitraum) am Wendebassin in Bezug auf den Zeitpunkt des oberen Pegelstands. Berechnet für den gesamten Modellierungszeitraum vom 28. Aug. 2018 bis 13. Sept. 2018.

Ergebnisse bei Extremströmungen

Die Modellierungsergebnisse zeigen, dass unter den bestehenden Verhältnissen am Projektstandort die Ebbe- und Flutströmungsrichtungen bei Extremereignissen nach wie vor mit der vorherrschenden Flut- und Ebberichtung ($141,5^\circ\text{N}$ bzw. $323,5^\circ\text{N}$) übereinstimmen und somit über die Zeit nur eine sehr geringe Variabilität aufweisen. Am Standort der Anlegedalben selbst entsprechen diese Richtungen 141°N bzw. 323°N . Für die extremen Strömungsgeschwindigkeiten wird festgestellt, dass bei Flut die maximale über die Tiefe gemittelte Strömungsgeschwindigkeit innerhalb des Wendebassins und nahe an der Fahrrinne ca. $1,45\text{ m/s}$ beträgt, nahe dem FSRU-Standort hingegen $1,34\text{ m/s}$. Bei Ebbe beträgt die maximale über die Tiefe gemittelte Fließgeschwindigkeit innerhalb des Wendebassins und nahe der Fahrrinne $1,5\text{ m/s}$, während der entsprechende Wert nahe der FSRU bei $1,24\text{ m/s}$ liegt

Um die derzeitige Unsicherheit in der Projektplanung bei der Angabe von Werten für den 100-jährigen Wiederkehrzeitraum zu vermindern, wird ein Sicherheitsfaktor (von 25 %) auf die Geschwindigkeitswerte hinzugerechnet. Hierdurch wird innerhalb des Wendebassins und nahe der Fahrrinne eine maximale Fließgeschwindigkeit von $1,81\text{ m/s}$ bei Flut bzw. $1,88\text{ m/s}$ bei Ebbe ermittelt. Nahe der FSRU hingegen beträgt die maximale Geschwindigkeit bei Anwendung eines Sicherheitsfaktors etwa $1,7\text{ m/s}$ bei Flut und $1,6\text{ m/s}$ bei Ebbe.

Mit FSRU und Wendebassin zeigt das Modell, dass die maximale, über die Tiefe gemittelte Strömungsgeschwindigkeit sehr lokal um $0,05$ bis $0,1\text{ m/s}$ zunehmen kann.

Tabelle 20: Maximale Strömungsgeschwindigkeiten

Strömungen				
Richtung Gehend nach ($^\circ\text{N}$)	Geschwindigkeit (m/s) - innerhalb des Wendebassins	+25%	Geschwindigkeit (m/s) - nahe der FSRU	+25%
324 (Ebbe)	1,5	1,88	1,24	1,6
142 (Flut)	1,45	1,81	1,34	1,7

4.11.6 Wellenklima

4.11.6.1 Offshore

Wellenmessungen sind über das „GeoSeaPortal“ des Bundesamts für Seeschifffahrt und Hydrografie (BSH) verfügbar. Hier relevante Überwachungsstandorte sind Nordergründe (NOR) und Elbe (ELB), die beide mit einer Richtboje ausgestattet sind. Über die Datenbank und das Datenmodell „Windsurfer“ wurden die Welleneigenschaften ermittelt. Zur Bestimmung des extremen Offshore-Wellenklimas wurden die Welleneigenschaften von Windsurfer für den Ort 8,0852°O; 54,1489°N (an der offenen Offshore-Begrenzung des großen Wellenmodells) genutzt.

4.11.6.2 Wellenklima und Wellenmodell

Die Bewertung des Wellenklimas kann sich nicht auf Messungen stützen, wie dies beim Windklima der Fall ist. Wellenmessungen in der Nähe decken nur einige Monate ab, was für die Wellenanalyse nicht ausreicht. Offshore-Wellenmessungen decken einen längeren Zeitraum ab, sind aber nicht stellvertretend für das Wellenklima am Projektstandort, das von den lokalen Gegebenheiten bestimmt wird. Daher wird zur Bestimmung des Wellenklimas in dem zu untersuchenden Gebiet ein lokales Wellenmodell erstellt:

1. Zur Übertragung der Offshore-Wellen auf den Projektstandort.
2. Zur Nachbildung von Windwellen, die lokal durch Windeinflüsse erzeugt werden.

Für die Modellierung werden das hochmoderne spektrale Wellenmodell SWAN für das extreme Wellenklima und TOMAWAC für das normale Wellenklima verwendet. Der Vorteil von SWAN ist, dass es über einen stationären Modus verfügt, der für die Berechnung der extremen Verhältnisse geeignet ist. Zur Berechnung des normalen Klimas wird TOMAWAC gegenüber SWAN bevorzugt, da das TOMAWAC-Modell problemlos mit dem morphologischen Modell im Rahmen der TELEMAC-Suite gekoppelt werden kann, damit dem morphologischen Modell die Wellenverhältnisse zur Verfügung zu stellen.



Abbildung 44: Umrisslinie des grundlegenden Wellenmodells (türkis) und des erweiterten Wellenmodells (grün).

Die Bathymetrie beschreibt den Meeresboden und die Tiefe der Wassersäule, über die sich die Wellen ausbreiten müssen. Die Bathymetrie bestimmt zusammen mit dem Wasserstand die Höhe der Wassersäule, die für die Zwischen- und Flachwasserprozesse der Wellen eine wichtige Rolle spielt.

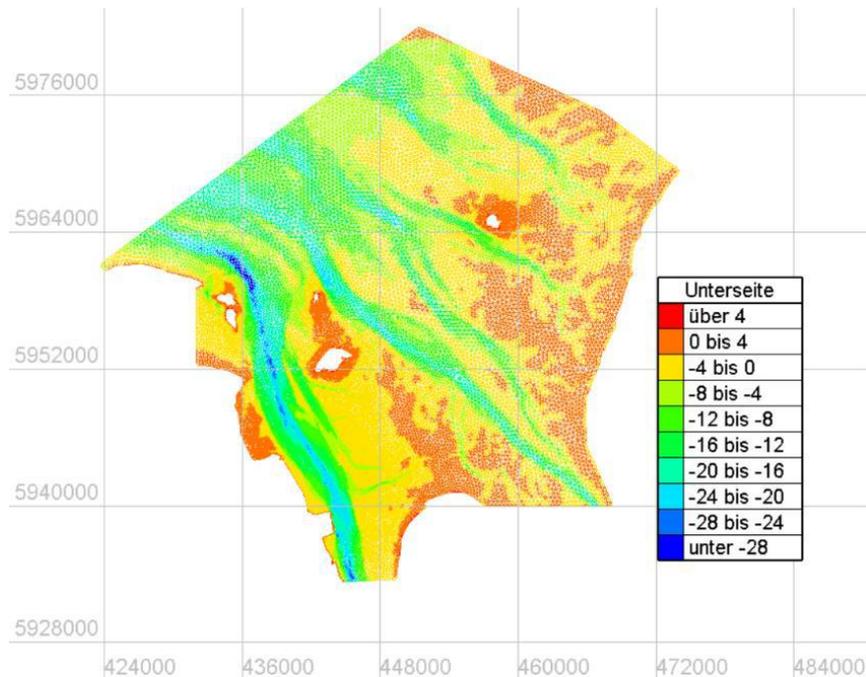


Abbildung 45: Rasternetz und Bathymetrie vom erweiterten Rasternetz

4.11.6.3 Wellenklima am Projektstandort

Mit dem beschriebenen Wellenmodell lassen sich für einzelne Punkte im Vorhaben berechnen. Als relevante Punkte sind gewählt die Dalbenkoordinaten (BD1 – BD4 und MD1 – MD6) sowie 2 Punkte ADCP1 und ADCP2 am Rande des Wendebeckens, an dem Messungen der Bedingungen durchgeführt wurden, vgl. 4.12.



Abbildung 46: Ausgangsorte des Wellenmodells für das Normalklima an dem betreffenden Standort

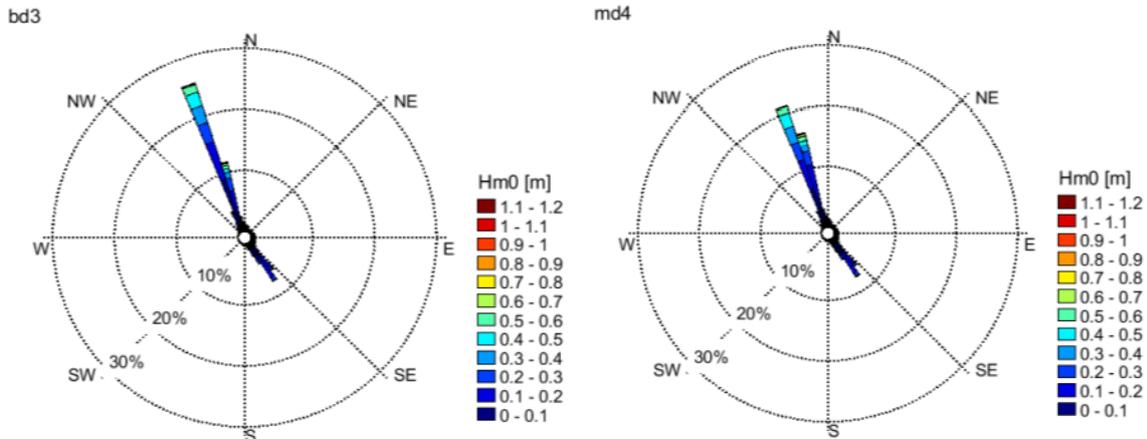


Abbildung 47: Wellenrosen für normale Wellenbedingungen am Projektstandort (Beispiel BD3 und MD4)

Die meisten Wellen am Standort der FSRU kommen aus NNW-Richtung. Die höchsten Wellen kommen aus den nördlichen Richtungen NNW bis NE. Mehr als 90 % des Wellenklimas ist mild, mit signifikanten Wellenhöhen von weniger als 0,6 m. Weniger als 1 % der Wellen sind höher als 1 m. Die Wellenhöhen aus südlichen Richtungen sind niedriger, da es sich um lokal erzeugte Wellen handelt.

4.11.6.4 Extreme Wellen

Entsprechend der gemeinsamen Extremwertverteilungen von Windgeschwindigkeit und Pegelstand am Projektstandort ist nachfolgend die höchste maßgebliche Wellenhöhe bei bd3 für die gemeinsamen Extremkombinationen von Windgeschwindigkeit und Wellenhöhe je Windrichtung und je Wiederkehrpegel dargestellt. Der maximale lokale vom Wind erzeugte Wellenverhältnis beträgt 2,10 m, in Richtung 347°N und mit einer Tp von 5,2 s.

Tabelle 21: Extreme Windwelleneigenschaften bei bd3, simuliert für die gemeinsamen Extremwertverteilungen von Windgeschwindigkeit und oberem und unterem Pegelstand

Windsektor	Eigenschaften	HW-T100	HW-T50	HW-T20	HW-T10	HW-T5	HW-T2	LW-T100
Norden 0°	Hm0 [m]	2,08 m	1,96 m	1,81 m	1,66 m	1,51 m	1,30 m	1,97 m
	Tp [s]	5,1 [s]	5,0 [s]	4,9 [s]	4,7 [s]	4,5 [s]	4,3 [s]	5,0 [s]
	mDir [°N]	347°	346°	347°	348°	348°	349°	343°
NNO 30°	Hm0 [m]	1,62 m	1,53 m	1,41 m	1,31 m	1,2 m	1,06 m	1,43 m
	Tp [s]	4,4 [s]	4,3 [s]	4,2 [s]	4,1 [s]	3,9 [s]	3,8 [s]	4,3 [s]
	mDir [°N]	9°	9°	9°	10°	11°	12°	357°
ONO 60°	Hm0 [m]	1,18 m	1,13 m	1,04 m	0,98 m	0,92 m	0,84 m	0,92 m
	Tp [s]	3,8 [s]	3,7 [s]	3,5 [s]	3,5[s]	3,4 [s]	3,7 [s]	3,1 [s]
	mDir [°N]	51°	51°	51°	51°	51°	52°	52°
Osten 90°	Hm0 [m]	1,32 m	1,24 m	1,13 m	1,04 m	0,95 m	0,83 m	1,07 m
	Tp [s]	3,8 [s]	3,7 [s]	3,6 [s]	3,5[s]	3,4 [s]	3,2 [s]	3,4 [s]
	mDir [°N]	94°	94°	93°	92°	91°	90°	101°
OSO 120°	Hm0 [m]	1,13 m	1,07 m	0,98 m	0,91 m	0,84 m	0,74 m	0,95 m
	Tp [s]	3,7 [s]	3,6 [s]	3,5 [s]	3,4 [s]	3,3 [s]	3,1 [s]	3,4 [s]
	mDir [°N]	123°	123°	123°	123°	122°	122°	128°
SSO 150°	Hm0 [m]	0,98 m	0,93 m	0,88 m	0,83 m	0,78 m	0,71 m	0,91 m
	Tp [s]	3,7 [s]	3,6 [s]	3,5 [s]	3,4 [s]	3,4 [s]	3,3 [s]	3,5 [s]

	mDir [°N]	139°	139°	139°	139°	139°	139°	140°
Süden	Hm0 [m]	1,30 m	1,22 m	1,13 m	1,05 m	0,98 m	0,88 m	1,21 m
	Tp [s]	4,1 [s]	4,1 [s]	4,0 [s]	3,8 [s]	3,7 [s]	3,6 [s]	4,1 [s]
	mDir [°N]	151°	151°	151°	151°	151°	152°	146°
SSW 210°	Hm0 [m]	1,17 m	1,11 m	1,04 m	0,98 m	0,92 m	0,83 m	1,08 m
	Tp [s]	3,8 [s]	3,7 [s]	3,6[s]	3,5[s]	3,4 [s]	3,3 [s]	4,0 [s]
	mDir [°N]	171°	171°	171°	172°	172°	173°	168°
WSW 240°	Hm0 [m]	1,02 m	0,97 m	0,90 m	0,84 m	0,79 m	0,71 m	0,90 m
	Tp [s]	3,0 [s]	2,9 [s]	2,9 [s]	2,8 [s]	2,7 [s]	2,6 [s]	2,8 [s]
	mDir [°N]	239°	240°	240°	240°	242°	240°	245°
Westen	Hm0 [m]	1,33 m	1,26 m	1,17 m	1,09 m	1,01 m	0,91 m	1,22 m
	Tp [s]	4,3 [s]	4,2 [s]	4,1 [s]	4,0 [s]	3,8 [s]	3,7 [s]	4,1 [s]
	mDir [°N]	314°	314°	314°	314°	314°	313°	315°
WNW 300°	Hm0 [m]	1,83 m	1,74 m	1,61 m	1,51 m	1,41 m	1,26 m	1,76 m
	Tp [s]	4,9 [s]	4,8 [s]	4,6 [s]	4,5 [s]	4,5 [s]	4,3 [s]	4,8 [s]
	mDir [°N]	333°	333°	334°	334°	335°	335°	333°
NNW	Hm0 [m]	2,10 m	2,01 m	1,85 m	1,73 m	1,61 m	1,43 m	2,01 m
	Tp [s]	5,2 [s]	5,1 [s]	5,0 [s]	4,9 [s]	4,7 [s]	4,5 [s]	5,0 [s]
	mDir [°N]	339°	339°	339°	340°	339°	340°	338°

Die Extremwertanalysen für die Offshore-Wellen und die Extremwertanalyse für den oberen Pegelstand am Projektstandort werden unabhängig voneinander durchgeführt. Die Offshore-Wellenhöhe mit einem Wiederkehrzeitraum von 100 Jahren aus einer bestimmten Richtung wird mit einem oberen Pegelstand von 4,33 m kombiniert (was einem Wiederkehrzeitraum von ca. 35 Jahren am Projektstandort entspricht)

Für die höchste maßgebliche Wellenhöhe für die gemeinsamen Extremkombinationen von Windgeschwindigkeit und Wellenhöhe je Windrichtung und je Wiederkehrpegel, siehe Tabelle 6-2 für bd3 im Bericht.

4.11.7 Zusammenfassung der extremen Umweltbedingungen

Nachfolgend wird eine Übersicht der extremen Verhältnisse für Wasserstände, Strömungen, Wind- und Wellenverhältnisse für jeden am Projektstandort berechneten Wiederkehrzeitraum gegeben. Der Betrachtungszeitraum der Wiederkehr beträgt 100 Jahre.

Tabelle 22: Dünungswellenverhältnisse im 100-jährigen Wiederkehrzeitraum

Wind-sektor	Wasser-stand [m]	Offshore-Welleneigenschaften			Welleneigenschaften am Projektstandort				
		Hoch-wasser [m MSL]	Niedrig-wasser [m MSL]	Tp [s]	Hm0 [m]	Tp [s]	mRicht [°N]	Dspr	Gamma
West	4.33	270	8.82	13.5	0.11	13.5	345	13.5	1.84
WNW	4.33	300	8.41	14.8	0.14	14.7	348	14.5	1.84
NNW	4.33	330	7.19	15.5	0.21	15.4	356	18.1	1.84
Nord	4.33	0	4.89	8.7	0.40	8.7	358	21.9	1.09
NNO	4.33	30	3.12	6.7	0.40	6.7	0	25	1.66

Tabelle 23: Spitzenwindgeschwindigkeiten (m/s) am Projektstandort für jeden Windsektor für verschiedene Wiederkehrzeiträume

		stündliche mittleren Windgeschwindigkeit											
		Nord	NNO	ONO	Ost	OSO	SSO	Süd	SSW	WSW	West	WNW	NNW
Wiederkehrperioden [Jahre]	100	27.2	22.6	18.0	21.0	17.9	16.8	21.6	24.2	26.4	26.0	26.8	27.8
	50	25.4	21.3	17.1	19.7	17.0	16.1	20.5	23.0	25.0	24.6	25.3	26.2
	20	22.9	19.4	15.9	17.9	15.7	15.1	18.9	21.5	23.1	22.7	23.3	24.1
	10	21.0	18.1	15.1	16.6	14.7	14.4	17.7	20.3	21.7	21.4	21.9	22.4
	5	19.1	16.7	14.2	15.3	13.7	13.6	16.6	19.1	20.3	20.0	20.4	20.8
	2	16.7	14.9	13.0	13.6	12.4	12.7	15.0	17.6	18.4	18.1	18.4	18.7
	1	14.8	13.5	12.1	12.3	11.4	12.0	13.8	16.4	17.0	16.7	16.9	17.0
	0.5	12.9	12.1	11.3	11.0	10.4	11.2	12.7	15.2	15.6	15.3	15.4	15.4

Tabelle 24: Extreme Strömungsverhältnisse am Projektstandort

Bedingunge n	Strömungs richtung	Maximale, über die Tiefe gemittelte Strömungsgeschwindigkeit innerhalb des Wendebeckens – in der Nähe von FSRU [m/s]	Maximale, über die Tiefe gemittelte Strömungsgeschwindigkeit innerhalb des Wendebeckens – in der Nähe von Fahrinne [m/s]	Maximale, über die Tiefe gemittelte Strömungsgeschwindigkeit innerhalb des Wendebeckens mit FSRU und Wendebecken* [m/s]
Extreme Flut	141° - 141,5° N	1,34	1,45	1,46
Extreme Flut	323° - 323,5° N	1,24	1,50	1,51
100 – jähr. WK Flut	141° - 141,5° N	1,70	1,81	1,82
100 – jähr. WK Ebbe	323° - 323,5° N	1,60	1,88	1,89

*Mit FSRU und Wendebecken zeigt das Modell, dass die maximale, über die Tiefe gemittelte Strömungsgeschwindigkeit sehr lokal um 0,05 bis 0,1 m/s zunehmen kann.

Tabelle 25: Extreme obere und untere Pegelstände für verschiedene Wiederkehrzeiträume am Projektstandort.

Wiederkehrzeiträume [Jahre]	Projektstandort	
	Oberer Pegelstand [m MW]	Unterer Pegelstand [m MW]
100	4,67	-3,52
50	4,44	-3,41
20	4,14	-3,30
10	3,91	-3,2
5	3,68	-3,1
2	3,37	-2,98
1	3,11	-2,92

Tabelle 26: Windwellenverhältnisse im 100-jährigen Wiederkehrzeitraum

Windsektor	HW-T100			LW-T100		
	Hm0 [m]	Tp [s]	mRicht	Hm0 [m]	Tp [s]	mRicht
Nord	2,08 m	5,1 s	347°	1,97 m	5,0 s	343°
NNO	1,62 m	4,4 s	9°	1,43 m	4,3 s	357°
ONO	1,18 m	3,8 s	51°	0,92 m	3,1 s	52°
Ost	1,32 m	3,8 s	94°	1,07 m	3,4 s	101°
OSO	1,13 m	3,7 s	123°	0,95 m	3,4 s	128°
SSO	0,98 m	3,7 s	139°	0,91 m	3,5 s	140°
Süd	1,30 m	4,1 s	151°	1,21 m	4,1 s	146°
SSW	1,17 m	3,8 s	171°	1,08 m	4,0 s	168°
WSW	1,02 m	3,0 s	239°	0,90 m	2,8 s	245°
West	1,33 m	4,3 s	314°	1,22 m	4,1 s	315°
WNW	1,83 m	4,9 s	333°	1,76 m	4,8 s	333°
NNW	2,10 m	5,2 s	339°	2,01 m	5,0 s	338°

Tabelle 27 Andere Windwellenverhältnisse im Wiederkehrzeitraum

Wind sector	HW-T50			HW-T20			HW-T10			HW-T5			HW-T2		
	Hmo	Tp [s]	MDir												
North	1.96 m	5.0 s	346°	1.81 m	4.9 s	347°	1.66 m	4.7 s	348°	1.51 m	4.5 s	348°	1.30 m	4.3 s	349°
NNE	1.53 m	4.3 s	9°	1.41 m	4.2 s	9°	1.31 m	4.1 s	10°	1.20 m	3.9 s	11°	1.06 m	3.8 s	12°
ENE	1.13 m	3.7 s	51°	1.04 m	3.5 s	51°	0.98 m	3.5 s	51°	0.92 m	3.4 s	51°	0.84 m	3.7 s	52°
East	1.24 m	3.7 s	94°	1.13 m	3.6 s	93°	1.04 m	3.5 s	92°	0.95 m	3.4 s	91°	0.83 m	3.2 s	90°
ESE	1.07 m	3.6 s	123°	0.98 m	3.5 s	123°	0.91 m	3.4 s	123°	0.84 m	3.3 s	122°	0.74 m	3.1 s	122°
SSE	0.93 m	3.6 s	139°	0.88 m	3.5 s	139°	0.83 m	3.4 s	139°	0.78 m	3.4 s	139°	0.71 m	3.3 s	139°
South	1.22 m	4.1 s	151°	1.13 m	4.0 s	151°	1.05 m	3.8 s	151°	0.98 m	3.7 s	151°	0.88 m	3.6 s	152°
SSW	1.11 m	3.7 s	171°	1.04 m	3.6 s	171°	0.98 m	3.5 s	172°	0.92 m	3.4 s	172°	0.83 m	3.3 s	173°
WSW	0.97 m	2.9 s	240°	0.90 m	2.9 s	240°	0.84 m	2.8 s	240°	0.79 m	2.7 s	242°	0.71 m	2.6 s	240°
West	1.26 m	4.2 s	314°	1.17 m	4.1 s	314°	1.09 m	4.0 s	314°	1.01 m	3.8 s	314°	0.91 m	3.7 s	313°
WNW	1.74 m	4.8 s	333°	1.61 m	4.6 s	334°	1.51 m	4.5 s	334°	1.41 m	4.5 s	335°	1.26 m	4.3 s	335°
NNW	2.01 m	5.1 s	339°	1.85 m	5.0 s	339°	1.73 m	4.9 s	340°	1.61 m	4.7 s	339°	1.43 m	4.5 s	340°

4.11.8 Sonstige Umweltbedingungen

4.11.8.1 Wasserstandsdaten und Referenzwerte am LNG-Terminal Uniper

Für das benachbarte LNG-Terminal Uniper wurden Wasserstände aus einer Hindcast-Studie auf der Grundlage des Pegels „Hooksieplate“ (LNG-Terminal WHV Report 429, IMP Engineers 2022) unter Einbeziehung von Wasserstandsdaten der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes ermittelt.

Tabelle 28: Wasserstandsdaten am Nachbarterminal LNG Terminals WHV

Wasserstände	Höhe	Quelle
HThw (06.12.2013)	+4,53 mNHN	WSV
HAT	+2,28 mNHN	DHI
MSpThw	+2,06 mNHN	DHI
MThw	+1,58 mNHN	WSV
Mittlerer Wasserstand	+0,05 mNHN	DHI
MTnw	-1,76 mNHN	WSV
MSpTnw	-1,96 mNHN	DHI
LAT (SKN)	-2,49 mNHN	GDWS7
NTnw (26.12.2012)	-3,07 mNHN	WSV

Am Standort der geplanten FSRU beträgt der Unterschied zwischen dem mittleren Meeresspiegel (MSL) und dem LAT 2,49 m. Dieser Unterschied von 2,49 m entspricht auch dem Unterschied zwischen NHN und SKN.

4.11.8.2 Dichte des Meerwassers

Die Dichte von Meerwasser wird mit 1.025 kg/m³ angenommen.

4.11.8.3 Temperatur des Meerwassers

Ein Überblick über die monatlichen durchschnittlichen Wassertemperaturen wurde aus öffentlich zugänglichen meteorologischen Datenbanken gewonnen.

Tabelle 29: Durchschnittliche monatliche Wassertemperatur in Wilhelmshaven

Jahr	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
2007	6,70	5,20	6,40	9,70	13,40	16,80	18,40	18,90	16,40	13,60	9,20	6,90
2008	5,80	5,30	5,80	7,90	12,90	16,20	18,50	18,80	16,60	12,80	9,20	6,50
2009	4,20	3,50	5,00	9,00	12,60	15,30	18,80	19,60	16,80	12,60	9,90	6,70
2010	3,30	1,80	3,20	7,80	11,10	15,30	19,50	19,30	16,10	12,60	8,80	3,20
2011	2,50	3,00	3,60	8,50	12,20	15,80	17,70	18,20	16,30	13,30	9,70	5,50
2012	4,90	2,60	5,30	8,10	12,20	15,00	18,10	19,20	16,70	12,30	8,60	4,90
2013	4,00	2,20	2,10	5,90	11,70	14,90	18,30	19,00	16,20	12,40	8,70	5,50
2014	4,40	2,70	5,90	9,90	13,30	16,60	19,60	18,90	17,10	14,30	10,10	5,10
2015	4,10	3,10	5,30	8,00	11,90	15,10	18,10	18,70	15,70	12,50	9,50	6,90
2016	3,50	3,60	4,50	8,60	12,90	17,00	18,90	19,20	18,60	12,50	8,20	5,50
2017	3,70	2,70	5,70	9,10	12,60	17,10	18,70	18,80	16,40	13,00	8,90	5,30
2018	3,90	2,50	1,90	8,40	15,00	18,90	20,10	20,70	17,00	12,80	8,10	5,00
2019	3,70	3,80	5,80	9,80	12,50	18,20	19,20	19,80	16,80	13,00	8,50	5,60
2020	4,30	5,20	6,20	9,30	12,90	17,60	18,70	20,70	17,00	12,90	9,20	6,00
2021	3,70	2,30	5,70	7,80	11,10	16,70	20,10	19,20	17,90	13,20	8,60	5,10

4.11.8.4 Schwebstoffverhältnisse

Die Sedimenteigenschaften in der Nähe geplanten Anlegers wurden aus der Literatur entnommen (IMP, 2022), darunter:

- Korngrößenverteilungen

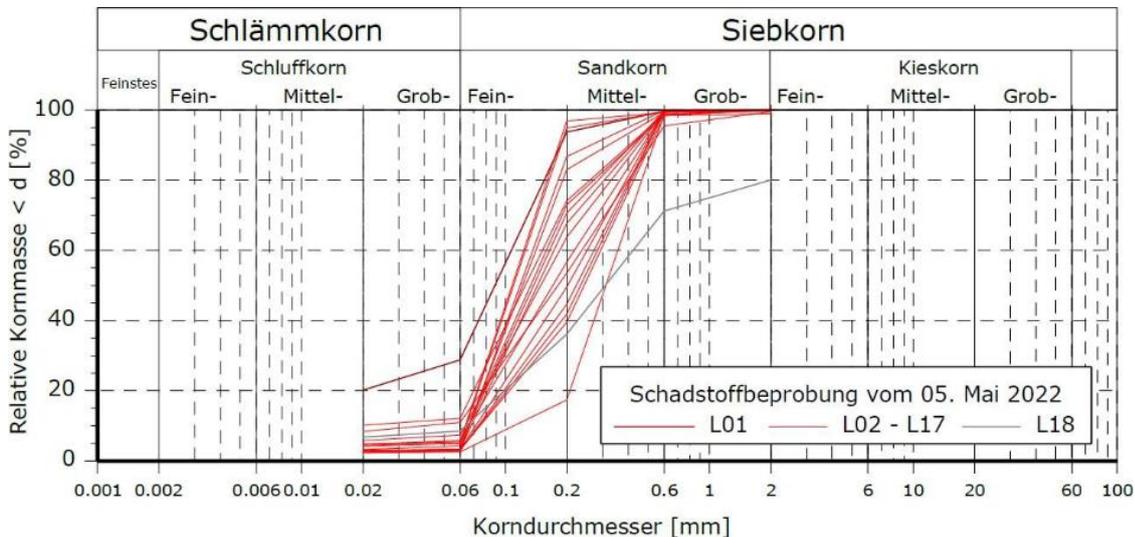


Abbildung 48: Korngrößenverteilungen von Sedimentproben, die am 05.05.2022 in der Nähe des LNG-Terminals WHV

Sedimentkonzentrationen

Langfristige Zeitreihen zeigen mittlere Schwebstoffkonzentrationen von 100 bis 250 mg/l in dem Gebiet. Die höchsten Schwebstoffkonzentrationen liegen im Bereich von 1.000 bis 2.000 mg/l.

4.12 Strömungsmessungen Messkampagne zur weiteren Verifizierung

4.12.1 Zielsetzung

Die TdV hat IMDC mit der Durchführung einer metozeanischen Messkampagne beauftragt. Die wesentlichen Anforderungen und Ergebnisse der metozeanischen Messkampagne sind in „13.1_Metoccean Kampagne_Abschlussbericht_2049.06“ beschrieben.

Das Ziel der metozeanischen Kampagne bestand darin, Daten über die Bedingungen vor Ort zu sammeln und die notwendigen Daten für die Validierung der numerischen Modellierung des Projekts zu liefern. Der zur Erreichung dieses Ziels festgelegte Überwachungsbereich umfasst folgende Punkte:

- 2 (mobile) Gezeitenverlaufsmessungen über einen Zeitraum von 13 Stunden bei wechselnden Gezeitenbedingungen entlang eines vordefinierten Transekts.
- Eine Messkampagne mit stationärem Rahmen unter wechselnden Gezeitenbedingungen: Nipp-Spring-Gezeitenzyklus (33 Tage)
- Messungen und Wasserprobenahmen zur Bestimmung von Salzgehalt, Temperatur und Schwebstoffkonzentrationen.

4.12.2 Durchführung

Die mobilen Messungen, die auch als Durchgangsmessungen (13 h) bezeichnet werden, wurden auf einem vordefinierten Transekt (Satz von Mess- bzw. Beobachtungspunkten entlang einer geraden Linie) im Projektgebiet durchgeführt. Auf diesem Transekt wurde der Tidenhub in zwei Kampagnen bei unterschiedlichen Tidenkoeffizienten untersucht. Die metozeanische Kampagne bestand aus 2 Gezeitenmessungen. Die erste Kampagne wurde bei Nipptide durchgeführt (Tidenkoeffizient < 1) und die zweite Kampagne wurde bei Springflut (Tidenkoeffizient > 1) durchgeführt.

Während diesen mobilen Messungen wurden die Strömungsprofile entlang des Transekts mit einem ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) überwacht. Es wurde eine räumliche Ansicht des Strömungsmusters über die Transekte erfasst. Zusätzlich wurden Trübungsprofile mit dem SiltProfiler gemessen, um Profile der suspendierten Sedimente zu erhalten.

Während der Erstellung der SiltProfiler-Profile wurden Wasserproben entnommen, so dass eine Umrechnung von Trübung in Schwebstoffkonzentration (SSK) auf der Grundlage der Standortbedingungen erfolgen konnte. Durch die Kombination der ADCP-Rückstreudaten und der SSK -Daten konnte das SSK-Verhalten auf dem Transekt erfasst werden.

Für die stationäre Messungen wurde über einen Zeitraum von 33 Tagen im Projektgebiet ein Meeresbodenrahmen eingesetzt, um Daten über den gesamten Gezeitenzyklus von Nipptide bis Spring Tide zu erhalten. Nach 18 Tagen wurden die Daten aus dem Überwachungsinstrument heruntergeladen, die Sensoren gereinigt und die Batterien ausgetauscht. Der Meeresbodenrahmen wurde mit einem ADCP zur Aufzeichnung des Strömungsprofils in der gesamten Wassersäule, mit einem Aquadopp für die Strömungen in Bodennähe, einem LISST-AOBS für die Konzentration von Schwebstoffen und einer CTD für die Messung des Salzgehalts und einem OBS-3A für Trübungsmessungen ausgestattet. Das ADCP wurde zur Erfassung von Wellendaten eingesetzt.

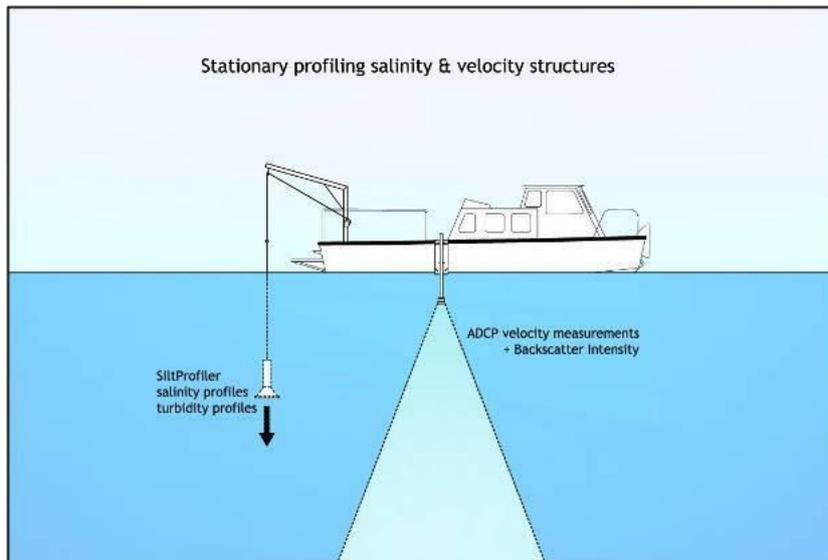


Abbildung 49: Aufbau der SiltProfiler- und ADCP-Messungen

4.12.3 Messwertverarbeitung

Die gesammelten Daten wurden mit einem von IMDC entwickelten halbautomatischen Verarbeitungssystem verarbeitet. Der Vorteil dieses Systems ist, dass die verarbeiteten Daten und (Kontroll-)Zahlen schnell erstellt werden können. Darüber hinaus wird durch die Vermeidung von Benutzerinteraktion in einem automatisierten System jede Form von Subjektivität bei der Bewertung der Daten verhindert. Die zugrunde liegenden Algorithmen basieren auf internationalen Methoden und Standards.

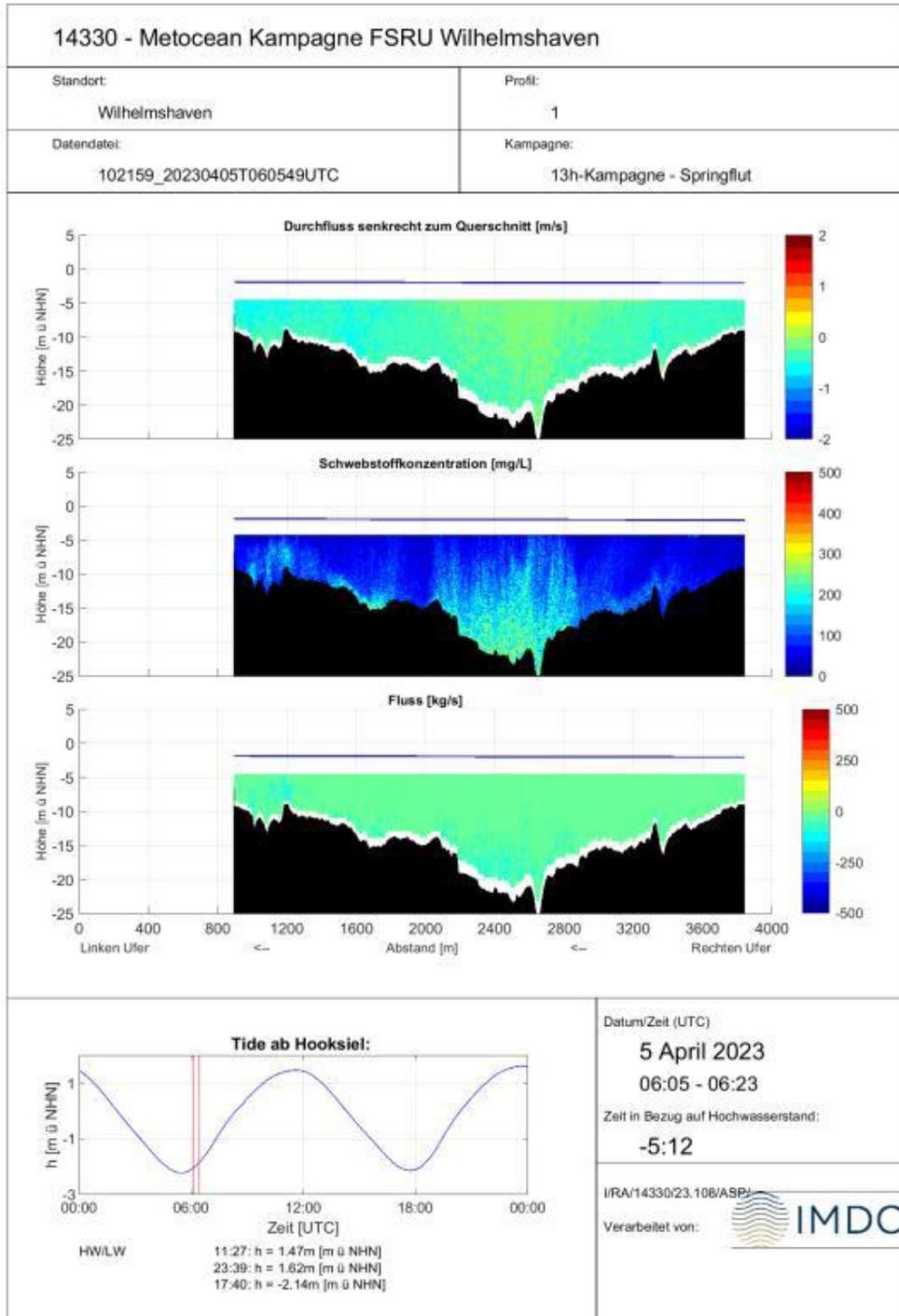


Abbildung 50: Messkampagne Räumliche Visualisierung der Stromverteilung über einen Querschnitt

4.12.4 Zeitplan

Es wurden zwei Kampagnen durchgeführt:

- Kampagne 1: Aussetzungsrahmen mit den vorgeschlagenen Geräten und Durchführung einer 13-stündigen Gezeitenkampagne ADCP bei Flut, zur Messung des gesamten Küstentranssekts + Entnahme von Proben für die SSC-Kalibrierung
- Kampagne 2: mindestens 4 Wochen später bei einem anderen Tidenhub, Wiederholung der 13-Stunden-Kampagne und Wiederherstellung des Rahmens

Der Zeitplan für die metozeanische Kampagne ist abhängig von:

- Wetterbedingungen
- Verfügbarkeit von Schiffen.

Die metozeanische Kampagne begann am 27. Februar 2023 und wurde am 5. April 2023 abgeschlossen. Die Vermessungsaktivitäten umfassen:

- 2 Gezeitenmessungen (TT) bei variablen Gezeitenbedingungen: durchgeführt am 29. März und 5. April 2023
- 33 Tage stationäre Messungen des Meeresbodens: vom 27. Februar bis 31. März 2023 mit Zwischenabfrage der Daten am 17. März 2023.

Für die mobilen Messungen wurde ein Transekt festgelegt, um das Überwachungsziel zu erreichen. Auch für die stationären Messungen wurde ein Überwachungsstandort festgelegt, der die Ergebnisse der kürzlich durchgeführten Kampfmitteluntersuchungen berücksichtigt. Für die stationären Messungen ist die Bettneigung sehr wichtig, da die Neigung des Überwachungsrahmens auf etwa 20° begrenzt ist. Daher hat der gewählte Bereich ein relativ flaches Bett.

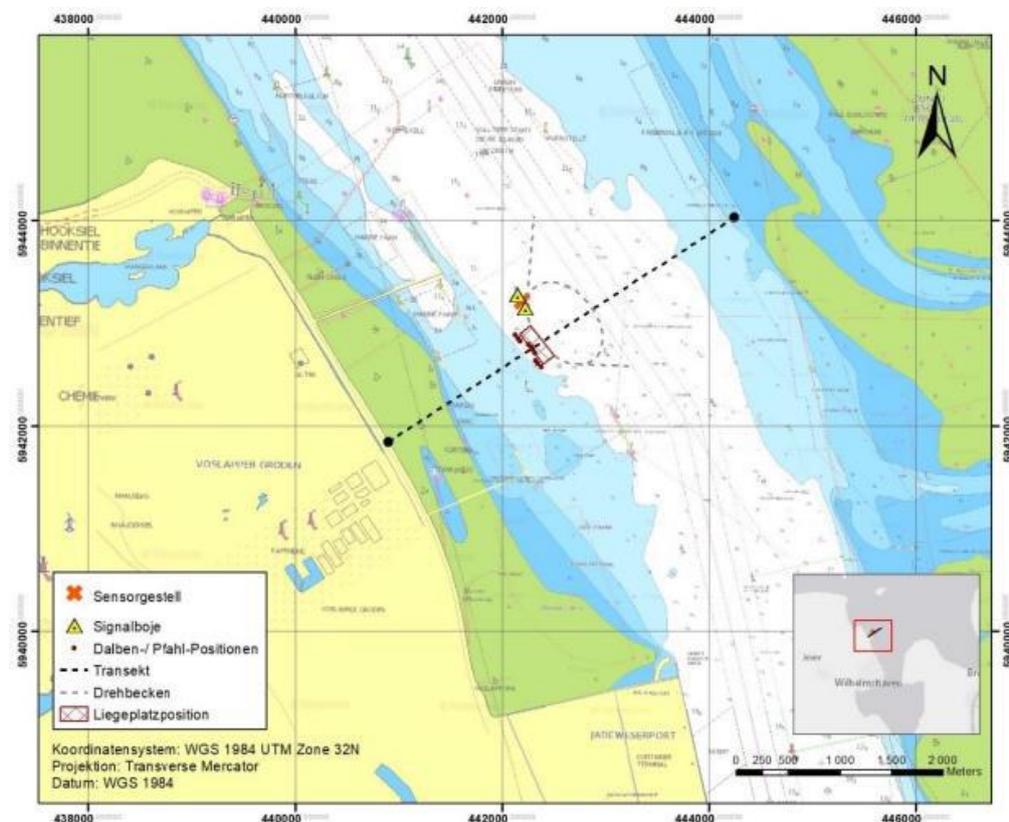


Abbildung 51: Überwachungsstandorte für mobile Messungen (Transekt), stationäre Messungen (Meeresbodengestell) und Darstellung geplanter Signalbojen.

Tabelle 30: Mobile Messungen - Koordinaten des Transekts

	O (UTM32 - WGS84)	N (UTM32 - WGS84)	LAT (ttmmss - WGS84)	LÄNGE (ttmmss - WGS84)
Transekt 1 (West)	440898	5941840	53° 37' 19.315" N	08° 06' 23.104" O
Transekt 1 (Ost)	444245	5944030	53° 38' 31.469" N	08° 09' 23.882" O

Tabelle 31: Mobile Messungen - Koordinaten des SiltProfilers und der Wasserproben

Standort-ID	O (UTM32 - WGS84)	N (UTM32 - WGS84)	LAT (ttmmss - WGS84)	LÄNGE (ttmmss - WGS84)
1	442222	5942736	53° 37' 48.799" N	08° 07' 34.615" O
2	442463	5942733	53° 37' 48.803" N	08° 07' 47.730" O
3	444236	5944024	53° 38' 31.286" N	08° 09' 23.425" O

Tabelle 32: stationäre Messungen – Koordinaten Meeresbodenrahmen und Signalisierungsbojen

	O (UTM32 - WGS84)	N (UTM32 - WGS84)	LAT (ttmmss - WGS84)	LÄNGE (ttmmss - WGS84)	Tiefe (MSL)
Meeresbodengestell	442509	5942895	53°37'54.058"N	08° 07' 50.105" O	-13,96
Signalboje	442149	5943272	53° 38' 6.111" N	08° 7'30.261" O	-13,65
Signalboje	442224	5943144	53° 38'1.993" N	08° 7'34.415"O	-14,13

4.12.5 Ergebnisse mobile Messungen

Tabelle 33: Ergebnisse der Gezeitenmessungen bei unterschiedlichen Gezeitenbedingungen und Messungen und Wasserproben zur Bestimmung von Salzgehalt, Temperatur und Schwebstoffkonzentrationen.

	1e Messkampagne (Nipptide)		2e Messkampagne (Springflut)	
Max. Fließgeschwindigkeit	1,55 m/s	Zweimal erreicht: während der Ebbephase, 3 St. 30 Min nach dem oberen Pegelstand und während der Flutphase, 2 St. 30 Min. vor dem oberen Pegelstand. Bei beiden Kampagnen treten die höchsten Durchflussraten in der Regel nahe der Wasseroberfläche und in der Mitte des Transekts in der Nähe des Navigationskanals auf.	1,7 – 1,8 m/s	Zweimal erreicht: während der Ebbephase, 3 St. 30 Min nach dem oberen Pegelstand und während der Flutphase, 2 St. 30 Min. vor dem oberen Pegelstand. Bei beiden Kampagnen treten die höchsten Durchflussraten in der Regel nahe der Wasseroberfläche und in der Mitte des Transekts in der Nähe des Navigationskanals auf sowie bei Springtide in der Nähe des linken Ufers.
Max SSC. ADCP	300 mg/l	den ganzen Tag niedrig. Höhere Konzentrationen in der Nähe des linken Ufers und in der Nähe des Meeresbodens. Variiert mit den Gezeiten.	500 – 600 mg/l	Höchste Konzentrationen in der Nähe des Flussbetts
Max. SSC SiltProfiler	360 mg/l		615 mg/l	mit der Tiefe zunehmende Sedimentkonzentrationen
Max. SSC Wasserproben	<327 mg/l		<400 mg/l	Diese niedrigen Konzentrationen lassen sich dadurch erklären, dass die Wasserproben einmal pro Stunde in der Wassersäule und nicht in der Nähe des Flussbetts entnommen werden.
Salinitätswerte	28 – 29,5 ppt	bleiben mit zunehmender Tiefe fast konstant. Nur geringe Schwankungen. Höchsten Werte bei Flut.	27,4 – 30 ppt	bleiben mit zunehmender Tiefe fast konstant. Salinitätswerte steigen im Laufe des Tages bis ca. 1 Stunde vor LW an, danach ist ein Rückgang zu beobachten.
Temperatur	8 – 8,5°C		8,4 – 8,7°C	

Ein Vergleich zwischen den beiden Gezeitenbedingungen zeigt mehrere Unterschiede. Während der Springflut werden höhere absolute Geschwindigkeiten gemessen, aber die maximalen Geschwindigkeiten treten in der gleichen Tidephase auf, d.h. etwa 3 Stunden vor HW und 3 Stunden vor LW. Die SSC-Konzentrationen sind bei Springflut höher, was zu erwarten ist, da die Strömungsgeschwindigkeiten höher sind und das Wasser daher mehr Sedimente transportieren kann.

4.12.6 Ergebnisse stationäre Messungen

Die höchsten beobachteten Strömungsgeschwindigkeiten liegen bei bis zu 1,47 m/s und treten nahe der Wasseroberfläche auf (Abbildung 52 oben). Die durchschnittliche Strömungsrichtung beträgt bei Ebbe ca. 132° und bei Flut 315° und ist in der gesamten Wassersäule nahezu konstant (Abbildung 52 unten).

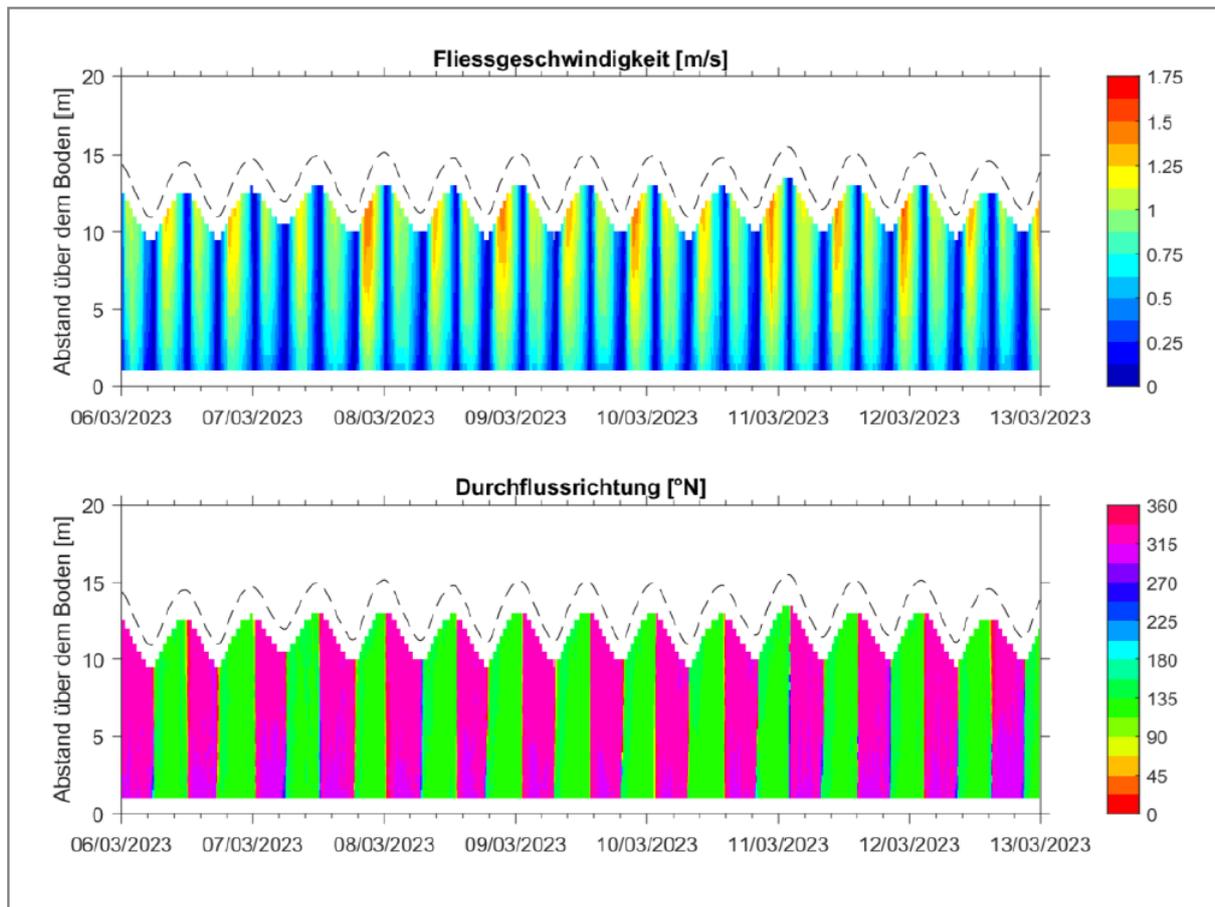


Abbildung 52: Strömungsgeschwindigkeit (oben) und Strömungsrichtung (unten), gemessen mit dem ADCP zwischen dem 06.03.2023 und dem 13.03.2023.

Was die Gezeitenbedingungen während der stationären Messungen angeht, sind die Ergebnisse zu Fließgeschwindigkeit und SSC in Tabelle 34 zusammengefasst. Die dargestellten Werte umfassen die maximale vom ADCP gemessene tiefengemittelte Fließgeschwindigkeit und die maximalen, tiefengemittelten SSC-Werte, die mit dem OBS-3A (für die Schlickfraktion) und dem LISST-ABS (für die Sandfraktion) gemessen wurden.

Tabelle 34: Überblick über die Statistik der Strömungsgeschwindigkeit und der Schwebstoffkonzentration in den verschiedenen Gezeitenphasen.

	Ebbe			Flut		
	Nipp	Durchschnitt	Spring	Nipp	Durchschnitt	Spring
Max. über die Tiefe gemittelte Strömungsgeschwindigkeit [m/s]						
Mittelwert	0,83	0,90	0,99	0,51	1,06	1,19
Max. SSK [mg/l] – OBS-3A (Schlickfraktion)						
Mittelwert	481	771	534	381	802	901
Max. SSK [mg/l] – LISST-ABS (Sandfraktion)						
Mittelwert	135	208	169	60	233	1150

Der mit dem OBS-3A gemessene maximale, tiefengemittelte SSK Wert (Schlickanteil) ist sowohl bei Ebbe als auch bei Flut positiv mit dem Gezeitenkoeffizienten auf der Hooksielplate korreliert, obwohl diese positive Korrelation während der Ebbephase weniger stark ist. Bei der Sandfraktion (gemessen mit dem LISST-ABS) ist die Korrelation zwischen SSK und dem Gezeitenkoeffizienten sehr stark. Im Gegensatz zu dieser starken Beziehung variiert die SSK (Sandfraktion) bei Ebbe nicht mit dem Gezeitenkoeffizienten. Aufgrund eines technischen Problems sind die Daten des LISST-ABS nur für den zweiten Einsatz verfügbar.

Die maximal beobachteten signifikanten Wellenhöhen (H_s) während der Messkampagne erreichen bis zu 0,8 m. Die Wellenrichtungen folgen den vorherrschenden Strömungsrichtungen, wenn die Wellenhöhen niedrig sind (zwischen ca. 0,1 und 0,3 m). Höhere Wellen nähern sich aus dem Nordwesten (320°). Die mittlere beobachtete Wellenperiode beträgt 3,6 Sekunden. Es ist zu beachten, dass die Wellenmessungen nur über den Drucksensor verfügbar sind. Da sich das hydrodynamische Drucksignal mit der Tiefe abschwächt, ist der Teil des Wellenspektrums bei kurzen Wellenperioden ($< 5s$) weniger genau.

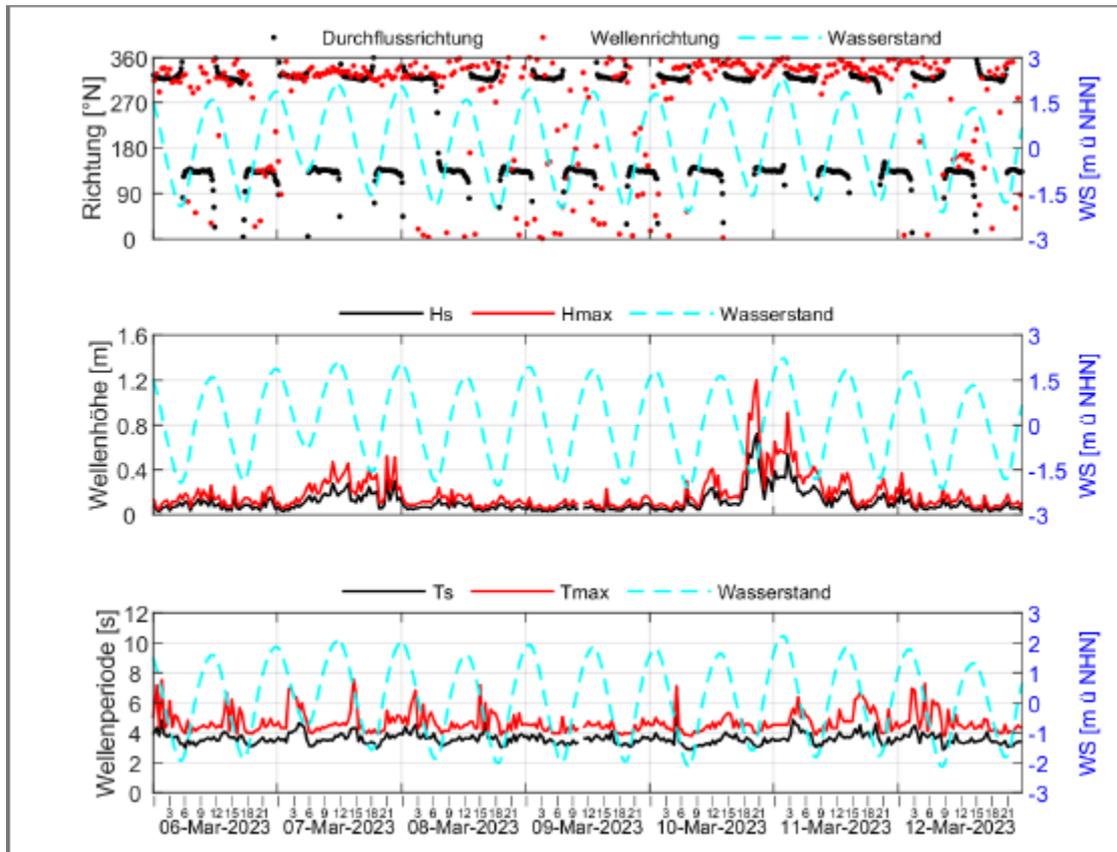


Abbildung 53: Strömungsrichtung, Wellenrichtung, signifikante (H_s) und maximale (H_{max}) Wellenhöhe, signifikante (T_s) und maximale (T_{max}) Wellenperiode, wie sie vom ADCP zwischen dem 06/03/2023 und dem 13/03/2023 gemessen wurden

4.13 Nautische Studien und Risikobewertung

4.13.1 Einleitung

Bei der Planung des Vorhabens sind die nautischen Bedingungen und Auswirkungen von grundlegender Bedeutung. Die hier aufgeführten Studien, Gutachten und Untersuchungen dienen im Wesentlichen folgenden Zielen:

- Abstimmung des Vorhabens mit den beteiligten Fachbehörden und sonstigen Beteiligten wie WSA, WSV, Hafenbehörde
- Beschreibung der wesentlichen nautischen Rahmenbedingungen
- Bestimmung des Anlege- und Festmachkonzeptes für die FSRU und die LNG-Tanker
- Ermittlung der auftretenden Kräfte und Momente auf das Bauwerk, Trossen und Taue in Verbindung mit den Umweltbedingungen auch bei Extremwetterereignissen
- Überprüfung und Optimierung des vorgesehenen Designs des Schiffsanlegers, insbesondere der Anordnung und Dimensionierung der Dalben und Festmachpunkte
- Bestimmung des Bedarfes und der Leistungsauslegung der Schleppboote für die FSRU und die LNG-Tanker
- Bestimmung der Mindestabmessungen und Solltiefen für die Liegewanne und den Zufahrtsbereich einschließlich des Wendebereichs
- Bestimmung der Mindestabstände des Schiffsanlegers zur Fahrrinne und zum Fahrwasser sowie zu den Bestandsbauwerken
- Durchführung einer Risikobeurteilung hinsichtlich der Auswirkungen auf den bestehenden Schiffsverkehr, Festlegung von Risikominderungsmaßnahmen
- Überprüfung der Annahmen durch Simulationsfahrten im Schiffssimulator Leer
- Minimierung der morphologischen Auswirkungen.

Folgende Studien wurden durchgeführt:

1. Studienbericht zur Schiffsnavigation IMDC (nachrichtlich) ⁴
2. Dynamisches Vertäukonzept/Mooringkonzept, siehe 4.13.2
3. Nautische Risikoanalyse, siehe 4.13.3
4. Nautitec Echtzeitsimulationsfahrt, siehe 4.13.4

4.13.2 Dynamisches Vertäukonzept/ Mooringkonzept

4.13.2.1 Einleitung und Ziele

Die FSRU wird voraussichtlich die gesamte Betriebszeit von 5 Jahren am Schiffsanleger festgemacht sein. Unterbrechungen sind nur in Notfällen wie Extremwittersituationen oder Havarien denkbar. Ein Werftaufenthalt ist nur bei größeren ungeplanten technischen Maßnahmen erforderlich. Das Vertäukonzept muss deshalb auf diese Rahmenbedingungen abgestimmt sein. Die TdV hat IMDC hierzu mit der Erstellung einer Mooring-Studie beauftragt. In dieser Studie wird das Konzept zum Anlegen und Festmachen der FSRU und der LNGC am neuen Schiffsanleger beschrieben:

„14.01_Bericht zur Bewertung dynamischer Vertäuerung_2021.06“.

Ziel der Studie ist es, dass ursprünglich vom Vercharterer der FSRU vorgeschlagene Vertäuungs-Layout zu verbessern, indem die Entwurfslasten des Vertäuungssystems bestimmt und die Schiffsbewegungen mit Hilfe einer dynamischen Vertäuungsanalyse (Dynamic Mooring Analysis; DMA) für verschiedene Vertäuungskonfigurationen und unter verschiedenen Umweltbedingungen bewertet werden. Es werden zwei Konfigurationen bewertet werden: 1) FSRU allein 2) FSRU mit LNG-Tanker Seite an Seite. Die folgenden Teilziele werden formuliert:

Für die FSRU:

- Verbesserung der Vertäuungskonfiguration, um unter extremen Bedingungen, vorzugsweise bei einem Jahrhundertereignis, eine sichere Vertäuung sicherzustellen.
- Bestimmung der limitierenden Umgebungsgrenzbedingungen, unter denen die FSRU sicher am Liegeplatz bleiben kann.
- Bestimmung der Wahrscheinlichkeit der Überschreitung der Umgebungsgrenzbedingungen sowie der erwarteten Häufigkeit, mit der die FSRU den Liegeplatz aufgrund des erwarteten Risikos der Überschreitung von Bewegungen und/oder Belastungen in den Festmacherleinen verlassen muss.

Für die FSRU mit seitlich festgemachtem LNG-Tanker:

- Bestimmung der Umgebungsgrenzbedingungen für den Schiff-zu-Schiff-Betrieb;
- Bestimmung der Umgebungsgrenzbedingungen für einen sicheren Aufenthalt am Liegeplatz.
- Ableitung der Überschreitungswahrscheinlichkeit von Umgebungsgrenzbedingungen.

4.13.2.2 Methode und Ansatz

Mithilfe der Software Aktis DMA wurde eine dynamische Vertäuungsanalyse (Dynamic Mooring Analysis; DMA) durchgeführt, um die Bemessung des aktuellen Vertäuungssystems zu verbessern und die Grenzbedingungen für das FSRU-Terminal zu bestimmen. Aktis DMA ist ein Paket zur Simulation von Schiffsbewegungen innerhalb der sechs Freiheitsgrade, das im Zeitbereich uneingeschränkt arbeitet.

⁴ Die TdV hat IMDC mit der Erstellung einer Schiffsnavigation-Studie als Vorstudie für die Entwurfsplanung an der ursprünglich geplanten Position des Vorhabens beauftragt. Die Ergebnisse sind durch die Nautitec Echtzeitsimulationsfahrt an der eingereichten Position aktualisiert worden und müssen daher nicht weiter aufgeführt werden.

Es berücksichtigt Wellenkräfte 1. und 2. Ordnung, Windkräfte, Strömungskräfte, die hydrodynamische Interaktion mit anderen Objekten und dem Meeresboden sowie alle nichtlinearen Arten von Vertäuungs- und Fendereigenschaften.

Für das sichere und effiziente Löschen bzw. Beladen der vertäuten FSRU – bei Vertäuung entweder allein oder Seite an Seite mit dem anlegenden LNG-Tanker – wurde eine Vielzahl von Umgebungsverhältnissen simuliert (Wind, Wellen, Wasserstand und Strömungen) und anhand von Leinenlast- und Bewegungskriterien bewertet, um davon ausgehend die Umgebungsgrenzbedingungen und die Wahrscheinlichkeit von deren Überschreitung abzuleiten. Werden die Bewegungskriterien überschritten, so führen diese Bedingungen zu Betriebsausfällen, und ihre kombinierte Überschreitungswahrscheinlichkeit bestimmt den Zeitraum, in dem der Lade-/Löschbetrieb ausgesetzt werden muss. Werden die Grenzen der Leinenlasten überschritten, so besteht das Risiko von Leinenbrüchen.

In Abbildung 54 wird der Modellierungsansatz schematisch dargestellt. Zu den Eingabedaten gehören unter anderem die Eigenschaften des vertäuten Schiffs und des Liegeplatzes, die Vertäuungsanordnungen, die Umgebungsverhältnisse sowie die Schiffshydrodynamik und die Grenzkriterien. Aktis DMA liefert die Ansprech- und Vertäukräfte des Schiffs, aus denen sich die metoceanen Grenzbedingungen und Ausfallzeiten ableiten lassen.

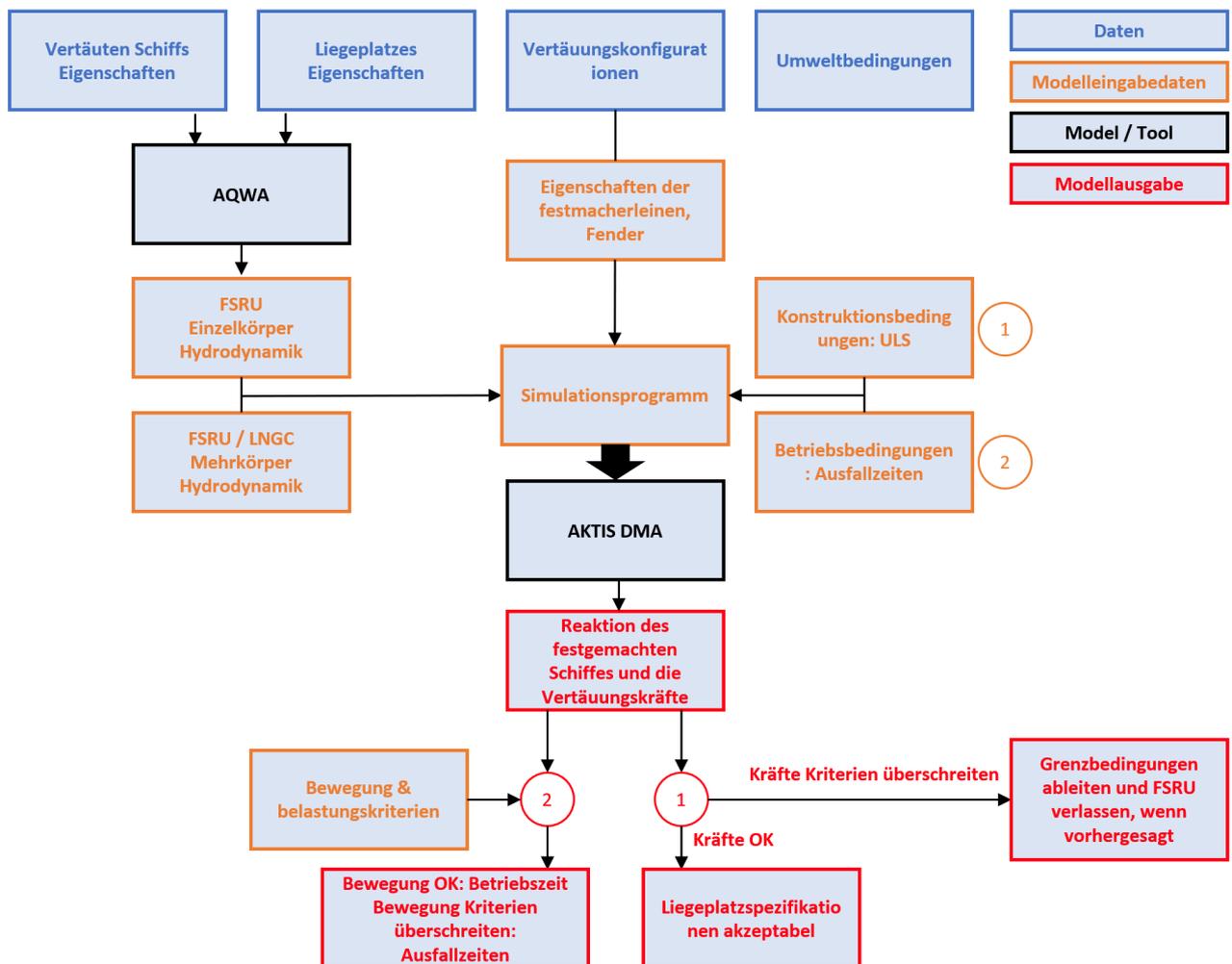


Abbildung 54: Modellierungsansatz für Mooring Studie

Die Modellierung der Schiffe umfasst die hydrodynamischen und hydrostatischen Reaktionseigenschaften des Schiffs (Stabilität, zusätzliche Masse und Dämpfung) sowie die Wellenkräfte 1. und 2. Ordnung, die Windkräfte und die Strömungskräfte, die am Schiff wirken. Die hydrodynamischen Reaktionseigenschaften des Schiffs und die Wellenkräfte werden mit der branchenüblichen Software ANSYS AQWA mit einer 3D-Panel-Methode berechnet. Abbildung 55 zeigt ein Beispiel für die Panelisierung in AQWA.

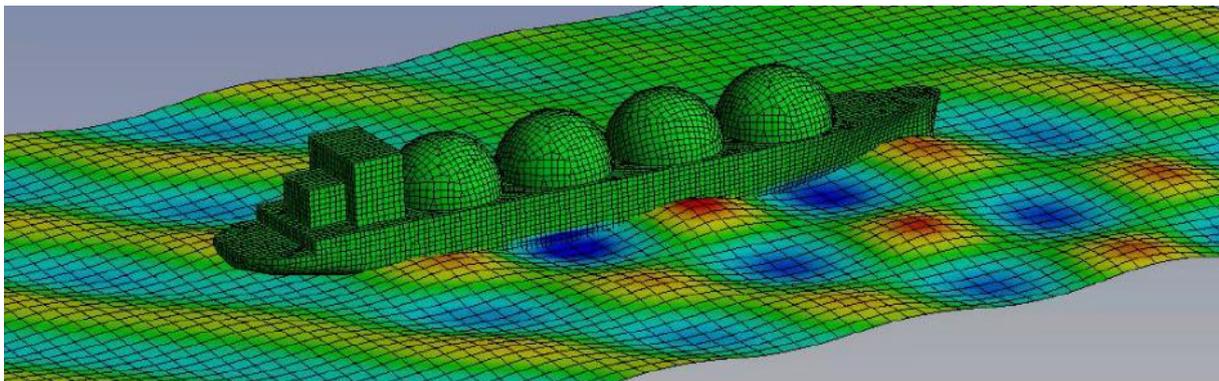


Abbildung 55: Schiffspanelisierung in AQWA (Simulationsprogramm)

4.13.2.3 Eingabedaten

Die metoceanen Bedingungen am Projektstandort, einschließlich der Extremwertanalyse, sind in „12.1_Bericht über die Umweltbedingungen_2014.07“ beschrieben, siehe 4.11.

Daten zur FSRU sind im 14.2_Bericht zur Bewertung dynamischer Vertäuung_2021.06 aufgeführt, das Schiff wird in der Analyse in Ballast und beladenem Zustand bewertet.

Die Hauptabmessungen der untersuchten anlegenden LNG-Tanker sind in Tabelle 3-5 angegeben. Die Schiffe werden in der Analyse in Ballast (an die beladene FSRU vertäut) und in beladenem Zustand (an die FSRU in Ballast vertäut) bewertet

Die Anlegerdaten für die Optimierung, Daten zum Vertäusystem wie Dalben, Fender, Schnelllösehaken (Quick Release Hooks) sowie sonstige Bewertungskriterien wie maximal zulässige Bewegungen im Betrieb, maximal zulässige Lasten (Kräfte), Vertäuleinen finden sich im Bericht.

Tabelle 35: Hauptmerkmale des LNG-Tankers in Ballast und beladenem Zustand

Parameter	Einheit		LNG-Tanker m. Membrantank 170 Tsd.		LNG-Tanker m. Kugeltank (Moss) 177 Tsd.		LNG-Tanker m. Membrantank 138 Tsd.	
			in Ballast	beladen	in Ballast	beladen	in Ballast	beladen
Typ			LNGC		LNGC		LNGC	
Kapazität	m ³		170.200		177.200		138.000	
Länge über alles	Lüa	m	299,9		299,9		277	
Länge zwischen den Loten	Lpp	m	288		286		266	
Breite	B	m	45,8		48,9		43,4	
Seitenhöhe bis Hauptdeck	D	m	26		27		26	
Ladezustand in der Studie			in Ballast	beladen	in Ballast	beladen	in Ballast	beladen

Tiefgang für Studie	T	m	9,4	11,6	9,5	11,5	9,6	12,32
Verdrängung	Δ	t	95.150	120.520	92.507	115.752	82.257	108.832
Transversale metazentrische Höhe	GMT	m	7,9	3	11,61	2,88	11,7	2,46
Longitudinale metazentrische Höhe	GML	m	583	507,9	542,9	476,6	462,4	441,6
Trägheitsradius Rollen in der Luft	kxx	m	18,4	14,1	21	16,1	17,4	13,3
Trägheitsradius Stampfen in der Luft	kyy	m	73,6	66,5	65,6	70,2	68,8	61,5
Trägheitsradius Gieren in der Luft	kzz	m	74,5	66,8	67,3	70,2	68,8	61,5
Windabweichung längsschiffs	Awx	m ²	1.655	1.550	2.160	2.063	1.447	1.329
Windabweichung querschiffs	Awy	m ²	7.927	7.290	10.270	9.704	7.122	6.446

4.13.2.4 Simulationsergebnisse FSRU Vertäuanalyse

Die verbesserte Vertäuungsanordnung ist 4-3-2-3-4-4 (MD2-MD3-BD1-BD4-MD4-MD5);

Bezogen auf die Lasten im Vertäusystem bildet Wind die vorherrschende Kraft. Wellen haben eine geringere Wirkung, die deutlicher ausfällt, wenn die FSRU bei Wasserstand SKN in Ballast ist. Strömungen wirken sich schwächer aus.

Die Überschreitungswahrscheinlichkeit beträgt ausgehend vom normalen Windklima am Projektstandort gemäß der Zeitreihe 0,00 % für ein durchschnittliches Jahr. Die Vertäuung der FSRU hält hundertjährigen Wiederkehrintervallbedingungen für Winde aus 0–180° N und 300–330° N stand, in Kombination mit Wellen und Strömungen. Bezüglich der anderen Windrichtungen gilt:

- aus 210° N begrenzt auf 21 m/s (Wiederkehrintervall zwischen 20 und 50 Jahren)
- 240° N ist begrenzt auf 21 m/s (Wiederkehrintervall zwischen 10 und 20 Jahren)
- aus 270° N begrenzt auf 23 m/s (Wiederkehrintervall zwischen 20 und 50 Jahren)

Die zu erwartende Häufigkeit, mit der die FSRU die Anlegestelle verlassen muss, ist gemäß den ermittelten Zeitreihen einmal alle paar Jahre.

Bewegungen beziehen sich auf absolute Bewegungen der Hochdrucksammelleitung (Steigleitung/Riser) bezogen auf die Ausgangsposition. Alle Simulationsbewegungen liegen innerhalb des geschätzten maximalen Betriebsbereichs von 3 m. Die ermittelte maximale betriebsinduzierte Schnellbewegung der Hochdrucksammelleitung beträgt 1,07 m, ihr maximaler betriebsinduzierter Versatz beträgt 1,08 m.

4.13.2.5 Simulationsergebnisse Schiff-zu-Schiff Vertäuanalyse

Ausgehend von der durchgeführten DMA ergeben sich folgende wesentlichen Schlussfolgerungen für den Schiff-zu-Schiff-Betrieb:

Die verbesserte Vertäueinrichtung stellt sich für die verschiedenen LNG-Tanker wie folgt dar:

- FSRU (4-3-2-3-4-4) + LNG-Tanker mit Membrantank 138 Tsd. (3-4-2-2-4-3)
- FSRU (4-3-2-3-4-4) + LNG-Tanker mit Membrantank 170 Tsd. (3-4-2-2-4-3)
- FSRU (4-3-2-3-4-4) + LNG-Tanker mit Kugeltank (Moss) 177 Tsd. (1-6-2-2-4-3)

Bezogen auf die Lasten im Vertäusystem bildet Wind die vorherrschende Kraft. In dieser Simulationsreihe sind die verwendeten Recker jedoch 11 m lang (in früheren Berichten waren es 22 m). Dies macht das Vertäusystem steifer und anfälliger für die auftretenden Dünungswellen. Dadurch erhöhen sich unabhängig vom Wind die Leinenlasten. Strömungen wirken sich schwächer aus.

Der LNG-Tanker mit 138.000 m³-Membrantank ist am anfälligsten für Dünungswellen, hauptsächlich bei Wasserstand SKN. Zusammen mit Strömungen und Winden aus 30° N überschreiten die Leinenlasten unabhängig von der Windgeschwindigkeit die Grenzkriterien etwas.

Mit dem LNG-Tanker mit 138.000 m³-Membrantank hält das Vertäusystem hundertjährigen metoceanen Bedingungen aus allen Windrichtungen stand, in Kombination mit Wellen und Strömungen in allen Szenarien, außer im Folgenden: FSRU beladen und LNG-Tanker mit Membrantank 138 Tsd. in Ballast bei Wasserstand SKN. Zusammen mit Strömungen und Winden aus 30° N überschreiten die Leinenlasten in diesem Szenario unabhängig von der Windgeschwindigkeit die Grenzkriterien etwas. Das Vertäusystem hält in diesem Szenario hundertjährigen Bedingungen für Winde aus 60–120° N und 180–210° N stand. Bezüglich der anderen Windrichtungen gilt:

- aus 0° N begrenzt auf 18 m/s (Wiederkehrintervall zwischen 2 und 5 Jahren) und Überschreitungswahrscheinlichkeit von 0,01 % für ein durchschnittliches Jahr.
- aus 150° N begrenzt auf 13 m/s (Wiederkehrintervall zwischen 2 und 5 Jahren) und Überschreitungswahrscheinlichkeit von 0,02 % für ein durchschnittliches Jahr.
- aus 240° N begrenzt auf 18 m/s (Wiederkehrintervall zwischen 2 und 5 Jahren) und Überschreitungswahrscheinlichkeit von 0,02 % für ein durchschnittliches Jahr.
- aus 270° N begrenzt auf 14 m/s (Wiederkehrintervall unter 1 Jahr) und Überschreitungswahrscheinlichkeit von 0,43 % für ein durchschnittliches Jahr.
- aus 330° N begrenzt auf 20 m/s (Wiederkehrintervall zwischen 2 und 5 Jahren) und Überschreitungswahrscheinlichkeit von 0,01 % für ein durchschnittliches Jahr.

Mit dem LNG-Tanker 170.000 m³-Membrantank hält das Vertäusystem hundertjährigen Wiederkehrintervallbedingungen für Winde aus 30–210° N und 270–300° N stand, in Kombination mit Wellen und Strömungen. Bezüglich der anderen Windrichtungen gilt:

- aus 0° N begrenzt auf 19 m/s (Wiederkehrintervall zwischen 2 und 5 Jahren) und Überschreitungswahrscheinlichkeit von 0,01 % für ein durchschnittliches Jahr.
- aus 240° N begrenzt auf 20 m/s (Wiederkehrintervall zwischen 2 und 5 Jahren) und Überschreitungswahrscheinlichkeit von 0,01 % für ein durchschnittliches Jahr
- aus 330° N begrenzt auf 18 m/s (Wiederkehrintervall zwischen 2 und 5 Jahren) und Überschreitungswahrscheinlichkeit von 0,03 % für ein durchschnittliches Jahr.

Mit dem LNG-Tanker mit 177.000 m³-Kugeltank (Moss) hält das Vertäusystem hundertjährigen Wiederkehrintervallbedingungen für Winde aus 0–180° N stand, in Kombination mit Wellen und Strömungen. Bezüglich der anderen Windrichtungen gilt:

- aus 210° N begrenzt auf 15 m/s (Wiederkehrintervall unter 1 Jahr) und Überschreitungswahrscheinlichkeit von 0,06 % für ein durchschnittliches Jahr.
- aus 240° N begrenzt auf 15 m/s (Wiederkehrintervall unter 1 Jahr) und Überschreitungswahrscheinlichkeit von 0,17 % für ein durchschnittliches Jahr.

- aus 270° N begrenzt auf 14 m/s (Wiederkehrintervall unter 1 Jahr) und Überschreitungswahrscheinlichkeit von 0,43 % für ein durchschnittliches Jahr.
- aus 300° N begrenzt auf 20 m/s (Wiederkehrintervall zwischen 2 und 5 Jahren) und Überschreitungswahrscheinlichkeit von 0,01 % für ein durchschnittliches Jahr.
- aus 330° N begrenzt auf 18 m/s (Wiederkehrintervall zwischen 1 und 2 Jahren) und Überschreitungswahrscheinlichkeit von 0,03 % für ein durchschnittliches Jahr.

Mit Bewegungen sind sowohl die absoluten Bewegungen der Hochdrucksammelleitung in Bezug auf die Anfangsposition gemeint als auch die relativen Spitze-Spitze-Bewegungen von Schlauchanschlussstationen während des Schiff-zu-Schiff-Betriebs. Im Hinblick auf die Hochdrucksammelleitung liegen alle Simulationsbewegungen innerhalb des ermittelten maximalen Betriebsbereichs von 3 m. Die ermittelte maximale betriebsinduzierte Schnellbewegung der Hochdrucksammelleitung beträgt 1,25 m, und ihr maximaler betriebsinduzierter Versatz beträgt 0,98 m. Im Hinblick auf die relativen Schiff-zu-Schiff-Bewegungen liegen alle Simulationsbewegungen innerhalb des ermittelten Betriebsbereichs von 2 m Schnellen und 1 m Versetzen. Die ermittelte maximale betriebsinduzierte Schnellbewegung beträgt 1,68 m, der maximale betriebsinduzierte relative Versatz beträgt 0,91 m.

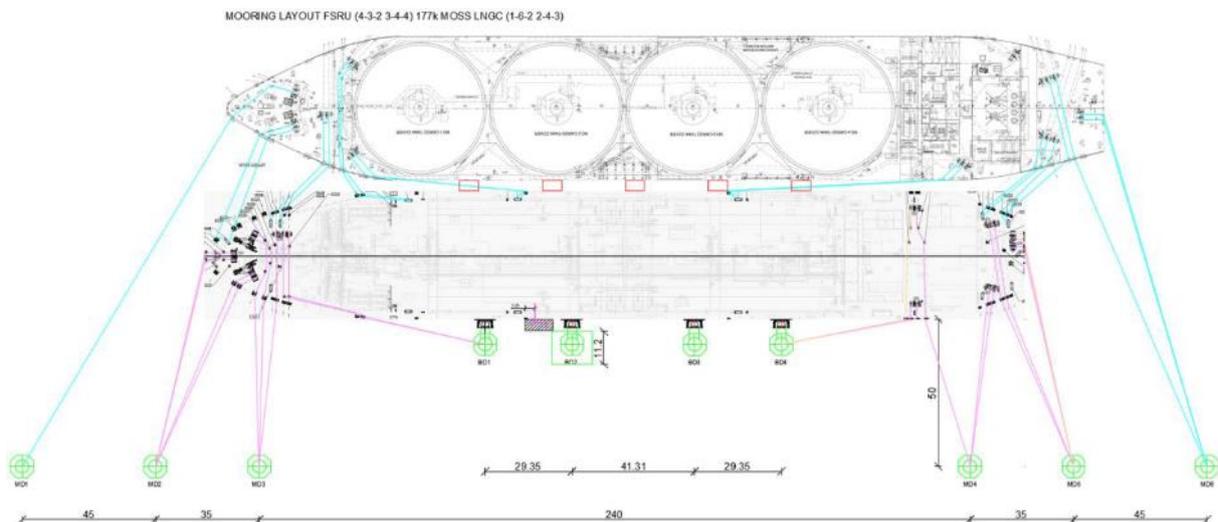


Abbildung 56: Verbessertes Vertäuungslayout für den Schiff-zu-Schiff-Betrieb mit dem 177k-Moss-LNG-Tanker

4.13.2.6 Auswahl der Quick Release Hooks (QRH) und Fender

Die Auswahl und Dimensionierung der Schnelllösehaken (Quick Release Hooks) und Fender (Pufferelemente zum Schutz der Schiffshülle beim Anlegen) erfolgt gemäß den Normen und gesetzlichen Bestimmungen, vgl. 6.1 zum Bericht (Kapitel 04.01).

Die QRH und Fender sind auf eine Dauer von 50 Jahren ausgelegt.

Die Kräfte an den Haken werden über Wägezellen (Kraftmesseinrichtungen) überwacht und im Kontrollraum der FSRU angezeigt und automatisch überwacht.

Weitere Details können der dynamischen Vertäuanalyse entnommen werden.

4.13.2.7 Bemessungslasten beim Vertäuten Schiffen

In der DMA sind gemäß den Richtlinien und Normen wie z.B. OCIMF-Leitlinien MEG4 und EAU 2020 die Bemessungslasten (Kräfte) an den Vertäupunkten und in den Leinen ermittelt worden. Diese Kräfte sind Basis für die Dimensionierung und Auslegung des Anlegers und der Vertäusysteme.

Tabelle 36: Aus der DMA für jede Windrichtung entnommene maximale QRH-Lasten

	Maximale QRH-Lasten [kN]										
	TR	MD1	MD2	MD3	BD1	BD2	BD3	BD4	MD4	MD5	MD6
0 N	100	0	1124	654	109	0	0	843	893	741	0
30 N	100	0	954	628	230	0	0	370	773	772	0
60 N	100	0	942	652	267	0	0	243	685	708	0
90 N	100	0	989	756	442	0	0	39	575	681	0
120 N	100	0	898	716	516	0	0	57	659	781	0
150 N	100	0	829	644	490	0	0	140	918	1039	0
180 N	100	0	876	784	870	0	0	173	1890	2070	0
210 N	20	0	1613	1298	530	0	0	362	2220	2146	0
	100	0	1984	1616	699	0	0	460	2828	2750	0
240 N	10	0	2217	1704	401	0	0	425	2217	2050	0
	100	0	3334	2544	554	0	0	604	3153	2893	0
270 N	20	0	2321	1619	308	0	0	600	1923	1683	0
	100	0	3040	2156	372	0	0	839	2357	1967	0
300 N	100	0	1762	1035	219	0	0	1518	1321	966	0
330N	100	0	1346	710	90	0	0	1338	960	714	0

Weitere Details können der dynamische Vertäuanalyse entnommen werden.

4.13.2.8 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Auf Grundlage der Ergebnisse aus der DMA wurden die folgenden zentralen Schlussfolgerungen gezogen:

Die endgültigen Vertäuanordnungen sind für die allein liegende FSRU in Abschnitt 4.3 und für die FSRU in Kombination mit LNG-Tanker in Abschnitt 5.2 des Berichts dargestellt.

Die Spezifikationen und Platzierungseigenschaften der Vertäu- und Anlegedalben sind definiert

- Die MDs sind jeweils mit Vierfach-QRH ausgestattet und die äußeren BDs mit Dreifach-QRH.
- Die Nutzlast-Kapazität der Haken beträgt SWL = 150 t.
- Abstände und Positionen der QRH sind bestimmt.
- Der Abstand zwischen mittschiffs, definiert in Längsrichtung bei halber Lpp (Länge zwischen den Loten), und BD2 beträgt 6,41 m.

Bei der DMA wurden richtungsabhängige Extrembedingungen einbezogen. Zur Berücksichtigung des Geländeprofiles (Landrauheit), insbesondere bei Wind aus West und Südwest, wurde die Analyse der Winddaten vom Standort Leuchtturm Alte Weser ausgehend von den Modelldaten auf den Projektstandort übertragen.

Vor der Untersuchung der Bemessungsbedingungen und der Grenzbedingungen für das sichere Verbleiben an der Anlegestelle wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Die Vertäuanordnung wurde entsprechend verbessert.

Grenzbedingungen für das Vertäusystem wurden ermittelt, sowohl für FSRU als auch die FSRU mit LNG-Tankern.

Nachrichtlich: Bewegungen der Hochdrucksammelleitung sind ermittelt. Die Simulationsbewegungen liegen innerhalb des ermittelten maximalen Betriebsbereichs von 3 m. Im Hinblick auf die relativen Schiff-zu-Schiff-Bewegungen liegen alle Simulationsbewegungen innerhalb des ermittelten Betriebsbereichs von 2 m Schnellen und 1 m Versetzen.

Die TdV wird die Empfehlungen der Dynamischen Vertäustudie beachten:

- Die FSRU muss in der Lage sein, abzulegen, sobald eine Vorhersage der hergeleiteten Grenzbedingungen für das vorhandene Vertäusystem ergeht.
- Der Schiff-zu-Schiff-Betrieb-Betrieb muss eingestellt werden und der angelegte Tanker muss rechtzeitig ablegen, sobald die hergeleiteten Grenzbedingungen vorhergesagt werden.
- Es muss ein funktionsfähiges Vorhersagesystem für Umgebungsdaten (Wind, Wasserstände, Wellen und Strömungen) eingeführt werden, um rechtzeitig handeln zu können, wenn Grenzbedingungen erwartet werden.
- Zur Überwachung der Leinenlasten und damit auch die Vorspannung der Leinen sollte ein entsprechendes System eingerichtet werden. Es sollte stets eine Vorspannung von mindestens 7,5 % MBL (entspricht etwa 9 t Vorspannung) erreicht werden. Mit einer niedrigeren Vorspannung kommt es zu stärkeren Schiffsbewegungen und damit zu einer höheren Last auf das Vertäusystem.
- Sobald die zulässigen Bewegungsbereiche der tatsächlich verwendeten flexiblen Schläuche für die FSRU und zwischen FSRU und LNG-Tanker bekannt sind, sollten die angelegten Bewegungskriterien überprüft werden.
- Das Vertäusystem benötigt einen detaillierten Inspektionsplan: Da die FSRU permanent vertäut ist, unterliegen die Vertäuleinen und Fender einem höheren Risiko von Ermüdungsschäden. Zusätzlich zu den durchzuführenden Inspektionen sollte ein Wartungs- und Austauschplan für das Vertäusystem aufgestellt werden. Ziel ist, sicherzustellen, dass die Komponenten des Vertäusystems nicht zu stark verschleifen und damit weniger belastbar sind.

4.13.3 Nautische Risikoanalyse

4.13.3.1 Einleitung und Zielsetzung

Die TdV hat IMDC mit der Erstellung einer nautischen Risikoanalyse beauftragt. Hierin werden die unterschiedlichen nautischen Situationen beschrieben und einer Risikoanalyse unterzogen. Die ermittelten Risiken werden bewertet und es werden Maßnahmen zur Minimierung vorgestellt.

„14.02_Nautische Risikoanalyse_2018.05“

Die Studie zum nautischen Risiko gliedert sich in zwei Teile:

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

Ziele der nautischen Risikostudie sind:

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

Um die Ziele zu erreichen, wird folgender Ansatz angewandt:

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

4.13.3.2 Basisdaten

Als Basisdaten werden u.a. verwendet:

- Bathymetriedaten der Hauptfahrrienen
- Meteorologisch-ozeanographische Bedingungen, vgl. 4.11
- Schlepperkapazitäten in WHV
- Informationen zu Bestehende Fahrtrassen und Schifffahrtsvorschriften
- Planungsdaten zum Vorhaben (Anleger, Liegewanne, Zufahrt)
- Informationen zur FSRU, den LNG-Tankern
- Historische Daten zu Schiffsbewegungen

4.13.3.3 Bewertung der Fahrtrasse und der Manöverstrategie des LNG-Tankers

Die durchgeführte Bewertung im Hinblick auf das Manöver des LNG-Tankers vom Meer zur geplanten FSRU basiert auf Richtlinien und Gutachten. Zunächst wird der Bedarf an Unterstützung durch Schlepper geschätzt. Darauf folgt eine Bewertung der Fahrtrasse, und zuletzt eine Beurteilung der Einlauf- und Auslaufmanöver über die Tiefwasserfahrinne.

Die Hilfe von Schleppern ist erforderlich, um seegängige Tanker zu unterstützen, wenn die Geschwindigkeit unter die minimale Manövergeschwindigkeit von rund 4 Knoten fällt. Die Schlepper sind notwendig, um den LNG-Tanker beim Wenden und Anlegen neben der FSRU zu manövrieren. Für Soforthilfe für den LNG-Tanker während des Wendens und Anlegens entlang der Fender der FSRU sind Hochleistungsschlepper erforderlich. Besonders gut geeignet für derartige Hilfsmanöver sind Schlepper mit Azimut-Heckantrieb (ASD), Azimut-Traktorantrieb (ATD) oder Rotortug-Schlepper (Dreifach-Azimut-Antrieb), die mit Render-Recover-Winden ausgestattet sind.

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

Nachrichtlich: Der Schlepperdienst in Wilhelmshaven wird von mehreren Marinedienstleistern erbracht. Die im Hafen von Wilhelmshaven derzeit stationierten Schlepper sind unten aufgeführt. Die TdV bzw. die beteiligten Projektpartner sind derzeit in Gesprächen und Verhandlungen zur Erweiterung der Schlepperkapazitäten in Wilhelmshaven.

Tabelle 37: In Wilhelmshaven verkehrende Schlepper

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

Bewertung der Fahrtrasse Jade/Fahrinne.

Lotsenpflicht

Schiffe, die unter § 30 Abs. 1 Seeschiffsstraßen-Ordnung (SeeSchStrO, s. u.) fallen, sind verpflichtet, den Revierlotsen bereits im Verkehrstrennungsgebiet „Jade Approach“ (zwischen Feuerschiff „GB“ und Tonne „TG18“) an Bord zu nehmen. Der Lotse erreicht das Schiff auf einem Lotsenversetzboot. Je nach Wetterlage und/oder Anforderung kann der Lotse auch per Hubschrauber versetzt werden. Die Entfernung bei der Versetzung von der Lotsenstation zur FSRU, wie beträgt rund 41 Seemeilen wie in Abbildung 57 gezeigt.

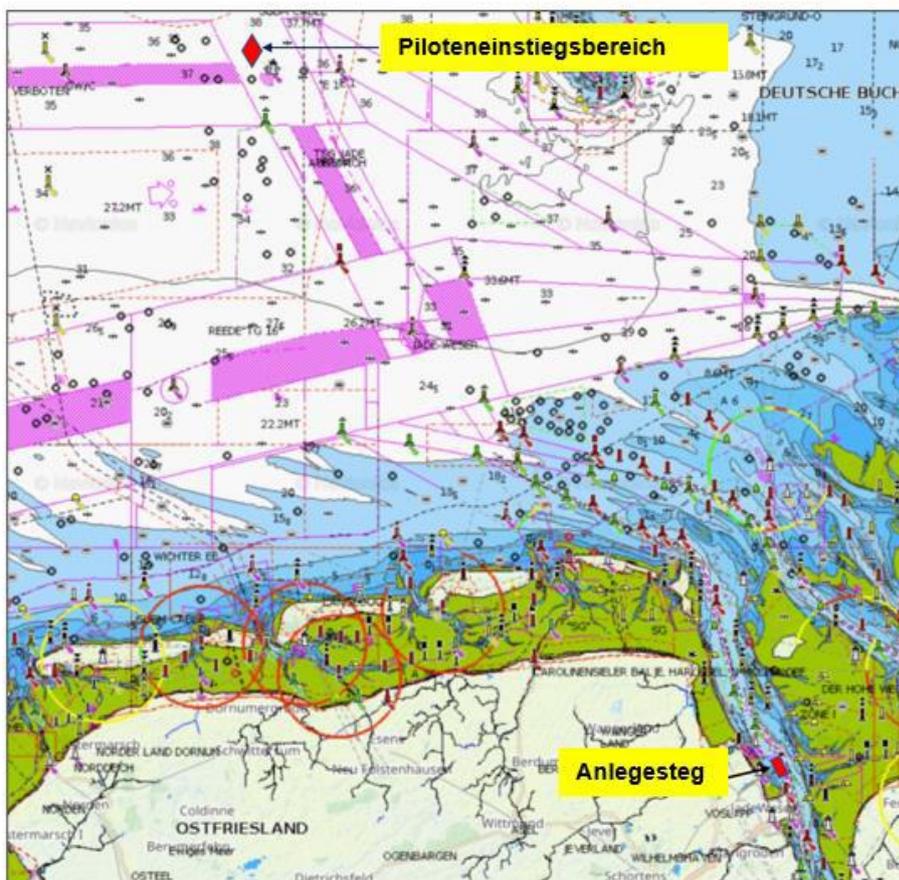


Abbildung 57: Überblick über die Fahrtrasse von der Lotsenstation zum Schiffsanleger

Trassenabschnitte

Die Fahrstrecke bis zum Anleger ist in sechs Trassenabschnitte eingeteilt. In der Risikoanalyse werden für jeden einzelnen Abschnitt die nautischen Randbedingungen und die darauf abgestimmte Manöverstrategie beschrieben. Dies beinhaltet u.A. Geschwindigkeit des LNG-Tankers, erforderliche Schlepperanzahl, -Typ und -Leistung, Drehpunkte und Manövrierradien.

Tabelle 38: Trassendetails

Trasse	Wangerooger & Olde-Ooge Rinne Tonne Nummer	Kurs über Grund	Entfernung NM	Min. Breite (m) bei SKN-17,6 m	Kurs über Grund	Radius NM
1	1	130–310°	1,6	300 – 600	014°	1
2	3/4 –15/16	116 - 296°	7,46	300	019°	1
3	15/16 –17/18	097- 277°	0,93	300 - 450	036°	0,9
	Olde-Ooge- Rinne Tonne Nummer					
4	17/18 –19/20	133 – 313°	1,38	660 – 730	032°	1
5	19/20 – 33/34	165 – 345°	6,47	300–430	019°	1
	Schillig-Reede Tonne Nummer					
6	33/34 – 41	146 – 326°	3,67	300	032°	1

Anfahrt und Anlegen

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

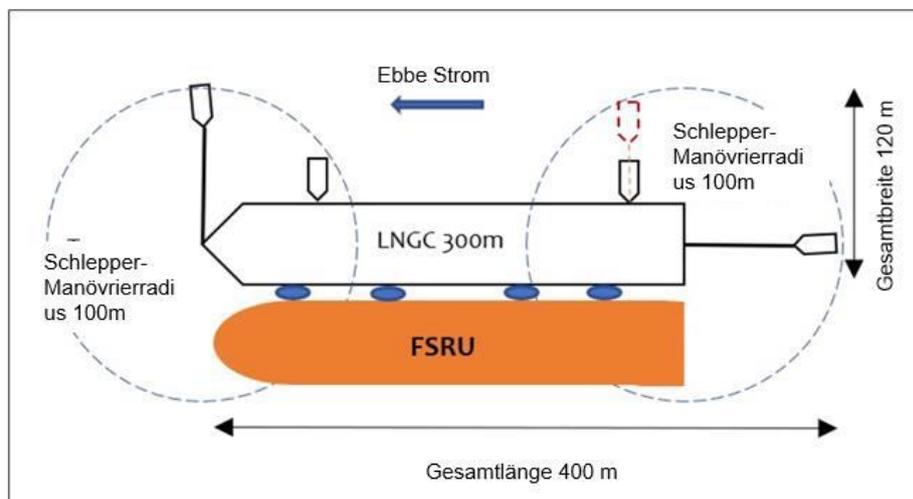


Abbildung 58: Schlepperkonfiguration beim Anlegen im Hafen entlang der FSRU in Ebbe

4.13.3.4 Methodik zur nautischen Risikobewertung

Die Risikobewertung erfolgt in Anlehnung zu Richtlinien der Internationalen Seeschiffahrts-Organisation (IMO) für formelle Risikoabschätzungen (formal safety assessment FSA). Innerhalb einer FSA werden alle möglichen Gefahren strukturiert und systematisch identifiziert und bewertet. Das Verfahren besteht im Wesentlichen aus fünf Schritten:

1. Identifizierung von Gefahren (Liste aller relevanten Unfallszenarien samt potenzieller Ursachen und Folgen),
2. Risikobewertung (Beurteilung der Risikofaktoren),
3. Risikokontrolloptionen (Ausarbeitung von Regulierungsmaßnahmen zur Kontrolle und Minderung der identifizierten Risiken),

4. Kosten-Nutzen-Bewertung (Bestimmung der Wirtschaftlichkeit von Risikokontrollmaßnahmen) und
5. Empfehlungen für die Entscheidungsfindung (Informationen über die Gefahren, die damit verbundenen Risiken und die Wirtschaftlichkeit alternativer Risikokontrollmaßnahmen).

Die Studie konzentriert sich auf die Risiken des LNG-Tankers, die mit dem Fahren von der und zur FSRU verbunden sind, und auf die Risiken von Kollisionen vorbeifahrender Schiffe mit der FSRU. In der vorliegenden Studie wurden die ersten drei FSA-Schritte durchgeführt, also eine Identifizierung von Gefahren, eine Risikobewertung und eine Evaluierung der Risikokontrolloptionen.

Nachrichtlich: Sicherheitsbetrachtungen und Risikoabschätzungen beim Betrieb der FSRU einschließlich dem Beladen von LMG sind Bestandteil des immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahrens.

Risikobewertung

Nach der Gefahrenidentifikation (HAZID) wurde eine Zuordnung der Häufigkeit ihres Eintretens vorgenommen. Zudem wurde die Schwere der Folgen bewertet. Mit der Häufigkeit und den Folgen lässt sich das Risiko bestimmen, das aus einer Gefahr herrührt. Die Einstufung der Gefahren erfolgte gemäß IMO- und PIANC-Richtlinien nach Häufigkeits- und Folgenklassen wie nachfolgend dargestellt.

Tabelle 39: Häufigkeitsklassen der Gefahren

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

Tabelle 40: Folgenklassen je Gefahrentyp

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

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

Tabelle 41: Matrix zur qualitativen Risikobewertung

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

Die in der Matrix dargestellten Farben werden in der Risikobewertung mittels der Risk Assessment Matrix (RAM) in der Studie verwendet. Für Risiken mit der Einstufung „gelb“ (mittel) werden risikomindernde Maßnahmen beschrieben. Hohe Risiken (rot) wurden keine festgestellt.

4.13.3.5 Gefahrenidentifikation (HAZID)

Die Risikoanalyse wurde für folgende, wesentliche Manöverschritte durchgeführt:

- A. Fahrt vom Lotseneinstieg zum Jadezugang
- B. Versetzung durch Jade/Fahrinne
- C. Wenden
- D. Anfahrt an Liegeplatz
- E. Anlegen an FSRU
- F. Ablegen und Klarmachen der FSRU
- G. Risiko einer Anfahrung durch vorbeifahrende Schiffe beim Anlaufen des Anlandeterminals 2 der HES bzw. beim Verlassen

Die in der HAZID (Hazard Identification) ermittelten Gefahren sind tabellarisch dargestellt. Mögliche Ursachen, Folgen beim Eintritt und Minderungsmaßnahmen sind aufgeführt. Tabelle 42 zeigt ein Beispiel für Manöverschritt D.

Tabelle 42: HAZID für Anfahrt an den Liegeplatz

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

4.13.3.6 Risk Assessment Matrix (RAM)

Für alle in der HAZID ermittelten Gefahren erfolgt die Einstufung der Einzelrisiken gemäß der oben beschriebenen Methode. Die Darstellung erfolgt tabellarisch in einer Risk Assessment Matrix. Nachfolgend ein Beispiel für Wenden, Anfahrt zum Liegeplatz und Anlegen.

Tabelle 43: Risikobewertungsmatrix für Wenden, Anfahrt zum Liegeplatz, Anlegen

Nr.	Art des Versagens	Wahrscheinlichkeit	Menschen	Sachen	Umwelt	Ruf	Punktzahl
C1	Wenden zu früh oder zu spät eingeleitet	C	0	2	2	2	
C2	Positionierungs- oder Orientierungsfehler	C	0	2	2	2	
C3	Brechen der Schleppleine vorwärts/achtern	A	3	2	2	2	
C4	Schlepperausfall	A	1	2	2	2	
C5	Versagen der Schlepperkommunikation	A	0	1	1	1	
C6	Instrumentenausfall	A	0	0	0	0	
C7	Ausfall des Hauptmotors/-rulers	A	1	3	3	2	
D: Anfahrt an Liegeplatz							
D1	Position und Bewegung nicht gut unter Kontrolle	B	0	4	3	3	
D2	Schlepperausfall	A	1	3	3	3	
D3	Brechen der Schleppleine	A	1	2	2	2	
D4	Versagen der Schlepperkommunikation	A	0	1	1	0	
D5	Instrumentenausfall	A	0	0	0	0	
D6	Ausfall des Hauptmotors/-rulers	A	1	3	3	2	
E: Anlegen							
E1	Position und Bewegung nicht gut unter Kontrolle	B	0	4	3	3	
E2	Ausfall des Seitenschleppers	B	0	2	2	1	
E3	Ausfall des Schleppers an der Schleppleine	A	0	3	3	3	
E4	Schlepp- oder Schiffsleine im Propeller	B	0	3	3	2	
E5	Ausfall des Leinenwerfers (Vertäuboot nicht betriebsbereit)	A	0	1	1	1	
E6	Versagen der Schlepperkommunikation	A	0	1	1	0	
E7	Versagen von Winden oder Leinen	A	0	1	1	0	

Als größte Risiken wurden identifiziert:

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

Diese Risiken und mögliche Minderungsmaßnahmen werden in Abschnitt 6 in „14.02_Nautische Risikoanalyse_2018.05“ näher erörtert.

4.13.3.7 Kollisionsrisikoanalyse

Einleitung und Methodik

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

1. Kollision unter Motor
 - Schiffe, die den üblichen und direkten Schifffahrtswegen folgen. Aufgrund der Ungenauigkeit ihrer Navigation und/oder der zur Verfügung stehenden meteorologischen und hydrologischen Daten weisen Schiffe, die einen bestimmten Kurs verfolgen, eine gewisse laterale Verteilung auf.
 - Schiffe, denen es nicht gelingt, ihren Kurs an einem Wegpunkt zu ändern
2. Driftkollision
 - Zu einer Driftkollision kann es kommen, wenn bei einem Schiff der Antrieb oder die Steuerung ausfällt, und das Schiff unter dem Einfluss von Wind und Wellen auf die FSRU zutreibt.
 - Derartige Kollisionen treten am wahrscheinlichsten bei Extremwetterverhältnissen auf.

Tabelle 44: Driftparameter

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

Schiffsverkehrsanalyse

Wie bereits in 4.4.5 beschrieben, beruhen die Schiffsverkehrsdaten, die als Input für die Schiffsverkehrsanalyse verwendet werden, auf AIS-Daten. Bei der Verkehrsmodellierung wird die zeitliche und räumliche Verkehrsverteilung zu einer gedachten Mittellinie von Trassenabschnitten mathematisch beschrieben. Mittels von statistischen Methoden werden Eintrittswahrscheinlichkeiten für bestimmte Kollisionsereignisse berechnet.

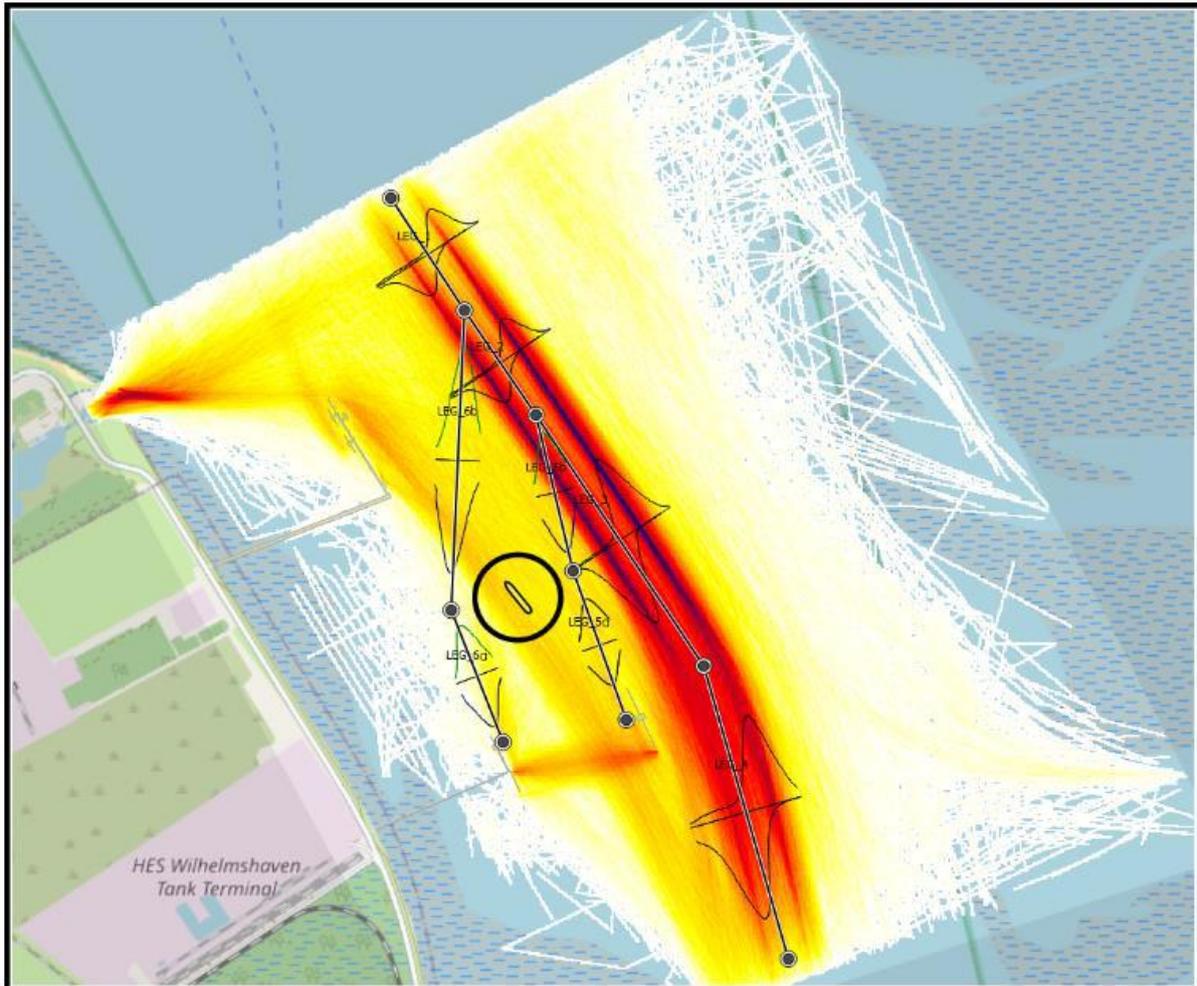


Abbildung 59: Identifizierte Routen und deren Verkehrsverteilung

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der Kollisionsrisikoanalyse für die vorgesehene FSRU und das Eindringrisiko eines Schiffes in die Sperrzone (300-m-Umkreis) sind im Bericht beschrieben. Diese Wahrscheinlichkeiten wurden unter der Annahme berechnet, dass keine Risikominderungsmaßnahmen umgesetzt sind. Insofern handelt es sich um konservative Schätzungen. Das Hauptrisiko einer Kollision mit der FSRU geht von driftenden Schiffen aus und beträgt 0.00213 Vorfälle/Jahr was einem Wiederholungswert von ca. 470 Jahren entspricht.

Derartige driftende Schiffe gehören hauptsächlich zu den Kategorien der Unterstützungsschiffe und der sonstigen Schiffe. Diese beiden Schiffstypen machen ca. 73 % des geschätzten Risikos von Kollisionen mit der FSRU aus.

Gemäß der Häufigkeitsanalyse besteht im Untersuchungsgebiet ein geringes Risiko einer Kollision eines Schiffes mit der FSRU. Verkehr zwischen dem künftigen Anlandeterminal und der Küste sollte ausschließlich außerhalb der Sperrzone stattfinden.

4.13.3.8 Empfehlungen und Fazit

Die Empfehlungen der nautischen Risikoanalyse werden von der TdV bei der Planung und dem Betrieb berücksichtigt und umgesetzt:

- Verpflichtende Verwendung eines tragbaren Lotsengeräts (PPU) während Fahrwasserversetzungen und Wendemanövern. PPU sind unabhängige Quellen für Navigationsdaten. Die Verwendung dieser Geräte bietet den Lotsen nicht nur zusätzliche Informationen, sondern kann auch zur Verbesserung der Sicherheits-, Effizienz- und Betriebsparameter beitragen.
- Die Praktik der Passagenplanung muss angewandt werden. Schulungen in Marine Resource Management (MRM bzw. BRM) tragen zu optimaler Brückenkommunikation und -management bei.
- Verpflichtende Verwendung eines tragbaren Lotsengeräts (PPU) während Liegeplatzanfahrten und Anlegemanövern. Der „Docking“-Modus der PPU verbessert die Übersicht über das Anfahren der und Anlegen an der FSRU.
- Den Lotsen müssen genaue Strömungs- und Wetterinformationen vorliegen. Für die Liegeplatzanfahrten und Anlegemanöver könnte es auch eine Option sein, die FSRU mit einem Anlegehilfssystem mit Echtzeitinformationen auszustatten.
- Während des Anlegemanövers sollte der Motor bei Strömung von achtern nicht im Rückwärtsgang laufen. Zum Anhalten des LNG-Tankers während des Anlegens über Grund muss der Heckschlepper verwendet werden.
- Verkehr zwischen dem künftigen Anlandeterminal und der Küste sollte möglichst untersagt werden. Zumindest darf er nur außerhalb der Sperrzone stattfinden. Schiffe, die das innere Anlandeterminal 2 der HES mithilfe von Schleppern anlaufen, müssen an diesen befestigt sein, bevor sie die Sperrzone um die FSRU bzw. den LNG-Tanker passieren

FAZIT

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

4.13.4 Nautitec Echtzeitsimulationsfahrt

In Abstimmung mit dem WSA hat die TdV weitere Echtzeitsimulationen beauftragt. Zu diesem Zweck wurde eine Simulation am Schiffsführungssimulator der Nautitec GmbH & Co.KG in Leer durchgeführt, um die Planungen für das Anlaufen des neuen Liegeplatzes für die FSRU und später für LNG-Tanker bis zur Q-Max Größe auf ihre Realisierbarkeit und Zweckmäßigkeit hin zu überprüfen.

Aufgrund der Lage der benachbarten Terminals von Vynova und HES war auch zu prüfen, ob die Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs von- und zu diesen Anlagen durch das beantragte Vorhaben gestört werden.

„14.03_Nautitec Präsentation Simulationsläufe Final“

„14.04_Nautitec Abschlussbericht Simulationen“

4.13.4.1 Studie 2020

Im Zuge einer vorangegangenen Studie für ein FSRU-Projekt in unmittelbarer Nähe wurden am 11.06.2020 vier Simulationsläufe bezüglich des Befahrens des Jade Reviers mit LNG-Tankern durchgeführt.

Die wichtigsten Ergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden:

Die für ein Befahren der Jade auch mit Tankern der Größenordnung Q-Max notwendigen Voraussetzungen sind bereits jetzt vollumfänglich gegeben. Ein zusätzlicher Ausbau der Seeschiffahrtstraße wäre nicht erforderlich.

Ein zweischiffiger Begegnungs- und Überholverkehr erscheint grundsätzlich möglich, wobei für die Umfahrung von Minsener Oog gewisse Beschränkungen bereits jetzt bestehen.

Die hier gewonnenen Erkenntnisse haben sich in der Praxis nach Bericht des WSA Wilhelmshaven und der Lotsen der Lotsenbrüderschaft Weser 2/Jade bestätigt. Aus diesem Grund kann die erneute Betrachtung der Problematik im Detail für den vorliegenden Bericht entfallen.

4.13.4.2 Studie im Februar 2023

Im Februar 2023 wurden an 5 weiteren Tagen insgesamt 34 Simulationsläufe durchgeführt. Hierbei wurden bei unterschiedlichen Wetterlagen und Stromverhältnissen folgende Szenarien simuliert:

- An- und Ablegemanöver mit der FSRU
- An- und Ablegemanöver von LNG-Tankern an der FSRU
- Notmanöver (Maschinenausfall, Schlepperausfall)
- Evakuierung der FSRU Richtung Deutsche Bucht bei extremer Wetterlage

Hierzu wurde das Seegebiet der Jade im Schiffsführungssimulator des Auftragnehmers entsprechend den Vorgaben der TdV und mittels Peilplänen des WSA neugestaltet.

Ergebnisse:

Die durchgeführte Simulation bestätigt die grundsätzliche Machbarkeit des beantragten Vorhabens.

- Erwartungsgemäß verliefen die Läufe mit FSRU und Q- Max zur FSRU sicher und leicht.
- Die Verlegung der Zufahrt zu den Anlegern der HES (2 & 3) ist problemlos machbar.
- Manöver zur HES 1A sind problemlos durchführbar.
- Der zurzeit benutzte Zufahrtskorridor zu den Anlagen HES 2 & 3 verschiebt sich in Richtung des Vynova- Anlegers. Die Durchfahrt ist in der geplanten Konfiguration unter Beachtung der jeweiligen Sicherheitszonen jederzeit möglich.
- Infolge der Praxis, große LNG- Tanker jeweils 2 Stunden vor Hochwasser durch die Hafenslots anzunehmen werden Fragestellungen hinsichtlich der Verfügbarkeit einer genügenden Anzahl von Schleppern in Wilhelmshaven aufgeworfen. Es entstehen zeitgleiche Reedezeiten mit Anläufen zum Anleger der Firma UNIPER
- In der Praxis werden keine Anlegemanöver bei Ebbstrom durchgeführt. Dennoch wurden solche Fälle im Sinne von „Worst-Case-Szenarien“ in der Simulation durchgeführt.
- Die Auslegung des Mooringsystems auf dem geplanten Schiffsanleger sieht ein Evakuieren des Liegeplatzes durch die FSRU bei Windstärken von Bft 9 – 10 vor. Eine Evakuierung in Richtung Deutsche Bucht mit der kritischen Umfahrung von Minsener Oog sollte durch ein Ankern in Nähe des Anlegers ersetzt werden.
- Es wird empfohlen, die jetzige Fahrwassertonne 41 zu verlegen und als Tonne 39 neu auszulegen.
- Die vor dem HES-Anleger 2 & 3 liegende Kardinaltonne stellt kein Hindernis für die durch den Bau des Anlegers für die FSRU veränderte Manöverstrategie dar.
- Die verbliebene Tonne zur Kennzeichnung einer Muschelbank in der Nähe des Vynova-Anlegers sollte in Form einer Leuchttonne erhalten werden, da sie den Lotsen als optischer Orientierungspunkt dient.
- Die Kennzeichnung des geplanten Anlegers wird in einem noch vorzulegenden Beleuchtungskonzept näher erläutert. Da im Gegensatz zur Vynova die Anlage beiderseitig umfahren wird, wird schon jetzt die Installation eines Nebelsignals empfohlen. Ein entsprechender Entwurf zur Kennzeichnung der Anlage findet sich in der Studie.

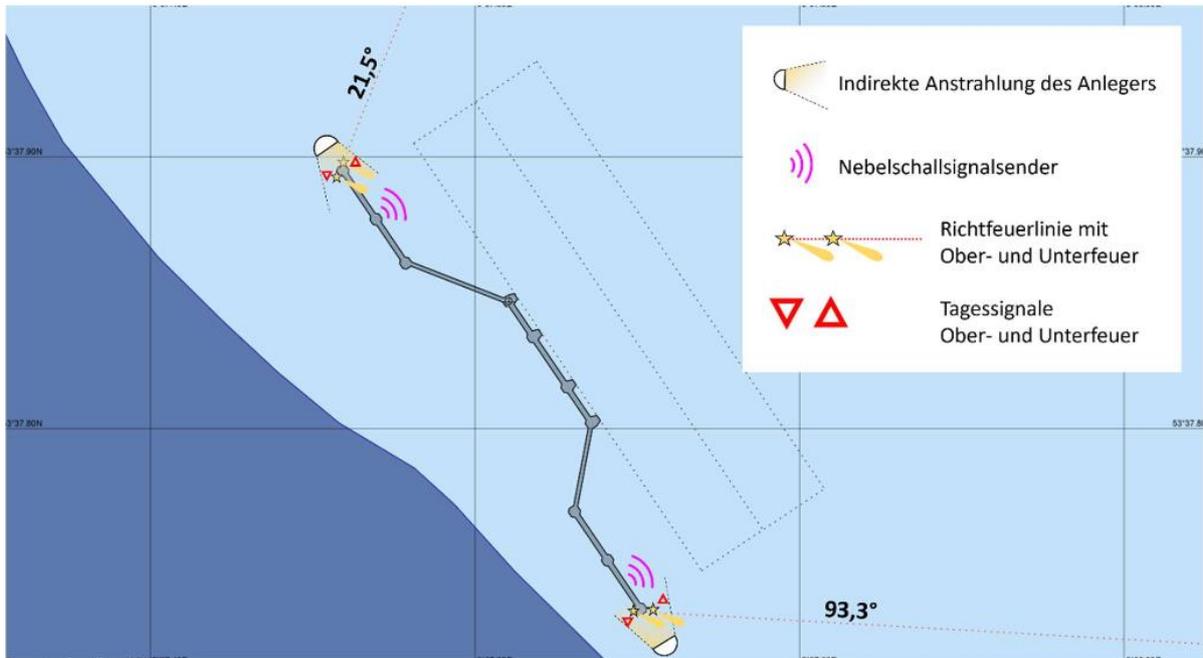


Abbildung 60: Vorschlag für ein Beleuchtungskonzept



Abbildung 61: Beispiel 1 Nautitec Simulationsfahrt

Tag 3 – Lauf 9a

Schlepperkonfiguration (80%)		Kriterien	
Vorschlepper	Rotor 1 (BP 80t)	Ausgerichtet	75m
Achterschlepper	ASD 7 (BP 67t)	Kursdifferenz	1°
Autotugs	ASD 2 (BP 80t)	Annäherung	0,1 kn

Anmerkungen:
 Anlaufgeschwindigkeit mit 9kn zu hoch; Schiff teils außerhalb des Anlauftrichters.
 Ebbmanöver sind nicht empfehlenswert.

Abbildung 62: Beispiel 2 Nautitec Simulationsfahrt

Tag 3 – Lauf 19, Ablegen HES 2

Schlepperkonfiguration (80%)		Kriterien	
Vorschlepper	Rotor 1 (BP 80t)	Ausgerichtet	75m
Achterschlepper	ASD 7 (BP 67t)	Kursdifferenz	1°
Autotugs	nil	Annäherung	0,1 kn

Anmerkungen:
 Stromrichtung und -Stärke nach Angabe der Lotsen, da in der Praxis abweichend von der Datenbank der BAW!
 Fahrtreduzierung in Höhe Kardinaltonne um den Windeinfluß besser beurteilen zu können.
 Grounding Effekte des Simulators trotz ausreichender Wassertiefe (nicht relevant für die Auswertung).
 Außergewöhnlich großes Fahrzeug für die HES 2 Anlage. Verhalten etwas schwerfälliger im Verhalten als erwartet.

Abbildung 63: Simulation Zufahrt zum HES Anleger 2/3

4.14 Schalltechnische Beurteilung Bau und Schallschutzkonzept

4.14.1 Einleitung

In Kapitel „15 Schalltechnische Beurteilung Bau“ der Antragsunterlagen werden die zu erwartenden Schallemissionen in der Bauphase des Vorhabens beschrieben. Hierzu hat die TdV die Müller-BBM Industry Solutions GmbH mit der schalltechnischen Beurteilung für Luft- und Unterwasserschall beauftragt bei der Errichtung beauftragt. Die Berichte sind den Antragsunterlagen unter:

„15.01_Unterwasserschall Rammarbeiten_M172921_06_BER_4D“

„15.02_Geräuschimmissionsprognose Bau_M172921_09_BER_2D“

beigefügt. Alle maßgeblichen Grenzwerte für Unterwasserschall und Luftschall werden in der Errichtungsphase eingehalten. Für die Einhaltung der Unterwasserschallgrenzwerte beim Rammen der Monopiles sind umfangreiche Schallminderungsmaßnahmen erforderlich, die ausführlich im durch IMDC erstellten Dokument „15.03_Schallschutzkonzept_2050.04“ beschrieben sind.

4.14.2 Beurteilung Luftschall

Die Immissionsgrenzwerte zum Luftschall werden eingehalten. Dies betrifft alle Baumaßnahmen zur Erstellung des Vorhabens einschließlich dem Einbringen von Baggergut an der Klappstelle.

4.14.3 Schallschutzkonzept zur Einhaltung der Unterwasserschallgrenzwerte

Bei der Durchführung der Rammarbeiten der Monopiles werden umfangreiche Schallminderungsmaßnahmen durchgeführt, um die Einhaltung der Grenzwerte für Unterwasserschall zu unterschreiten. Die TdV wird die Einhaltung durch ein schalltechnisches Monitoring durch einen unabhängigen Fachgutachter im Rahmen der Umweltbaubegleitung überwachen lassen.

Das „Konzept für den Schutz der Schweinswale vor Schallbelastungen bei der Errichtung von Offshore-Windparks in der deutschen Nordsee (Schallschutzkonzept)“ des Bundesministeriums für Naturschutz, Umwelt- und Reaktorsicherheit dient hierzu als Basis. Es werden außerdem die besonderen Umgebungsbedingungen in der Jade berücksichtigt, die einen Einfluss auf die Wirksamkeit der Minderungsmaßnahmen haben können. Dazu gehören insbesondere: Wassertiefe, Strömungsgeschwindigkeit und Bodenbeschaffenheit.

Die TdV hat dazu in Zusammenarbeit mit IMDC, den ausführenden Baufirmen und weiteren Experten ein Schallschutzkonzept für die Rammarbeiten erstellt. Das Konzept ist in Kapitel „15 Schalltechnische Beurteilung Bau“ der Antragsunterlagen unter „15.03 Schallschutzkonzept_2050.04“ beigefügt. Das Konzept beinhaltet:

organisatorische Maßnahmen:

- Vergrämungsmaßnahmen, kurz vor den Rammarbeiten mittels FaunaGuard (Akustische Abschreckungsvorrichtung). Basierend auf Erfahrungen im Offshore-Bereich können Schweinswale mit dieser Art der Vergrämung in Entfernungen von bis zu 1,5 km sicher vergrämt werden.
- Sanftanlaufverfahren, um unbeobachtete Meeressäuger dazu zu bewegen, den Bereich der Rammarbeiten zu verlassen,

technische Maßnahmen:

- Einsatz von doppelten großen Druckluftblasenvorhängen (engl. Double Big Bubble Curtain DBBC) um jeweils zwei zu rammende Monopiles,
- An die Strömungs- und Bauverhältnisse angepasste Spezifikation der Druckluftblasenvorhänge in Bezug auf Größe, Lage, Abstände und Luftmenge,
- Angepasste Betriebsführung des hydraulischen Rammhammers,

Überwachungsmaßnahmen:

- kontinuierliche Messung und Überwachung des Unterwasserschalls während der Rammarbeiten,
- Kontrolle im Rahmen der Umweltbaubegleitung.

Die Minderungsmaßnahmen reichen aus Sicht der Experten für die Einhaltung der Grenzwerte aus. Für den Fall, dass der Unterwasserschall die Schwellenwerte nahezu erreicht, sind zusätzliche Maßnahmen zur Schallminderung vorgesehen:

zusätzliche Maßnahmen 1:

- Vergrößerung des Durchmessers des Druckluftblasenvorhang,
- Einsatz eines zusätzlichen Luftblasenschlauch als Membrane BBC. Ein Membrane BBC erzeugt besonders feine Luftblasen und erhöht dadurch die Dämpfungswirkung,

weitere zusätzliche Maßnahmen 2:

- bei hohen Strömungsgeschwindigkeiten besondere Berücksichtigung in der Reihenfolge der zu rammenden Pfähle innerhalb des DBBC. Der Pfahl mit dem größten Abstand zum Vorhang wird zuerst gerammt.
- Nutzung geeigneter Zeitfenster mit niedriger Strömungsgeschwindigkeit (Nutzung Umkehrpunkte bei der Tidenströmung).

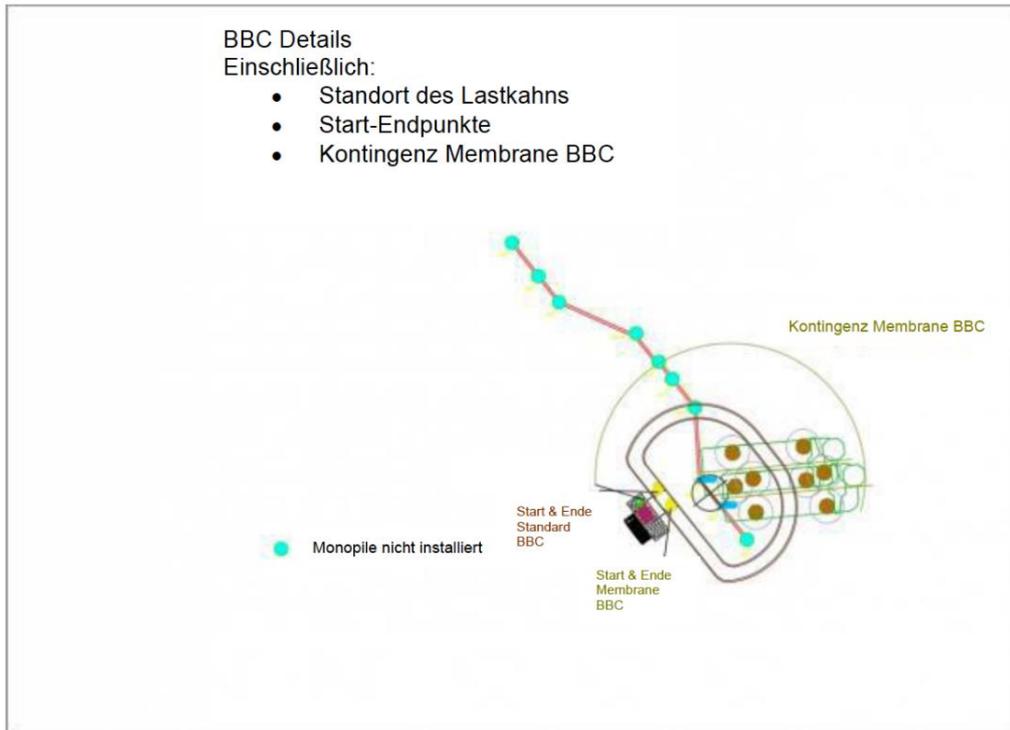


Abbildung 64: BBC-Details mit drittem Membranschlauch als Schallminderung (Jaeger Maritime Solutions, 2023)

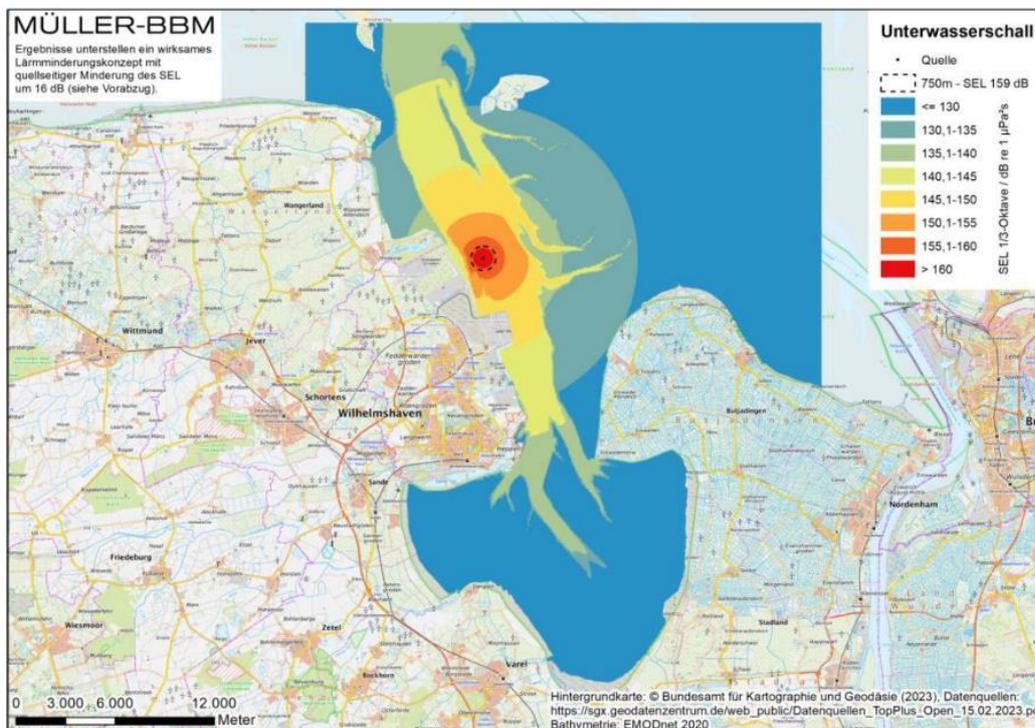


Abbildung 65: Immissionsprognose für Dalbengründung $D = 4,5\text{ m}$ Minderung SEL - 16dB



Abbildung 66: Beispiel 1 Schallminderungsmaßnahme Druckluftblasenvorhang

4.15 Schalltechnische Beurteilung Betrieb (nachrichtlich)

Die beim Betrieb der Anlage entstehenden wesentlichen Emissionen für Luft- und Unterwasserschall gehen von der FSRU aus und sind dem BImSchG-Verfahren zuzuordnen. Alle gesetzlichen Grenzwerte im Betrieb werden eingehalten. Nachrichtlich sind die Ergebnisse der schalltechnischen Beurteilung den Unterlagen beigefügt. Siehe „16.01_Geräuschimmissionsprognose Luft Betrieb_M172921_02_BER_1D“ und „16.02_Prognose des Unterwasserschalls Betriebsphase_M172921_05_BER_1D“.

4.16 Sonstige Immissionen

Vom Betrieb des Schiffsanlegers gehen keine wesentlichen weiteren Emissionen aus. Emissionen aus dem Betrieb der FSRU sind Bestandteil des immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahrens und werden dort beschrieben. Nachrichtlich wurde der Immissionstechnischer Bericht „17.01_Immissionsschutztechnischer Bericht_LS17687.1_03“ und die lichttechnische Untersuchung der Müller-BBM Industry Solutions GmbH unter „17.02_Lichttechnische Untersuchung_M175357_02_Ber_1D“ dem Antrag beigefügt.

4.17 Monitoring

4.17.1 Allgemeines

Die TdV wird Maßnahmen zum Monitoring insbesondere der hydromorphologischen Auswirkungen durchführen.

4.17.2 Datenerhebung und Nullmessungen

Im Rahmen der Planung und Ermittlung der Rahmenbedingungen hat die TdV verschiedene Datenerhebungen und Messungen zur Beurteilung des Zustandes im Plangebiet durchgeführt. Hierzu gehören

- Literaturrecherche zu Umweltbedingungen
- Bathymetrie/Peilungen
- Sedimentanalysen
- Strömungs- und Schwebstoffanalysen
- Geotechnische Untersuchungen

Vor Beginn der Ausbaggerungsarbeiten zur Herstellung der Liegewanne, des Zufahrtbereiches und des Wendebeckens werden weitere Peilungen im Plangebiet in Abstimmung mit dem WSA und den zuständigen Behörden durchgeführt.

4.17.3 Maßnahmen am Anleger

- Um das Risiko zu mindern, dass der Kolkchutz der Dalben durch die an der FSRU zu erwartenden Kolkbildung beschädigt werden kann, wird eine Überwachungskampagne (bathymetrische Vermessung) durchgeführt, um das Ausmaß des Kolks zu beurteilen und entsprechend zu handeln (z. B. Verfüllung).
- Unmittelbar nach dem Bau werden im Abstand von zwei Wochen bis zu einem Monat Vermessungen durchgeführt. Sollte sich herausstellen, dass die lokale Kolkbildung und die Sedimentation relativ stabil sind, kann dieser Abstand verlängert werden.
- Im Rahmen der Maßnahmen in der Zufahrt erfolgt mindestens eine halbjährliche Überwachung des Kolk schutzes am Anleger. Dies soll, soweit möglich, in Verbindung mit den Maßnahmen in der Zufahrt erfolgen.

4.17.4 Maßnahmen in der Zufahrt

- Die Simulation zu den morphologischen Auswirkungen zeigt in der Nähe der Böschungen und durch die Wanderung von Sanddünen mitunter sehr ungleichmäßige Sedimentationen innerhalb der Zufahrt und des Wendebeckens.
- Zur Überwachung der Sedimentation und der Einhaltung erforderlichen Mindesttiefen erfolgt eine regelmäßige bathymetrische Vermessung. Dabei werden insbesondere Bereiche ermittelt, bei denen mit einer Unterdeckung in naher Zukunft zu rechnen ist.
- Auf Basis der Empfehlungen der in Abschnitt 4.2 der Studie "21.01_Morphologische Studie Abschlussbericht_2015.07" in Kapitel 21 der Antragsunterkagen, wird eine Messung nach Abschluss der Arbeiten sowie eine halbjährliche Kontrollkampagne durchgeführt.
- Als maximal zulässiger Wert für die Sedimentation wird 0,5 m zu Grunde gelegt. Dieser Wert ergibt sich aus der minimalen Baggertiefe von – 14,50 mSKN und der nautisch erforderlichen Mindesttiefe von –14,00 mSKN.
- In der Morphologische Studie wird ein Überwachungsbereich des Wendebeckens plus eine Zone von 100 m um das Wendebecken herum empfohlen.

4.17.5 Maßnahmen außerhalb der Zufahrt und des Wendebeckens

- Zur Überwachung der hydromorphologischen Auswirkungen im Wirkraum außerhalb der Zufahrt und des Wendebeckens wird die TdV sich mit der Planfeststellungsbehörde und den zuständigen Fachbehörden abstimmen. Da sich der Wirkraum teilweise mit dem Wirkraum der Uniper / NPorts Anlage überschneidet soll hier möglichst ein gemeinsam abgestimmtes Monitoring erfolgen, um doppelte Datenerfassungen zu vermeiden. Es sind Peilungen vor dem Beginn der Baumaßnahme, nach deren Abschluss sowie im halbjährlichen Abstand geplant. Die TdV wird sich zur konkreten technischen Durchführung und dem genauen Peilbereich mit der Planfeststellungsbehörde abzustimmen.

4.18 Arbeitssicherheit, Brandschutz

Für das immissionsschutzrechtliche Genehmigungsverfahren wurde ein Brandschutzkonzept erstellt. Das Konzept ist dem Antrag unter „19.01_Brandschutzkonzept_geschwärzt“ nachrichtlich beigelegt. Das Konzept beinhaltet teilweise geheime sicherheitsrelevante Informationen. Diese Teile sind deshalb in der Version zur Offenlegung geschwärzt. Der Planfeststellungsbehörde und den zuständigen Fachbehörden und Stellen (z.B. Feuerwehr und Einsatzkräfte) liegt das Brandschutzkonzept vollständig vor.

Die TdV stellt durch geeignete Maßnahmen sicher, dass bei Bau, Betrieb und Unterhaltung des Schiffsanlegers, der Liegewanne einschließlich der Zufahrt und des Wendebeckens die Vorschriften und Regelungen zum Arbeits-, Gesundheits- und Umweltschutz eingehalten werden. Beim Bau der Anlagen werden zuverlässige und geprüfte Fachfirmen eingesetzt. Van Oord als die Hauptfirma für die wasserseitigen Bauarbeiten ist zertifiziert nach den Standards: ISO 9001 (Qualitätsmanagement), ISO 45000 (Arbeitsschutzmanagement), ISO 14001 (Umweltmanagement) und ISO 50001 (Energiemanagement). Zertifikate sind in Kapitel „19 Sonstige Themen, Arbeitssicherheit, Brandschutz“ den Antragsunterlagen beigelegt. Die Zertifikate umfassen verschiedene Standorte und Tochtergesellschaften von Van Oord, auch die Van Oord Wasserbau GmbH in Hamburg.

Nachrichtlich: Der Bau der landseitigen Strukturen und des Gastransfersystems sowie der Betrieb der Gesamtanlage werden im immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren behandelt. Dort werden umfangreiche Angaben gemacht zu den Themen: Sicherheit, Brand- und Katastrophenschutz, Arbeitssicherheit, Gesundheits- und Umweltschutz.

4.19 Hydromorphologische Auswirkungen, Kolkenschutz

4.19.1 Einleitung und Übersicht

Aufgrund des Baus des Anlegers, des verankerten FSRU-Schiffs und der Ausbaggerung des Zufahrts- und Wendebeckens ist eine Reihe von morphologischen Reaktionen zu erwarten. Auf Basis der zu erwartenden Auswirkungen werden entsprechende Maßnahmen ergriffen. Hierzu gehören insbesondere konstruktive Kolkenschutzmaßnahmen im Bereich der Dalben, Monitoringmaßnahmen und darauf abgestimmte Unterhaltungsmaßnahmen. Die TdV hat IMDC mit der Erstellung entsprechender Fachgutachten zu den hydromorphologischen Auswirkungen und zum Kolkenschutz beauftragt:

- 21.01_Morphologische Studie Abschlussbericht_2015.07
- 21.02_Bericht über die Ausbreitung von Sedimentfahnen_2025.05
- 21.03_Kolkenschutzbewertung – Meeresbauwerke 2038.03
- 21.04_CFD-Modell für die Verstärkung der Sohlschubspannung_2047.01

Die Fachgutachten finden sich in Kapitel „21 Hydromorphologische Auswirkungen, Kolkenschutz“ der Antragsunterlagen.

4.19.2 Simulationsmodelle

Zur Beurteilung der morphologischen Auswirkungen und der Kolkbildung wurden zwei unterschiedliche Simulationsmodelle verwendet (CFD und TELEMATIC). Dies deshalb, weil bei der Kolkbildung die Strömungsverhältnisse im Nahbereich um die baulichen Strukturen relevant sind; für die Sedimentation im Zufahrtsbereich und dem weiteren Umfeld dagegen die großflächigen Umweltbedingungen. CFD modelliert den Nahbereich, TELEMATIC die Auswirkungen im Umfeld. Beide Modelle sind international anerkannt und für den jeweiligen Zweck.

Die Berechnungen und Details zum CFD-Modell sind im Bericht „21.04_CFD-Modell für die Verstärkung der Sohlschubspannung_2047.01“. Die Ergebnisse der CFD-Modellierung gehen in die Bewertung zum Kolkchutz der Dalben ein. Details zum TELEMATIC Modell werden direkt in „21.01_Morphologische Studie Abschlussbericht_2015.07“ beschrieben.

4.19.3 Morphologische Studie

4.19.3.1 Allgemeines

Im Rahmen der morphologischen Studie wurde die Morphologie des Projektgebiets und des größeren Jadebusens und die morphologischen Auswirkungen der Gewässerausbaumaßnahmen bewertet.

Zur Morphologie am Projektstandort und den möglichen Auswirkungen durch das Vorhaben hat die TdV umfangreiche Untersuchungen und Studien durch IMDC erstellen lassen. Die Ergebnisse finden sich in „21.01_Morphologische Studie Abschlussbericht_2015.07“.

4.19.3.2 Bewertung bereits vorhandenen Daten

Die Morphologie des Projektstandorts und des größeren Gebiets des Jadebusens wurde anhand einer Desktop-Studie (Literaturrecherche) unter Verwendung verschiedener Datenquellen bewertet.

4.19.3.3 Berechnung hydrodynamischer Auswirkungen

Mit einem qualitativ validierten numerischen Modell wurden indikative morphologische Berechnungen durchgeführt, um die Reaktion des Meeresbodens auf die berechneten hydrodynamischen Auswirkungen der Projektstrukturen zu bewerten (insbesondere die vorgeschlagene Anordnung des Wendebeckens, der Verankerungsdalben und der FSRU). Die morphologische Entwicklung nach einem Jahr der Simulation wurde mit der Referenzsimulation ohne die Projektstrukturen verglichen.

4.19.3.4 Zu erwartende Auswirkungen

Aufgrund des Baus des Anlegers, des verankerten FSRU-Schiffs und der Ausbaggerung des Zufahrts- und Wendebeckens ist eine Reihe von morphologischen Reaktionen zu erwarten. Auf Basis der zu erwartenden Auswirkungen werden entsprechende Maßnahmen ergriffen. Hierzu gehören insbesondere konstruktive Kolkchutzmaßnahmen im Bereich der Dalben, Monitoringmaßnahmen und darauf abgestimmte Unterhaltungsmaßnahmen.

- Die Auswirkungen der Dalben, der FSRU und der Zufahrt nach einem Jahr sind sehr lokal. Die Anleger von Uniper und HES sind nicht betroffen.
- Die Pfähle des Anlegers beeinflussen die Strömung um diese Bauwerke herum. Die erhöhte Reibung durch einen Steg kann zu einer Umleitung der Strömung nach Osten und Westen führen. Dies wird zu Veränderungen in der Strömungsverteilung durch und entlang der Bauwerke führen, Kolke um die Dalben herum verursachen und Sedimentation unterhalb des Stegs anziehen.
- Im Bereich des Hecks und des Bugs des FSRU ist ein erheblicher Kolk sichtbar, der zu einer lokalen Vertiefung führt.
- Weitere morphologische Anpassungen sind aufgrund der neuen Strömungsverhältnisse zu erwarten. Die Strömung wird durch den Bau der Zufahrt in Richtung des Anlegers gelenkt. Dies wird durch die Umleitung der Strömung noch verstärkt und kann zu einer zusätzlichen Vertiefung entlang des Anlegers führen. Gleichzeitig ist mit einer lokalen Entspannung der

Strömung durch die Vertiefung des Zufahrbereiches zu rechnen. Nach den morphologischen Anpassungen kann dies jedoch durch die Verengung der Strömung, die durch den Anleger und das FSRU verursacht wird, ausgeglichen werden.

- Wanderung von Sohlformen in das Wendebecken und den Zufahrtsbereich sind möglich. Aus den verfügbaren Tiefenlotungen ist das Vorhandensein von großen Sohlformen südöstlich des Projektgebiets ersichtlich. Solche Sohlstrukturen deuten darauf hin, dass eine überflüssige Menge an Sediment (Sand) entlang der Sohle migriert. Änderungen der Strömungsmuster und -geschwindigkeiten können die Wanderung dieser Strukturen beeinflussen und Sediment in das Baggergebiet bringen.

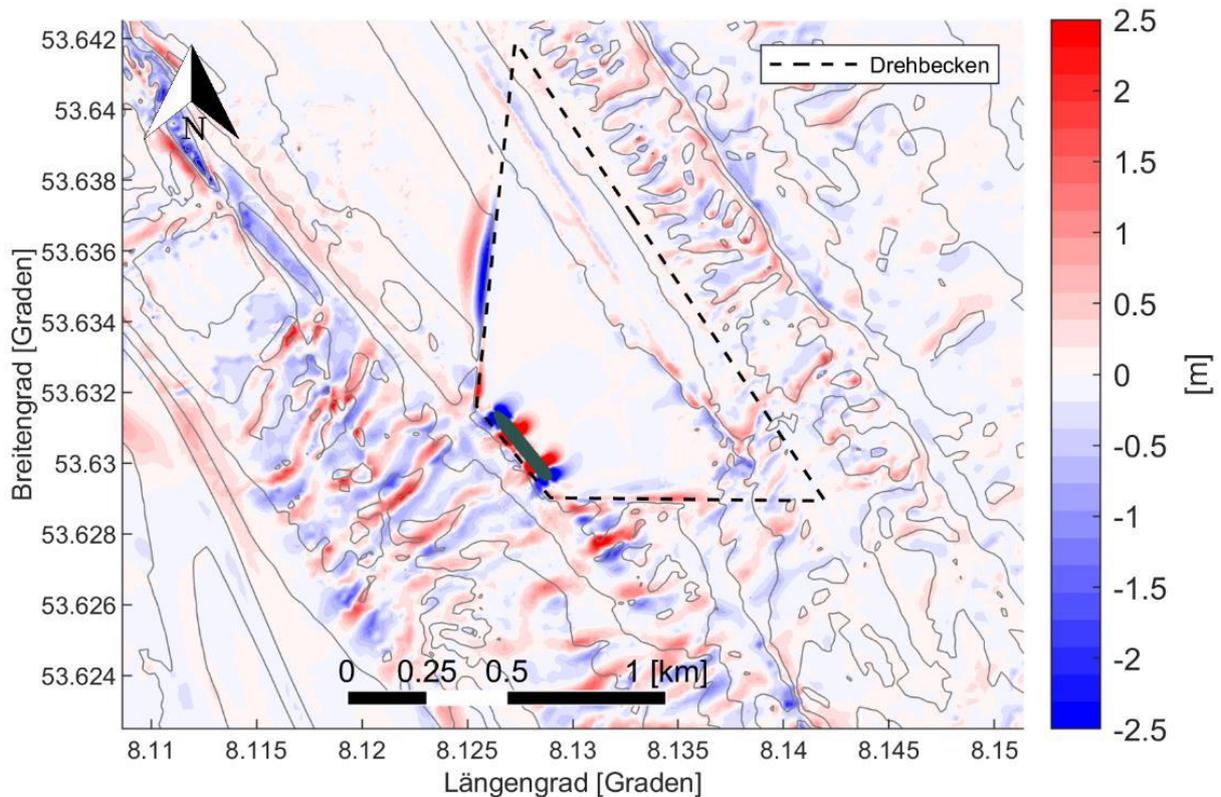


Abbildung 67: Sedimentations- und Erosionsmuster, berechnet nach einem Jahr, simuliert mit Wendebecken, Dalben und FSRU, Vergrößerung rund um das Wendebecken

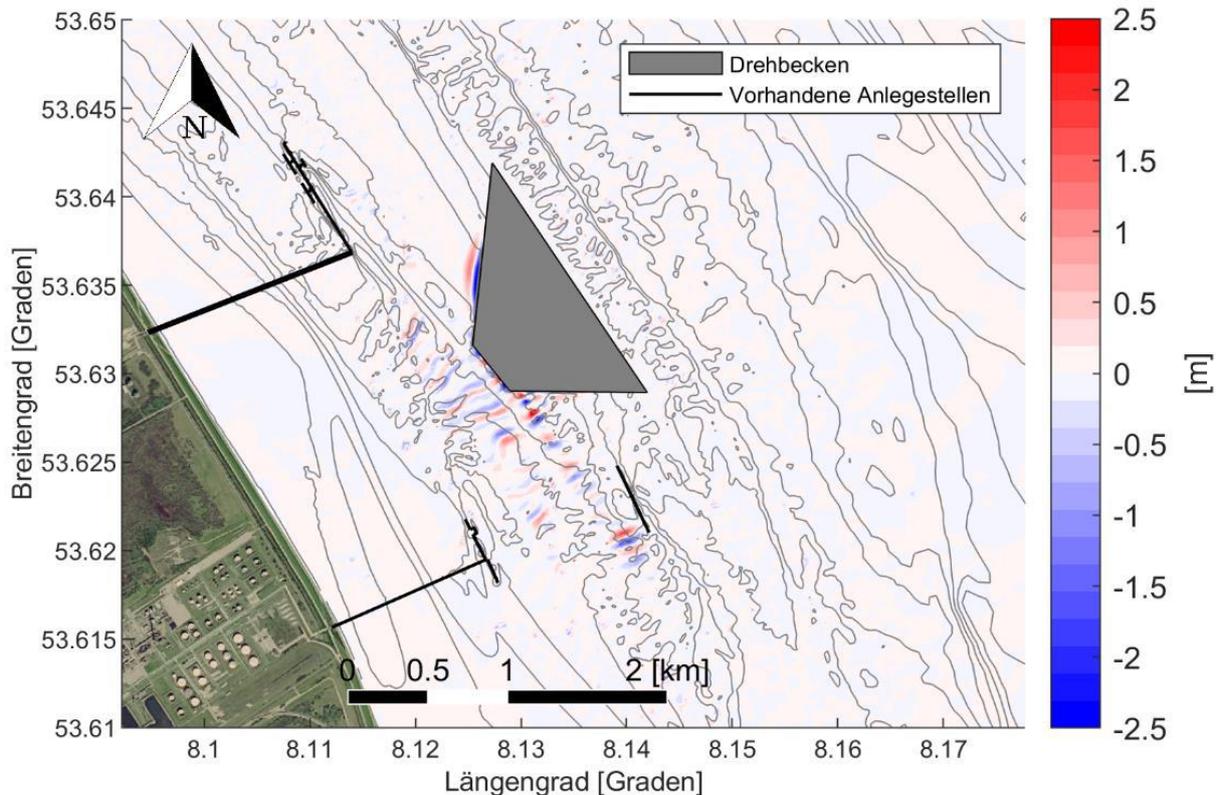


Abbildung 68: Relative Sedimentations-Erosionsmuster durch Wendebecken, Dalben und FSRU (im Vergleich zur autonomen morphologischen Entwicklung)

4.19.3.5 Monitoring

Zur Überwachung der morphologischen Auswirkungen wird ein regelmäßiges Monitoring durchgeführt. Die TdV wird die Empfehlungen aus der Studie 21.01_Morphologische Studie Abschlussbericht_2015.07“ umsetzen vgl. 4.17.

4.19.4 Ausbreitung von Sedimentfahnen bei Baggerarbeiten und Verklappung

4.19.4.1 Hintergrund der Studie

Bei den geplanten Baggerarbeiten werden an der Baggerstelle Feinsedimente aufgewirbelt oder angesaugte Feinsedimente technisch bedingt teilweise wieder freigesetzt. Dadurch bilden sich in Verbindung mit der natürliche Wasserströmung Sedimentationsfahnen. Bei der Verklappung an der Klappstelle entstehen ebenfalls Sedimentfahnen. Zur Beurteilung der Auswirkungen durch die geplanten Baggerarbeiten hat die TdV durch IMDC eine Studie zur Ausbreitung von Sedimentfahnen während der Baggerarbeiten erstellen lassen. Die Studie betrachtet sowohl die Ausbreitung an der Baggerstelle als auch an der Verklappungsstelle K01. Die Studie ist als „21.02_Bericht über die Ausbreitung von Sedimentfahnen_2025.05“ den Antragsunterlagen in Kapitel „21 Hydromorphologische Auswirkungen, Kolkschutz“ beigefügt. Nachfolgend werden die wesentlichen Ergebnisse der Studie kurz beschrieben. Die Ergebnisse der Studie sind Basis für die Beurteilung der Umweltauswirkungen.

4.19.4.2 Datenmodell und Rahmenbedingungen

In der Studie wurde ein Modell zur Ausbreitung von Sedimentfahnen verwendet, um die Ausbreitung von Feinsedimenten zu untersuchen, die durch die Baggerarbeiten im Wendebecken des kurzfristigen

Projekts freigesetzt werden. Dazu wurde ein bestehendes hydrodynamisches TELEMAC-3D-Modell mit dem Sedimenttransportmodul GAIA gekoppelt. Es wurde nur die Ausbreitung der durch die Baggerarbeiten freigesetzten überschüssigen Sedimente simuliert. Natürliche Sedimente in Suspension wurden nicht berücksichtigt. Angesichts der aktuellen Stufe dieses Projekts müssen die genauen Einzelheiten der Baggerarbeiten noch festgelegt werden. Daher wurden repräsentative Sedimentfreisetzungsszenarien für durchschnittliche Spring- und Nipptidenbedingungen erstellt (in Übereinstimmung mit dem Methodenbericht), die eine Bandbreite bieten, innerhalb derer die Modellergebnisse interpretiert werden können.

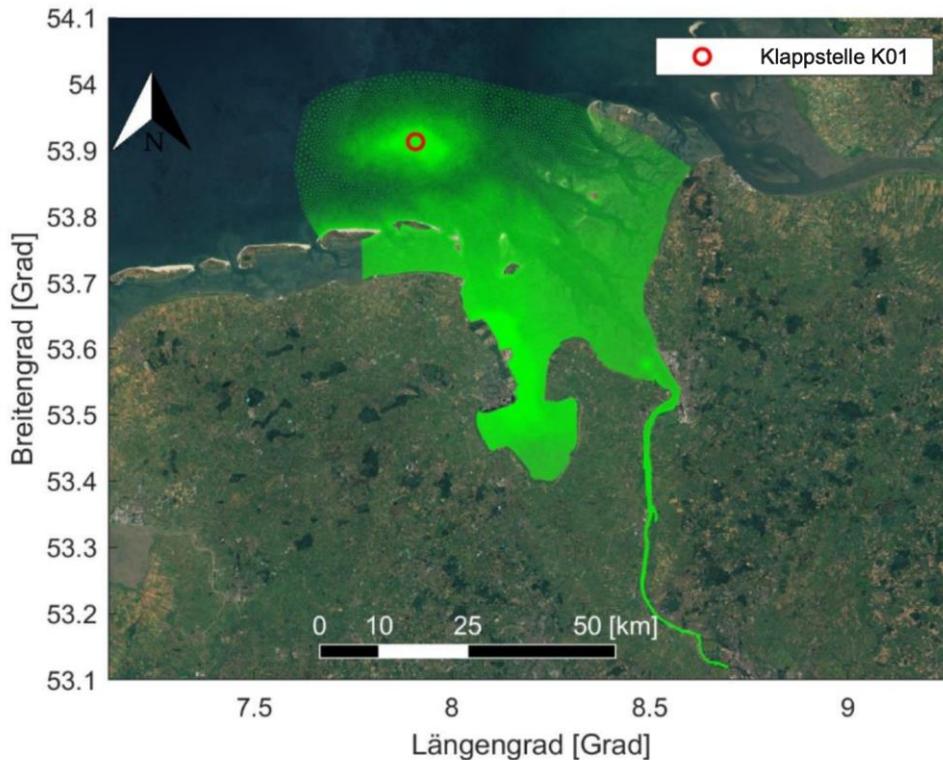


Abbildung 69: Berechnungsgitter des Jade-Weser-Modells mit zusätzlichen Gitteroptimierungen rund um die Verklappstelle K01.

4.19.4.3 Szenarien

Es wurden zwei Szenarien betrachtet: ein Referenzszenario und ein Szenario mit einem hohen Anteil an Feinstoffen. Ausgehend von der minimalen durchschnittlichen Hintergrundkonzentration an Schwebstoffen im Projektgebiet von 250 mg/l wird ein Schwellenwert mit einem gleichen Wert gewählt, um eine Grundlage für den Vergleich der Szenarienergebnisse zu schaffen. Die Auswirkungen der Szenarien wurden durch Überprüfung der maximalen Konzentrationen innerhalb der Simulationszeiträume bewertet.

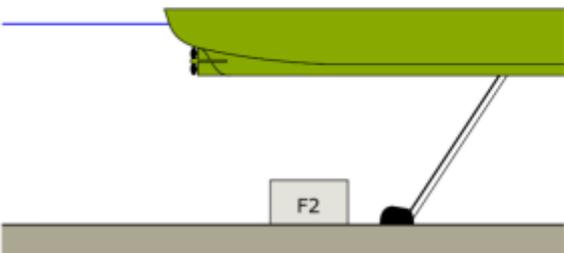
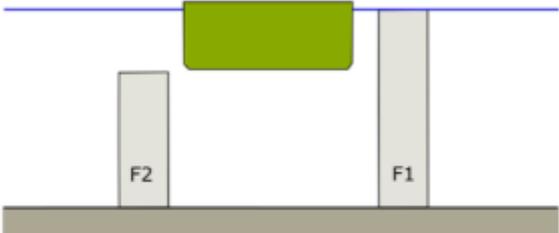
	Gemeinsame Profile (Beispiele)	Verwendete Profile
Saugkopf und Bohrkopf		F2 : 2 [m] über dem Boden
Entsorgung		F2: Es wird ein Blockprofil verwendet, bei dem 50 % des ausgebrachten Materials in die ersten 2 m der Wassersäule ausgebracht werden. Die anderen 50 % werden zwischen den ersten 2 m unter der Wasseroberfläche und 5 m über dem Meeresboden ausgebracht.

Abbildung 70: Überblick über die verschiedenen Arten von Baggerfreisetzungen und die vertikalen Profile, die in das Modell einbezogen werden

4.19.4.4 Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass die Form der Sedimentfahnen mit der Form der Gezeitenellipsen in der Jademündung übereinstimmt, d. h. in der Nähe des Baggerbereichs des Wendebeckens länglich und in der Nähe der Verklappstelle K01 runder geformt ist. Für das Referenzszenario (während Springtidenbedingungen) wird der Bereich, in dem die Spitzenkonzentration der Sedimente das Doppelte des festgelegten Schwellenwerts von 250 mg/l betragen würde, zwar überschritten, allerdings nur sehr lokal innerhalb des Wendebeckens auf einem Sandrücken und innerhalb einer Ellipse mit einem größeren Radius von 1 km um den Einleitungspunkt an der Verklappstelle. Bei einem hohen angenommenen Anteil an Feinstoffen (Obergrenze der Feldbeobachtungen) nimmt die Ausbreitung der Überschreitung des Schwellenwerts von 250 mg/l an der Baggerstelle nicht zu, wohingegen der größere Radius der ellipsenförmigen Form der Ausbreitung der Überschreitung an der Verklappstelle auf bis zu 2 km zunimmt.

Bei Nipptidenbedingungen gibt es für das Referenzszenario an der Baggerstelle keine Überschreitung, wohingegen an der Verklappstelle eine Überschreitung innerhalb einer Ellipse mit einem großen Radius von knapp unter 1 km um die Verklappstelle festgestellt wird. Bei einem hohen angenommenen Anteil an Feinstoffen (Obergrenze der Feldbeobachtungen) nimmt die Überschreitung im Baggerbereich nicht zu, wohingegen der größere Radius der ellipsenförmigen Form der Ausbreitung der Überschreitung an der Verklappstelle auf bis zu 1,5 km zunimmt.

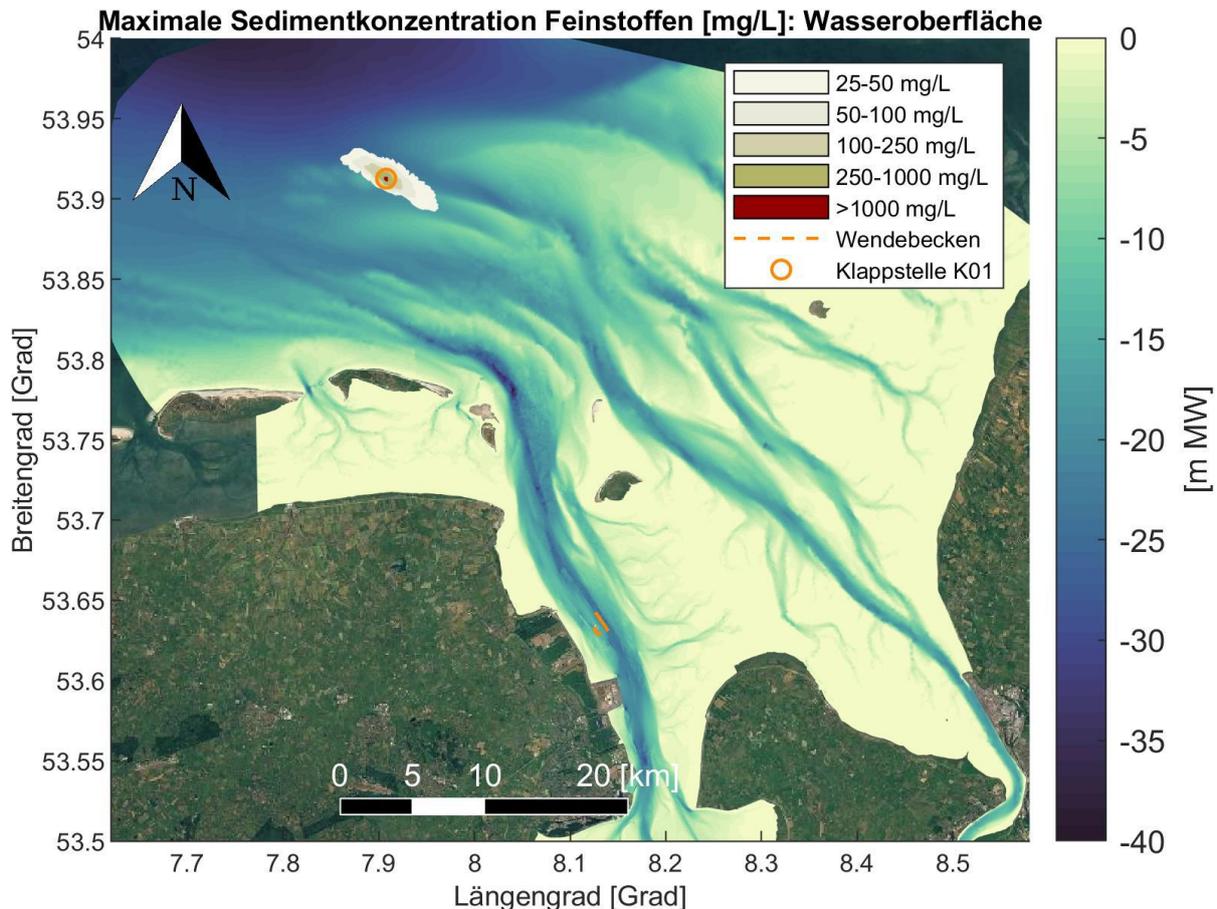


Abbildung 71: Maximale angetroffene Sedimentkonzentration [mg/L] von Feinstoffen (< 210 [µm]) in der Mitte der Wassersäule während des Simulationszeitraums. Baggerszenario A, Springbedingungen

4.19.5 Kolkenschutz

Die TdV hat IMDC mit der Bewertung der Kolkbildung an den Strukturen des Schiffsanlegers (Dalben) und der Dimensionierung erforderlicher Kolkenschutzmaßnahmen beauftragt. Die Ergebnisse finden sich in der Studie „21.03_ Kolkenschutzbewertung – Meeresbauwerke 2038.03“ die den Antragsunterlagen in Kap. 21 beigefügt sind.

Strömungsbedingungen

Die Berechnungen wurden unter Berücksichtigung einer maximalen Strömungsgeschwindigkeit von 1,7 m/s bei einem Wasserstand von +3,88 m SKN für Flut und 1,6 m/s bei einem Wasserstand von +2,75 m SKN für Ebbe durchgeführt.

Höhenprofil

Abbildung 72 zeigt das für die Berechnung des Kolk-schutzes verwendete Höhenprofil.

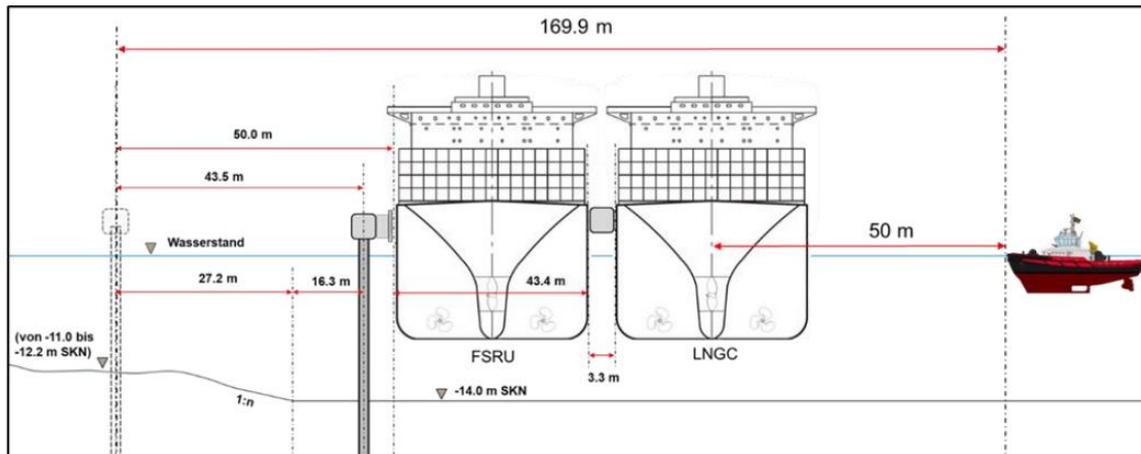


Abbildung 72: Kolkschutz berücksichtigte Lastfälle für den Schlepper bei der Abfahrt von LNG-Schiffen

Kolktiefe aufgrund von Schiffspropellern

Die maximale Kolktiefe um die Pfähle wird auch unter Berücksichtigung der Wirkung der Schiffspropellern gemäß den PIANC-Richtlinien zum Schutz von Liegeplatzstrukturen vor Kolk durch Schiffe ermittelt. Hierzu gehören insbesondere Schiffsbewegungen der LNGC-Tanker und der Schlepper in der Nähe des Anlegers.

Möglichkeiten zur Kolkbildung

Die Möglichkeit einer Kolkbildung entlang eines einzelnen Pfahls wurde geprüft. Es wurde festgestellt, dass bei gleichmäßiger Strömung und nichtbindigem Boden die maximale Kolktiefe zwischen 6,5 und 10,1 m liegt. Die Kolkwirkung durch eine Pfahlgruppe wurde aufgrund des Abstands zwischen den einzelnen Pfählen als nicht relevant angesehen.

Dimensionierung des Kolkschutzes um die Dalben

Auf der Grundlage der Ergebnisse wird die erforderliche Mindestschutzabmessung vom Pfahlrand mit 9,0 m angesetzt. Dieses Maß entspricht einer Mindestabmessung des Kolkschutzes von $2 \times D_{\text{pile}}$, wie in *Abbildung 73* dargestellt.

Der Gesamtdurchmesser des kreisförmigen Kolkschutzes um die Pfähle des LNG-Terminals beträgt daher $5 \times D_{\text{pile}}$, was 22,5 m entspricht.

Erforderliches Gesteinsvolumen für den Kolkschutz um die Pfähle

Tabelle 45 fasst die Hauptgeometrie und das minimal erforderliche Gesteinsvolumen des Kolkschutzes der Brust- und Festmachdalben unter Berücksichtigung der Schicht aus Wasserbausteinen (LMA 5/40) und der Filterschicht (32/90 mm) zusammen. Das angegebene erforderliche Mindestvolumen der Felssicherung pro Pfahl wird unter der Annahme berechnet, dass die Felsen vor dem Rammen installiert werden.

Tabelle 45: Mindestabmessungen Kolkschutz Dalben

		Anlege (Brust)dalben	Festmachdalben
Durchmesser des Pfahls, Dpile	m	4,50	4,50
Mindestdicke des Kolkschutzes	m	1,00	1,00
Mindestdicke der Schicht aus Wasserbausteinen (LMA 5/40)	m	0,60	0,60
Mindestdicke der Filterschicht (32/90 mm)	m	0,40	0,40
Mindestabmessung des Kolkschutzes, L _{ext} *	m	9,0	9,0
Mindestvolumen der Schicht aus Wasserbausteinen (LMA 5/40) pro Pfahl	m ³	410	265
Mindestvolumen Filterschicht (32/90 mm) pro Pfahl	m ³	189	176

*vom Pfahlrand aus

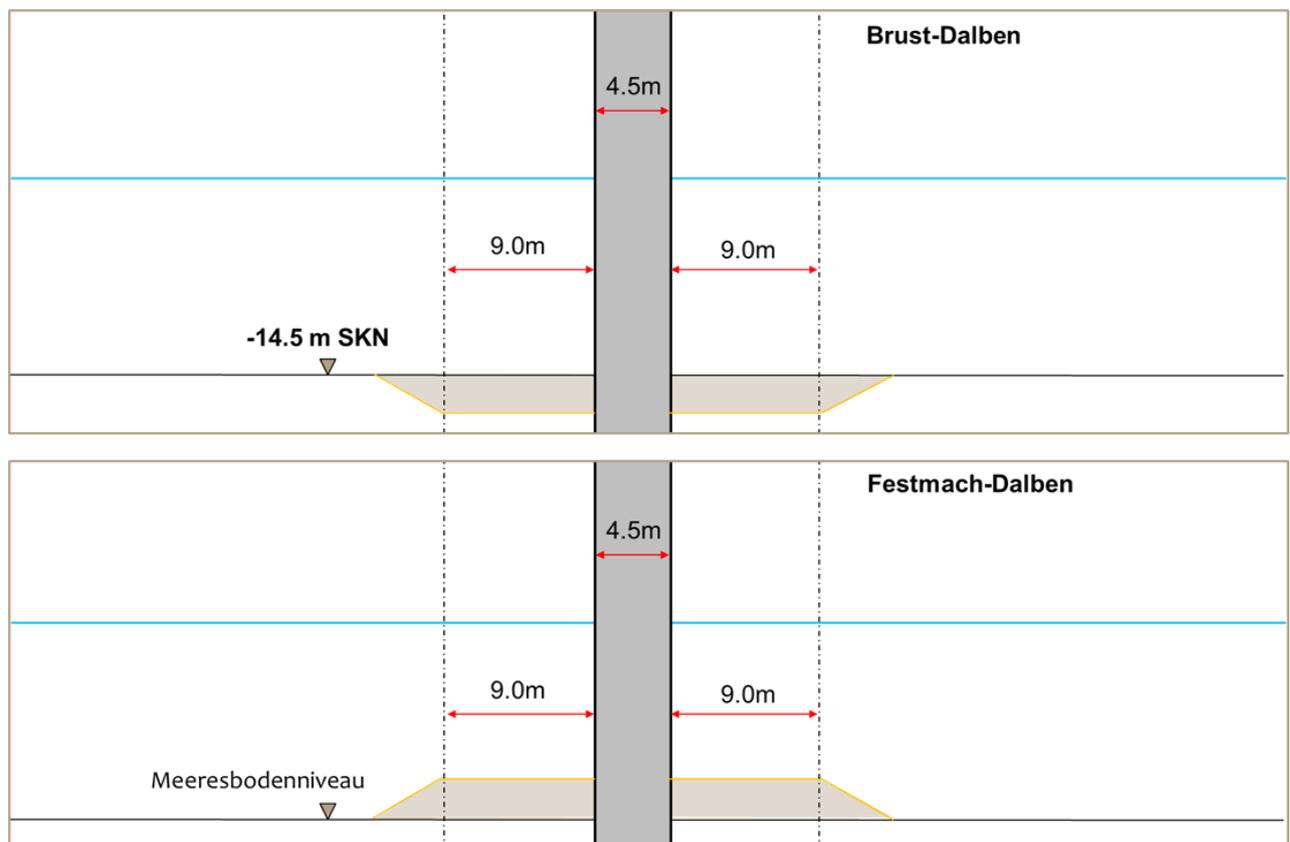


Abbildung 73: Skizze des Querschnitts mit der Mindestabmessung des Kolkschutzes für Brustdalben (oberes Feld) und Festmachdalben (unteres Feld)

4.20 Zusammenfassende Beschreibung der Umweltauswirkungen und Fachbeiträge

4.20.1 Gutachten und Fachbeiträge zu den Umweltauswirkungen

Zu Beschreibung und Beurteilung der möglichen Umweltauswirkungen durch das Vorhaben hat die TdV mehrere Gutachten in Auftrag gegeben. Dazu gehören u.a. die Gutachten zum Rammschall und Baulärm von MüllerBBM, die IMDC-Studien zur Ausbreitung der Sedimentfahnen und zu den morphologischen Auswirkungen. Die Ermittlung der Umweltbedingungen am Projektstand durch IMDC mittels Literaturstudien, Messungen und Simulationsmodellen sowie die hydrodynamischen Modellrechnungen bilden dabei die fundierte Datenbasis. Die geotechnischen Untersuchungen und Analysen liefern, zu den bereits vorhandenen Bestandsdaten aus früheren Untersuchungen, weitere wichtige Informationen zum Projektstandort. Die Ergebnisse aus diesen Studien und Gutachten wurden durch unabhängige Umweltgutachter geprüft und bewertet.

Auf der Grundlage der Daten und Informationen wurden die folgenden Fachbeiträge zur Beurteilung der Umweltauswirkungen erstellt:

Tabelle 46: Übersicht Fachbeiträge zur Umweltauswirkung

	Fachbeitrag	Dateibezeichnung	Verfasser	vgl. Kapitel
1	Artenschutzfachbeitrag	22.01_Artenschutzfachbeitrag	Planungsgruppe Grün / BioConsult	22
2	Wasserrahmenrichtlinie WRRL	23.01_WRRL Fachbeitrag	Planungsgruppe Grün / BioConsult	23
3	Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie MSRL	23.02_MSRL Fachbeitrag	Planungsgruppe Grün / BioConsult	23
4	Natura 2000 Vorprüfung	26.01_Natura2000 Vorprüfung	Planungsgruppe Grün / BioConsult	26
5	Natura 2000 – Verträglichkeitsuntersuchung FFH-Gebiet „Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer“	26.02_Natura2000 Fachbeitrag FFH Nationalpark	Planungsgruppe Grün / BioConsult	26
6	Eingriffsbilanzierung zu den Gewässerausbaumaßnahmen*	20.01_Zusammenfassung Umweltauswirkungen und Eingriffsbilanzierung	Planungsgruppe Grün / BioConsult	20 / 25
7	Abschätzung zum hydromorphologischen Wirkraum	20.01_Zusammenfassung Umweltauswirkungen und Eingriffsbilanzierung	Planungsgruppe Grün / BioConsult	20 / 28
8	Umweltauswirkungen auf der Klappstelle K01	27.06_Fachbeitrag Umweltauswirkung auf die Klappstelle K01_20230831	Arcadis	27
9	Auswirkung auf das Klima	20.02_Klimaauswirkungen des Vorhabens	Planungsgruppe Grün / Arcadis	20

* Der Fachbeitrag „Eingriffsbilanzierung zu den Gewässerausbaumaßnahme“ wurde inhaltlich in die zusammenfassende Darstellung der Umweltauswirkungen übernommen, siehe „20.01_Zusammenfassung Umweltauswirkungen und Eingriffsbilanzierung“ in Kapitel 20 der Antragsunterlagen. Von einer separaten Einreichung des Fachbeitrags „Eingriffsbilanzierung zu den Gewässerausbaumaßnahmen“ wird daher abgesehen. Der Planfeststellungsbehörde kann bei Bedarf eine Ausfertigung des Fachbeitrags zur Verfügung gestellt werden.

4.20.2 Ergebnisse aus den Fachbeiträgen

4.20.2.1 Fazit zum Artenschutzrechtlichen Fachbeitrag

Anhand einer Vorprüfung wurden die prüfrelevanten Tierartengruppen ausgewählt. Als Ergebnis wurden die nach Nahrung tauchenden Gastvogelarten Kormoran (*Phalacrocorax carbo*) und Eiderente (*Somateria mollissima*), sowie der nach Anhang IV FFH-Richtlinie geschützte Schweinswal (*Phocoena phocoena*) in die Konfliktanalyse eingestellt. Für die drei genannten Arten wurden keine artenschutzrechtlichen Konflikte durch die Ausführung des Vorhabens festgestellt.

4.20.2.2 Fazit zur Wasserrahmenrichtlinie

Die Prüfung der Auswirkungen des geplanten Vorhabens auf die wesentlichen Merkmale und Belastungen zeigt, dass die Errichtung eines Anlegers sowie die Vertiefungsmaßnahmen (Liegewanne und Zufahrt) keine Verschlechterung des aktuellen Umweltzustands der deutschen Nordseegewässer zur Folge haben. Im Ergebnis ist festzustellen, dass die prognostizierten Vorhabenwirkungen zu keinen Veränderungen des ökologischen oder chemischen Zustands führen. Ein Verstoß gegen das Verschlechterungsverbot liegt nicht vor.

Im Ergebnis ist festzustellen, dass die Maßnahmen in ihrer Umsetzbarkeit, Zielsetzung oder Wirksamkeit nicht durch das Vorhaben be- oder verhindert werden. Ein Verstoß gegen das Zielerreichungsgebot liegt nicht vor.

4.20.2.3 Fazit zur Meeresstrategierahmenrichtlinie MSRL

Die Prüfung der Auswirkungen des geplanten Vorhabens auf die wesentlichen Merkmale und Belastungen zeigt, dass die Errichtung eines Anlegers sowie die Vertiefungsmaßnahmen (Liegewanne und Zufahrt) keine Verschlechterung des aktuellen Umweltzustands der deutschen Nordseegewässer zur Folge haben. Die vorhabenbedingten Auswirkungen verstoßen nicht gegen das Zielerreichungsgebot des § 45a Abs. 1 WHG. Die Erreichung des guten Umweltzustands ist nicht gefährdet. Das Vorhaben verhindert nicht die Erfüllung der übergeordneten und operativen Umweltziele. Ein Einfluss des Vorhabens auf die Umsetzung der Maßnahmen kann ausgeschlossen werden. Das Vorhaben steht aus fachgutachterlicher Sicht weder dem Verschlechterungsverbot noch dem Zielerreichungsgebot gemäß § 45a Abs. 1 WHG entgegen und ist daher mit den Bewirtschaftungszielen der deutschen Nordseegewässer vereinbar.

4.20.2.4 Fazit zur Natura 2000 / FFH-Verträglichkeitsuntersuchung

Im Ergebnis der FFH-Verträglichkeitsuntersuchung sind vorhabenbedingt keine erheblichen Beeinträchtigungen der Anhang II-Arten Fluss- und Meerneunauge, Finte, Schweinswal, Seehund und Kegelrobbe möglich. Auf weitere wertbestimmende Anhang II-Arten sind keine vorhabenbedingten Auswirkungen zu erwarten. Des Weiteren sind ebenfalls keine vorhabenbedingten Auswirkungen auf die wertbestimmenden FFH-Lebensräume des Anhangs I zu erwarten. Dies gilt auch unter Berücksichtigung des möglichen Zusammenwirkens mit dem Vorhaben „Stromkabel NeuConnect“.

Erhebliche Beeinträchtigungen des FFH-Gebietes „Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer“ (DE 2306-301), seiner Erhaltungsziele oder seiner für die Erhaltungsziele maßgeblichen Bestandteile können somit im Ergebnis der FFH-Verträglichkeitsuntersuchungen ausgeschlossen werden. Eine Ausnahmeprüfung wird nicht erforderlich.

4.20.2.5 Hydromorphologischer Wirkraum

Zur Ermittlung der indirekten Veränderungen wurde von BioConsult auf Basis der durchgeführten hydronumerischen Modellierungen zu vorhabenbedingten Veränderungen der Morphologie ein hydrodynamischer Wirkraum abgegrenzt. Der entsprechende Fachbeitrag ist als Anlage „28.01_Abgrenzung hydromorphologischer Wirkraum“ den Antragsunterlagen beigefügt. Für die Abgrenzung des hydromorphologischen Wirkraumes wurde die Höhendifferenz ± 10 cm verwendet, da sie die Abgrenzung eines in sich geschlosseneren Bereiches zulässt, für den relevante morphologische Veränderungen angenommen werden können. Dieser Bereich umfasst nahezu das gesamte § 30-Biotop (KMFFk*) als auch zusammenhängende Differenzflächen innerhalb der

subaquatischen Dünen. Vereinzelt Flächen wurden nicht integriert und befinden sich außerhalb des KMFFk*-Biotops

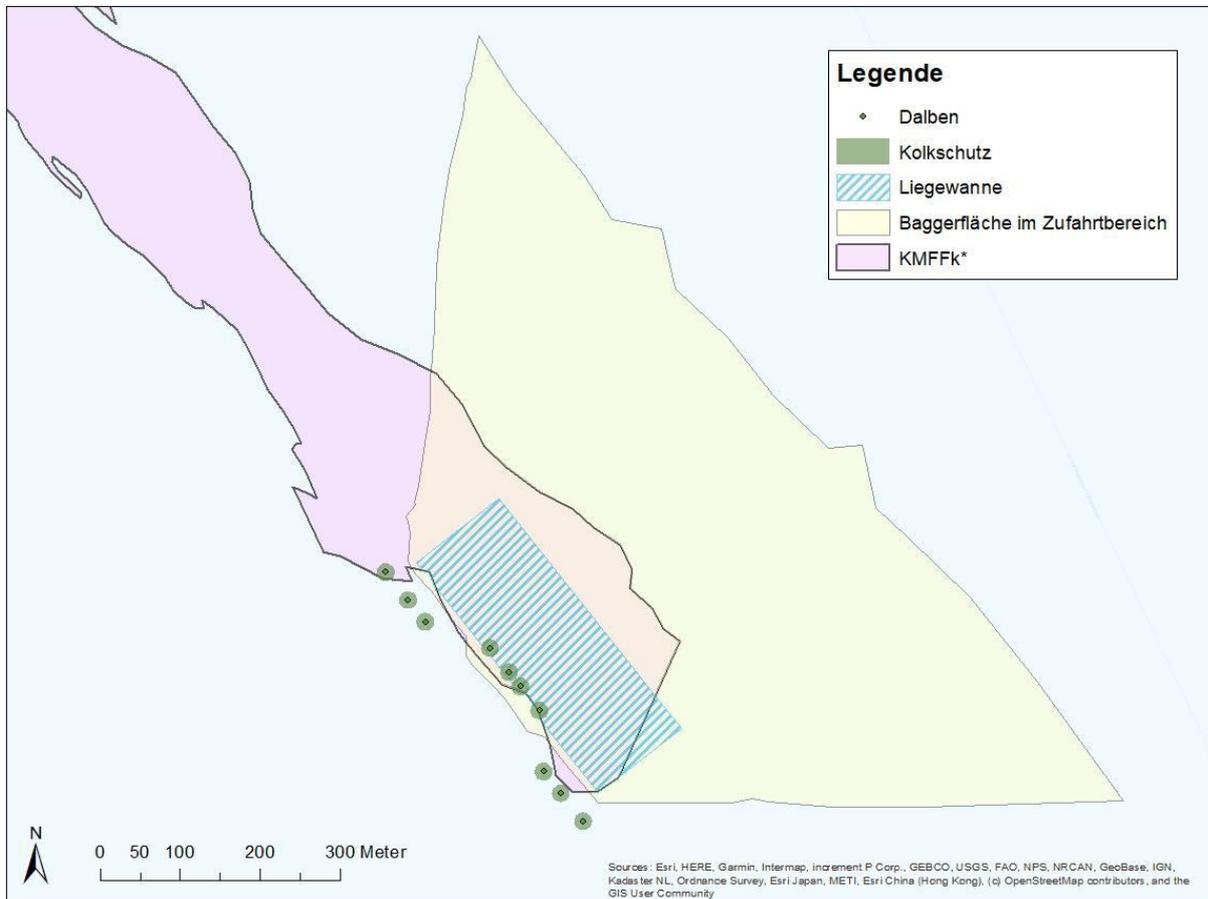


Abbildung 74: Direkte Auswirkung durch Baggerarbeiten

Vergleich zum UNIPER Verfahren und mögliche Erweiterungen zu den Bestandsanlagen

Der ermittelte Wirkraum umfasst alle Bagger- und Böschungsbereiche und ist - bei vergleichbaren Vorhabensmerkmalen - wesentlich größer als der Wirkraum, der im Rahmen des UNIPER-Verfahrens abgegrenzt wurde. Er integriert alle als relevant eingestuftes Höhendifferenzen. Eine Erweiterung Richtung der Bestandsanlagen (HES und UVG) erscheint daher auf Basis der Modellergebnisse nicht notwendig und würde hinsichtlich der Auswirkungsprognose (auch für das Benthos) keine veränderte Einordnung ergeben, da eine Erweiterung nur Bereiche außerhalb des KMFFk*-Biotops betreffen würde. Hier handelt es sich durchweg um Weichböden, die sich einerseits in morphologisch sehr dynamischen Gebieten (subaquatische Dünen) befinden und andererseits innerhalb der Wirkräume der bestehenden Anleger. Wenn eine Erweiterung als zwingend notwendig angesehen wird, kann dies jedoch nachträglich erfolgen.

4.20.2.6 Eingriffsbilanzierung

Wertverlust von Flächenäquivalente Liegewanne und Zufahrt

Durch die Errichtung von Liegewanne und Zufahrt kommt es über die Bilanzierung der Biotopwerte zu einem Verlust von 349.579 Flächenäquivalenten. Dies bildet die erheblichen Beeinträchtigungen unzureichend ab, da der Biotoptyp KMFF/KMFFk auch nach dem Eingriff eine sehr hohe Bedeutung aufweisen wird, ungeachtet der Beeinträchtigung weiterer damit verbundener Schutzgüter (Wasser/Sedimente und Tiere/Makrozoobenthos, Fische und Rundmäuler). Aus diesem Grund werden stellvertretend für alle erheblich beeinträchtigten Schutzgüter in KMFF/KMFFk die

Auswirkungen auf das Schutzgut Tiere/Makrozoobenthos für den Bereich ermittelt, der lediglich einmalig gebaggert wird. Die Änderung der WF deckt die erheblichen Beeinträchtigungen der Schutzgüter Tiere/Fische und Wasser/Sedimente mit ab. Aufgrund der temporären Veränderung durch eine einmalige Störung und anschließende ungestörte Regeneration werden von dem berechneten Wertverlust von 287.685 Flächenäquivalenten nur 10 % als Wertverlust angerechnet. Somit ergibt sich zusätzlich für das Makrozoobenthos ein Wertverlust von 28.789 Flächenäquivalenten. Im Ergebnis kommt es durch die Errichtung der Liegewanne und der Zufahrt (Maßnahme 3) zu einem Wertverlust von **378.368 Flächenäquivalenten**.

Wertverlust von Flächenäquivalente Errichtung des Anlegers

Aufgrund der Errichtung des FSRU-Anlegers und der verbundenen Sedimentation und Erosion im Wirkraum kommt es durch die Bilanzierung der Biotopwerte im Bereich der direkten Flächeninanspruchnahme zu einem Wertverlust von Biotoptypen im Umfang von **105.642 Flächenäquivalenten**.

Wertverlust von Flächenäquivalente Total

Somit ergibt sich insgesamt ein Wertverlust von **484.010 Flächenäquivalenten**.

Maßnahmen zur Schadensbegrenzung und Kompensationsmaßnahmen zur Sicherung der Kohärenz des Europäischen ökologischen Netzes „Natura 2000“ (§ 34 BNatSchG)

Die Natura 2000-Vorprüfung (PGG 2023a) hat ergeben, dass vorhabenbedingte erhebliche Beeinträchtigungen von Natura 2000-Gebieten und deren maßgeblichen Bestandteile der Erhaltungsziele auch in Zusammenhang mit anderen Plänen und Projekten offensichtlich ausgeschlossen sind. Es gelten die Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen des Fachberichts. Neben den Schadensbegrenzungsmaßnahmen zum Schallschutz für Meeressäuger sind keine weiteren schadensbegrenzenden Maßnahmen erforderlich.

Maßnahmen zum besonderen Artenschutz

Im Artenschutzfachbeitrag wurden keine artenschutzrechtlichen Konflikte durch die Ausführung der Maßnahme 3 und 4 festgestellt. Es gelten die Angaben zu Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen des Fachberichts zum Schutz der Meeressäuger (V1 bis V5) hier entsprechend. Weitere schadensbegrenzende Maßnahmen sind nicht erforderlich.

Die vollständige Eingriffsbilanz findet sich in „20.01_Zusammenfassung Umweltauswirkungen und Eingriffsbilanzierung“ in Kapitel 20 der Antragsunterlagen.

4.20.2.7 Beurteilung der Umweltauswirkungen auf die Klapfstelle K01

Die Darstellung der voraussichtlichen Umweltauswirkungen auf die Klapfstelle K01 erfolgt im Fachbeitrag „27.06_Fachbeitrag Umweltauswirkung auf die Klapfstelle K01“ und ist in Kapitel 27 als Anlage beigefügt. Das Vorhaben wurde unter Berücksichtigung folgender Aspekte im Bereich des Naturschutzes und der Umwelt untersucht und bewertet: Auswirkungsprognose, naturschutzrechtliche Eingriffsregelung, Biotopschutz, spezieller Artenschutz, Natura 2000-Verträglichkeit, wasserhaushaltliche Aspekte im Einklang mit den Bewirtschaftungszielen der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) und der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL).

Es sind keine wesentlichen Auswirkungen an der Klapfstelle zu erwarten.

4.20.2.8 Auswirkungen auf das Klima

Für die Bewertung der Auswirkungen des Vorhabens auf das Klima hat die TdV eine Berechnung und Bewertung des Ausstoßes an Treibhausgasemissionen für Bau, Unterhalt und Betrieb der Anlage einschließlich der FSRU erstellen lassen. Der Fachbeitrag ist unter „20.02_Klimaauswirkungen des Vorhabens“ in Kapitel 20 zu den Antragsunterlagen beigefügt.

Allgemein lässt sich feststellen, dass es über den Bau und Betrieb des FSRU zu einem begrenzten Ausstoß an Treibhausgasemissionen kommt, dieser ist jedoch insgesamt als gering zu bewerten und im Vergleich zum Gesamt-Treibhausgasausstoß nicht nennenswert. Der vorhabenbedingte Anteil am Klimawandel ist nicht messbar. Mit insgesamt 120.144 Tonnen CO₂/Jahr, bzw. 0,6 [g CO₂/MJ LNG] hat das Vorhaben einen mäßig negativen Einfluss auf das Klima. In Relation hierbei muss allerdings auch die gesamte Wertschöpfungskette des LNG gesetzt werden, wobei die Errichtung und der Betrieb der FSRU nur 4,3 % der ausgestoßenen Treibhausgase ausmacht.

Positiv in die Bewertung fällt ebenfalls das in § 2 Abs. 1 Nr. 4 i.V. Nr. 2.3 der Anlage zu § 2 LNGG festgestellt überragende öffentliche Interesse sowie die Ablösung des LNG-Imports, nach 5 Jahren Laufzeit, durch grünen Wasserstoff und damit langfristig einen positiven Beitrag zum Erreichen der Klimaziele beizutragen.

4.20.3 Zusammenfassende Darstellung der Umweltauswirkungen

Kapitel „20 Umweltauswirkungen und Folgenabschätzung“ der Antragsunterlagen enthält eine zusammenfassende Darstellung der Umweltauswirkungen des Vorhabens einschließlich Eingriffsbilanzierung. Hierzu wurde das Dokument „20.01_Zusammenfassung Umweltauswirkungen und Eingriffsbilanzierung“ erstellt. Basis des Dokuments ist der Fachbeitrag zur „Eingriffsbilanzierung zu den Gewässerausbaumaßnahmen“ einschließlich einer tabellarischen Darstellung der Umweltauswirkungen auf die Schutzgüter.

Nach den Ergebnissen der Umweltgutachten führt das Vorhaben zu einer Beeinträchtigung des Biotops im Bereich des Anlegers und der Zufahrt. Die Belange des Biotopschutzes müssen aber hinter dem öffentlichen Interesse an der Realisierung des Vorhabens zurücktreten. Die Voraussetzungen für eine Befreiung vom Biotopschutz liegen vor. Dort wo unvermeidliche Eingriffe erforderlich sind, werden entsprechende Maßnahmen beschrieben, die bei der Bauausführung, dem Unterhalt und Betrieb der Anlage zu beachten sind.

4.21 Einbringen von Baggergut

4.21.1 Veranlassung und rechtlicher Rahmen

Bei der Verklappung des Baggergutes an einer Klappstelle im Küstengewässer handelt es sich um eine erlaubnispflichtige Benutzung des Gewässers i.S. des § 9 Abs. 1 Nr. 4 WHG (Einbringen von Stoffen in ein Gewässer). Zuständig für die Erteilung der Erlaubnis nach § 1 Nr. 1d) der ZustVO-Wasser ist der NLWKN. Bei Planfeststellungsvorhaben die mit der Benutzung eines Gewässers verbunden sind, entscheidet die Planfeststellungsbehörde gemäß § 19 Abs. 1 WHG auch über die Erteilung der Erlaubnis.

Insgesamt sind für die Verklappung folgende behördliche Zulassungen und Abstimmungen erforderlich:

- Zuweisung einer geeigneten Klappstelle im Revier beim zuständigen WSA
- Wasserrechtliche Erlaubnis des NLWKN
- Nutzungsvertrag mit der WSV
- Strom- und schiffahrtspolizeiliche Genehmigung (SSG) der WSV gemäß § 31 Abs. 1 WaStrG

4.21.2 Antrag

Mit dem in Kapitel „02 Antragsschreiben“ unter „02.00_Antragsschreiben wrPFV“ aufgeführten Antrag wird die voraussichtliche Verbringung von Baggergut für die Initialbaggerung sowie die Unterhaltsbaggerungen für zwei Jahre formal beantragt.

In Kapitel „27 Erlaubnis Einbringen Baggergut §8 §10 WHG“ der Antragsunterlagen wird der Antrag ausführlich beschrieben und erläutert. Nachfolgend die wesentlichen Eckdaten aus dem Antrag.

4.21.3 Voraussichtliche Volumen

Die voraussichtlichen Volumen betragen:

Initialbaggerung zur Herstellung der Liegewanne und des Zufahrtsbereiches:

ca. 1,2 Mio. m³, angegeben als Laderaumaufmaß

Unterhaltsbaggerungen im Bereich der Liegewanne und des Zufahrtsbereiches

ca. 50.000 m³ pro Jahr, angegeben als Laderaumaufmaß

Für die ersten beiden Betriebsjahre 2024 und 2025 wird mit einem Volumen von ca. 100.000 m³, angegeben als Laderaumaufmaß kalkuliert

Die Abschätzungen zu den Volumina wurden auf Basis der bisherigen Studien und Untersuchungen im Vorhabengebiet durchgeführt.

Nachrichtlich: Nicht enthalten ist das Volumen zur Herstellung des Transfersystems (TCP-Leitungen), da diese Maßnahme dem BImSchG-Verfahren zuzuordnen ist und bei den Baumaßnahmen nach jetzigem Stand kein Einbringen im Sinne § 9 Abs. 1 Nr. 4 WHG vorliegt.

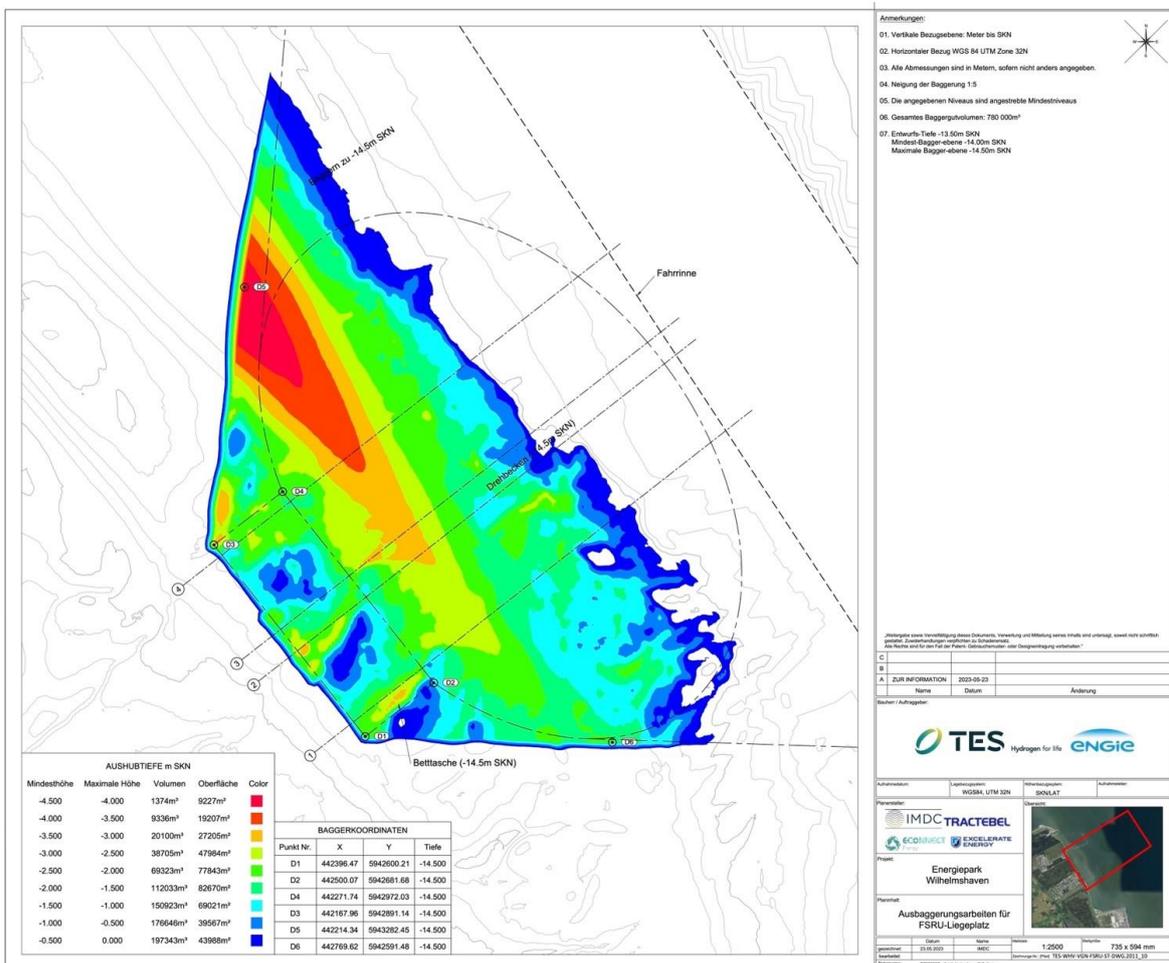


Abbildung 75: Aushubtiefen Baggerbereich

4.21.4 Verklappungsstelle

Als Verklappungsstelle für die initialen Baggermengen ist in Abstimmung mit der WSV die Klappstelle K01 vorgesehen.

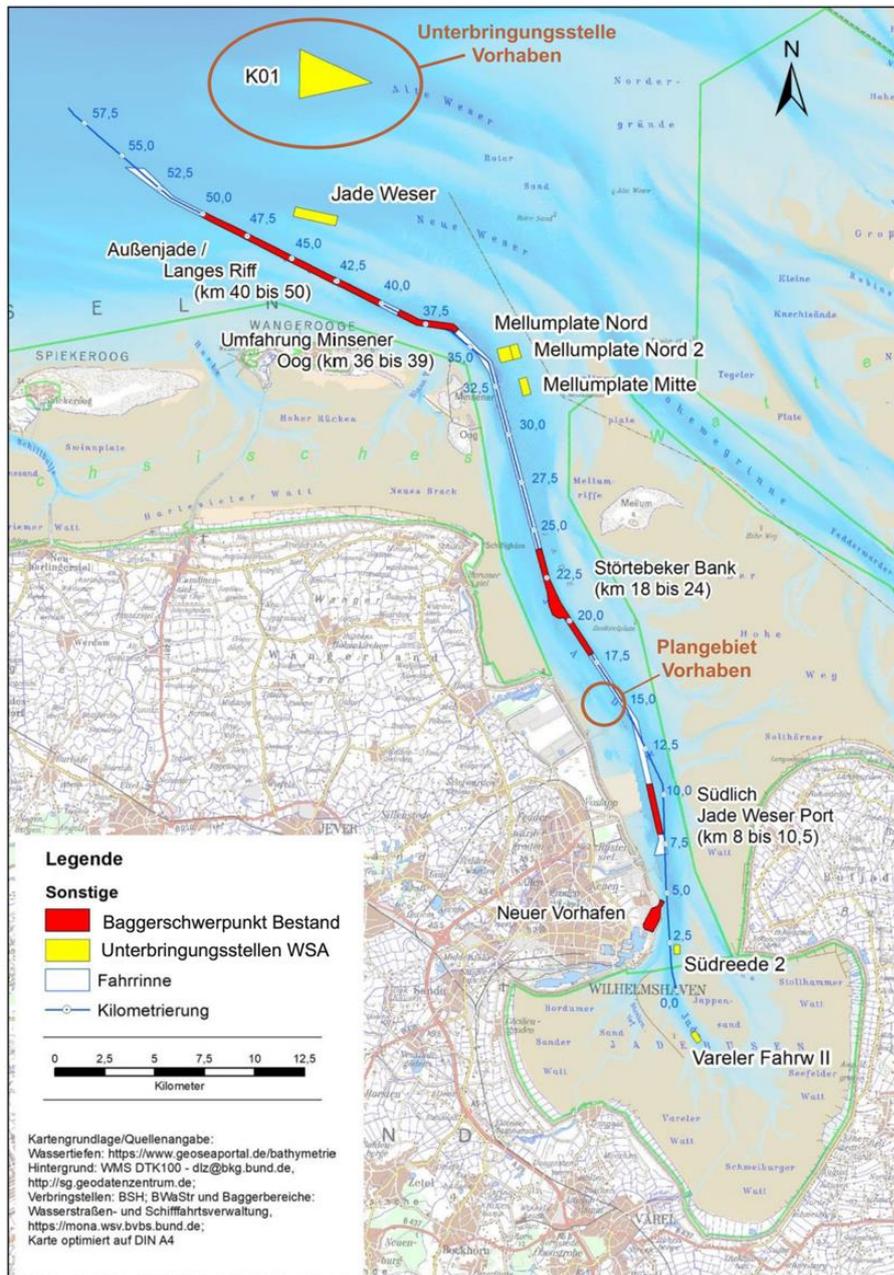


Abbildung 76: Lage der Klappstelle und des Planvorhabens

4.21.5 Einhaltung der Werte nach GÜBAK

Der Umgang mit Baggergut aus Küstengewässern ist gesetzlich geregelt. Aktuell gelten die „Gemeinsamen Übergangsbestimmungen zum Umgang mit Baggergut in Küstengewässern“ GÜBAK in der Version August 2009. In den Bestimmungen sind Vorgaben zur Art und Weise der Untersuchung und zum Verklappen von Baggergut geregelt.

Analysen im Rahmen der Geotechnischen Untersuchungen

Zum Nachweis der Einhaltung der Werte nach GÜBAK hat die TdV im Rahmen der geotechnischen Untersuchungen Analysen gemäß GÜBAK durchführen lassen vgl. Kapitel „10 Geotechnischer Bericht und Bemessung“ der Antragsunterlagen. Die Analyseergebnisse gemäß GÜBAK für die Proben aus der geotechnischen Untersuchung finden sich in Anhang J9 zum Bericht und sind den Antragsunterlagen als Dokument „10.02_Appendix J9 Sedimentanalysen GÜBAK“ beigefügt. Die Richtwerte gemäß GÜBAK werden bei den analysierten Proben eingehalten (unterschritten). Bei einer Probe gab es eine Überschreitung. Bei der Probe MD1a-BH-B3 ist der Kohlenwasserstoffindex mit 260 mg/kg erhöht und liegt zwischen den Richtwerten R1 (200 mg/kg) und R2 (600 mg/kg). Zudem liegt die Summe der 16 PAK (Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe) mit 5,68 mg/kg leicht über dem Richtwert R2 von 5,5 mg/kg. Diese leichte Überschreitung des Richtwertes R2 wird als unschädlich angesehen. Alle weiteren Analysen bestätigen die Einhaltung der Richtwerte nach GÜBAK.

Weitere Proben und Analysen durch BioConsult Mai 2023

In Abstimmung mit dem NLWKN hat die TdV im Mai 2023 die Firma BioConsult mit erneuten Probenahmen gemäß GÜBAK im Plangebiet beauftragt. Die Probenahme erfolgte vor dem Hintergrund der beantragten Zulassung des vorzeitigen Baubeginns zur Herstellung der Liegewanne und des Zufahrtbereichs. Darüber hinaus wurden Proben auch entlang des Baggerbereiches für die Verlegung des Gastransfersystems (TCP-Leitung) genommen. Die Verlegung des Gastransfersystems (TCP-Leitung) ist Bestandteil des immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahrens und wird hier nur nachrichtlich aufgeführt.

Stationsraster

Nach GÜBAK (2009) ist bei einer Gesamtbaggermenge zwischen 0,5 und 2,0 Mio. m² eine Probenanzahl zwischen 16 und 30 erforderlich. Abbildung 77 zeigt die Verteilung der Stationen innerhalb der Liegewanne und Zufahrt (n = 26 Stationen, G05-G30) und entlang der TCP-Leitung (n = 4 Stationen, G01-G04).

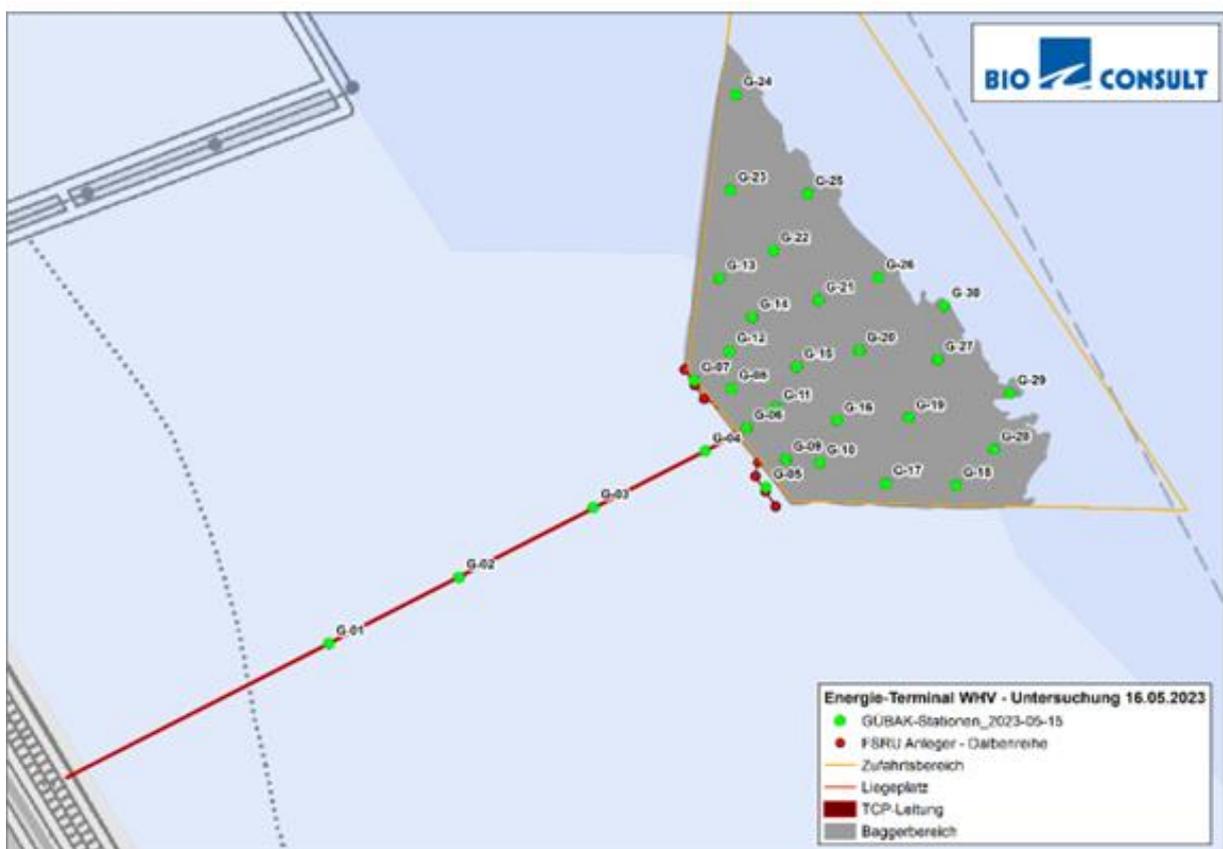


Abbildung 77: Übersicht über die Stationen für die Entnahme von Sedimentkernen im Bagger- und Baubereich

Prüfberichte

Die Prüfberichte von BioConsult und dem Analyseinstitut Dr. Novak liegen vor und sind dem Antrag als Anlagen beigelegt.

27.01_Anlage 1_Bioconsult GÜBAK 17219-17248-dig	Gesamtübersicht aller Ergebnisse
27.02_Anlage2_Prüfberichte_Gübak_Novak	Einzelberichte zu den Proben
27.03_Anlage3_Anlage zu Prüfberichte Gübak_Novak	Anlage zu den Prüfberichten

Siebanalysen / Korngrößenverteilung

Der Anteil Fein- und Mittelsand (60 – 600 µm) liegt im Mittel bei 73,56 %. Das Material ist damit unter Anwendung der Untersuchungssystematik und Einstufungslogik der BfG innerhalb des aktuellen GÜBAK-Berichtes als nicht-bindiger Boden anzusehen und somit bezüglich der Klassifizierung uneingeschränkt für die Ablagerung auf K01 geeignet.

Schadstoffanalysen

Gemäß GÜBAK ist für Proben mit einem Feinkornanteil von < 10% eine komplette chemische Analyse nach den GÜBAK Parametern erforderlich.

Aufgrund einer Teilauswertung der Korngrößenverteilung wurde für 25 Proben festgestellt, dass der Feinkornanteil deutlich unter 10 % liegt. Diese Proben wurden nur auf KGV und TOC untersucht. Die übrigen 5 Proben (in der Übersicht Korngrößenverteilung grün gekennzeichnet) wurden komplett auf die chemischen Parameter der GÜBAK analysiert. Nach Vorliegen der kompletten KGV-Analyse hat sich herausgestellt, dass 2 dieser 5 Proben einen Feinkornanteil knapp unter 10 % besitzen. Für diese Proben wurde dann auf die Korngrößenkorrektur bei den Ergebnissen verzichtet.

Alle Proben halten die R1-Werte ein und erlauben eine uneingeschränkte Umlagerung.

4.21.6 Beurteilung der Umweltauswirkungen auf die Klappstelle K01

Die voraussichtlichen Umweltauswirkungen auf die Bagger- und Klappstelle werden im Fachbeitrag „27.06_Fachbeitrag Umweltauswirkung auf die Klappstelle K01“ in Kapitel „27 Erlaubnis Einbringen Baggergut §8 §10 WHG“ der Antragsunterlagen beschrieben.

Das Vorhaben wurde unter Berücksichtigung folgender Aspekte im Bereich des Naturschutzes und der Umwelt untersucht und bewertet: Auswirkungsprognose, naturschutzrechtliche Eingriffsregelung, Biotopschutz, spezieller Artenschutz, Natura 2000-Verträglichkeit, wasserhaushaltliche Aspekte im Einklang mit den Bewirtschaftungszielen der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) und der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL). Es sind keine wesentlichen Auswirkungen an der Klappstelle zu erwarten.

4.22 Befreiung vom Biotopschutz nach § 67 BNatSchG

Mit dem in Kapitel „02 Antragsschreiben“ unter „02.00_Antragsschreiben wrPFV“ aufgeführten Antrag wird von der TdV eine Befreiung nach § 67 BNatSchG von den Verboten des § 30 Abs. 2 BNatSchG für die ermittelte Wirkraumfläche des geschützten Biotops „Artenreiche Kies-, Grobsand- und Schillgründe“ (Biotoptyp KMFFk*) formal beantragt.

In Kapitel „28.00_Antrag geschützte Biotope nach §67 BNatSchG“ der Antragsunterlagen wird der Antrag ausführlich beschrieben und erläutert. Nachfolgend die wesentlichen Eckdaten aus dem Antrag.

Durch das Vorhaben wird das nach § 30 Abs. 2 Nr. 6 BNatSchG gesetzlich geschützte Biotop „Artenreiche Kies-, Grobsand- und Schillgründe“ (Biotoptyp KMFFk*)“ dauerhaft erheblich beeinträchtigt. Die Beeinträchtigungen sind im Antrag erläutert.

Die Wirkraumfläche wurde von Bioconsult auf Basis der durchgeführten hydronumerischen Modellierungen zu vorhabenbedingten Veränderungen der Morphologie ein hydrodynamischer Wirkraum abgegrenzt. Der entsprechende Fachbeitrag ist als Anlage „28.01 Abgrenzung hydromorphologischer Wirkraum“ beigefügt.

Der TdV ist bekannt, dass im Rahmen des LNG-Verfahrens von NPorts/UNIPER aktuell eine Prüfung zur Wiederherstellung des Biotops an anderer Stelle der Jade stattfindet. Der TdV liegen derzeit jedoch keine ausreichenden Informationen vor, ob die Wiederherstellung des gesetzlich geschützten Biotops und damit ein Ausgleich möglich ist.

Da die Beeinträchtigungen des Biotops möglicherweise nicht ausgeglichen werden können, wird eine Befreiung von den Verboten des § 30 Abs. 2 Nr. 6 BNatSchG vorsorglich beantragt. Die Voraussetzungen für die Erteilung einer Befreiung nach § 67 Abs. 1 Satz 1 Nr. 1 BNatSchG liegen vor. Die Befreiung ist aus Gründen des überwiegenden öffentlichen Interesses notwendig.

Die Beeinträchtigung des Biotops ist unvermeidbar. Im Rahmen der Alternativenprüfung hat die TdV geprüft, ob durch eine geänderte Positionierung des Vorhabens die Auswirkungen auf das Biotop vermieden oder reduziert werden können, siehe 4.10.

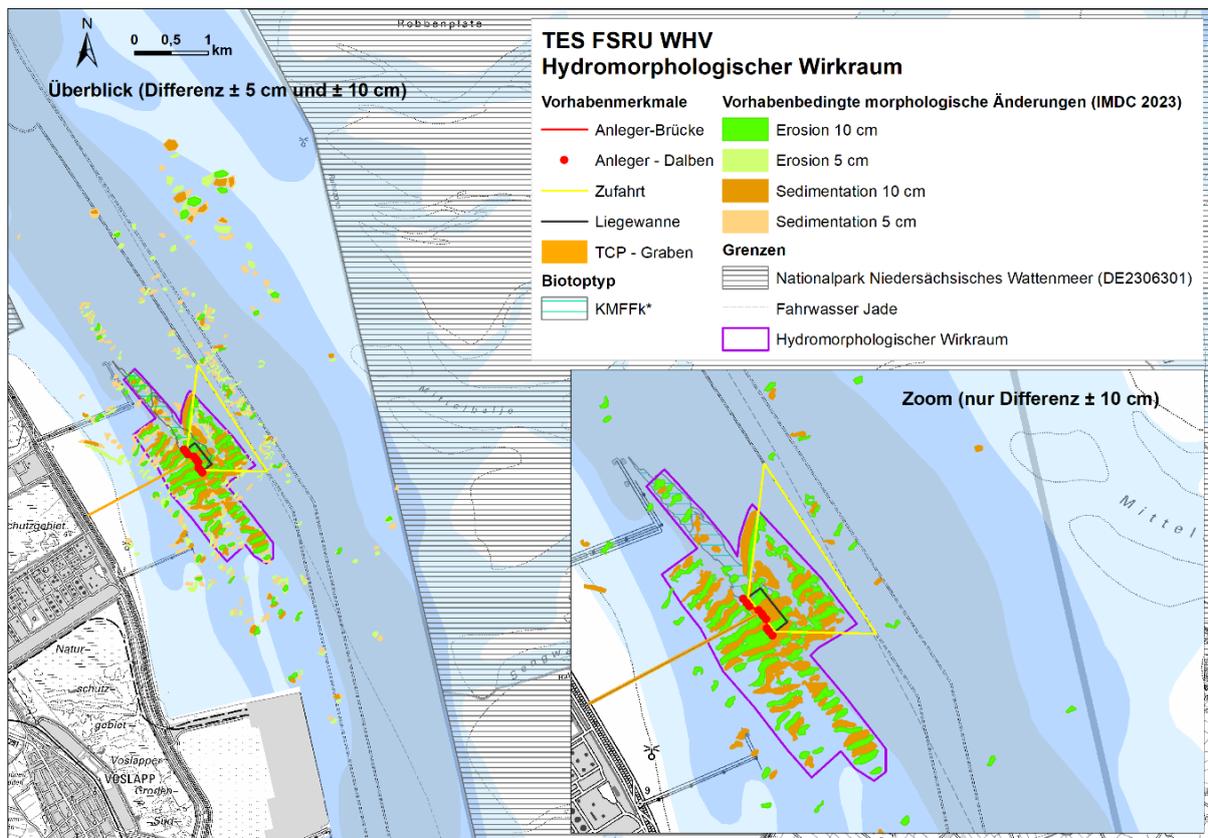


Abbildung 78: Übersicht Wirkraum Biotop §30

4.23 Information zur Einleiterlaubnis nach § 9 WHG und IZÜV (nachrichtlich)

4.23.1 Rechtliche Einordnung und Antrag

Für den Betrieb der FSRU ist die Entnahme und Einleitung von Wasser aus bzw. in die Jade erforderlich. Hierfür wird außerhalb dieses Planfeststellungsverfahrens ein Antrag nach § 9 WHG gestellt. Die FSRU unterliegt mit der Großfeuerungsanlage (Dampferzeuger > 50 MW) der Industrieemission-Richtlinie (IE-RL) und somit auch der IZÜV - Industriekläranlagen-Zulassungs- und Überwachungsverordnung Verordnung zur Regelung des Verfahrens bei Zulassung und Überwachung industrieller Abwasserbehandlungsanlagen und Gewässerbenutzungen. Der TdV hat hierzu bei dem NLWKN in Braunschweig eine wasserrechtlichen Erlaubnis nach §§ 8 Abs. 1, 9 Abs. 1 Nr. 4, 10, 12 und 57 WHG sowie § 2 IZÜV für die Einleitung von mit Temperaturveränderungen versehenen Ab- bzw. Prozesswässern zum Betrieb einer FSRU beantragt. Die Antragsunterlagen wurden im September 2023 öffentlich ausgelegt und auf der Webseite des NLWKN zum Download bereitgestellt. Es soll daher hier nur nachrichtlich kurz auf den Inhalt eingegangen werden.

4.23.2 Wasserentnahme und Behandlung

Die für die Verdampfung des LNG benötigte Wärmeenergie wird überwiegend durch die Nutzung von Meerwasser gewonnen. Das angesaugte Seewasser auf der FSRU wird zudem als Kühlwasser für verschiedene Ausrüstungen und zur Herstellung von Frischwasser verwendet. Es gibt sieben Ausflüsse, aus denen Prozesswasser in die Jade mit einem relevanten Temperaturunterschied eingeleitet wird.

4.23.3 Ultraschall-Antifouling und Prüfung von alternativen Systemen

Zum sicheren Betrieb der Anlage ist es erforderlich, dass das angesaugte Meerwasser so behandelt wird, dass sich kein Biofilm innerhalb der Anlagenteile festsetzt. Dies führt ansonsten zur Ansiedlung von Klein- und Kleinstorganismen wie z.B. Algen, Pflanzen, Muscheln und Seepocken und zum Verstopfen der Anlage und zum Betriebsausfall. Durch den Einsatz eines Ultraschallsystems zur Verhinderung von organischem Bewuchs des verzweigten Seewassersystems kann auf den Einsatz von Bioziden wie eine Chlorierung vollständig verzichtet werden. Die Beantragung und Bewertung des Ultraschallsystems ist Bestandteil des Immissionsschutzrechtliche Genehmigungsantrags.

4.23.4 Ausbreitung von Temperaturfahnen

Die einzige, wesentliche Umweltauswirkung durch das Einleiten der Prozesswässer in die Jade sind die Temperaturdifferenzen (Wärme- und Kälteemission) zwischen dem entnommenen Meerwasser und dem eingeleiteten Wasser. Während der Regasifizierungsprozesse im Open-Loop (Szenario Sommer) wird mit bis zu minus 9 Grad gekühltes Wasser in die Jade zurückgeleitet. Während der Regasifizierung im Closed-Loop (Szenario Winter) wird nur Kühlwasser entnommen, welches um bis zu 6 Grad erwärmt zurückgeleitet wird. Im Combined-Loop wird sowohl erwärmtes als auch gekühltes Wasser in die Jade zurückgeführt. Bei der Frischwassererzeugung kann erwärmtes Seewasser mit einer Temperaturänderung von bis zu plus 22,5 Grad und einem leicht erhöhten Salzgehalt von bis zu 4,4 % eingeleitet werden. Der Anteil der Frischwassererzeugung am Gesamtvolumenstrom beträgt max. ca. 0,5%. Durch die geringe Einleitmenge im Verhältnis zum Wasserkörper und die vorhandene Strömung kommt es bei der Einleitung der Sole zu einer schnellen Durchmischung mit dem kälteren Seewasser.

Zur Simulation der Temperatureffekte durch die Einleitung von Prozesswasser in die Jade hat die TdV die Firma IMDC mit einer Modellierung beauftragt. Bei der Modellierung wurden die bekannten Umweltbedingungen wie Wasser- und Lufttemperaturen, Strömungsverhältnisse und Pegelstände berücksichtigt. Die Modellergebnisse von IMDC (2022) zeigen, dass größere Temperaturunterschiede für alle Szenarien auf einen kleinen Raum im Nahbereich der FSRU beschränkt sind. Weitere Informationen sind dem Bericht „24.01_Bericht über die Ausbreitung von Temperaturfahnen_2016.07 in den Antragsunterlagen zu entnehmen.

4.23.5 Umweltauswirkungen

Die Umweltauswirkungen bei der Entnahme und Einleitung von Wasser und werden im immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren betrachtet sind aber auch in der Folgenbewältigungstabelle in „20.01_Zusammenfassung Umweltauswirkungen und Eingriffsbilanzierung“ in Kapitel 20 der Antragsunterlagen aufgeführt.

Die maximalen Temperaturdifferenzen (ΔT 1.5 K) bewegen sich in einem Bereich, der auch natürlicherweise innerhalb eines Tages auftritt (Brockmann Consult 2014). Das Gros der Fische kann den betroffenen Bereich verlassen. Lediglich am Boden festgehefteter Laich ist betroffen. Die absoluten und relativen Grenzwerte von ΔT 1 K für den Wärmeeintrag in Küstengewässer werden basierend auf den Modelergebnissen auch kleinräumig nicht überschritten. Bei der Modellierung wurden die einzelnen Abwasserströme als Punktquelle zusammengefasst. Die geringen Abstände zwischen den Einleitstellen im Verhältnis zur Modellauflösung rechtfertigen diese Vorgehensweise. Kleineren Volumenströme wie die Einleitung von Sole aus der Frischwassererzeugung haben keinen wesentlichen Effekt auf die Gesamttemperaturverteilung, sodass diese bei der Simulation nicht Einzel betrachtet wurden.

Die Wirkung ist mittelfristig und mittelräumig. Das Gewässer wird nicht – weder nachteilig noch vorteilhaft- verändert.

Das Vorhaben steht in Einklang mit den Bewirtschaftungszielen der WRRL. Durch das Vorhaben werden weder das Verschlechterungsverbot noch das Zielerreichungsgebot der WRRL negativ beeinträchtigt oder in der Umsetzung behindert.

Das Vorhaben steht weder dem Verschlechterungsverbot noch dem Zielerreichungsgebot gemäß § 45a Abs. 1 WHG entgegen und ist daher mit den Bewirtschaftungszielen der deutschen Nordseeengewässer vereinbar.

Sonstige Wassereinleitungen, ohne relevante Temperaturänderungen werden im parallelen immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsantrag beschrieben, hierzu gehören u.a.:

- Ballastwasser
- Auslässe der Wasservorhänge
- Ankerspülung

Nachrichtlich: Es wird kein Bilgenwasser oder Abwasser, inklusiv Grau- und Schwarzwasser, in die Jade eingeleitet. Die Entsorgung erfolgt über Ver- und Entsorgungsschiffe.

Die Beschreibung der Entnahme von Seewasser und die damit verbundenen Umweltauswirkungen erfolgt im immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsantrag.

4.24 Gesamtkosten

Die voraussichtlichen Gesamtkosten der beantragten Maßnahmen betragen in EUR inkl. Umsatzsteuer:

Baukosten:	137 Mio. EUR
Planungskosten:	19 Mio. EUR
Gesamtkosten:	156 Mio. EUR

Impressum

WASSERRECHTLICHER PLANFESTSTELLUNGSANTRAG
FÜR DIE ERRICHTUNG EINES FSRU-SCHIFFSANLEGERS
MIT LIEGEWANNE UND ZUFAHRTBEREICH
LNG VOSSLAPPER GRODEN NORD 2
TEIL B - ANTRAGSUNTERLAGEN
ERLÄUTERUNGSBERICHT

AUFTRAGGEBER
FSRU Wilhelmshaven GmbH

AUTOR
Georg Fank (extern)

DATUM
19. September 2023

Über Arcadis

Arcadis ist das führende globale Planungs- und Beratungsunternehmen für die natürliche und die vom Menschen gestaltete Umwelt. Durch die weltweite Bündelung von lokalem Wissen und die Kombination unserer Expertise mit neusten digitalen Errungenschaften erzielen wir herausragende und nachhaltige Ergebnisse für unsere Kunden und deren Abnehmer. Wir sind 36.000 Menschen, die in mehr als 70 Ländern tätig sind und einen Umsatz von 4,2 Milliarden Euro erwirtschaften (basierend auf Pro-forma-Zahlen für das gesamte Jahr 2021). Wir unterstützen UN-Habitat mit Wissen und Expertise, um die Lebensqualität in schnell wachsenden Städten auf der ganzen Welt zu verbessern.

www.arcadis.com

Arcadis Germany GmbH

EUREF-Campus 10
10829 Berlin
Deutschland

T 030 767585900