



ABS/NBS Hamburg-Lübeck-Puttgarden (Hinterlandanbindung FBQ) Neubau der B 207 PFA Fehmarnsundquerung (FSQ)

Fachbeitrag zur Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL)



FROELICH & SPORBECK
GmbH & Co. KG

Königswall 8

48249 Dülmen



Arbeitsgruppe für
regionale Struktur- und
Umweltforschung GmbH

ARSU GmbH

Kreyenstraße 41

26127 Oldenburg



MariLim Gesellschaft für
Gewässeruntersuchung mbH

Heinrich-Wöhlk-Straße 14

24232 Schönkirchen

Verfasser	FROELICH & SPORBECK GmbH & Co. KG
Adresse	Niederlassung Dülmen
	Königswall 8
	48249 Dülmen
Kontakt	T +49.2594.991401-0
	F +49.234.9536353
	duelmen@fsumwelt.de
	www.froelich-sporbeck.de
Projektleitung	Dipl.-Geogr. Andreas Gers

Projekt	
Projekt-Nr.	SH-211031
Status	Endfassung
Version	00
Datum	30.04.2025

Bearbeitung	
Projektleitung	Michaela Warnke, Dipl.-Landschaftsökologin
Bearbeiter/in	Dr. Isabelle Taubner, M.Sc. Environmtl. Monitoring & Assessment Anna Brüggemann, M.Sc. Meeresbiologie Torsten Berg, Dipl. Biologe
Freigegeben durch	ppa. Andreas Gers

Inhaltsverzeichnis		Seite
1	Einleitung	13
2	Rechtliche Grundlagen	14
3	Methodik und Datengrundlagen	15
3.1	Verschlechterungsverbot	15
3.2	Zielerreichungsgebot (Verbesserungsgebot)	16
3.3	Räumliche Bewertungseinheiten	16
3.4	Zustandsbewertung	19
3.5	Verwendete Datengrundlagen	20
4	Vorhabensbeschreibung	21
4.1	Standort, Art und Größe des Vorhabens	22
4.2	Art, Ausgestaltung, Größe und weitere wesentliche Merkmale des Vorhabens	22
4.2.1	Neu zu errichtende und zu ändernde Anlagen oder Bauwerke	22
4.2.1.1	Schiene	22
4.2.1.2	Straße	23
4.2.1.3	Anschlussstellen und Langsam fahrender Verkehr (LaV)	23
4.2.1.4	Hochwasserschutz	24
4.2.1.5	Tunnel- und Trogbauwerke	24
4.2.1.6	Entwässerung	26
4.2.2	Angaben zur Bauphase	29
4.2.2.1	Bauphasen	29
4.2.2.2	Trockendock	30
4.2.2.3	Mariner Tunnelgraben	32
4.2.2.4	Ankerzone	33
4.2.2.5	Nassbaggergutverbringung	33
4.2.2.6	Marines Baustellenmanagement	33
4.2.2.7	Baustellenentwässerung	34
4.2.3	Angaben zur Betriebsphase	36
4.2.3.1	Luftschadstoffe	36
4.2.3.2	Einleitung in Gewässer	37
4.2.3.3	Marine Strömungsverhältnisse	37
4.2.3.4	Tunnel-Entwässerung und Löschwasser	38
4.2.3.5	Unterhaltung	38
4.3	Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen im marinen Bereich	38
4.3.1	032_V Minderung der Schwebstoffe und Sedimentation während der Aushubarbeiten	38
4.3.2	028_Va_V Minderung der Wirkung von Schallimmissionen	39
4.3.3	033_V Vermeidung von Störwirkungen durch den Schiffsverkehr	40



4.3.4	015_V Beschränkung der Verklappung (Spitzschwanz-Schlangenstachelrücken)	41
4.3.5	017_Va Lichtanpassung / Lichtminderungsmaßnahmen im Baustellenbereich zum Schutz von Fledermäusen, Rastvögeln und Fischotter	41
4.3.6	002_V Ordnungsgemäßer Umgang mit wassergefährdenden Stoffen	42
4.4	Maßnahmen zur Kompensation und Kohärenzsicherung	42
4.4.1	Maßnahme 1 zur Wiederherstellung des LRT 1160 im Bereich des Tunnelgrabens durch naturnahe vollständige Wiederverfüllung	42
4.4.2	Maßnahme 2 zur Anlage von geogenen Riffen des LRT 1170	44
5	Wirkfaktoren	46
5.1	Baubedingte Wirkfaktoren	46
5.1.1	Morphologische Verhältnisse (Sub-, Eu-, oder Supralitoral)	46
5.1.2	Wasserspiegellage / Tidenhub	49
5.1.3	Seegang / Exposition	50
5.1.4	Durchgängigkeit (küstenparallel / küstennormal)	53
5.1.5	Strömungsgeschwindigkeit	54
5.1.5.1	Durchfluss	55
5.1.5.2	Strömungsgeschwindigkeiten	55
5.1.6	Schwebstoffgehalt	58
5.1.7	Nährstoffverhältnisse	64
5.1.8	Sauerstoffgehalt	66
5.1.9	Schadstoffgehalt	68
5.1.10	Temperaturverhältnisse	74
5.1.11	Ausprägung der aquatischen Lebensgemeinschaft	75
5.1.12	Optische Emissionen	75
5.1.13	Akustische Emissionen	75
5.1.14	Barrierewirkung	76
5.1.15	Erschütterungen	76
5.1.16	Kollisionsrisiko	77
5.2	Anlagebedingte Wirkfaktoren	77
5.2.1	Morphologische Verhältnisse (Sub-, Eu-, oder Supralitoral)	77
5.2.2	Wasserspiegellage / Tidenhub	77
5.2.3	Seegang / Exposition	78
5.2.4	Strömungsgeschwindigkeit	79
5.2.4.1	Durchfluss	79
5.2.4.2	Strömungsgeschwindigkeiten	80
5.2.5	Schwebstoffgehalt	81
5.2.6	Nährstoffverhältnisse	81
5.2.7	Sauerstoffgehalt	82
5.2.8	Schadstoffgehalt	82
5.2.9	Ausprägung der aquatischen Lebensgemeinschaft	82



5.3	Betriebsbedingte Wirkfaktoren	82
5.3.1	Morphologische Verhältnisse (Eu-/Sublitoral)	82
5.3.2	Sauerstoffgehalt	83
5.3.3	Nährstoffverhältnisse	83
5.3.4	Schwebstoffgehalt	83
5.3.5	Schadstoffgehalt	84
5.3.6	Elektrische / magnetische Felder	86
6	Betroffenheit der Belange der MSRL	87
6.1	Übergreifende Abschichtung in den Meeresgewässern	87
6.2	Fachliche und thematische Abschichtung	89
6.2.1	Schwebstoffgehalt	92
6.2.2	Nährstoffverhältnisse	93
6.2.3	Sauerstoffgehalt	93
6.2.4	Schadstoffgehalt	95
6.2.5	Ausprägung der aquatischen Lebensgemeinschaft	96
6.2.6	Optische Emission	97
6.2.7	Akustische Emissionen	98
6.2.8	Kollisionsrisiko	98
6.2.9	Barrierewirkung	99
6.2.10	Zusammenfassung	99
6.3	Räumliche Abschichtung der Wirkfaktoren	101
7	Der Umweltzustand der deutschen Ostseegewässer	106
7.1	Zustand	106
7.1.1	Fische	106
7.1.2	See- und Küstenvögel	108
7.1.3	Marine Säugetiere	111
7.1.4	Pelagische Lebensräume	112
7.1.5	Benthische Lebensräume	115
7.1.6	Ökosysteme und Nahrungsnetze	117
7.2	Belastungen	118
7.2.1	Nicht-einheimische Arten	118
7.2.2	Kommerziell genutzte Fisch- und Schalentierbestände	119
7.2.3	Eutrophierung	120
7.2.4	Änderung der hydrografischen Bedingungen	123
7.2.5	Schadstoffe in der Umwelt	124
7.2.6	Schadstoffe in Lebensmitteln	128
7.2.7	Einleitung von Energie	129
8	Beschreibung und Bewertung der Auswirkungen auf das Meeresgewässer Deutsche Ostsee	130
8.1	Darstellung der zu berücksichtigenden Bewertungseinheiten der Meeresregion	



	Deutsche Ostsee	130
8.2	Auswirkungsprognose und Bewertung im Hinblick auf das Verschlechterungsverbot	132
8.2.1	Zustand: Fische	132
8.2.1.1	D1C2 Populationsgröße der Arten	133
8.2.1.2	D1C3 Populationsdemografische Merkmale	136
8.2.1.3	D1C4 Verbreitungsgebiet und ggf. Verbreitungsmuster der Arten	137
8.2.1.4	D1C5 Lebensraum der betreffenden Arten	139
8.2.1.5	Bewertung	140
8.2.2	Zustand: See- und Küstenvögel	140
8.2.2.1	D1C2 Populationsgröße der Arten	142
8.2.2.2	D1C3 Populationsdemografische Merkmale	145
8.2.2.3	D1C4 Verbreitungsgebiet und ggf. Verbreitungsmuster der Arten	145
8.2.2.4	D1C5 Lebensraum der betreffenden Arten	146
8.2.2.5	Bewertung	146
8.2.3	Zustand: Marine Säugetiere	146
8.2.3.1	D1C2 Populationsgröße der Arten	147
8.2.3.2	D1C3 Populationsdemografische Merkmale	150
8.2.3.3	D1C4 Verbreitungsgebiet und ggf. Verbreitungsmuster der Arten	150
8.2.3.4	D1C5 Lebensraum der betreffenden Arten	151
8.2.3.5	Bewertung	151
8.2.4	Zustand: Pelagische Lebensräume	151
8.2.4.1	D1C6 Zustand des Lebensraumtyps der pelagischen Lebensräume	151
8.2.4.2	Bewertung	154
8.2.5	Zustand: Benthische Lebensräume	154
8.2.5.1	D6C1 Räumliche Ausdehnung und Verteilung des physischen Verlusts	160
8.2.5.2	D6C2 Räumliche Ausdehnung und Verteilung der physikalischen Störung	161
8.2.5.3	D6C3 Räumliche Ausdehnung jedes durch physikalische Störung veränderten Lebensraumtyp	163
8.2.5.4	D6C4 Ausdehnung des Verlustes an Lebensraumtyp infolge anthropogener Belastungen	165
8.2.5.5	D6C5 Ausdehnung der Beeinträchtigung des Zustands des Lebensraumtyps	168
8.2.5.6	Bewertung	172
8.2.6	Zustand: Ökosysteme und Nahrungsnetze	172
8.2.6.1	D4C1 Diversität der trophischen Gilde	173
8.2.6.2	D4C2 Ausgewogenheit der Gesamthäufigkeit zwischen den trophischen Gilden	173
8.2.6.3	D4C3, D4C4	174
8.2.6.4	Bewertung	174



8.2.7	Belastung: Kommerziell genutzte Fisch- und Schalentierbestände	175
8.2.7.1	D3C1 Fischereiliche Sterblichkeit von Populationen kommerziell befischter Arten	176
8.2.7.2	D3C2 Biomasse des Laicherbestands von Populationen kommerziell befischter Arten	176
8.2.7.3	D3C3 Alters- und Größenverteilung von Exemplaren innerhalb der Populationen kommerziell befischter Arten	176
8.2.7.4	Bewertung	177
8.2.8	Belastung: Eutrophierung	177
8.2.8.1	D5C1 Nährstoffkonzentrationen	177
8.2.8.2	D5C2, D5C3, D5C4, D5C5, D5C6, D5C7	179
8.2.8.3	D5C8 Zusammensetzung und relative Häufigkeit der Arten oder die Tiefenverteilung der Makrofaunagemeinschaften	180
8.2.8.4	Bewertung	180
8.2.9	Belastung: Änderung der hydrografischen Bedingungen	180
8.2.9.1	D7C1 Räumliche Ausdehnung und Verteilung der dauerhaften Veränderung der hydrographischen Bedingungen	181
8.2.9.2	D7C2 Räumliche Ausdehnung des infolge dauerhafter Veränderungen der hydrographischen Bedingungen beeinträchtigten benthischen Lebensraumtyps	183
8.2.9.3	Bewertung	184
8.2.10	Belastung: Schadstoffe in der Umwelt	184
8.2.10.1	D8C1 Schadstoffkonzentrationen	184
8.2.10.2	D8C2 Gesundheit der Arten und der Zustand der Lebensräume durch Schadstoffe	187
8.2.10.3	D8C3 Ausdehnung und Dauer von erheblichen akuten Verschmutzungen	187
8.2.10.4	D8C4 Schädwirkungen erheblicher akuter Verschmutzungen auf die Artengesundheit und den Zustand der Lebensräume	188
8.2.10.5	Bewertung	188
8.2.11	Belastung: Schadstoffe in Lebensmitteln	188
8.2.11.1	D9C1 Menge an Schadstoffen in essbarem Gewebe von Meeresorganismen	188
8.2.11.2	Bewertung	189
8.2.12	Belastung: Einleitung von Energie	189
8.2.12.1	D11C1 Impulsschall	190
8.2.12.2	D11C2 Dauerschall	191
8.2.12.3	Bewertung	193
8.3	Auswirkungsprognose und Bewertung im Hinblick auf das Verbesserungsgebot	193
9	Fazit	197
10	Literatur und Quellen	198



Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Bewertungseinheiten für die Ökosystemkomponenten nach MSRL	17
Tab. 2:	Änderung der mittleren Wellenrichtung im Fehmarnsund im Bauzustand gegenüber dem Ist-Zustand	52
Tab. 3:	Berechnungsergebnisse der Erhöhung der Nährstoffkonzentrationen von Gesamtphosphor und Gesamtstickstoff in Folge der Nassbaggerarbeiten	64
Tab. 4:	Berechnungsergebnisse der Erhöhung der Nährstoffkonzentrationen von Gesamtphosphor und Gesamtstickstoff in Folge der baubedingten Entwässerungen	65
Tab. 5:	Zusammenfassung Berechnungsergebnisse der Auswirkungen der Nassbaggerung auf die Schadstofffreisetzung	69
Tab. 6:	Ergebnisse der Berechnung der stofflichen Auswirkungen der partikulär gelösten Stoffe der bauzeitlichen Einleitungen in den KWK Fehmarn Sund W	70
Tab. 7:	Zusammenfassung Berechnungsergebnisse der Auswirkungen der Nassbaggergutverbringung auf die Schadstofffreisetzung	73
Tab. 8:	Prognostizierte Pegelgrößen in 750 m Entfernung zur Rammung eines Dalben mit einem Durch-messer von 1,6 m im Fehmarnsund.	76
Tab. 9:	Minimale, maximale und mittlere Änderung der mittleren Wellenrichtung im Fehmarnsund im Planzustand gegenüber dem Ist-Zustand	79
Tab. 10:	Berechnungsergebnisse der Erhöhung der Nährstoffkonzentrationen von Gesamtphosphor und Gesamtstickstoff in Folge der betriebsbedingten Entwässerungen	83
Tab. 11:	Abgeschichtete Wirkfaktoren mit geringfügigen, unerheblichen oder ausgeschlossenen Auswir-kungen.	89
Tab. 12:	Prüfkombinationen von Zustands- bzw. Belastungsaspekten (1. Spalte) und Wirkfaktoren (2. Spalte ff.) sowie deren Abschichtung	91
Tab. 13:	Prüfkombinationen von relevanten baubedingten Wirkfaktoren und Ökosystemkomponenten.	99
Tab. 14:	Prüfkombinationen von relevanten betriebsbedingten Wirkfaktoren und Ökosystemkomponenten.	100
Tab. 15:	Räumliche Abschichtung der relevanten Wirkfaktoren.	105
Tab. 16:	Ergebnisse je Kriterium für die einzelnen Arten der Fische	106
Tab. 17:	Ergebnisse je Kriterium für die einzelnen Arten der See- und Küstenvögel	109
Tab. 18:	Bewertungsergebnisse basierend auf der aktuellen Bewertung nach Art. 17 FFH-Richtlinie von 2019	111
Tab. 19:	Übersicht über die Bewertungsergebnisse je (Teil-)Kriterium für pelagische Habitate	114
Tab. 20:	Zusammenfassendes Bewertungsergebnis der benthischen Biotopklassen sowie der anderen Lebensraumtypen in der deutschen Ostsee.	116



Tab. 21: Bewertungsergebnisse für die trophischen Gilden	117
Tab. 22: Bewertungsergebnisse für kommerziell genutzte Fisch- und Schalentierbestände in der Meeresregion Deutsche Ostsee	120
Tab. 23: Überblick über die Eutrophierungs-Bewertung der deutschen Gewässer der offenen Ostsee (>1 sm)	121
Tab. 24: Überblick über die Eutrophierungs-Bewertung der deutschen Küstengewässer in der Ostsee (< 1 sm)	121
Tab. 25: Übersicht über den Gesamtzustand der deutschen Ostseegewässer bezüglich der Kriterien für den Deskriptor 8.	125
Tab. 26: Kriterium D8C1 (Schadstoffkonzentrationen) – Ergebnisse der Zustandsbewertung der ubiquitären Stoffe (entsprechend der EU-Richtlinie 2013/39/EU).	126
Tab. 27: Kriterium D8C1 (Schadstoffkonzentrationen) – Ergebnisse der Zustandsbewertung der nicht-ubiquitären Stoffe (entsprechend der EU-Richtlinie 2013/39/EU).	127
Tab. 28: MSRL-Bewertungseinheiten, die im wasserrechtlichen Fachbeitrag verwendet werden.	130
Tab. 29: Übersicht über die Wirkfaktoren und Bewertungseinheiten, die nach der Abschichtung für die jeweiligen Ökosystemkomponenten geprüft werden müssen.	131
Tab. 30: Nachgewiesene Fischarten während der Kampagnen (Herbst 2021 – Frühjahr 2023)	132
Tab. 31: Im Rahmen der landbasierten Zählungen (PBU 2022b; IFAÖ 2023; PBU 2023) und der Flugzeugerfassungen (FEMO 2023a, 2024a) nachgewiesene Vogelarten innerhalb des marinen LBP-Untersuchungsraums	140
Tab. 32: Benthische Lebensräume im Wirkungsbereich der Wirkfaktoren	158
Tab. 33: Nachgewiesene kommerzielle Fischarten während der Kampagnen (Herbst 2021 – Frühjahr 2023)	175
Tab. 34: Auswirkungen des Vorhabens auf die Maßnahmen zur Erreichung der Umweltziele in der Ostsee	194

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Verschiedene Bewertungseinheiten der deutschen Ostseegewässer	18
Abb. 2: Bereiche der fünf HELCOM-Becken, die in der Meeresregion Deutsche Ostsee liegen (blau mit grauem Rand)	19
Abb. 3: Grundzug und Lage der Planung Fehmarnsundquerung, ohne Maßstab	21
Abb. 4: Festlandseitiges Entwässerungskonzept, ohne Maßstab	26
Abb. 5: Gewässerquerung Gewässer Nr. 5	27
Abb. 6: Inselseitiges Entwässerungskonzept	27
Abb. 7: Gewässerquerung Gewässer Nr. 7	28
Abb. 8: Konzeption des Trockendocks	31
Abb. 9: Vorgesehene Einleitstellen, Bodenlagerflächen und Bauwerke im Bauzustand auf dem	



Festland	35
Abb. 10: Vorgesehene Einleitstellen, Bodenlagerflächen und Bauwerke im Bauzustand auf Fehmarn	35
Abb. 11: Lage der Riffkompensationsfläche	44
Abb. 12: Darstellung der Flächeninanspruchnahme im marinen Bereich nach der technisch notwendigen Wiederverfüllung	47
Abb. 13: Bereiche mit relevanten Ablagerungshöhen resultierend aus der Verbringung	49
Abb. 14: Änderungen der mittleren signifikanten Wellenhöhe im Bauzustand im Vergleich zum Ist-Zustand	51
Abb. 15: Änderungen der maximalen signifikanten Wellenhöhe im Bauzustand im Vergleich zum Ist-Zustand	52
Abb. 16: Sohlhöhen nach Abschluss der Verbringungsarbeiten im Bereich der Verbringungsfläche	53
Abb. 17: Berechnete Änderungen der mittleren Strömungsgeschwindigkeit an der Gewässersohle im Bauzustand im Vergleich zum Ist-Zustand	56
Abb. 18: Berechnete Änderungen der mittleren Strömungsgeschwindigkeit tiefengemittelt in der Wassersäule im Bauzustand im Vergleich zum Ist-Zustand	57
Abb. 19: Änderungen der mittleren tiefengemittelten Strömungsgeschwindigkeit nach Abschluss der Nassbaggergutverbringung östlich von Fehmarn im Vergleich zum Ist-Zustand	58
Abb. 20: Projektbedingte Schwebstoffkonzentrationen infolge der Nassbaggerungen im Fehmarnsund	60
Abb. 21: Berechnete maximale projektbedingte Ablagerung am Ende der Nassbaggerung in Fehmarnsund	62
Abb. 22: Maximale Überschreitungsdauer einer projektbedingten Schwebstoffkonzentration von 10 mg/l an der Sohle über den gesamten Verbringungszeitraum	63
Abb. 23: Berechneter Sauerstoffgehalt im Graben während kritischer Randbedingungen	68
Abb. 24: Bauzeitliche Wirkradien der Schadstoffe im KWK Fehmarn Sund W	71
Abb. 25: Bauzeitliche Wirkradien der Schadstoffe im KWK Fehmarn Sund E	72
Abb. 26: Änderungen der maximalen signifikanten Wellenhöhe im Planzustand im Vergleich zum Ist-Zustand	78
Abb. 27: Berechnete Änderungen der mittleren Strömungsgeschwindigkeit an der Gewässersohle im Planzustand im Vergleich zum Ist-Zustand	80
Abb. 28: Berechnete Änderungen der mittleren Strömungsgeschwindigkeit tiefengemittelt in der Wassersäule im Planzustand im Vergleich zum Ist-Zustand	81
Abb. 29: betriebszeitliche Wirkradien der Schadstoffe im KWK Fehmarn Sund W	86
Abb. 30: Reichweiten der relevanten Wirkfaktoren im Bereich Fehmarnsund	102
Abb. 31: Reichweite der relevanten Wirkfaktoren im Bereich der Nassbaggergutverbringung.	104
Abb. 32: (A) Integrierte Bewertung der pelagischen Habitate in den Ostseegewässern.	113
Abb. 33: Lage der Nassbaggergutverbringungsfläche im Suchraum östlich von Fehmarn	138
Abb. 34: Nachweise des Spitzschwanz-Schlangenhalsrückens während der BITS	



Beprobungen im Meeresgewässer Deutsche Ostsee (oben) und im Umfeld des Suchraums für die Nassbaggergutverbringung (unten) Quelle: IFAÖ (2025a, S. 161 f.)

	139
Abb. 35: Differenzplot benthischer Biotopklassen.	155
Abb. 36: Differenzplot anderer Lebensraumtypen – Riffe.	156
Abb. 37: Differenzplot anderer Lebensraumtypen – Seegraswiesen und sonstige marine Makrophytenbestände.	157
Abb. 38: Vom Vorhaben betroffene Flächen benthischer Biotopklassen	159
Abb. 39: Vom Vorhaben betroffene Flächen anderer Lebensraumtypen.	160

Abkürzungsverzeichnis

AWZ	Ausschließliche Wirtschaftszone
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BRD	Bundesrepublik Deutschland
BSWAG	Bundesschienenwegeausbaugesetz
BVerwG	Bundesverwaltungsgericht
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf
DEGES	Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH
DIN	Gelöster anorganischer Stickstoff
DIP	Gelöster anorganischer Phosphor
EQR	Ecological Quality Ratio
FFBQ	Feste Fehmarnbeltquerung
FFH-Gebiet	Fauna-Flora-Habitat-Gebiet, Gebiet gemeinschaftlicher Bedeutung nach der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie
FFH-RL	Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie 92/43/EWG
FNU	Formazin Nephelometric Units
FSQ	Fehmarnsundquerung
HEAT	HELCOM Eutrophication Assessment Tool
HELCOM	Helsinki Commission, Die Baltic Marine Environmental Protection Commission



LBP	Landschaftspflegerischer Begleitplan
LLUR	Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein
Lp,pk	Spitzenpegel zero-to-peak
LRT	Lebensraumtyp nach der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie 92/43/EWG
MEKUN	Ministerium für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Natur des Landes Schleswig-Holstein
MSRL	Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie
POD	Porpoise Detectors (dt. Schweinswal-Detektoren)
PTS	Permanent Threhold Shift, auch Permanente Hörschwellenverschiebung
QK	Qualitätskomponente
ROV	Raumordnungsverfahren
SEL	Sound Exposure Level, auch Einzelereignispegel
SPL	Schalldruckpegel
TN	Gesamtstickstoff
TP	Gesamtphosphor
TTS	Temporary Threshold Shift, auch Temporäre Hörschwellenverschiebung
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie



1 Einleitung

Im September 2008 wurde mit einem Staatsvertrag zwischen dem Königreich Dänemark und der Bundesrepublik Deutschland (BRD) der Bau einer „Festen Fehmarnbeltquerung“ beschlossen. Während Dänemark sich zum Bau des Tunnels durch den Fehmarnbelt verpflichtet hat, ist die Bundesrepublik Deutschland verantwortlich für die Herstellung einer leistungsfähigen landseitigen Straßen- und Schienenanbindung für das Bauwerk auf deutscher Seite (Hinterlandanbindung).

Für den Ausbau der Eisenbahnstrecke Lübeck – Puttgarden wurde die DB InfraGO AG (vor dem 01.01.2024 DB Netz AG) im Jahr 2008 auf der Grundlage des Bundesschienenwegeausbaugesetzes (BSWAG) vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV, vormals BMVI) beauftragt. Die vorhandene Eisenbahnstrecke Lübeck – Puttgarden (DB-Strecken-Nr. 1100) soll auf ca. 88 km zweigleisig ausgebaut, elektrifiziert und streckenweise auf eine maximale Geschwindigkeit von 200 km/h ertüchtigt werden. Als Ergebnis eines vom Land Schleswig-Holstein durchgeführten Raumordnungsverfahrens (ROV) werden durch Umfahrungen davon 55 km als Neubaustrecke realisiert.

Gemäß Bundesverkehrswegeplan 2030 und dem Gesetz zur Änderung des Fernstraßenausbaugesetzes vom 23.12.2016 wird die B 207 mit einem vierstreifigen Querschnitt zwischen Heiligenhafen-Ost und Puttgarden ausgebaut. Der Planfeststellungsbeschluss für den Ausbau der B 207 wurde 2015 erlassen. Dieser ist seit dem 25.08.2021 bestandskräftig. Die DEGES Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH (nachfolgend kurz DEGES) wurde im Jahr 2019 vom Land Schleswig-Holstein beauftragt, den Ausbau der B 207 zu realisieren.

Im Zuge der Anbindung des Fehmarnbelt-Tunnels an das deutsche Schienen- und Straßennetz ist ein leistungsfähiger Ersatz bzw. eine Erweiterung für die bestehende Fehmarnsundquerung zwischen der Insel Fehmarn und dem ostholsteinischen Festland notwendig. Im Jahr 2010 durchgeführte Belastungstests haben gezeigt, dass die Fehmarnsundbrücke von 1963 den künftigen Belastungen des Verkehrs von Straße und Schiene nicht mehr gewachsen ist.

Deshalb wurden nachgelagert zum Projektauftrag von 2008 ab dem Jahr 2014 in einem aufwändigen Verfahren zahlreiche Varianten (Bohr- und Absenktunnel sowie kombinierte und getrennte Brücken) für eine leistungsfähigere Sundquerung untersucht. Der auf Ebene der Vorplanung durchgeführte Variantenvergleich hat als Vorzugsvariante einen „Kombinierten Absenktunnel“ für den zukünftigen Straßen- und Eisenbahnverkehr ergeben.

Die Tunnellösung mit Erhalt der Fehmarnsundbrücke trägt den verkehrlichen Erfordernissen im Hinblick auf Leichtigkeit und Sicherheit Rechnung und entspricht zudem der im Rahmen der Öffentlichkeitsbeteiligung vom „Dialogforum Feste Fehmarnbeltquerung“ erarbeiteten Konsensvariante.

Der kombinierte Absenktunnel für Schiene und Straße wird gemeinsam von den Vorhabenträgerinnen DB InfraGO AG und Bundesrepublik Deutschland, letztgenannte vertreten durch das Land Schleswig-Holstein, vertreten durch die DEGES, geplant und realisiert. Die Ertüchtigung der Fehmarnsundbrücke für die langsamen Verkehre wird durch die DEGES im Auftrag des Landes Schleswig-Holstein als eigenständiges Projekt realisiert.



Gegenstand des vorliegenden Fachbeitrags Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) ist die Prüfung, ob das beantragte Vorhaben mit den Zielen der MSRL, die in den §§ 45 a-f WHG implementiert wurden, vereinbar ist.

2 Rechtliche Grundlagen

Die Europäische Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL 2008/56/EG, zuletzt geändert durch die Richtlinie 2017/845/EU der Europäischen Kommission vom 17.05.2017), fordert die Mitgliedstaaten auf, die notwendigen Maßnahmen zu ergreifen, um spätestens bis zum Jahr 2020 einen guten Zustand der Meeresumwelt zu erreichen oder zu erhalten und vorrangig anzustreben, seinen Schutz und seine Erhaltung auf Dauer zu gewährleisten und eine künftige Verschlechterung zu vermeiden.

Die Vorgaben der MSRL wurden in den §§ 45a ff. WHG umgesetzt. Die deutschen Meeresgewässer umfassen die Küstengewässer¹, die deutsche AWZ und den Festlandsockel (§ 3 Nr. 2a WHG). Nordsee und Ostsee sind nach § 45a Abs. 3 WHG gesondert zu bewirtschaften.

Gemäß § 45a Abs. 1 WHG sind Meeresgewässer so zu bewirtschaften, dass:

- eine Verschlechterung des Zustands der Meeresgewässer vermieden wird (§ 45a Abs. 1 Nr. 1 WHG)
- und ein guter Zustand erhalten oder spätestens bis zum 31.12.2020 erreicht wird (§ 45a Abs. 1 Nr. 2 WHG).

Damit diese Bewirtschaftungsziele erreicht werden, sind gemäß § 45a Abs. 2 WHG insbesondere

- Meeresökosysteme zu schützen und zu erhalten und in Gebieten, in denen sie geschädigt wurden, wiederherzustellen,
- vom Menschen verursachte Einträge von Stoffen und Energie, einschließlich Lärm, in die Meeresgewässer schrittweise zu vermeiden und zu vermindern mit dem Ziel, signifikante nachteilige Auswirkungen auf die Meeresökosysteme, die biologische Vielfalt, die menschliche Gesundheit und die zulässige Nutzung des Meeres auszuschließen und
- bestehende und künftige Möglichkeiten der nachhaltigen Meeresnutzung zu erhalten oder zu schaffen.

Rechtlich ungeklärt ist, ob die MSRL und die zu ihrer Umsetzung erlassenen §§ 45a ff. WHG für die Prüfung der wasserrechtlichen Vereinbarkeit konkreter Vorhaben in der Nord- oder Ostsee verbindlich sind. Es spricht viel dafür, dass § 45a WHG bloße Zielvorgaben enthält, die sich ausschließlich an die Behörden richten (vgl. BT-Drs. 17/6055, S. 14) und die neben anderen Belangen bei der fachplanungsrechtlichen Abwägung zu berücksichtigen sind und überwunden werden können. Da jedoch bisher keine Rechtsprechung zu der Frage vorliegt, ob die MSRL-Vorgaben bei der Zulassung eines Vorhabens verbindlich sind, wird die Vereinbarkeit des Vorhabens mit den Vorgaben der MSRL nachfolgend vorsorglich geprüft. Auch im „Verfahrensvorschlag für die Prüfung der Vereinbarkeit von Vorhaben mit den Zielen nach §§ 45 a-f WHG (Meeresstrategie-

¹ In § 3 WHG sind Küstengewässer definiert als das Meer zwischen der Küstenlinie bei mittlerem Hochwasser oder zwischen der seewärtigen Begrenzung der oberirdischen Gewässer und der seewärtigen Begrenzung des Küstenmeeres. Hiervon zu unterscheiden ist die MSRL-Bewertungseinheit „Küstengewässer“, die die Küstengewässer-Wasserkörper gemäß WRRL (< 1 sm) umfasst (vgl. Tab. 28).



Rahmenrichtlinie, MSRL)“ des MELUND (2022) wird empfohlen, vorsorglich von einer verbindlichen Wirkung des Verschlechterungsverbots der MSRL auszugehen.

Grundlage der Prüfung ist der Bericht zum „Zustand der deutschen Ostseegewässer 2024“ (BMUV 2024). Dieser fasst für die deutschen Ostseegewässer die Ergebnisse der zweiten Überprüfung und, soweit erforderlich, Aktualisierung der Bewertung des Zustands, der Beschreibung des guten Umweltzustands und der Festlegung von Umweltzielen gemäß § 45j i. V. m. §§ 45c, 45d und 45e WHG zusammen.

3 Methodik und Datengrundlagen

3.1 Verschlechterungsverbot

Für die Bewertung, ob das Vorhaben zu einer Verschlechterung des Zustands der Meeresumwelt führt, wird soweit wie möglich derjenige Maßstab sinngemäß angewendet, den der EuGH in seinen Urteilen vom 01.07.2015 (Az. C-461/13) und vom 28.5.2020 (Az. C-535/18) in Bezug auf die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) definiert hat. Die Vorhabenwirkungen auf den derzeitigen Umweltzustand werden anhand der wesentlichen Merkmale und Eigenschaften sowie der wichtigsten Belastungen des Meeresgewässers Deutsche Ostsee bewertet, wie sie in Anhang III der MSRL definiert werden (§ 45c WHG).

Die Tabelle 1 des Anhangs III MSRL unterteilt die wesentlichen Eigenschaften und Merkmale der Meeresgewässer im Sinne von § 45c Abs. 1 S. 2 Nr. 1 WHG in drei Komponenten (Arten, Biotoptypen sowie Ökosysteme einschließlich Nahrungsnetze). Diese Komponenten werden durch Ökosystembestandteile weiter konkretisiert. Diese Ökosystembestandteile entsprechen gewissermaßen den Qualitätskomponenten im Sinne der o.g. Maßstäbe zum Verschlechterungsverbot der WRRL. Die Tabelle 2 des Anhangs III MSRL unterteilt die wichtigsten Belastungen der Meeresgewässer im Sinne von § 45c Abs. 1 S. 2 Nr. 2 WHG in anthropogen verursachte Belastungen und Nutzungen der Meeresumwelt (Tabelle 2a) und menschliche Aktivitäten in der Meeresumwelt oder mit Auswirkungen auf diese (Tabelle 2b). Auch die Belastungen im Sinne der Tabelle 2a) des Anhangs III MSRL entsprechen den Qualitätskomponenten im Sinne der o.g. Maßstäbe zum Verschlechterungsverbot der WRRL (MELUND 2022, S. 5 f.).²

Davon ausgehend ergeben sich für die Prüfung, ob ein Vorhaben mit dem MSRL-Verschlechterungsverbot nach § 45a Abs. 1 Nr. 1 WHG vereinbar ist, die folgenden Anforderungen:

- Eine Verschlechterung der wesentlichen Merkmale und Eigenschaften ist dann anzunehmen, wenn das Vorhaben den Zustand eines Ökosystembestandteils im Sinne von Anhang III, Tabelle 1 der MSRL mit hinreichender Wahrscheinlichkeit so nachteilig verändert, dass sich der Zustand von gut in nicht gut verändert.
Beindet sich der Ökosystembestandteil bereits in einem nicht guten Zustand, stellt in Anlehnung an die Rechtsprechung zur WRRL jede weitere (messbare und außerhalb der natürlichen Schwankungsbreite liegende) Verschlechterung eine unzulässige „Verschlechterung des Zustands“ dar, soweit sie hinreichend wahrscheinlich ist.
- Eine Verschlechterung ist weiterhin anzunehmen, wenn das Vorhaben mit hinreichender Wahrscheinlichkeit dazu führt, dass sich eine Belastung im Sinne des Anhangs III, Tabelle 2 der

² Eine Übersicht der relevanten Ökosystembestandteile und Belastungen bzw. Ökosystemkomponenten ist in Tab. 1 in Kapitel 3.3 enthalten. Sie unterscheiden sich thematisch/inhaltlich von den Qualitätskomponenten der WRRL.



MSRL erhöht oder erstmals hervorgerufen wird mit der Folge, dass eine derzeit gute Belastungssituation vorhabenbedingt mit nicht gut zu bewerten ist.

Wird die derzeitige Belastungssituation bereits mit nicht gut bewertet, stellt jede weitere (messbare und außerhalb der natürlichen Schwankungsbreite liegende) Erhöhung der Belastung eine Verschlechterung dar.

Als Bewertungsparameter zur Prognose, ob eine Verschlechterung des Zustands eintreten kann, werden die Kriterien des Beschlusses (EU) 2017/848 herangezogen (MELUND 2022, S. 6).

Gemäß § 45a Abs. 2 Nr. 2 WHG sind die vom Menschen verursachten Einträge von Stoffen und Energie, einschließlich Lärm, in die Meeresgewässer schrittweise zu vermeiden und zu vermindern mit dem Ziel, signifikante nachteilige Auswirkungen auf die Meeresökosysteme, die biologische Vielfalt, die menschliche Gesundheit und die zulässige Nutzung des Meeres auszuschließen. Diese Norm benennt beispielhaft grundlegende Maßnahmen, die zur Erreichung der Bewirtschaftungsziele erforderlich sind. Die Vorgaben werden bei der Prüfung der Bewirtschaftungsziele nach § 45a Abs. 1 mitberücksichtigt.

3.2 Zielerreichungsgebot (Verbesserungsgebot)

Nach § 45a Abs. 1 WHG ist ein guter Umweltzustand in den Meeresgewässern fristgerecht (2020) zu erreichen. Der gute Zustand der Meeresgewässer ist das maßgebliche Bewirtschaftungsziel für das Zielerreichungsgebot. Für die Erreichung des guten Umweltzustands sieht § 45e S. 1 WHG vor, dass Zwischen- und Einzelziele festzulegen sind. Schließlich ist nach § 45h Abs. 1 WHG ein Maßnahmenprogramm aufzustellen, das die erforderlichen Maßnahmen für die Erreichung eines guten Umweltzustands enthält (MELUND 2022, S. 8 f.).

In Anlehnung an die Rechtsprechung des Bundesverwaltungsgerichts (BVerwG) zur Elbvertiefung (BVerwG, Urte. v. 09.02.2017 – 7 A 2.15), in der die Anforderungen bezüglich des Verbesserungsgebotes der WRRL konkretisiert wurden, ist davon auszugehen, dass auch das Verbesserungsgebot der MSRL durch die wasserwirtschaftliche Planung bestimmt wird. Das Maßnahmenprogramm gemäß § 45h Abs. 1 WHG stellt insoweit das zentrale Instrument der Planung dar, um den guten Zustand der Meeresgewässer nach § 45a Abs. 1 WHG zu erreichen.

Entsprechend den Empfehlungen des MELUND (2022) kann sich die Prüfung des Zielerreichungsgebots nach MSRL darauf beziehen, ob ein Vorhaben die Maßnahmen des MSRL-Maßnahmenprogramms (BMUV 2022) mit hinreichender Wahrscheinlichkeit wesentlich behindert oder unwirksam macht und dadurch zu einer Vereitelung der Bewirtschaftungsziele (Erreichung der Umweltziele nach § 45c WHG) führen kann (= allgemeiner ordnungsrechtlicher Wahrscheinlichkeitsmaßstab).

Die für die Prüfung relevanten Maßnahmen aus dem aktuellen MSRL-Maßnahmenprogramm 2022-2027 sind im Prüfschema des Verfahrensvorschlags des MELUND (2022) zusammengefasst (darin sind auch die Maßnahmen des Programms 2016-2021 enthalten, die fortgeführt werden).

3.3 Räumliche Bewertungseinheiten

Gemäß § 45a Abs. 3 WHG ist der Betrachtungsraum für die Darstellung und wasserrechtliche Bewertung der Auswirkungen des Vorhabens das gesamte Meeresgewässer Deutsche Ostsee. Allerdings definiert und verwendet der MSRL-Zustandsbericht (BMUV 2024) kleinere räumliche



Bewertungseinheiten innerhalb des Meeresgewässers Deutsche Ostsee, auf Grundlage der Vorgaben des EU-Kommissionsbeschlusses 2017/848/EU.

Im vorliegenden Fachbeitrag werden entsprechend dem Verfahrensvorschlag des MELUND (2022) die zu betrachtenden Ökosystembestandteile und Belastungen bzw. Zustands- und Belastungsaspekte unter dem Begriff „Ökosystemkomponente“ zusammengefasst.

Der Zustand der Ökosystemkomponenten gemäß MSRL wird im MSRL-Zustandsbericht (BMUV 2024) für die verschiedenen Belastungs- und Zustandsaspekte in den für sie jeweils relevanten räumlichen Bewertungseinheiten bewertet. Diese berücksichtigen ihrerseits bestehende räumliche Bewertungseinheiten nach anderen EU-Richtlinien und regionalen Übereinkommen (vgl. Abb. 1). Anders als die WRRL, die für alle Qualitätskomponenten stets den Wasserkörper als Bewertungsraum verwendet, bestehen bei der Prüfung im Rahmen der MSRL somit unterschiedliche Bewertungsräume für die verschiedenen Ökosystemkomponenten. In Tab. 1 sind die verschiedenen Bewertungseinheiten gelistet, die zur Beschreibung des Umweltzustands der Nord- und Ostsee herangezogen werden.

Tab. 1: Bewertungseinheiten für die Ökosystemkomponenten nach MSRL
(MELUND 2022, S. 8)

Ökosystemkomponente	Bewertungseinheit
See- und Küstenvögel (Deskriptor 1)	Meeresgewässer Deutsche Ostsee/Nordsee
Marine Säugetiere (Deskriptor 1)	Meeresgewässer Deutsche Ostsee/Nordsee
Fische (Deskriptor 1)	Meeresgewässer Deutsche Ostsee/Nordsee
Cephalopoden (Deskriptor 1)	Meeresgewässer Deutsche Nordsee (Ostsee nicht bewertet)
Pelagische Lebensräume (Deskriptor 1)	Bewertungsgebiete der deutschen Nordsee, HELCOM-Becken, WRRL-Wasserkörper
Benthische Lebensräume (Deskriptor 1)	WRRL-Wasserkörper, HELCOM-Becken, OSPAR-Gebiete, ges. Meeresgewässer (je nach Kriterium)
Ökosysteme, einschließlich Nahrungsnetze (Deskriptor 1,4)	Meeresgewässer Deutsche Ostsee/Nordsee
Nicht-einheimische Arten (Deskriptor 2)	Meeresgewässer Deutsche Ostsee/Nordsee
Kommerziell genutzte Fisch- und Schalentierbestände (Deskriptor 3)	Aggregation von ICES-Gebieten bezogen auf das gesamte Meeresgewässer
Eutrophierung (Deskriptor 5)	WRRL-Wasserkörper, Bewertungsgebiete der deutschen Nordsee, HELCOM-Becken
Änderung der hydrografischen Bedingungen (Deskriptor 7)	Küstengewässer (< 1 sm), Offshore >1sm)
Schadstoffe in der Umwelt (Deskriptor 8)	Küstengewässer (< 1 sm), Territorialgewässer <12 sm), AWZ, WRRL-Wasserkörper,
Schadstoffe in Lebensmitteln (Deskriptor 9)	Untergebiet oder Division eines FAO-Fischereigebiets
Abfälle im Meer (Deskriptor 10)	Meeresgewässer Deutsche Ostsee/Nordsee
Einleitung von Energie (Deskriptor 11)	Meeresgewässer Deutsche Ostsee/Nordsee



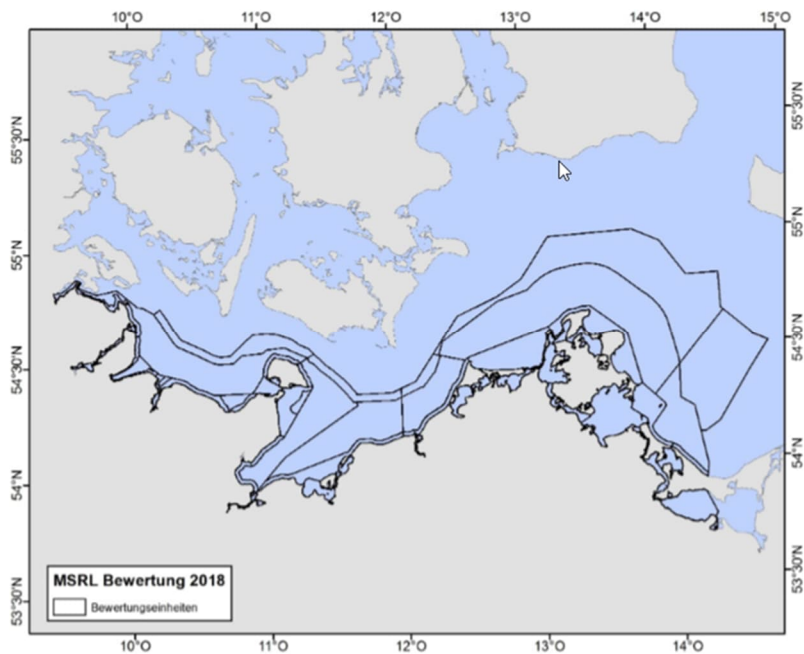


Abb. 1: Verschiedene Bewertungseinheiten der deutschen Ostseegewässer
(MELUND 2022, S. 8)

Die Bewertung des Umweltzustands der deutschen Ostseegewässer erfolgt entsprechend in den relevanten räumlichen Bewertungseinheiten:

- gesamte Meeresregion Deutsche Ostsee
- HELCOM-Becken, ggf. unterteilt in Küstengewässer, Territorialgewässer und AWZ (teils auch in Form zusammengefasster Beckenteile)
- Küstengewässer-Wasserkörper nach WRRL

Die von Deutschland zu bewirtschaftende Meeresregion der Ostsee gehören zu den folgenden HELCOM-Becken:

- Großer Belt
- Kieler Bucht
- Mecklenburger Bucht
- Arkona-Becken
- Bornholm-Becken

Diese HELCOM-Becken werden im MSRL-Zustandsbericht (BMUV 2024) für manche Bewertungen in ihrer gesamten Ausdehnung innerhalb der Meeresregion Deutsche Ostsee verwendet. Für andere Bewertungen sind die Bereiche der Territorialgewässer (WRRL-Wasserkörper plus Küstenmeer), der AWZ (Ausschließliche Wirtschaftszone) und/oder der WRRL-Wasserkörper von der Bewertungseinheit ausgenommen und werden separat betrachtet. Diese Bereiche der HELCOM-Becken werden im vorliegenden Fachbeitrag mit einem Zusatz versehen (hier am Beispiel der Kieler Bucht dargestellt):

- Küstenmeer Kieler Bucht (= deutscher Anteil des HELCOM-Beckens Kieler Bucht ohne die Küstengewässer der 1-sm-Zone und ohne die AWZ)
- AWZ Kieler Bucht (= deutscher Anteil des HELCOM-Beckens Kieler Bucht ohne die Küstengewässer der 1-sm-Zone und ohne das Küstenmeer)



- Kieler Bucht offshore (= deutscher Anteil des HELCOM-Beckens Kieler Bucht ohne die Küstengewässer der 1-sm-Zone)

Davon räumlich abweichend abgegrenzte Bewertungseinheiten sind, sofern sie im MSRL-Zustandsbericht (BMUV 2024) verwendet werden, in den jeweiligen Abschnitten der einzelnen Belastungs- und Zustandsaspekte dargestellt.

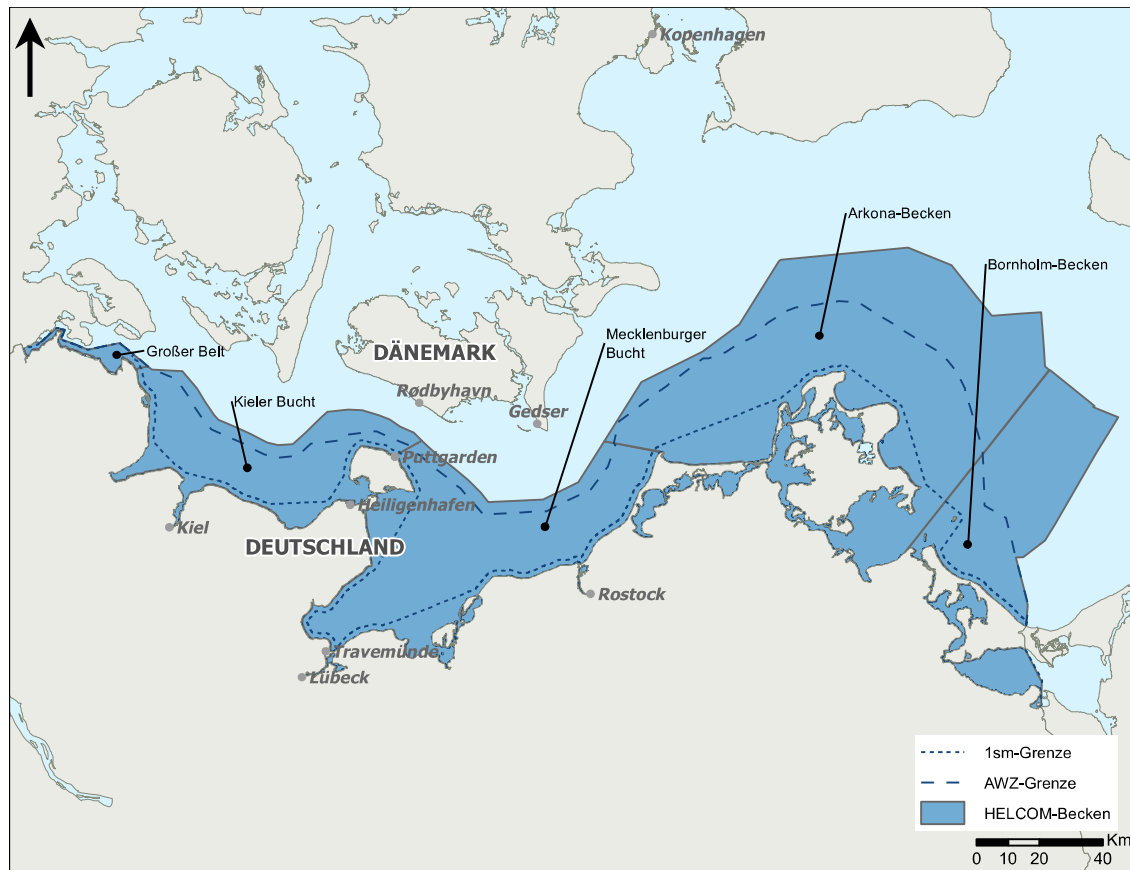


Abb. 2: Bereiche der fünf HELCOM-Becken, die in der Meeresregion Deutsche Ostsee liegen (blau mit grauem Rand)

Für einzelne Bewertungen sind die dargestellten Bereiche der AWZ und/oder der 1-sm-Zone von der Bewertungseinheit ausgenommen und werden separat betrachtet.

Entsprechend der Empfehlungen des MELUND (2022) werden die Auswirkungen des Vorhabens in den betroffenen und jeweils maßgeblichen Bewertungseinheiten geprüft. Für die Berücksichtigung einer Verschlechterung auf der Ebene einer Bewertungseinheit wird von einem sog. One-out-all-out-Ansatz ausgegangen: Führt das Vorhaben danach zu einer Verschlechterung innerhalb einer relevanten Bewertungseinheit, wird eine Verschlechterung innerhalb des Meeresgewässers Deutsche Ostsee angenommen.

3.4 Zustandsbewertung

Überträgt man das Vorgehen der Prüfung hinsichtlich des Verschlechterungsverbotes gemäß WRRL (§§ 27 und 44 WHG) auf die MSRL (§§ 45 a-f WHG), ist der maßgebliche Ausgangszustand der Zustand, der in den jeweils aktuellen Berichten zu Art. 8, 9, 10 MSRL für die Meeresgewässer dokumentiert ist. Ebenso ist die Verpflichtung des Vorhabenträgers übertragbar, aktuelle Daten zu verwenden, wenn diese vorliegen (MELUND 2022, S. 11).



Der Zustand der Ökosystemkomponenten gemäß MSRL wird für die verschiedenen Belastungs- und Zustandsaspekte in den für sie jeweils relevanten räumlichen Bewertungseinheiten (s. Kap. 3.3) bewertet. Die Beschreibung und Bewertung erfolgt für alle vom Vorhaben betroffenen Ökosystemkomponenten. Für Ökosystemkomponenten, für die nach der Abschichtung in Kap. 6 eine Betroffenheit ausgeschlossen werden kann, wird auf eine detaillierte Zustandsbeschreibung verzichtet.

Die Zustandsbeschreibung und -bewertung erfolgt auf der Grundlage des MSRL-Zustandsberichtes für die deutschen Ostseegewässer 2024 (BMUV 2024). Dieser berücksichtigt soweit wie möglich den im Mai 2017 in Kraft getretenen Beschluss (EU) 2017/848 der Kommission zu Kriterien und methodischen Standards des guten Umweltzustands. Der Beschluss (EU) 2017/848 der Kommission gibt konkrete Anforderungen u. a. an die Festlegung von Bewertungselementen und Bewertungskriterien (einschließlich von Schwellenwerten). Ggf. werden detailliertere Daten aus dem Bereich des Vorhabens im Zusammenhang mit der Auswirkungsprognose (Kap. 8.2) ergänzend dargestellt.

3.5 Verwendete Datengrundlagen

Für die Erstellung der Unterlage wurden folgende Datengrundlagen verwendet:

- MSRL-Zustandsbericht für die deutschen Ostseegewässer 2024 (BMUV 2024)
- MSRL-Maßnahmenprogramm (BMUV 2022)

Außerdem werden folgende Untersuchungen zur Erfassung der Flora und Fauna sowie projektbezogenen Untersuchungen und Modellierungen herangezogen:

- 2020/2021 erfolgte im terrestrischen und marinen Bereich eine Kartierung der Rastvögel in einem Untersuchungsraum, der sich ca. 1.000 m beiderseits der bestehenden und der geplanten Fehmarnsundquerung erstreckte (PBU 2022b) (Unterlage 46.03).
- Im marinen Bereich erfolgten 2021-2023 Untersuchungen des Makrozoobenthos und der Makrophyten einschließlich der Bestimmung der benthischen Biotoptypen und der FFH-LRT, der marinen Fischfauna und der marinen Säugetiere durch IFAÖ (2024) (Unterlage 47.01) in einem Untersuchungsraum, der sich ca. 5 km beiderseits der geplanten Tunneltrasse erstreckte.
- Im marinen Bereich erfolgten 2022-2023 zusätzliche Kartierungen der Trauerente (IFAÖ 2023) (Unterlage 46.05) in einem Untersuchungsraum von 3 km beidseits der geplanten Tunneltrasse.
- Der Bereich der Nassbaggergutverbringungsfläche wurde 2022-2023 durch IFAÖ (2025a) untersucht. Dabei wurden Erfassungen des Benthos sowie der Fische und Rundmäuler durchgeführt.
- Unterwasserschallprognosen zum Dauerschall (ITAP GMBH 2025b) (Unterlage 21.10) und Impulsschall (ITAP GMBH 2025a) (Unterlage 21.11).
- Hintergrundschallmessung Unterwasserschall Sommer 2022 / Winter 2023 (ITAP GMBH 2023).
- Hydronumerisches Modell zur Sedimentation/Trübung für den Fehmarnsund (DMT 2025b) (Unterlage 51.02) und für den Bereich der Nassbaggergutverbringungsfläche (DMT 2025a) (Unterlage 51.04).
- Physikalische Gewässergütemessungen – Trübungen (IMP INGENIEURE GMBH & Co. KG 2024) (im Anhang der Unterlage 51.02).



Darüber hinaus wird entsprechend der Vorgaben des Leitfadens des MELUND (2022) Bezug auf folgende andere umweltfachliche Gutachten genommen, um doppelte Prüfungen zu vermeiden:

- Fachbeitrag WRRL (Unterlage 20.01.001)
- Artenschutzrechtlicher Fachbeitrag (Unterlage 19.02)
- Landschaftspflegerischer Begleitplan (Unterlage 17.01.001)
- FFH-Verträglichkeitsprüfung „Meeresgebiet der östlichen Kieler Bucht“ (Unterlagen 18.04.001 und 18.04.002).

4 Vorhabensbeschreibung

Die folgende Abb. 1 zeigt den Grundzug und die Lage der Planung, auf die sich die folgenden Ausführungen beziehen. Grundlage der zusammenfassenden Darstellung ist der technische Erläuterungsbericht, auf den an dieser Stelle verwiesen wird (vgl. Dokument 01.01.001). Bei der Beschreibung des Vorhabens wird der Schwerpunkt auf die geplanten Maßnahmen im marinen Bereich gesetzt, da diese die Größte Relevanz für den vorliegenden Fachbeitrag MSRL haben.



Abb. 3: Grundzug und Lage der Planung Fehmarnsundquerung, ohne Maßstab
(Quelle: Fehmarnsundquerung - Hinterlandanbindung der Festen Fehmarnbeltquerung, zuletzt abgerufen am 13.11.2024)



4.1 Standort, Art und Größe des Vorhabens

Das Vorhaben betrifft den Fehmarnsund selbst sowie die land- und inselseitige Anbindung, die auf dem Festland bis Großenbrode und auf Fehmarn bis nördlich von Struckamp reicht. Die Gesamtlänge des Planfeststellungsabschnittes beträgt 6,58 km (Straße) bzw. 6,31 km (Bahn). Geplant ist eine Querung des Fehmarnsunds mittels eines Tunnels, der als Absenktunnel in offener Bauweise konzipiert ist. Die Straße wird zweibahnig, vierstreifig (zwei Tunnelröhren), die Schiene zweigleisig (ebenfalls zwei Tunnelröhren) geführt.

Der langsam fahrende Verkehr (LaV) sowie Fußgänger und Radfahrer werden nach Fertigstellung des neuen Fehmarnsundtunnels über die bestehende Fehmarnsundbrücke geführt. Die Ertüchtigung der Fehmarnsundbrücke für den langsamen Verkehr wird in einem separaten Projekt bearbeitet und ist nicht Teil dieser Unterlage.

Der Planfeststellungsabschnitt FSQ überlagert in Teilbereichen die bereits planfestgestellten Abschnitte der B 207 und PFA 6 (Insel) der Hinterlandanbindung zur Festen Fehmarnbeltquerung (FFBQ), sowie den im PF-Verfahren befindlichen Planfeststellungsabschnitt PFA 5.2 (Festland), sodass eine Angleichung der Planungen gewährleistet ist.

In der folgenden Beschreibung des Vorhabens ist zu beachten, dass Straße und Schiene eine unterschiedliche Kilometrierung aufweisen. Der Bau des Schienennetzes, beginnt mit Bahn-km 170,422 und endet im Bahn-km 176,733; die Straßenplanung beginnt bei Bau-km 0-237,943 und endet bei Bau-km 6+342,852.

4.2 Art, Ausgestaltung, Größe und weitere wesentliche Merkmale des Vorhabens

4.2.1 Neu zu errichtende und zu ändernde Anlagen oder Bauwerke

4.2.1.1 Schiene

Der Planfeststellungsabschnitt PFA FSQ ist Teil der geplanten neuen Hinterlandanbindung zur FFBQ. Der Planungsumfang umfasst den Neubau der Strecke 1100 auf einer Länge von ca. 6,31 km.

Die neue FSQ ist zweigleisig und elektrifiziert geplant. Um sicherzustellen, dass das neue Querungsbauwerk zur Vermeidung des Entstehens eines Engpasses mindestens den Streckenparametern der geplanten Festen Fehmarnbeltquerung und der übrigen Hinterlandanbindung auf deutscher Seite genügt, muss das Querungsbauwerk bezogen auf den Schienenverkehr zusammengefasst folgende Anforderungen erfüllen:

- Streckenstandard M160/M230
- Streckenklasse D4
- Entwurfsgeschwindigkeit 200 km/h
- Mischverkehr
- Zweigleisige Strecke
- Elektrifizierung
- Interoperables Lichtraumprofil EBO/TSI, Berücksichtigung der Durchführbarkeit des
- KV-Profiles
- Konzeption für das Verkehren von 835 m langen Güterzügen.
- Gleisabstand freie Strecke: $\geq 4,00$ m bis 11,20 m



- Gleisabstand im Tunnelbauwerk: konstant 11,20 m
- max. Überhöhung: 160 mm
- Mindestradius: 1.630 m
- Maximaler Überhöhungsfehlbetrag: 145 mm
- Mindestelementlänge: 80 m
- Max. Längsneigung: 12,5 ‰
- Regelausrundung: 16.000 m

Die Streckengestaltung im PFA FSQ (Fehmarnsundquerung) wird im Wesentlichen durch die Lage und Bauart des neuen Querungsbauwerks (Absenktunnel) sowie dessen Einbindepunkte in die anschließenden Streckenabschnitte bestimmt.

Mit Inbetriebnahme der neuen FSQ ist der durchgängige, zweigleisige, elektrische Zugverkehr nach einheitlichem Streckenstandard bis an die neue Feste Fehmarnbeltquerung (FFBQ) realisiert und damit das Projektziel der Hinterlandanbindung zur FFBQ erfüllt.

4.2.1.2 Straße

Die Gesamtlänge der Straßenbaumaßnahme (B 207) beträgt ca. 6,58 km. Zusätzlich werden zwischen Großenbrode und Avendorf regionale (langsam fahrende Verkehre, LaV) von überregionalen Verkehren getrennt geführt. Als Querschnitt für die B 207 ist der zweibahnig vierstreifige Regelquerschnitt (RQ) 28 nach „Richtlinie für die Anlage von Autobahnen“ (RAA) (FGSV 2008) vorgesehen. Die Breite der befestigten Fläche beträgt im RQ 28 $2 \times 10,5$ Meter zzgl. Straßennebenflächen. Für den LaV wird der Querschnitt nach den Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL) (FGSV 2012) gewählt.

Der vierstreifige Ausbau der B 207 ist gemäß „Richtlinie für die Anlage von Autobahnen“ (RAA) (FGSV 2008) als autobahnähnliche Straße der Straßenkategorie AS 0 (Entwurfsklasse EKA 2) mit einer Entwurfsgeschwindigkeit von 100 km / h vorgesehen. Bei Puttgarden schließt die planfestgestellte Feste Fehmarnbeltquerung (FFBQ) von Fehmarn nach Dänemark an, die als Autobahn 1 gewidmet wird. Im Bereich der FSQ wird die B 207 vierstreifig und anbaufrei neugebaut. Sie wird als Kraftfahrstraße gewidmet. Die Anbindung der ausgebauten bzw. neugebauten B 207 an das nachgeordnete Straßennetz erfolgt über die Anschlussstellen Großenbrode, Avendorf, Burg und Puttgarden.

In Trog und Tunnelbereich wird die grundsätzliche Anordnung und die Fahrspurbreite der freien Strecke von jeweils 3,50 m beibehalten. Die Seitenstreifenbreite beträgt hier wird 2,00 m. Mit den seitlich liegenden Notgehwegen von je 1,00 m ergibt sich je Tunnelröhre für eine Fahrtrichtung eine Breite von 12,00 m.

4.2.1.3 Anschlussstellen und Langsam fahrender Verkehr (LaV)

Der langsam fahrende Verkehr wird vom Ortsausgang Großenbrode parallel an der künftigen Bahnstrecke geführt und über einen neu geplanten Kreisverkehrsplatz an die Überführung der K 42 angeschlossen (AS Großenbrode neu). Der LaV verläuft dann weiter in Richtung Norden auf der Bestandstrasse der B 207 und wird auf die vorhandene Fehmarnsundbrücke geführt. Inselfseitig überführt der LaV die umverlegte Straße Strukkamp bei Bau-km 0+194,157 mit dem Bauwerk 6.3.4. Für die Verknüpfung der künftigen Straße des langsam fahrenden Verkehrs und der Ortsverbindung zwischen Strukkamp und Fehmarnsund-Südstrand ist eine teilplangleiche Lösung – ein Kreisverkehrsplatz mit Verbindungsrampe vorgesehen. Im weiteren Verlauf wird das Wasserwerk



von dem langsam fahrenden Verkehr (LaV) auf der Ostseite umfahren. Dort wird eine dreiarmlige plangleiche Einmündung ohne Lichtsignalanlage mit Linksabbiegespur vorgesehen, womit auch die Anbindung nach Avendorf angeschlossen wird. Das Wasserwerk erhält eine Zufahrt. Am Bauende werden der LaV, die L 217, die K 43 nach Blieschendorf und die K 43 nach Avendorf durch einen Kreisverkehrsplatz auf der Ostseite der AS Avendorf verbunden. Die verwendeten Entwurfssparameter des LaVs entsprechen den Vorgaben der RAL 2012.

4.2.1.4 Hochwasserschutz

Auf dem Festland ist die Anlage eines Hochwasserschutzdeiches auf einer Länge von ca. 1.080 m auf der Westseite zwischen der neuen AS Großenbrode und dem Tunnelportal erforderlich, mit der das Tunnelbauwerk sowie die Anschlussbauwerke während ihrer 130-jährigen Lebensdauer vor Überflutung geschützt werden sollen.

Im Gegensatz zum Festland liegt das Tunnelportal auf Fehmarn ausreichend hoch, so dass dort auf eine Hochwasserschutzanlage verzichtet werden kann.

4.2.1.5 Tunnel- und Trogbauwerke

Absenktunnel

Konstruktion

Der geplante Tunnel quert den Fehmarnsund westlich der Bestandsbrücke. Das als Absenktunnel konzipierte Bauwerk weist folgende Hauptmerkmale auf:

- überwiegend geradliniger Achsenverlauf im Bereich des Absenktunnels, z. T. horizontal leicht gekrümmter Verlauf. Einheitlicher Tunnelquerschnitt unter Berücksichtigung des Lichtraumprofils für Tunnel in Bogenlage.
- Elementanzahl: 12,
- Elementlänge: je 137,4 m (5 Elemente) bzw. 160,3 m (7 Elemente),
- Gesamtlänge: 1.809,1 m
- Tunnelbreite: 49,32 m (inkl. seitlichem Sporn), Tunnelhöhe: 9,80 m, zzgl. 1,2 m Ankerschutz, im Bereich der Ventilatornischen in den Tunnelementen 3 und 10 beträgt die Tunnelhöhe 11,21 m.

Beim Fehmarnsundtunnel wird der Straßen- und Schienenverkehr von zwei verschiedenen Organisationseinheiten (DB, LBV-SH) betrieben. Daher müssen die beiden Systeme und damit die Röhren einschl. aller erforderlicher Sicherheitseinrichtungen und technischer Ausrüstung voneinander getrennt sein.

Aufgrund unterschiedlicher definitorischer Festlegung des Tunnelanfangs und der unterschiedlichen Lauflängen der Achse der Bahn- und Straßenkilometrierung ergeben sich, abhängig von der Portalgestaltung, folgende Tunnellängen:

- Eisenbahntunnel: 2.292 m
- Straßentunnel: 2.269 m (orientiert an östlicher Gleisachse in Fahrtrichtung Puttgarden)

Die Bahnrohre sind am östlichen Rand des Tunnels angeordnet. Zwischen den Bahnrohren befindet sich eine Galerie mit einer lichten Weite von 2,25 m. Die beiden Röhren der Bundesstraße B 207 liegen am westlichen Rand bzw. mittig im Tunnel.



Die Tunnelelemente 3 und 10 des Absenktunnels besitzen für die Röhren der Bundesstraße einen erhöhten Tunnelquerschnitt zur Aufnahme der Strahlventilatoren zur Unterstützung der Längslüftung.

Zur Herstellung des Absenktunnels im Fehmarnsund wird eine Absenkrinne mit Nassbaggern im Meeresgrund des Fehmarnsunds ausgehoben. Die Absenkrinne ist an der Sohle rd. 51 m breit und bis zu rd. 16 m tief in den Meeresboden eingeschnitten; die Seiten sind bis Erreichen des Meeresgrunds unter 1:3 geböscht. Die Breite des Grabens inklusive der Böschungen variiert auf der gesamten Länge zwischen 120 und 150 m.

Es ist vorgesehen, den Tunnelgraben bis zur Unterkante der Ankerschutzschicht mit sandigem Material aufzufüllen und die unterhalb der Ankerschutzschicht eingebrachte Filterschicht, die aus grobkörnigem Sand-Kiesgemisch besteht, bis zur Tunnelgrabenböschung auszuziehen. Der Tunnelgraben weist so außerhalb der Ankerschicht genügend Festigkeit auf, um hier im Rahmen der Riffkompensation glaziales Steinmaterial aufzubringen.

Material und Technik des Einbaus

Die allgemeine Verfüllung schließt den temporären Hohlraum zwischen dem Tunnelement und dem ausgebaggerten Graben und besteht aus gut abgestuftem Schotter, Sand und/oder gebrochenem Gestein.

Die Verfüllung wird in Schichten von ca. 1 m abwechselnd von einer Seite zur anderen Seite des Tunnels eingebracht, um die horizontalen Kräfte auf das Tunnelement zu minimieren.

Tunnel in offener Bauweise und Trogbauwerke

Die landseitigen Tunnelstücke werden in offenen Baugruben errichtet und in den anschließenden Rampenbereichen an Trogbauwerke bis zum Erreichen eines Fahrbahnaufbaus oberhalb des Grundwasserspiegels angeschlossen. Der Abschnitt des Tunnels in offener Bauweise erstreckt sich von Bahn-km ca. 3+000 bis 3+725. Auf der Fehmarnseite schließt an den Bahntrog ein tiefliegender Einschnittsbereich mit Stützwänden an.

Massen

Der Trockenaushub umfasst insgesamt ca. 2.875.000 m³ und der Nassaushub ca. 3.094.000 m³.

Für die anfallenden Baumaßnahmen, insbesondere die Auffüll- und Verfüllarbeiten, werden insgesamt 3.980.388 m³ Bodenmaterial und erdtechnische Sonderbaustoffe benötigt.

Trocken ausgehobenes Bodenmaterial wird bevorzugt zur Wiederverwendung zwischengelagert. Material, das aus geotechnischer Sicht für die Baumaßnahme ungeeignet ist, hierzu zählt beispielsweise der Tarraston und sämtliche bindigen Bodenschichten des Nassaushubs, (vgl. Wiederverwendungsmatrix von BBI in Unterlage 41.40.001), wird von der Baustelle exportiert. Das heißt, es wird anderen Maßnahmen zur Wiederverwendung zur Verfügung gestellt oder deponiert, (siehe für den Trockenaushub auch das Bodenverwertungs- und Entsorgungskonzept in Unterlage 38.02, bzw. der Nassaushub auf der Nassbaggergutverbringfläche abgelagert, siehe Nassbaggergutverbringungskonzept in Unterlage 42.02).



4.2.1.6 Entwässerung

Die Entwässerung von Straße und Schiene erfolgt in getrennten Kreisläufen. Für die Straßenentwässerung ist vorrangig eine Vorklärung mit Retentionsbodenfiltern vorgesehen. Die Entwässerung der Schiene erfolgt über Regenrückhaltebecken in die Vorflut bzw. direkt in die Ostsee.

Festlandseitige Entwässerung

Die folgende Abb. 4 zeigt das festlandseitige Entwässerungskonzept.



Abb. 4: Festlandseitiges Entwässerungskonzept, ohne Maßstab
(vgl. Unterlage 12.01.001)

RBF = Retentionsbodenfilter (straßenseitige Entwässerung)
RRB = Regenrückhaltebecken (bahnseitige Entwässerung)
LaV = Langsam fahrender Verkehr
EZG = Einzugsgebiet
AS = Anschlussstelle

Vorgesehen sind drei Retentionsbodenfilterbecken (RBF) auf der Westseite sowie vier Regenrückhaltebecken (RRB) auf der Ostseite, wobei Becken 1 im Süden bereits im angrenzenden Planfeststellungsabschnitt PFA 5.2 geplant ist und hier übernommen wird. Das rückgehaltene bzw. geklärte Regenwasser wird in die nächstgelegene Vorflut eingeleitet.

Das bezeichnete Gewässer Nr. 5 wird nach der Sammlung im RRB 3 bahnseitig mittels Düker in Fließrichtung West unterführt. Die Querung der Straße und des Hochwasserdamms erfolgt mittels Rohrdurchlass. Auf der Westseite wird das Wasser in eine ca. 3 ha große Nassfläche geführt, aus der es bei Erreichen der Überstauhöhe im Westen in die Ostsee abfließt. Ein hier im Bestand vorhandenes provisorisches Pumpwerk, das die Fläche derzeit entwässert, wird zurückgebaut. Die folgende Abb. 5 zeigt das Schema der Wasserführung des Gewässers Nr. 5.



SAMMELBECKEN TROG

- Sammelbecken
- Regenrückhaltebecken 3
 - 800 m³
 - 2.600 m²
 - Stauziel NHN+4m
 - Zufluss: 108 l/s
 - Abfluss: 1 l/s
 - Einleitung in Düker

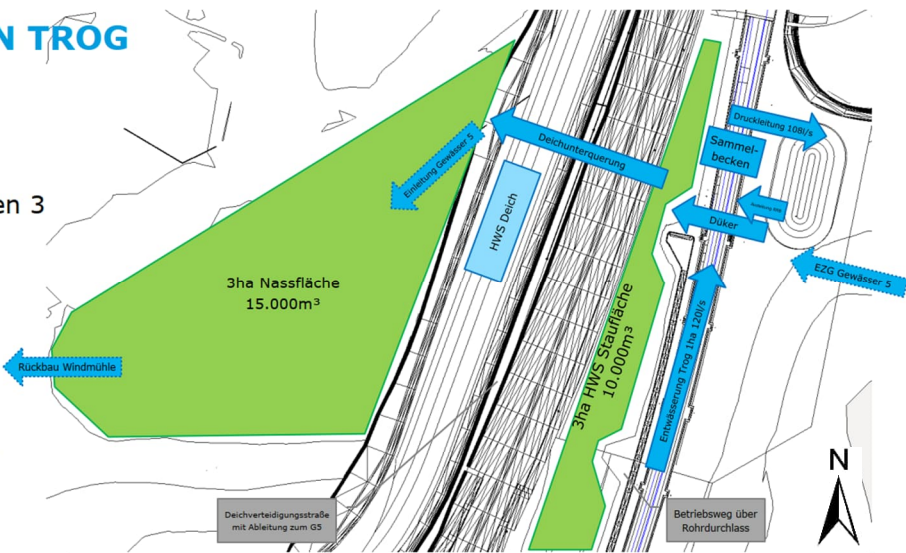


Abb. 5: Gewässerquerung Gewässer Nr. 5
ohne Maßstab (vgl. Unterlage 12.01.001)

Im Portalbereich erfolgt die Entwässerung über die Becken RBF 3 (Straße) auf der Westseite und RRB 4 (Bahn) auf der Ostseite getrennt auf möglichst kurzem Weg mittels Freispiegelleitung in die Ostsee.

Inselseitige Entwässerung

Die folgende Abb. 6 zeigt das inselseitige Entwässerungskonzept.

GEBIETSENTWÄSSERUNG FEHMARN

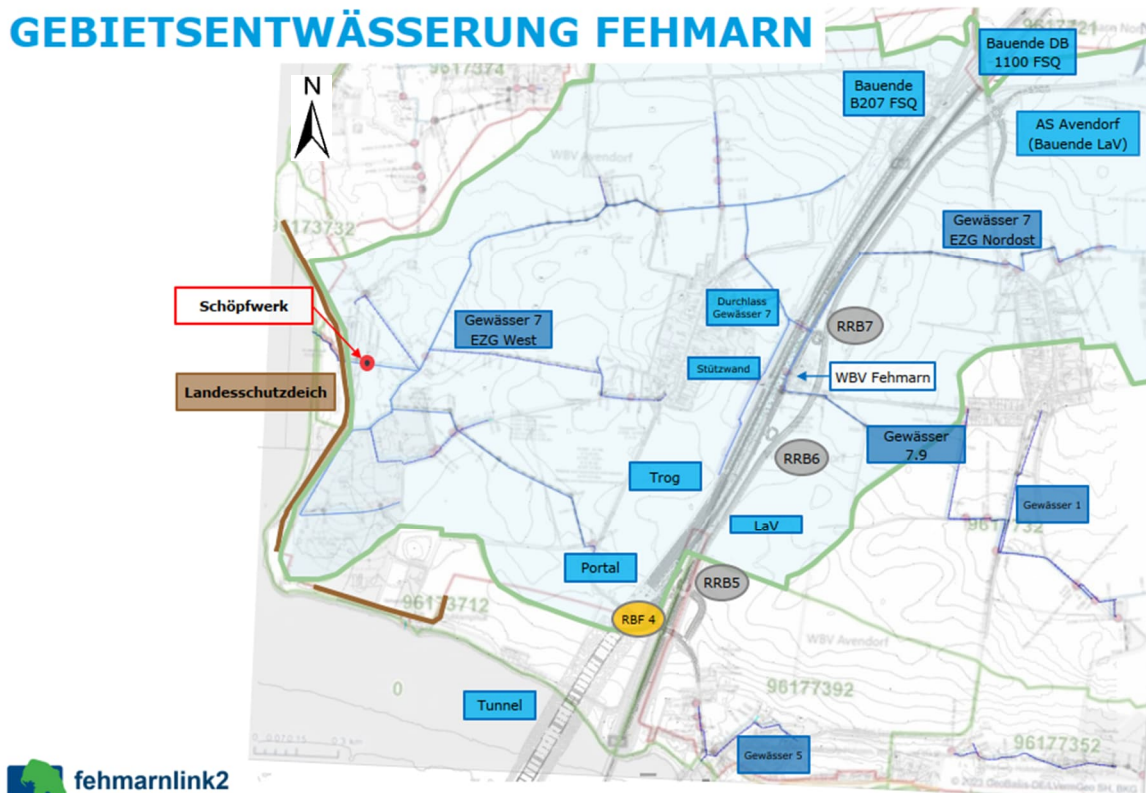


Abb. 6: Inselseitiges Entwässerungskonzept
ohne Maßstab (vgl. Unterlage 12.01.001)



RBF = Retentionsbodenfilter (straßenseitige Entwässerung)
RRB = Regenrückhaltebecken (bahnseitige Entwässerung)
LaV = Langsam fahrender Verkehr
EZG = Einzugsgebiet
AS = Anschlussstelle

Das Entwässerungskonzept sieht hier für das Gewässer 7 eine Unterquerung von Bahn und Straße mittels Düker mit vorgeschaltetem RRB 7 vor (vgl. Abb. 7). Der zufließende Abschnitt des Gewässers 7 ist bereits derzeit verrohrt und wird verrohrt zwischen Bahn und Straße bis zum Düker weitergeführt.

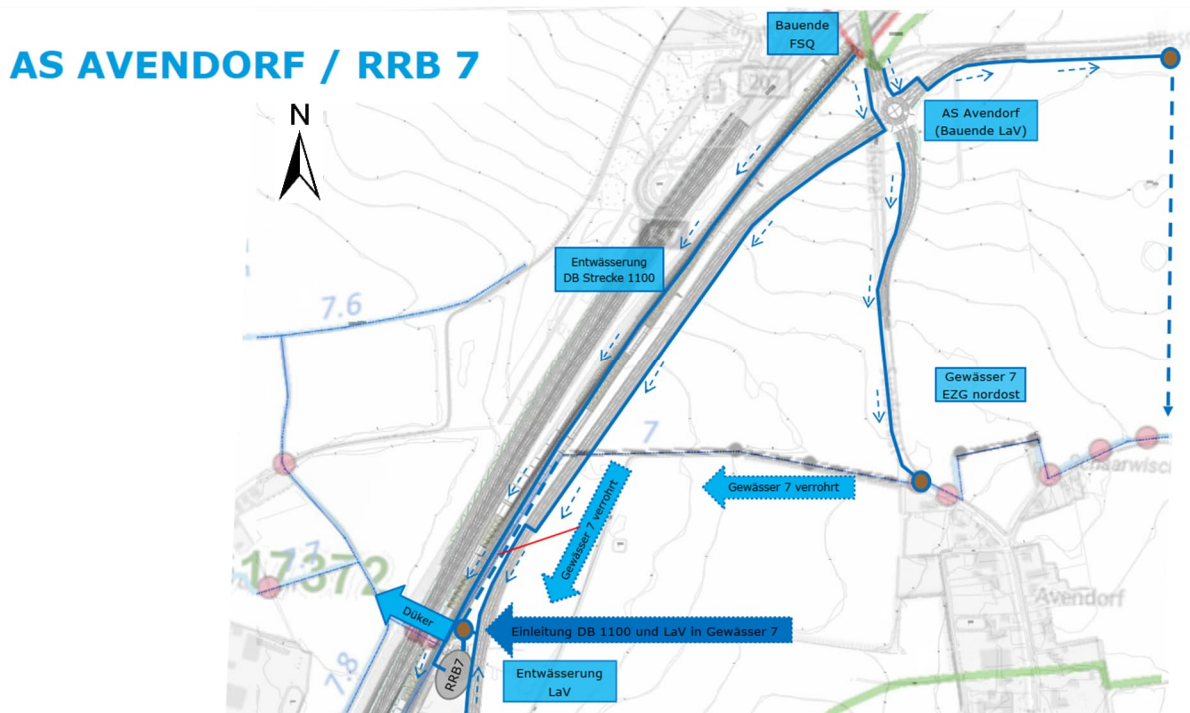


Abb. 7: Gewässerquerung Gewässer Nr. 7
ohne Maßstab (vgl. Unterlage 12.01.001)

Die Entwässerung des inselseitigen Trogabschnitts erfolgt auf der westlichen Seite und folgt damit der derzeitigen Entwässerung. Das bestehende „Pumpenhaus“ wird zurückgebaut. Das Wasser fließt im Freigefälle im Rohr oberhalb des Trogbauwerks in den Fehmarnsund.

Bauwerksentwässerung

In die Fahrtunnel sowohl der Straße als auch der Bahn wird durch den Verkehr bei Niederschlag Schleppwasser eingetragen. Durch die Wannenlage des Absenktunnels sammelt sich dieses im Tiefpunkt und muss mittels Pumpen aus dem Tunnel heraus befördert werden. Hierzu wird das Wasser aus den jeweiligen Fahrbahnbereichen der einzelnen Tunnelröhren gezielt gefasst und über getrennte straßenseitige sowie bahnseitige Sammelleitungen bis in Speicherbecken an den Tiefpunkten und dort jeweils angeordnete Pumpwerke zum Portal abgepumpt. Auf der Straßenseite befindet sich am Tiefpunkt zudem ein Havariebecken zum Abfangen von Leichtflüssigkeiten und anderen Gefahrstoffen.

Das Niederschlagswasser, das aus den an den Tunnel anschließenden Trogbauwerken auf Insel- und Festlandseite zufließt, wird jeweils kurz hinter dem Tunnelportal durch eine straßen- und eine



bahnseitige Hebeanlage – bestehend aus Speicherbecken und Pumpwerk – gefördert und oberhalb der Geländeoberkante über Abwasserbehandlungsanlagen und Entwässerungsleitungen den entsprechenden Regenrückhaltebecken zugeleitet.

4.2.2 Angaben zur Bauphase

Im Folgenden werden die umweltrelevanten, wesentlichen Aspekte der Bauphasenplanung zusammengefasst. Dabei konzentriert sich die Beschreibung auf die Baumaßnahmen im marinen Bereich bzw. diejenigen Maßnahmen, die Auswirkungen im marinen Bereich hervorrufen können.

Baumaschinen-/Fahrzeug- und Schiffseinsatz

Der Wahl des Einsatzes von Baumaschinen, Fahrzeugen und Schiffen obliegt grundsätzlich den ausführenden Baufirmen unter Beachtung der Restriktionen und Auflagen, die sich aus den umweltfachlichen Gutachten (LBP, Artenschutz, Natura 2000) bzw. aus den Nebenbestimmungen des Planfeststellungsbeschlusses ergeben.

Eingesetzt werden

- Bahngeräte (z. B. Schüttgutwagen, Schwellen- und Weichentransportwagen, Oberleitungsmontagefahrzeuge, Raupenrammgeräte u. a.),
- Erdbaugeräte (z. B. Hydraulikbagger, Radlader, Planiertraupen, Erdverdichter u. a.)
- Krangeräte (z. B. Turmdrehkräne, Mobilkräne u. a.),
- Wasserfahrzeuge (z. B. Backhoe dredger, Split Trichterschiffe, Schlepper, Saugbagger, Schubschiffe, Pontons u. a.).

Frequenz des Baustellenverkehrs, Angaben zu Arbeitszeiten

Die folgenden Zeitpläne werden auf der Grundlage der zulässigen Arbeitszeiten vorgesehen:

- marine Baggerarbeiten: 24 Std/7 Tage pro Woche
- landseitige Bauarbeiten: 16 Std/7 Tage pro Woche, mit der Möglichkeit, bei Bedarf bis zu 24/7 zu arbeiten

4.2.2.1 Bauphasen

Entscheidend für die Einteilung der Bauphasen ist der Tunnelbau selbst. Der Bau des Absenktunnels ist mit einer Gesamtzeit von 4 Jahren und 7 Monaten (55 Monate) kalkuliert. In dieser Zeit werden auch die landseitigen Bahn- und Straßenbauten durchgeführt und beendet. Die zentrale Hauptleistung der Gesamtmaßnahme, sowohl hinsichtlich der Bedeutung als auch der erforderlichen Teilbauzeit, ist die Herstellung des Absenktunnels, der Tunnel in offener Bauweise und Tröge, einschließlich der vorausgehenden Erstellung des Trockendocks und Baugruben, sowie des Ausbaus des Tunnelgrabens, der nachfolgenden technischen Ausrüstung sowie Inbetriebnahme.

Die weiteren Bauaufgaben sind bauablauftechnisch so zu planen, dass diese möglichst keine Störwirkung auf den Tunnelbau haben bzw. das Störrisiko auf die Hauptbauaufgabe minimiert werden kann. Zu nennen sind hier die Herstellung der Betriebsgebäude, der Anschluss an die angrenzenden Planfeststellungsabschnitte, die neuen Verkehrsanschlüsse im Süden sowie die Anpassung der Fehmarnsundbrücke an den „Langsamverkehr“.



Die Bauphasen für die Herstellung der Fehmarnsundquerung sind in zwölf Hauptbauphasen (Bauphasen 0 – 11) und sieben Übergangsphasen mit Umleitungen, in welchen kritische Veränderungen an der Verkehrsführung vorgenommen werden, unterteilt.

Aufgrund der umfänglichen Darstellung wird auf eine Beschreibung der einzelnen Phasen verzichtet und diesbezüglich auf den technischen Erläuterungsbericht (vgl. Unterlage 01.01.001) verwiesen. Stattdessen werden die maßgebenden Aktivitäten der einzelnen Phasen hier aufgeführt: Folgende Bauphasen für den Bau der Fehmarnsundquerung sind vorgesehen:

- Bauphase 0: Vertragsabschluss und Baubeginn
- Bauphase 1: Mobilisierung und vorbereitende Arbeiten
 - Übergangsphase 1: Verschiebung B 207 Struckkamp
 - Übergangsphase 2: Umleitung B 207 Festland
 - Übergangsphase 3: Umleitung B 207 Fehmarn
- Bauphase 2: Fertigstellung Trockendock
- Bauphase 3: Herstellen, Verholen und Parken der Tunnelemente 1-3
- Bauphase 4: Herstellen, Verholen und Parken der Tunnelemente 4-6 und Absenken der Elemente 1-3
- Bauphase 5: Herstellen, Verholen und Parken der Tunnelemente 7-9 und Absenken der Elemente 4-6
- Bauphase 6: Herstellen der Tunnelemente 10-12 und Absenken der Elemente 7-9
 - Übergangsphase 4: Umleitung B 207 Großenbrode über die neuen Brücken
 - Übergangsphase 5: Umleitung B 207 nach Abriss Brücke Großenbrode
- Bauphase 7: Herstellen und Fertigstellung Tunnelemente 10-12
- Bauphase 8: Transport und Absenken Elemente 10-12 und Herstellen der Schlussfuge
- Bauphase 9: Fertigstellung Betriebsgebäude
 - Übergangsphase 6: Einbau technische Ausrüstung und Inbetriebnahme Umleitung Verbindung Avendorf
 - Übergangsphase 7: Ausrüstung und Inbetriebnahme Straßen- und Bahntunnel
- Bauphase 10: Inbetriebnahme Bahntunnel, Verkehrsumleitung für BW 6.3.4
- Bauphase 11: Abschlussarbeiten und Vertragsvervollständigung

Vom Vertragsabschluss bis zur Beendigung der Abschlussarbeiten ist ein Zeitraum von ca. 6,33 Jahre (76 Monate) anberaumt. Die reine Bauzeit ohne Inbetriebnahme für alle Bauwerke beträgt ca. 5,35 Jahre.

4.2.2.2 Trockendock

Die Tunnelemente werden in einem vor Ort zu errichtenden Trockendock gefertigt. Das Trockendock wurde mit ausreichender Größe ausgelegt, um drei Tunnelemente hintereinanderliegend im Dock gleichzeitig fertigen zu können. Die Länge des Trockendocks richtet sich primär nach den beiden längsten zu fertigenden Tunnelementen der Trasse. Die folgende Abb. 8 zeigt die Konzeption des Trockendocks.



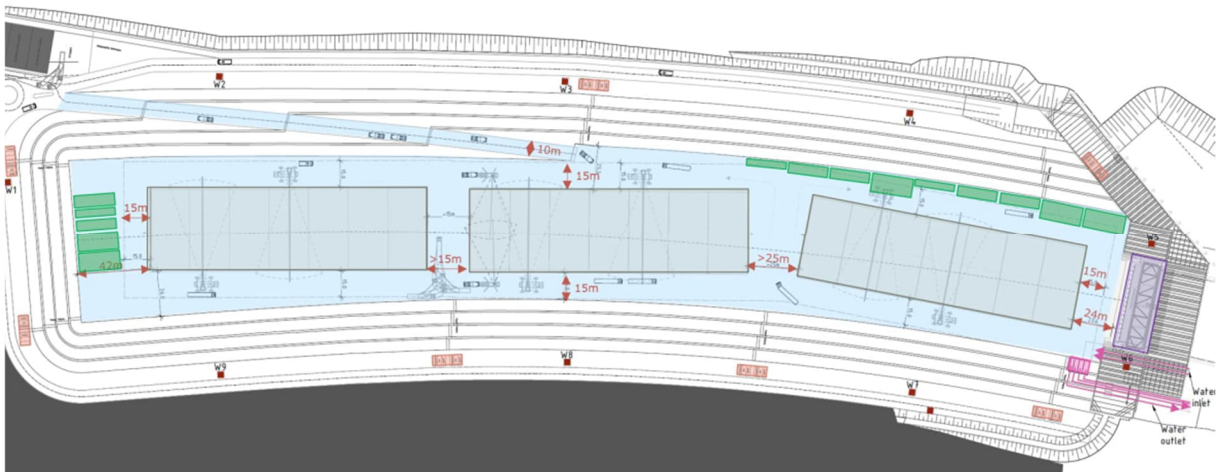


Abb. 8: Konzeption des Trockendocks
(aus Unterlage 01.01.001)

Das Trockendock liegt innerhalb des Bereichs des Tunnels in offener Bauweise sowie der Tröge. Die temporär beanspruchte Fläche des Trockendocks beträgt ca. 135.000 m².

Basierend auf der hintereinanderliegenden Elementfertigung weist das Trockendock folgende Gesamtabmessungen auf:

- Länge: 550 m zzgl. Fangedamm (15,0 m) und Anrampung,
- Breite: 81 m Arbeitsfläche, 158 m Grundfläche Mitte Dammachsen,
- Sohle des Trockendocks: NHN -10,50 m,
- Max. Höhe des Trockendocks: 14 m, basierend auf NHN -10,50 m (OK Sohle) zzgl. NHN +3,50 m (Hochwasserschutz),

Das Trockendock dient nach Herstellung der Tunnelelemente als Baugrube für den Tunnel in offener Bauweise. Sobald der Tunnel angeschlossen, verfüllt und die weiteren Arbeiten abgeschlossen sind, wird das gesamte Trockendock zurückgebaut und die Küstenlinie in ihrem ursprünglichen Verlauf wiederhergestellt.

Die Aushubmassen für das Trockendock umfassen unter Wasser ca. 870.000 m³. Zusätzlich fallen Trockenaushübe von ca. 450.000 m³ an.

Das Trockendock muss teilweise mit Sand (im Trockenen) verfüllt werden. Darüber hinaus soll trockenes Aushubmaterial (Sand, Mergel) wiederverwendet und eingebaut werden. Die zusätzliche Menge wird derzeit mit ca. 200 Tsd. m³ abgeschätzt. Für die Wiederverfüllung des Trockendocks unter Wasser ist Kies mit ca. 105.000 m³ zu veranschlagen.

Während der Bauzeit und aufgrund der Dauer der Baustelle über mehrere Jahre hinweg sind auf der Festlandseite Vorkehrungen für den Hochwasserfall zu treffen. Das vorhandene Gelände unterschreitet über viele Meter die benötigte Schutzhöhe. Durch Deiche oder Spundwände, die das bauzeitliche Hochwasserschutzniveau von NHN +3,5 m sicherstellen, wird das bauzeitliche Trockendock vor Überflutungen durch Sturmfluten geschützt. Der Hochwasserschutz befindet sich auf der Festlandseite der Querung. Im Gegensatz zum Festland liegt das Tunnelportal auf Fehmarn ausreichend hoch, so dass dort auf eine Hochwasserschutzanlage verzichtet werden kann.



4.2.2.3 Mariner Tunnelgraben

Der Tunnelgraben inklusive der seitlichen Böschungen hat eine Breite von ca. 140 m im Durchchnitt. Bei einer Länge von 1,8 km im Fehmarnsund werden somit auf ca. 250.000 m² Meeresboden Aushübe durchgeführt.

Der Unterwassereinbau erfolgt sukzessive im Vorlauf (Tragschicht) bzw. Nachgang des Einbaus der Absenktunnelelemente. Um eine wirksame und gleichmäßige Lagerung der Tunnelelemente zu gewährleisten, wird das Kiesbett im ausgebaggerten Tunnelgraben durch reihenweise Kieseinschüttungen aus gleichmäßig abgestuftem Material eingebaut. Die nominale Steingröße liegt im Bereich von 40 mm bis 75 mm und hat eine vorhersehbare Setzungscharakteristik, keine langfristige Konsolidierung und keine Neigung zur Verflüssigung. Das Kiesbett wird erst direkt vor dem Platzieren und Absenken der Tunnelelemente eingebaut. Dies verhindert, dass die Gründungsschicht durch Strömungen, vorbeifahrende Schiffe oder Sedimentation gestört wird. Der Einbau des Kiesbetts kann mit einem Mehrzweckponton mit Fallrohr oder einer ähnlichen Alternative erfolgen.

Das Kiesmaterial wird von einer Schute angedient. Der Kies wird über ein Förderband in das Fallrohr transportiert, das die Füllung des Rohrs aufrechterhält, um die Qualität der Kiesbänke zu gewährleisten. Die Positionierung des Schiffes wird mit Festmacherleinen oder Stelzen kontrolliert. Das Niveau des Kiesbetts wird durch ein hydraulisches System der Fallrohrkonstruktion gesteuert, das von einem unabhängigen Vermessungssystem kontrolliert wird, um die Einbautoleranz von +/- 25 mm zu gewährleisten. Der gesamte Prozess ist automatisiert.

Die vollständige Verfüllung des Absenkgrabens kann elementweise erfolgen, wobei Tunnelelement 1 seitlich vollständig angefüllt und überschüttet werden kann, sobald Element 3 platziert wurde.

Die allgemeine Verfüllung schließt den temporären Hohlraum zwischen dem Tunnelelement und dem ausgebaggerten Graben und besteht aus gut abgestuftem Schotter, Sand und/oder gebrochenem Gestein. Nach dem Einbau der Sperrschüttung erfolgt die restliche Verfüllung. Diese wird in Schichten von ca. 1 m abwechselnd von einer Seite zur anderen des Tunnels eingebracht, um die horizontalen Kräfte auf das Tunnelelement zu minimieren.

Abschließend wird in weiten Teilen eine Kolk- und Ankerschutzschicht zum Schutz des Tunnelbauwerks und der seitlichen Auffüllung durch mechanische Beschädigung oder Erosion aufgebracht. Die Schutzschicht besteht aus gebrochenem Fels und wird über dem Tunnelelement sowie ca. 15 m beidseitig des Tunnels aufgebracht. Je nach dem verwendeten Material der Verfüllung ist ggf. eine Filterschicht zwischen Verfüllung und Schutzschicht anzuordnen. Diese stellt die langfristige Lagestabilität der Schutzschicht sicher. Es wird davon ausgegangen, dass die Schutzschicht mit einem Greifer auf einem Lastkahn eingebaut wird. Es wurde eine Schutzschichtdicke von 1,1 m bestimmt.

Alle Mengenangaben des Aushubs und des Einbaus sind in-situ Volumen ohne die Berücksichtigung von Auflockerungsfaktoren durch bzw. für das Handling. Das Gesamtvolumen des Nassaus-hubs beträgt ca. 3,2 Mio. m³. Dies beinhaltet auch den Unterwasseraushub im Bereich des Trockendocks.



4.2.2.4 Ankerzone

Die bauzeitliche Ankerzone für die Positionierung der Tunnelelemente hat eine Fläche von insgesamt ca. 48 ha. Die Anker haben eine Einsatzdauer von ca. 2 Monaten.

Die darüber hinaus erforderlichen Ankervorgänge für Klein- und Begleitschiffe werden nicht betrachtet, da die Wirkungen nicht über den üblichen Rahmen der marinen Schifffahrt hinaus gehen.

Es wird sichergestellt, dass nach Beendigung der Baumaßnahme keine oberirdischen Bauteile verbleiben.

4.2.2.5 Nassbaggergutverbringung

Der im Nassbaggerverfahren erfolgende Aushub des Tunnelgrabens und Trockendocks teilt sich in mehrere Abschnitte. Es fallen hierbei insgesamt rund 3 Mio. m³ Verbringungsmaterial an, was unter Berücksichtigung eines Auflockerungsfaktors zu einer Gesamtkubatur von rund 3,6 Mio. m³ führt (vgl. hierzu Unterlage 42.02).

Die Nassbaggergut-Verbringungsfläche wurde unter strategischen, naturschutzfachlichen und logistischen Gesichtspunkten ausgewählt (vgl. Unterlage 16.01.001, Kap. 14.4.5). Die Route für den Nassbaggerguttransport vom Eingriffsbereich zur Verbringungsstelle führt östlich um Fehmarn herum nach Nordosten. Zum FFH-Gebiet DE-1533-301 „Staberhuk“ wird ein Abstand von mindestens 150 m eingehalten, sodass eine Beeinträchtigung der Schutz- und Erhaltungsziele sicher ausgeschlossen werden kann (vgl. Unterlage 18.08).

4.2.2.6 Marines Baustellenmanagement

Herstellung des Tunnelgrabens

Zu Beginn der Baumaßnahme sind umfangreiche Erdarbeiten für die Herstellung des Trockendocks (Festland) und der Baugrube Nord (Tunnel in offener Bauweise auf Fehmarn, Bahn: Bau-km 174,681 – Bau-km 175,608 bzw. Straße: Bau-km 4+580 – 4+863) durchzuführen. Für das Trockendock fallen dabei ca. 477.000 m³ Trockenaushub, sowie ca. 880.000 m³ Nassaushub an. Für die Baugrube des Tunnels in offener Bauweise Nord fallen ca. 150.000 m³ Bodenaushub (trocken) an.

Zusätzlich müssen für den Tunnelgraben zunächst der Voraushub trocken erfolgen. Dieser umfasst ca. 144.000 m³.

Der Aushub des Tunnelgrabens im Fehmarnsund wird mit spezialisiertem Equipment bewältigt. Zu den vorgesehenen Geräten für die Bodenarbeiten im Fehmarnsund gehören Schwimmbagger, die in der Regel als Tieflöffelbagger konzipiert sind. Zusätzlich werden mehrere Schuten zum Abtransport des ausgehobenen Materials eingesetzt. Die genaue Anzahl der Schuten hängt von ihrer Größe und der Entfernung und der Fahrzeit zur Schüttstelle ab. Für den Austausch von Personal sind Transportschiffe vorgesehen.

Der Unterwasseraushub erfolgt in mehreren Schritten. Der wesentliche Teil des Nassaushubs wird zu Projektbeginn in den Phasen 2, 3, 4 und 6 (vgl. Kap. 4.2.2.1) erzeugt. Kurz vor dem Einbau der Absenktunnelelemente wird der Graben nochmals von Sedimenten gereinigt.

Summiert ergibt sich ein Volumen von über 3,2 Mio. m³. Dieser Boden wird fast vollständig verbraucht. Eine Ausnahme stellt ein kleiner Teil sandigen Aushubs im Bereich von Fehmarn dar (ca.



0,2 Mio. m³), welcher auf Spülfelder aufgespült und dort für eine spätere Wiederverwendung entwässert wird. Das Material, das dabei generiert wird, muss auf großen Lagerflächen in der Nähe der Baumaßnahme zwischengelagert werden. Diese werden in möglichst geringer Distanz zur Ausgrabung errichtet, um den Transportaufwand zu minimieren. Auch der generierte Nassaushub, welcher bei der Herstellung des Grabens für den Absenktunnel und des Trockendocks anfällt, muss im Voraus vollumfänglich geplant werden, um eine Entsorgung des Materials gewährleisten zu können.

Da während der Arbeiten am Tunnel die Schiffahrtsrinne durch Schwimmbagger und Tunnellemente mehrfach blockiert wird, muss diese entweder für diese Zeiträume gesperrt, oder umverlegt werden. Der Fehmarnsund hat als Wasserstraße keine hohe Bedeutung und wird hauptsächlich durch Privatschifffahrt genutzt.

4.2.2.7 Baustellenentwässerung

Während der Bauarbeiten sind entsprechend der zeitlich und räumlich unterschiedlichen Zustände des Geländes, der Erd- und Ingenieurbauwerke sowie zusätzlicher baulichen Anlagen und sonstiger temporärer Einrichtungen unterschiedliche Regen-, Ab- und Schmutzwassermengen sowie teilweise unterschiedliche Einzugsgebiete und Gefälle zu planen:

- Erdbauwerke, Einschnitte Dämme
- Baugruben für Tröge und Tunnel in offener Bauweise
- Trockendock
- Bauflächen
- Sonstige Einrichtungen, Büros, Parkplätze, Zufahrten, etc.

Für sämtliche Abwässer aus dem Baustellenbetrieb wird für eine Ableitung in bestehende Gewässer eine Aufbereitung durch Auffangbecken, Sandfänge, Abscheider etc. berücksichtigt.

Eine Maßnahme der Entwässerung ist die flächenhafte Versickerung über bspw. Böschungen oder Rasenmulden. Ist dies aus geologischen, hydrologischen, ökologischen oder konstruktiven Gründen jedoch nicht möglich, wird das anfallende Oberflächenwasser gesammelt und verzögert abgeleitet. Dies kann etwa durch Regenrückhalteräume geschehen.

Im Allgemeinen gilt es, Niederschlagswasser durch ein freies Gefälle oder mittels Pumpen umliegenden Gräben bzw. Regenrückhalteeinrichtungen zuzuführen, um letztendlich in die Vorflut einleiten zu können.

Die folgenden beiden Abbildungen zeigen die vorgesehenen Einleitstellen, Bodenlagerflächen und Bauwerke im Bauzustand auf dem Festland (Abb. 9) sowie inselseitig (Abb. 10).

Festlandseitig ist eine Drosselung des Gebietsniederschlags für die Einleitstellen G 2 und G 5 erforderlich. Hierzu werden eine Sedimentationsanlage G 7 (worst-case-Volumen 705 m³) und ein Rückhaltebecken RRB 7 (worst-case-Volumen 4.746 m³) in Reihe geschaltet.



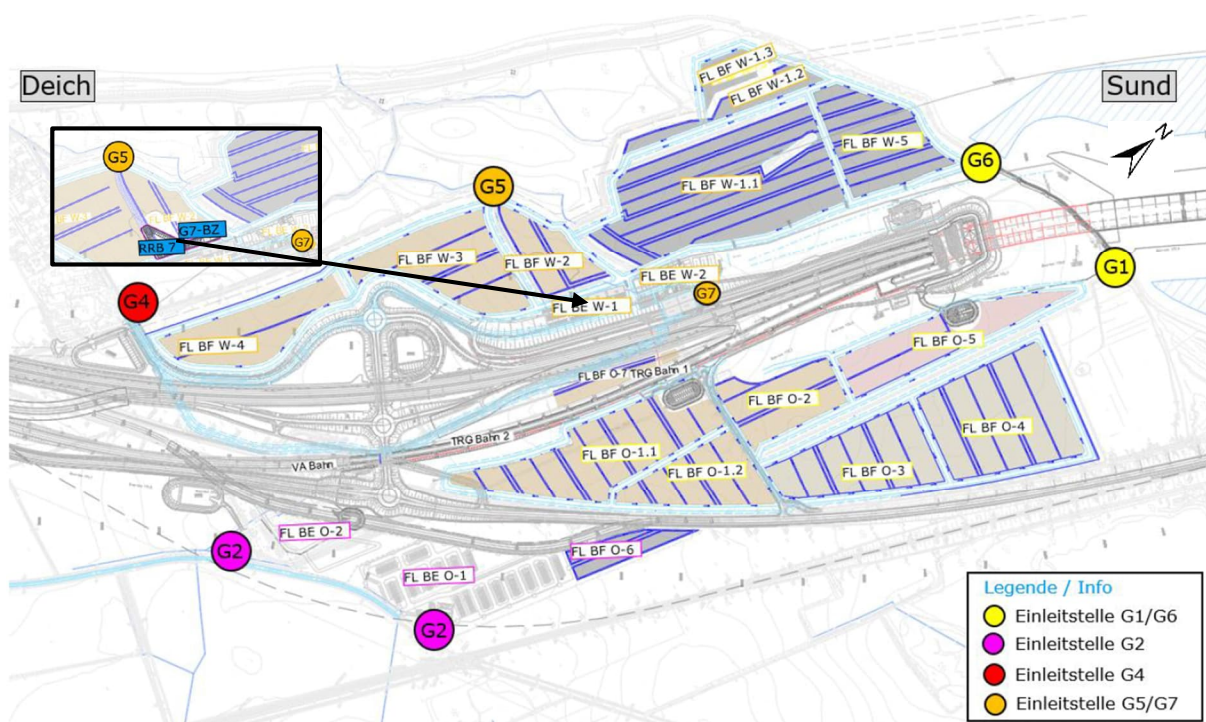


Abb. 9: Vorgesehene Einleitstellen, Bodenlagerflächen und Bauwerke im Bauzustand auf dem Festland
(vgl. Unterlage 12.04.001) ohne Maßstab

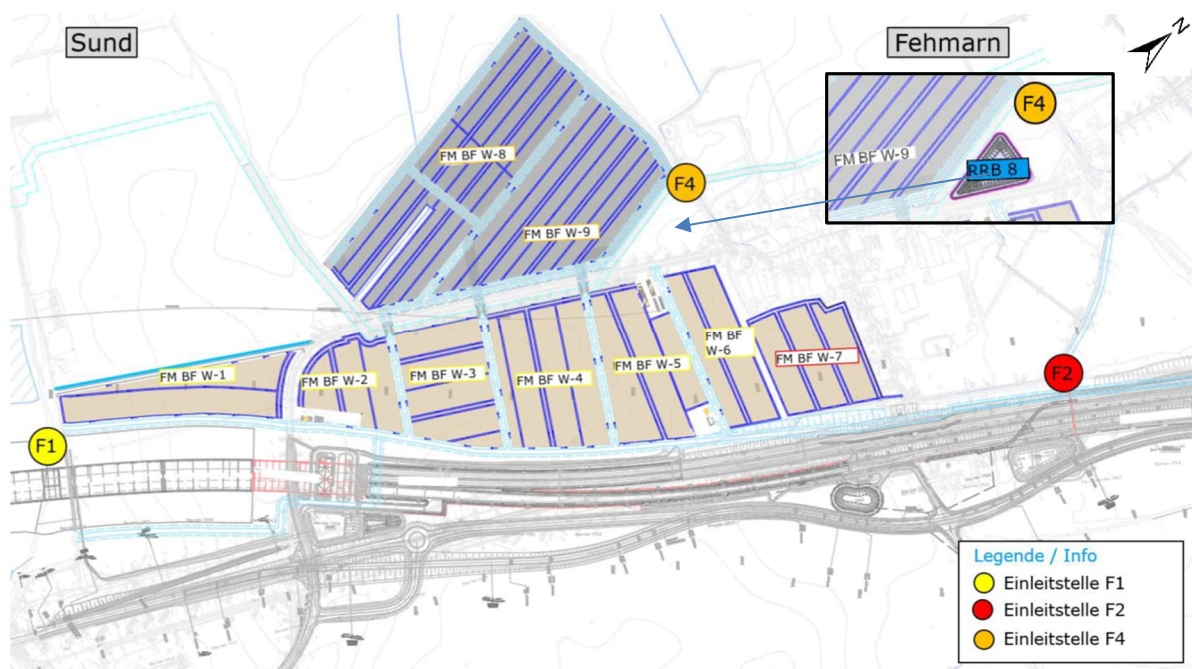


Abb. 10: Vorgesehene Einleitstellen, Bodenlagerflächen und Bauwerke im Bauzustand auf Fehmarn
(vgl. Unterlage 12.04.002) ohne Maßstab

Auf Fehmarn ist eine Drosselung des Gebietsniederschlags für die Einleitstellen F 2 und F 4 mit einem worst-case-Volumen von 3.819 m³ erforderlich. Positioniert wird das erforderliche RRB 8 in unmittelbarer Nähe zur Einleitstelle F 4 (vgl. Abb. 10).

Bei der Entwässerung des bauzeitlichen Betriebs der Verkehrsanlagen Straße ist eine Reinigung des anfallenden Wassers durch Retentionsbodenfilter (hierbei werden die Becken, die bereits für



den Endzustand vorgesehen und dimensioniert wurden, genutzt) bzw. durch eine Führung des anfallenden Wassers über bewachsene Bankette, Dammböschungen und Mulden erforderlich.

Die Baugruben- und Trockendockentwässerung erfolgt durch Einleitung des Pumpwassers in den Fehmarnsund. Eine Drosselung ist nicht erforderlich.

Details zur bauzeitlichen Entwässerung sind den „Erläuterungen bauzeitl. Entwässerung“ zu entnehmen (vgl. Unterlage 12).

4.2.3 Angaben zur Betriebsphase

Die folgenden Angaben zur Betriebsphase beschränken sich auf den marinen Bereich bzw. diejenigen Vorhabensbestandteile, die Auswirkungen im marinen Bereich hervorrufen können.

4.2.3.1 Luftschadstoffe

Zur Untersuchung der betriebsbedingten Luftschadstoffe liegt ein Luftschadstoffgutachten vor (vgl. Unterlage 24.01), dessen Ergebnisse im Folgenden kurz zusammengefasst werden.

Nach Realisierung des Planvorhabens kommt es entlang des angrenzenden Straßennetzes in Teilen der Nachbarschaft zu Erhöhungen, aber auch in Teilen zu Verringerungen der verkehrsbedingten Luftschadstoffwerte.

Gemäß TA Luft (2021) sind auch bei einer Überschreitung der Immissionsgrenzwerte der behandelten Schadstoffkomponenten (NO_2 , PM_{10} und PM_{25}) keine schädlichen Umwelteinwirkungen zu erwarten, sofern die Zusatzbelastung einer Anlage nicht mehr als 3,0 % des Immissions-Jahresmittelwertes und damit irrelevant zur Gesamtbelastung beiträgt. Im vorliegenden Fall wird die zulässige Erhöhung von $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_2 und PM_{10} bzw. $0,75$ für $\text{PM}_{2,5}$ an keinen Bestandsgebäuden überschritten. Es treten maximale Erhöhungen von bis zu $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für NO_2 auf Fehmarn am Bestandsgebäude Sietgrund 69 auf. Luftschadstofferrhöhungen von Feinstaub an Bestandsgebäuden werden nicht prognostiziert. Die Erhöhungen für Stickstoffdioxid befinden sich nicht im Bereich des Relevanzkriteriums gemäß TA Luft von $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Überschreitungen des Tagesmittelwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} an mehr als 35 Tagen/Jahr sind ebenfalls unwahrscheinlich, da erst ab einer Feinstaubbelastung von mehr als $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} im Jahr die Wahrscheinlichkeit von Überschreitungen des Tagesgrenzwertes $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} an mehr als 35 Tagen gegeben ist und die höchsten PM_{10} -Konzentrationen im Prognose-Planfall maximal $12,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} betragen. Die geringen Erhöhungen der Luftschadstoffbelastungen nach Realisierung des Planvorhabens, gekoppelt mit einer weiterhin zuverlässigen Unterschreitung der Jahresmittelgrenzwerte für die maßgeblichen Schadstoffkomponenten in der gesamten unmittelbaren Nachbarschaft, erscheinen aus lufthygienischer Sicht nicht relevant, gerade vor dem Hintergrund, dass sich durch die Planung vor allem auch Verbesserungen der lufthygienischen Situation in der Nachbarschaft ergeben.

Zudem enthält das Luftschadstoffgutachten Berechnungen zur Stickstoffdeposition zur Beurteilung der Auswirkungen im Natura 2000-Gebietsschutz. Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass durch das Vorhaben keine Erhöhungen der Stickstoffdepositionen im Bereich bestehender FFH-Gebiete auftreten.



4.2.3.2 Einleitung in Gewässer

Im Planfeststellungsabschnitt FSQ werden neue Entwässerungseinrichtungen sowie Anpassungen an den vorhandenen Anlagen erforderlich. Zu unterscheiden sind die Entwässerung der Straße, der Bahn sowie übergeordnete Entwässerungseinrichtungen.

Der Planung liegt ein umfassendes Entwässerungskonzept zugrunde, das auf entsprechenden wassertechnischen Berechnungen beruht (vgl. Unterlage 12). Die Einleitung der Straßen- und Bahnentwässerung ist über entsprechende Drosselungs-, Reinigungs- und Rückhalteeinrichtungen in folgende Gewässer vorgesehen:

- Festland: Gewässer Nr. 1, 2 und 5, 5.1.1 sowie Einleitungsstelle Ostsee
- Insel: Gewässer Nr. 7 und Ostsee

In Unterlage 12 ist ausgeführt, dass gemäß den Vorgaben des Gewässer- und Landschaftsverband Wagrien-Fehmarn (GULV) die Regenrückhalteräume (RRR) mit Einleitung in Verbandsgewässer im Projektgebiet mit einem Abfluss entsprechend den landwirtschaftlichen Oberflächen- und Grabenverhältnissen von 1,2 l/(s·ha) zu bemessen sind. Die Einleitungsmenge in den Fehmarnsund ist gem. Unterlage 12 nach Angaben des Landesbetriebs für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein (LKN SH) nicht begrenzt. Nach Vorgaben des Wasserstraßen- und Schifffahrtsamtes ist demnach jedoch eine Einleitung an den Einleitstellen in den Fehmarnsund auf eine Strömungsgeschwindigkeit von 0,8 m/s zu begrenzen.

4.2.3.3 Marine Strömungsverhältnisse

Im Planzustand zeigt sich eine geringe Reduktion des mittleren Durchflusses im Fehmarnsund, für die westwärts und ostwärts gerichteten Strömungen von im Mittel -2,27 m³/s (-0,1 %) westwärts und -3,32 m³/s (-0,2 %) ostwärts. Im Belt stellt sich für westwärts und ostwärts gerichtete Strömungen eine in der Natur nicht nachweisbare Änderung des Durchflusses ein (vgl. Unterlage 51.02, Kapitel 8.1.2).

Sohle

Die größten mittleren Änderungen an der Sohle stellen sich im Bereich der Tunneltrasse zwischen den Extraktionspunkten „Trasse“ und „Trasse Nord“ ein (Unterlage 51.02, Abbildung 149). Dies ist der Ort mit den größten Änderungen der Bathymetrie. Die mittleren Änderungen liegen dort im Bereich von -0,02 bis +0,01 m/s (vgl. Unterlage 51.02, Kapitel 8.1.3.1). Am Extraktionspunkt „Trasse“ liegen die mittleren Änderungen bei ±0,00 m/s. Außerhalb der Trasse sind die mittleren Änderungen in allen Bereichen <0,01 m/s. Auch an den repräsentativen Messstellen der Küstenwasserkörper gibt es keine Änderung der mittleren Strömungsgeschwindigkeit durch den Planzustand.

Am Extraktionspunkt „Trasse“ treten kurzzeitig Änderungen in den Strömungsgeschwindigkeiten gegenüber dem Ist-Zustand von maximal 0,06 m/s und minimal -0,13 m/s auf.

Tiefengemittelt

Die größten mittleren Änderungen ergeben sich im Bereich der Tunneltrasse, im Bereich, der aufgrund der Ankerschicht höher liegt als im Ist-Zustand (vgl. Unterlage 51.02, Abbildung 149). Aus dem verringerten Fließquerschnitt an dieser Stelle ergibt sich lokal eine maximale Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit von bis zu +0,01 m/s.



Die Änderungen der Strömungsgeschwindigkeiten am Extraktionspunkt „Trasse“ betragen kurzzeitig zwischen -0,03 m/s und +0,03 m/s.

Außerhalb der Trasse liegen die Änderungen in einem vernachlässigbaren Bereich. Auch an den repräsentativen Messstellen der Küstenwasserkörper gibt es keine relevanten Änderungen der tiefengemittelten mittleren Strömungsgeschwindigkeit durch den Planzustand.

4.2.3.4 Tunnel-Entwässerung und Löschwasser

Zur Löschwasserversorgung werden im Straßentunnel und an den Portalen im Abstand von maximal 150 m genormte Löschwasserentnahmestellen (Hydranten) eingerichtet. Die zugehörige Löschwasserleitung wird als Nassleitung ausgeführt und als Ringleitung angelegt (vgl. Unterlage 1.01.001). Details zur Löschwasserversorgung können Unterlage 15 entnommen werden.

Seitlich des Trogbereichs befinden sich Regenrückhaltebecken für die Straße (ca. 1.750 m³) und die Bahn (ca. 800 m³) zur Rückhaltung des Rampenwassers, welche an die nächstgelegene Vorflut bzw. Kläranlage angebunden werden (vgl. Unterlage 12).

4.2.3.5 Unterhaltung

Die Dauer der Betriebsphase ist entsprechend der zugrunde gelegten Lebensdauer des Absenktunnels auf 130 Jahre ausgelegt. Die Unterhaltung während der Betriebsphase wird nach bahn- und straßenüblichen Regelwerken durchgeführt. Ein darüber hinaus gehender Unterhaltungsbedarf, der für die Prüfung der Umweltverträglichkeit Relevanz besitzt, besteht nicht.

4.3 Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen im marinen Bereich

Die folgenden Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen wurden dem Landschaftspflegerischen Begleitplan (LBP) entnommen (Unterlage 17.01.001, Kapitel 3.3 und Kapitel 3.4) und beziehen sich auf den marinen Bereich. Sie werden bei der Bewertung der Auswirkungen auf das Meeresgewässer Deutsche Ostsee in Kapitel 8 vorausgesetzt.

4.3.1 032_V Minderung der Schwebstoffe und Sedimentation während der Aushubarbeiten

Die lokale Baggerstelle soll durch Schlickvorhänge begrenzt werden, um die Sedimentverdriftung wirksam zu reduzieren. Bei Nachweis einer vergleichbaren Wirksamkeit können auch andere Maßnahmen zum Einsatz kommen. Schlickvorhänge bestehen in der Regel aus Kunststoff und können in stärker durchströmten Einsatzgebieten auch mit geotextilen Filtern ausgestattet werden. Ziel ist die Herstellung einer geschlossenen Barriere um die Baggerstelle. Die Barriere besteht dabei aus einem Vorhang aus miteinander verbundenen Elementen, welcher mittels Schwimmkörpern an der Oberfläche und Beschwerung an der Unterkante innerhalb der Wassersäule sowie mittels Verankerung (Ketten und Anker am Meeresboden) in Position gehalten wird.

Bei der Wahl geeigneter Schlickvorhänge sind die örtlichen Verhältnisse wie Wassertiefe, Strömungsgeschwindigkeiten und Seegang zu berücksichtigen. Die Konstruktion muss hinsichtlich Robustheit für den Offshore-Bereich geeignet sein. Um die Durchgängigkeit im Fehmarnsund nicht zu beeinträchtigen und die Auswirkungen auf die Umgebung zu reduzieren, ist der Verbaugrad unter 1/3 zu halten.



Ein Schlickvorhang kann effektiv bis zu einer Strömung von 30 cm/s eingesetzt werden. Die maximalen Grenzen liegen bei ca. 50 cm/s (VAN RIJN 2018). Die mittleren tiefengemittelten Strömungsgeschwindigkeiten liegen im Fehmarnsund entlang der Trasse in den Flachwasserbereichen bei rund 20 cm/s und im Bereich der Fahrrinne bei rund 35 cm/s. Der Einsatz in strömungsberuhigten Bereichen bis zu einer Tiefe von maximal 20 m ist möglich. Zur Verifizierung der Auswirkungsprognose und zum Nachweis der Effektivität der Minderungsmaßnahme wird ein Monitoring der Schwebstoffgehalte empfohlen.

Die Effektivität der Schlickvorhänge bezüglich des Rückhalts von Schwebstoffen hängt stark von den hydraulischen Randbedingungen und der spezifischen Anordnung der Schlickvorhänge ab. JIN *et al.* (2003) geben beispielsweise eine Effektivität von rund 55 % für hängende Schlickvorhänge in einem strömenden Gewässer ohne Fußsicherung an. Der Artikel weist zudem auf die geringe Effektivität bei Sturmereignissen hin. Messergebnisse in Wu *et al.* (2016) geben eine Effektivität eines überströmten Schlickvorhangs in einem Anwendungsfall vor einem Auslass von durchschnittlich 70 % an. Die Effektivität, abgeleitet aus den Messungen des Schwebstoffgehalts, schwankt dabei zwischen 48 % und 90 %. Darüber hinaus wird in mehreren Quellen eine Effektivität von 80 % bis 90 % für gut gewartete Schlickvorhänge in Bereichen mit geringer Strömung (< 10 cm/s) angegeben (CORPORATION 1978; FRANCINGUES & PALERMO 2005; VAN RIJN 2018).

Es wird empfohlen, einen fixierten Schlickvorhang mit Fußsicherung entlang der Trasse vom Ufer bis maximal -6 m NHN (vom Böschungsbeginn bis zur Fahrrinne) zu installieren. Zwischen Bagger und Schute sollte zusätzlich ein hängender (schwimmender) Schlickvorhang als Abschluss zwischen den beiden fixierten Vorhängen eingesetzt werden, um die An- und Abfahrt der Schuten weiterhin zu ermöglichen. In Bereichen, in denen die Wassertiefe größer als -6 m NHN ist, wird der Einsatz hängender Schlickvorhänge empfohlen. Diese Maßnahmen haben nur einen geringen Einfluss auf die Bauzeit und können zu einer Reduzierung der erwarteten Belastung um etwa 70 % führen (DMT 2024).

Der angenommene Wirkungsgrad wird durch ein Monitoring überwacht. Das Monitoringkonzept ist nicht Bestandteil der Planfeststellungsunterlagen sondern wird im Zuge der Ausführungsplanung konkretisiert. Sollte sich im Rahmen des Monitorings zeigen, dass der Wirkungsgrad von einer Minderung um 70 % nicht erreicht werden kann, sind folgende Gegensteuerungsmaßnahmen möglich:

- Optimierung der Schlickvorhänge durch das Schließen von Lücken, zusätzliche Sicherungen an der Sohle und der Einsatz von geotextilen Filtern;
- Minimierung des Austrags aus der Schaufel des Tieflöffelbaggers durch den Einsatz von Verschlussklappen;
- Begrenzung des Rücklaufs von Prozesswasser beim Abladen in die Schuten;
- Zeitliche Begrenzung der Nassbaggerarbeiten.

4.3.2 028_Va_V Minderung der Wirkung von Schallimmissionen

Zum Schutz des Schweinswals vor Baulärm bzw. zur Minimierung der Auswirkungen des Baulärms sollen Schweinswale aus dem Nahbereich von Vibrationsrammungen zur Herstellung der Spundwände für die Fangedämme und Dalben vergrämt werden. In diesem Zusammenhang werden folgende Maßnahmen eingesetzt:



Notwendige Rammungen werden mit einem Ramp-up-Verfahren eingeleitet, bei dem die Rammenergie und -intervalle langsam gesteigert werden, so dass nicht sofort die höchsten Schallpegel erreicht werden und die Tiere sich aus dem Nahbereich der Rammungen entfernen können. Die Ramp-up-Prozedur soll sich über einen Zeitraum von ca. 10 Minuten erstrecken, wie dies auch bei Offshore-Rammungen üblich ist. Dieser Zeitraum ist ausreichend, dass etwaig anwesende Schweinswale den Nahbereich verlassen können. Die Ramp-up-Prozedur ist bei längeren Unterbrechungen der Arbeiten, d.h. bei einer Dauer von > 40 Minuten zu wiederholen; bei Rammungen, die in kürzeren Abständen erfolgen, ist sie verzichtbar.

Des Weiteren können Schweinswale neben der Ramp-up-Prozedur durch aktive Vergrämer (Pinger o.ä. akustische Vergrämungssysteme (APD), die akustische Signale in einem Frequenzbereich zwischen 60-150 kHz mit einem SPL von max. 172 dB re 1 µPa (rms) @ 1m aussenden) aus dem Nahbereich der Baustelle ferngehalten werden. Diese sollten so nahe wie möglich an der Rammstelle ausgebracht werden. Es wird empfohlen, einen Pinger 35 Minuten vor Rammstart und ein APD 30 Minuten vor Rammstart einzusetzen und diese zu entfernen, sobald die Rammung begonnen hat. Die Vergrämung ist in gleicher Weise erneut durchzuführen, wenn die Rammungen für mehr als 40 Minuten unterbrochen wurden.

Bei Impulsrammungen (Ausnahmefall) kommt zusätzlich die Beschränkung der Rammenergie auf maximal 100 kJ zur Einhaltung des dualen Schallschutzkriteriums in 750 m Entfernung zur Schallquelle (d.h., dass für den Einzelereignispegel (SEL) ein Wert von 160 dB re 1µPa² s und für den Spitzenschalldruckpegel (L p-peak) der Grenzwert von 190 dB re 1µPa nicht überschritten werden dürfen; BMU (2013)) zur Anwendung. Beim Einsatz von Rammenergien über 100 kJ soll eine entsprechende Schallprognose erstellt werden und für den Fall einer prognostizierten Überschreitung des dualen Schallschutzkriteriums sind weitere Vorsorgemaßnahmen zur Schallminderung bzw. zur Vermeidung der Exposition von Schweinswalen mit hohen Schallpegeln notwendig. Dies umfasst geeignete Minderungsmaßnahmen, wie z.B. Blasenschleivorhänge.

Zur Überwachung der Schallimmissionen werden diese an einer Messstelle in 750 m Entfernung zu den Rammarbeiten mit einem Hydrophon am ersten Tag der Rammungen erfasst. Die Daten werden direkt vor Ort ausgewertet und ein Bericht muss der umweltfachlichen Bauüberwachung zur Prüfung vorgelegt werden, um zu kontrollieren, dass die Grenzwerte eingehalten werden. Die Messungen erfolgen entsprechend der Messvorschrift des BSH für Unterwasserschallmessungen (BSH 2011).

Es sind ausschließlich Baugeräte einzusetzen, die den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen. Es sind die Anforderungen der 32. BlmSchV zu beachten. In der Regel sind lärmarme Bauverfahren anzuwenden.

Des Weiteren kann eine Eingrenzung der gleichzeitig stattfindenden Arbeitsbereiche, Schallimmissionen reduzieren.

4.3.3 033_V Vermeidung von Störwirkungen durch den Schiffsverkehr

Für die einzusetzenden Bauschiffe gilt im Brückenbereich eine reduzierte Geschwindigkeit (aktuelle Vorgabe nach §26 Abs. 3 mit Bezug auf §60 SeeSchStrO sind 8,1 kn). Außerhalb des Brückenbereiches ist die Geschwindigkeit auf 15 kn zu reduzieren.



Der maßgebliche Anlieferungsverkehr per Schiff sowie die Sedimenttransporte mit Schuten werden in **östliche Richtung** vom Tunnelgraben aus erfolgen. Um hier besonders sensible Meeresgebiete und Flachwasserbereiche vor erheblichen Störwirkungen zu schützen, sind jeweils folgende Abstände einzuhalten:

- Ganzjährig 150 m Abstand zu den FFH-Gebieten Staberhuk und Küstenlandschaft Großenbrode zum Schutz von Meeressäugern.
- Zwischen 15. Oktober und 15. April zudem 500 m Abstand zu den Flachwasserzonen (< 10 m Wassertiefe) außerhalb des Sundes und betonnter Schifffahrtsrouten bis zur Nordgrenze FFH-Gebiet Staberhuk für sensible Wasservögel (z. B. Eiderente).

Die Westroute soll für Anlieferungsschiffe mit großem Tiefgang genutzt werden. Vor Westfehmar sind ausgedehnte Flachwasserzonen vorhanden, die außerordentlich sensible Rastgebiete (u.a. für die Trauerente) darstellen. Im Hinblick auf die hohen Rastzahlen ist im Bestand von sehr geringen Störungen auszugehen. Da Rastvögel während des Baugeschehens den Sund meiden und somit beispielsweise auf die Flächen westlich von Fehmar ausweichen, ist ein verstärktes Aufkommen von Rastvögeln zu erwarten. Um diesen hier störungsfreie Ausweichräume zu bieten, ist zwischen 15. Oktober und 15. April die Westroute zu meiden und der baubedingte Schiffsverkehr ausschließlich über die Ostroute abzuwickeln.

4.3.4 015_V Beschränkung der Verklappung (Spitzschwanz-Schlangenstachelrücken)

Die Rote-Liste-Art Spitzschwanz-Schlangenstachelrücken laicht in den Wintermonaten und verbleibt währenddessen in Bodenröhren.

Um negative Auswirkungen auf die Reproduktion und Nahrungssuche sowie das Laichgeschäft des Spitzschwanz-Schlangenstachelrückens zu vermeiden, wird während der Laichzeit von Dezember-Januar kein Aushubboden auf unbeeinflussten Bodenflächen aufgebracht.

Das Baggerguts wird kontrolliert und optimiert stufen- bzw. schichtweise abgelagert, um die Sedimentation gering zu halten. Dies gibt der Art die Möglichkeit, dem eingebrachten Material möglichst weitgehend auszuweichen.

4.3.5 017_Va Lichtanpassung / Lichtminderungsmaßnahmen im Baustellenbereich zum Schutz von Fledermäusen, Rastvögeln und Fischotter

Im gesamten Baufeld ist das Konzept für die baubedingte Beleuchtung so zu gestalten, dass Störungen durch Lichtemissionen auf die nächtliche Fauna so weit wie möglich minimiert werden. Es erfolgt eine Reduzierung der Baustellenbeleuchtung (Be- und Ausleuchtung der Baustellenflächen sowie der Bauschiffe) auf ein betriebs- und sicherheitstechnisch notwendiges Minimum und eine Anpassung der Beleuchtungsstärke unter Einhaltung von Mindestwerten für die Arbeitssicherheit sowie von Licht-Grenzwerten. Die Beleuchtung ist an vorherrschenden Bedingungen vor Ort, wie z. B. Zweck und Flächenbezug der Beleuchtung, Wetter, Tages- und Jahreszeit etc. anzupassen.

Für die Minimierung der Be- und Ausleuchtung der Baustellenflächen sowie der Bauschiffe ist die Verwendung von Leuchtmitteln mit geringer Störwirkung vorzusehen. Dazu ist eine LED-Beleuchtung mit einer Lichttemperatur von 1.800 Kelvin (K) bis maximal 2.400/2.700 K zu verwenden. Zudem sollten Ultraviolett- und Blauanteile vermieden werden und die Verwendung von flackernden und blinkenden Lichtquellen auf ein minimal notwendiges Maß reduziert werden. Unter



Berücksichtigung der Arbeits- und Schiffssicherheit werden die Lampen nach oben und zu den Seiten abgeschirmt. Zur Reduzierung der Beleuchtungsdauer können beispielsweise Bewegungsmelder oder Lichtschranken verwendet werden.

4.3.6 002_V Ordnungsgemäßer Umgang mit wassergefährdenden Stoffen

Während der Bauphase ist ein sachgemäßer Umgang mit Stoffen, die eine Beeinträchtigung des Grund- und/oder Oberflächenwassers sowie des Bodenhaushaltes herbeiführen könnten, zu gewährleisten. [...] Hierzu sind die Ausweisung und Einrichtung befestigter und gesicherter Flächen zur Lagerung umweltgefährdender Stoffe, zur Betankung der Baufahrzeuge u. ä. erforderlich.

Auch auf den Arbeitsschiffen und Pontons ist ein sachgemäßer Umgang mit wassergefährdenden Stoffen sicherzustellen, um Einträge ins Meer zu vermeiden. Es dürfen keine kontaminierten Abwässer, Betriebsmittel oder Feststoffe von Bord in die See gelangen.

4.4 Maßnahmen zur Kompensation und Kohärenzsicherung

Die folgenden Kohärenzsicherungsmaßnahmen wurden im Rahmen der FFH-Ausnahmeprüfung für das FFH-Gebiet „Meeresgebiet der östlichen Kieler Bucht“ festgelegt und beziehen sich auf den marinen Bereich (vgl. Unterlage 18.04.002). Auf die entsprechenden Maßnahmennummern des LBP wird in der folgenden textlichen Beschreibung verwiesen.

4.4.1 Maßnahme 1 zur Wiederherstellung des LRT 1160 im Bereich des Tunnelgrabens durch naturnahe vollständige Wiederverfüllung

Der geplanten Absenktunnel eröffnet die Möglichkeit, den betroffenen LRT 1160 „Flache große Meeresarme und -buchten (Flachwasserzonen und Seegraswiesen)“ nach Abschluss der Baumaßnahmen am gleichen Ort im FFH-Gebiet DE 1631-392 „Meeresgebiet der östlichen Kieler Bucht“ wiederherzustellen (vgl. Unterlage 18.04.002, Kap. 4.4.1). Der LRT 1160 ist durch das geplante Vorhaben auf einer Fläche von ca. 20,06 ha erheblich beeinträchtigt (vgl. Unterlage 18.04.002, Kap. 4.2.2).

Ziel der Maßnahme ist es, im Eingriffsbereich wieder einen Zustand des LRT 1160 zu erreichen, der möglichst weitestgehend dem Ausgangszustand vor Herstellung des Tunnels entspricht, so dass nach der vollständigen Wiederverfüllung und einer anschließenden Wiederbesiedlungsphase die verlorengehenden Eigenschaften und Funktionen wiederhergestellt sind. Das gilt insbesondere für die Morphologie und Oberflächenstruktur des Meeresbodens, die ursprüngliche Wassertiefe und Durchlichtung sowie die Voraussetzungen für eine komplexe Besiedlung mit Biotoptypen und Lebensgemeinschaften der Weichböden, Riffe und Seegraswiesen.

Als Maßnahme 1 zur Wiederherstellung des LRT 1160 ist daher eine vollständige möglichst naturnahe Wiederverfüllung des Tunnelgrabens vorgesehen. Dabei sind folgende Anforderungen zu berücksichtigen:

- Für eine langfristig stabile Verfüllung müssen die Substrate eine ausreichende Lagestabilität aufweisen.
- Um die ursprünglichen Habitatstrukturen nachzubilden und eine möglichst vollständige Regeneration der verschiedenen benthischen Lebensgemeinschaften zu ermöglichen, ist eine Mischung aus Weichbodensubstraten (sandige bis kiesige Sedimente) und Steinen für die Verfüllung erforderlich.



Um die oberflächige Lagestabilität im gesamten wiederverfüllten Bereich sicherzustellen, wird die Korngröße des für die Wiederverfüllung einzubringenden Materials in Abhängigkeit von den Strömungsgeschwindigkeiten im Sund gewählt. Von den Ufern ausgehend wird der Graben mit Sand und daran angrenzend mit Feinkies (Korngröße 2–6,3 mm) verfüllt. Im Bereich mit höheren Strömungsgeschwindigkeiten zur Mitte des Sunds hin wird Mittelkies (Korngröße 6,3–20 mm) verwendet. Auf diese Weise werden sowohl sandige Weichböden im ufernahen Flachwasser als auch steinige Substrate in den tieferen Bereichen wiederhergestellt.

Damit die wiederhergestellten Strukturen und Biotope dem ursprünglichen Ausgangszustand möglichst nahekommen, werden die vorhabenbedingt entnommenen Steine bauzeitlich zwischengelagert und später wieder eingebracht (vgl. Maßnahme 062_A im Landschaftspflegerischen Begleitplan (LBP, Unterlage Nr. 17.01.001, Kap. 4.2.2.1).

Die Verfüllung erfolgt grundsätzlich bis zur Höhe des ursprünglichen Meeresbodens. Dabei wird mit den sandigen Sedimenten überwiegend eine Mindestbedeckung der Schutzschichten von 30 cm erreicht, so dass auch für die tiefer im Sediment lebenden Arten wie Wattwurm und Sandklaffmuschel ein geeigneter Lebensraum geschaffen wird.

Die Einbringung der sandigen Sedimente im küstennahen Bereich erfolgt zudem in Abstimmung mit der Maßnahme 059_A zur Kompensation von Verlusten der nach § 30 BNatSchG geschützten Seegraswiesen. Diese sieht vor, im Anschluss an die Wiederverfüllung des Tunnelgrabens im Eingriffsbereich oder angrenzend durch gezielte Initialbepflanzung wieder Seegraswiesen im Umfang von 9,392 ha zu entwickeln. Voraussetzung dafür ist eine Bedeckung der zu bepflanzenden Flächen mit mindestens 20 cm Feinsand. Dies kann durch Einbringen von Feinsand oder durch natürliche Sedimentationsprozesse erreicht werden. Ist innerhalb eines Jahres nach Abschluss der Bauarbeiten im Fehmarnsund die erforderliche Mindesthöhe von 20 cm nicht erreicht, muss gemäß LBP (Unterlage Nr. 17.01.001, Kap. 4.2.2.1) Feinsand aktiv eingebracht werden.

In den zentralen Bereichen des Fehmarnsundes, in denen das ursprüngliche Niveau bereits durch die Schutzschicht aus Natursteinen wieder erreicht wird, werden mit den kiesigen Substraten lediglich die Lücken zwischen den großen Steinen verfüllt, um eine möglichst große Annäherung an den Ausgangszustand zu erreichen.

Die beschriebene Maßnahme erfolgt im Anschluss an die Herstellung der Schutzschichten. Verwendet werden Sedimente aus zugelassenen Sand- und Kiesgewinnungsgebieten in der deutschen oder dänischen ausschließlichen Wirtschaftszone der Ostsee.

Um mögliche gebiets- und artenschutzrechtliche Konflikte zu vermeiden

- werden zur Vervollständigung der Wiederverfüllung Sedimente und Steine aus der deutschen und dänischen Ostsee verwendet, um die Gefahr der Einschleppung gebietsfremder Arten so weit wie möglich zu minimieren,
- werden nur Sedimente und Steine aus genehmigten Entnahmestellen sowie bei Baubeginn im Eingriffsbereich geborgene und bauzeitlich zwischengelagerte Steine (siehe Maßnahme 062_A des LBP), aber keine Bruchsteine verwendet,
- erfolgen die Maßnahmen zur vollständigen Wiederverfüllung außerhalb der Hauptrastzeit der marinen Rastvögel, also nicht in der Zeit zwischen Mitte Oktober und Mitte April.



Die Maßnahme 1 zur Wiederherstellung des LRT 1160 im Bereich des Tunnelgrabens durch naturnahe vollständige Wiederverfüllung ist als Maßnahme 057_K auch Bestandteil des Landschaftspflegerischen Begleitplans (vgl. Unterlage 17.01.001, Kap. 4) und in den landschaftspflegerischen Maßnahmenplänen (Unterlagen 17.05.004 und 17.05.006) dargestellt.

4.4.2 Maßnahme 2 zur Anlage von geogenen Riffen des LRT 1170

Zum Ausgleich der vorhabenbedingten Riffverluste (19,34 ha Verlust des LRT 1170) werden auf einer Fläche von 25 ha nordwestlich von Fehmarn neue geogene Riffe angelegt. Ziel der Maßnahme ist es, in dem gegenwärtig durch sandige Sedimente geprägten Flachwasserbereich durch die Einbringung von Steinen und Findlingen rifftypische Strukturen aus naturnahen Hartsubstraten bereitzustellen und damit die Voraussetzungen für die Entwicklung typischer benthischer Gemeinschaften mit entsprechenden Lebensraumfunktionen zu schaffen (vgl. Unterlage 18.04.002, Kap. 4.3.2).

Für die Maßnahme wurde eine 25 ha große Fläche innerhalb der auf der Basis der Untersuchungen von IFAÖ (2025b, Unterlage 47.02.01) bestimmten Prioritätsfläche ausgewählt (vgl. Abb. 11).

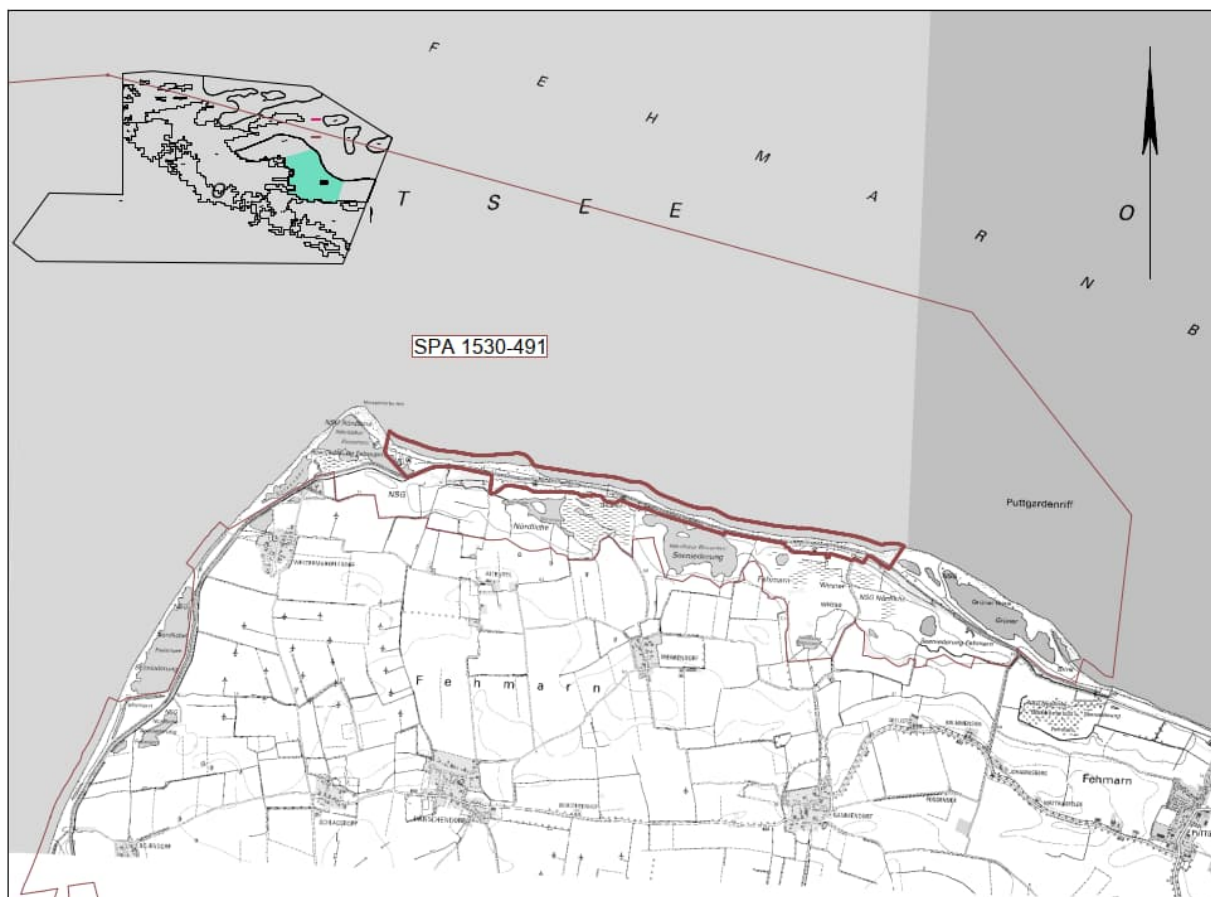


Abb. 11: Lage der Riffkompensationsfläche

Quelle: Landschaftspflegerischer Begleitplan, Maßnahmenplan (Unterlage Nr. 17.06.001)

Der Prioritätsbereich liegt in einem Kampfmittelverdachtsbereich. Die genaue Abgrenzung der Maßnahmenfläche muss an das Ergebnis der Kampfmitteluntersuchung im Rahmen der Ausführungsplanung angepasst werden. Müssen Teile der Fläche aufgrund von Funden ausgespart werden, kann die Maßnahmenfläche innerhalb des Prioritätsbereichs verschoben oder vergrößert werden.



Zur Anlage der Riffe werden auf der Maßnahmenfläche unter Berücksichtigung der folgenden Anforderungen Steine eingebracht:

- Es werden ausschließlich glazigene Steine verwendet.
- Es wird insgesamt ein Bedeckungsgrad der Steine von ca. 15 % angestrebt. Dieser orientiert sich an dem von der GEOGROUP (2024, Unterlage 47.03.002) ermittelten durchschnittlichen Bedeckungsgrad im Kernbereich der nahegelegenen Riffe von 10 % für Steine mit ≥ 25 cm Durchmesser und einem Aufschlag von 5 % für Kiese und Steine mit einem geringeren Durchmesser.
- Mindestens 70 % der Steine werden einen Durchmesser von 60–100 cm haben, die übrigen einen Durchmesser von 30–60 cm.
- Die Steine werden so ausgebracht, dass ein Mosaik aus unterschiedlichen vertikalen Strukturen entsteht.
- Sofern es lokal zur Erhöhung der Tragfähigkeit der Sedimente angezeigt ist, wird zusätzlich eine stabilisierende Filterschicht aus Grobsand, Kies und Steinen eingebracht. Diese kommen auch in natürlichen Riffen vor und erhöhen die Strukturvielfalt zusätzlich.

Die Steine werden vom Schiff aus positionsgenau ausgebracht. Sie werden mit einem Bagger über die Bordwand gehoben und sinken dann von der Wasseroberfläche auf den Meeresboden ab. Es wird sichergestellt, dass die Steine nicht übereinander liegen und eine lückige Bedeckung entsteht. Die Lage, der Bedeckungsgrad und der strukturelle Aufbau des Riffs wird durch Befahrung mit einem Sidescan-Sonar kontrolliert und dokumentiert.

Um mögliche gebiets- und artenschutzrechtliche Konflikte durch Störung überwinternder Rast- und Zugvögel auszuschließen, erfolgen die Maßnahmen außerhalb der Hauptrastzeit, also nicht in der Zeit vom 15.10. bis 15.04.

Die Maßnahme zur Anlage geogener Riffe des LRT 1170 ist als Maßnahme 061_K auch Bestandteil des Landschaftspflegerischen Begleitplans (vgl. Unterlage 17.01.001, Kap. 4) und in den landschaftspflegerischen Maßnahmenplänen (vgl. Unterlage 17.06.001) dargestellt.



5 Wirkfaktoren

Im Folgenden werden die Wirkfaktoren beschrieben. Diese sind dem FB WRRL (Unterlage 20.01.001) sowie der Verträglichkeitsprüfung für das FFH-Gebiet „Meeresgebiet der östlichen Kieler Bucht“ (Unterlage 18.04.001) entnommen. Einige Wirkfaktoren wurden im Vergleich zum Fachbeitrag WRRL zusätzlich aufgenommen, da sie speziell für die hier im Fachbeitrag MSRL zu betrachtenden Artengruppen marine Säugetiere, Fische und Vögel relevant sind. Diese Artengruppen sind im FB WRRL dagegen nicht zu betrachten.

5.1 Baubedingte Wirkfaktoren

Baubedingte Wirkfaktoren umfassen die Baustelleneinrichtungen und den Baustellenbetrieb, sowie die mit dem Betrieb von Baumaschinen und dem Materialtransport auf der Baustelle verbundenen stofflichen Emissionen und Störwirkungen, die während der Bauzeit auftreten können.

5.1.1 Morphologische Verhältnisse (Sub-, Eu-, oder Supralitoral)

Die folgenden baubedingten Aktivitäten zur Errichtung der FSQ verursachen die Projektwirkung morphologische Verhältnisse (Sub-, Eu-, oder Supralitoral), die eine Veränderung der Gewässerstruktur im Sohl- und/oder Uferbereich zur Folge haben: Nassbaggerung Trockendock, Bauwerk Trockendock, Errichtung und Betrieb Bauhafen, Nassbaggerung der Absenkrinne, Bauwerk Absenktunnel, Wiederherstellung des Küstenstreifens, Ankerzone mit Ankerpunkten, Nassbaggergutverbringung

Absenktunnel

Im Bereich der Tunneltrasse (ca. 1,5 km Länge und durchschnittlich ca. 140 m Breite) wird der ursprüngliche Meeresboden (Sublitoral) entfernt. Dabei kommt es zu einem Habitat- und Funktionsverlust, da der größte Teil der im Bereich des Tunnelgrabens siedelnden benthischen Gemeinschaft durch die Bauaktivitäten absterben.

Für das Trockendock und den Arbeitshafen erfolgt der Aushub von der Meereseite aus, sodass für den gesamten Bereich vom Tunnelgraben bis zum Trockendock ebenfalls ein temporärer Habitat- und Funktionsverlust für die dort ansiedelnde Flora und Fauna entsteht. Die ursprüngliche Küstenform wird durch die Baggerarbeiten im Bereich des Trockendocks und des Arbeitshafens für den Zeitraum der Bauarbeiten zerstört. Nach dem Rückbau des Trockendocks und des Arbeitshafens wird die ursprüngliche Küstenlinie wieder hergestellt.

Durch die Fertigstellung des Tunnelbauwerks und die anschließende Verfüllung des restlichen Tunnelgrabens wird im Bereich der Küste (Wassertiefen < 2 m) das ursprüngliche Sohlprofil wiederhergestellt (Unterlage 51.02, Kapitel 8.1.3.1). In den tieferen Bereichen wird das ursprüngliche Sohlprofil mit Riffen im Rahmen einer Verminderungsmaßnahme auch wiederhergestellt, sodass nach der Wiederverfüllung des Tunnelgrabens dieser Bereich wiederbesiedelt werden kann bzw. die Wiederansiedlung von Seegraswiesen durch Pflanzungen unterstützt wird (vgl. Kapitel 4.4.1).

An die Böschungsoberkante des Tunnelgrabens schließt sich jeweils eine ca. 60 m breite Sicherheitszone an, in der zum Schutz der Grabenböschung keine baubedingte Nutzung geplant ist. Jedoch werden jenseits der Sicherheitszone Ankerpunkte in den angrenzenden Ankerzonen benötigt (s. Abb. 1). Durch die Anker und die Ankerketten kommt es sowohl in den Anker- wie auch in den Sicherheitszonen punktuell ebenfalls zu einer Beeinträchtigung der bestehenden benthischen Flora, Fauna und Lebensraumfunktionen. Eine Verortung der Ankerungen ist zum gegenwärtigen



Planungsstand nicht möglich. Es wird aber erwartet, dass auf bis zu 2,5 % der Anker- und Sicherheitszonen über einen Zeitraum von 2,5 Monaten (pro Ankerpunkt) Beeinträchtigungen des Meeresbodens und seiner Lebensraumfunktionen erfolgen.

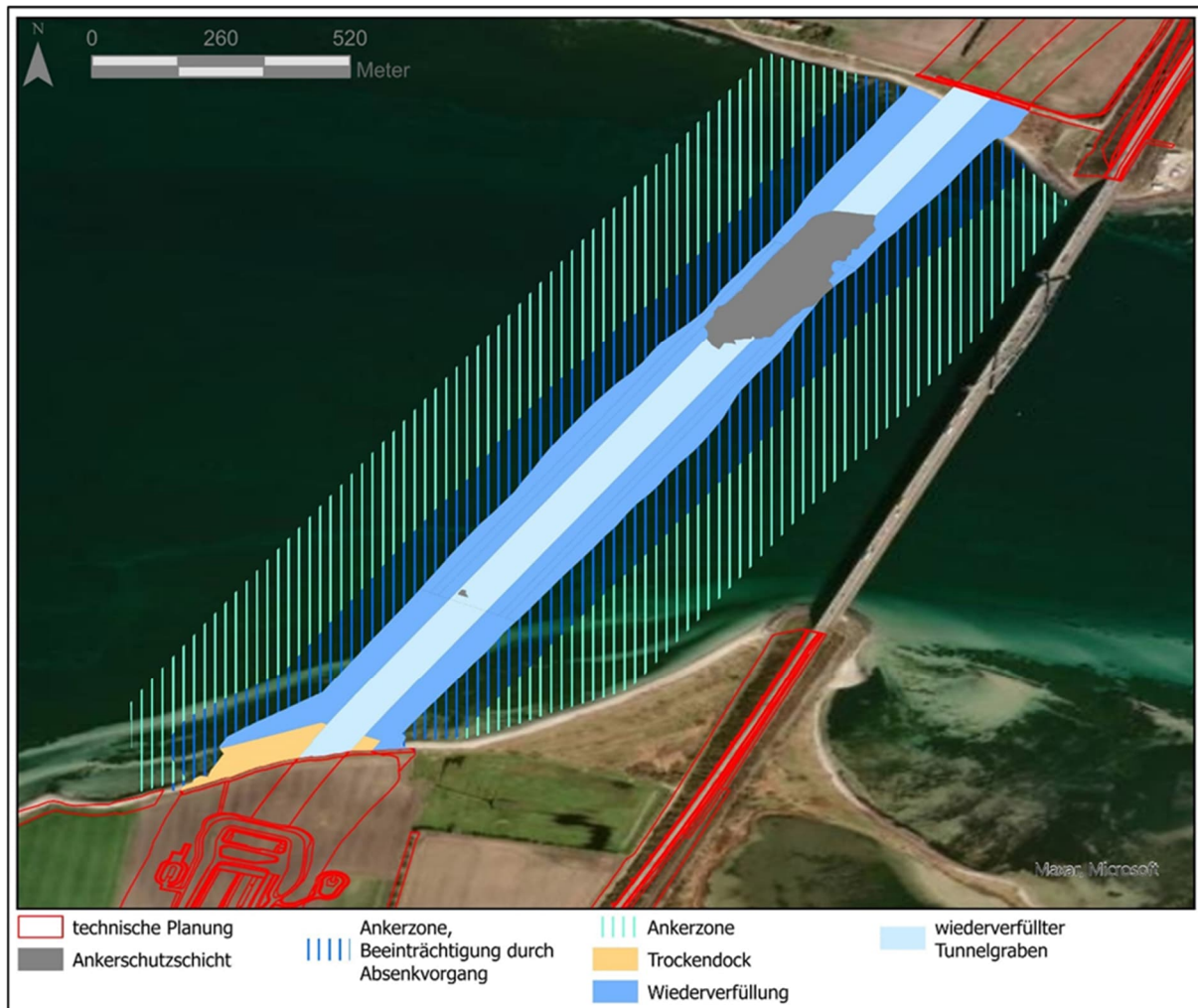


Abb. 12: Darstellung der Flächeninanspruchnahme im marinen Bereich nach der technisch notwendigen Wiederverfüllung

Eine zusätzliche Beeinflussung des Meeresbodens kann durch die Freisetzung vom Schwebstoffen während der Bauphase und deren anschließende Sedimentation entstehen. Die Auswirkungen der Schwebstoffe und der daraus resultierenden Sedimentation während der Bauphase werden in Kapitel 5.1.6 beschrieben.

Die Küstenmorphologie (Eulitoral) wird ebenfalls durch die Änderung der küstenparallelen Durchgängigkeit (Kapitel 5.1.4) im speziellen durch die Änderung der Sedimenttransportraten beeinflusst. Während der Bauzeit wird der nach Osten gerichtete Sedimenttransport nahezu vollständig durch die Tunneltrasse unterbrochen, sodass sich westlich der Tunneltrasse weniger Sedimente während der Bauzeit ablagern (Unterlage 20.01.001, Kap. 5.1.1.2.2.1.2.3). Durch die Fertigstellung des Tunnelbauwerks und die anschließende Verfüllung des restlichen Tunnelgrabens wird das ursprüngliche Sohlprofil wieder hergestellt, sodass nach Abschluss der Baumaßnahmen der natürliche Sedimenttransport wieder stattfinden kann und die Küstenmorphologie wieder hergestellt wird (Kapitel 5.2.1).



Die Einleitung aus der Oberflächenentwässerung der Baufelder, Bodenlagerflächen und angeschlossenen Verkehrsflächen erfolgt über lokale Gräben oder direkt in die Ostsee. Die Einleitung aus dem Spülfeld und aus den Wasserhaltungen erfolgt direkt in die Ostsee. Bei der Einleitung über lokale Gräben werden die Einleitungen in die Gräben auf den Landschaftsabfluss begrenzt und bei Notwendigkeit gedrosselt. Damit findet keine Änderung des Spitzenabflusses bei Einleitung und keine relevante Änderung der Gewässerstruktur im Sohl- und Uferbereich statt. Bei den Einleitungen aus der Grundwasserhaltung in die Ostsee wird die Einleitgeschwindigkeit auf 0,8 m/s begrenzt. Relevante Änderungen der Gewässerstruktur im Sohl- und Uferbereich sind somit ebenfalls ausgeschlossen. Die Einleitung aus der Spülleitung erfolgt ca. 500 m vom Ufer entfernt aus einer schwimmenden Leitung im Bereich der Wasseroberfläche. Auswirkungen auf den Sohl- und Uferbereich sind somit auch ausgeschlossen.

Nassbaggergutverbringung

Der im Bereich der Tunneltrasse anfallende Nassaushub wird im Küstenmeer Schlei /Trave auf eine ca. 50 ha große Fläche verbracht (Verbringungsfläche siehe Abb. 13). Innerhalb dieser Fläche werden die Verbringungen im Abstand von 50 m zueinander stattfinden. Durch diese Verbringung und der damit verbundenen Ablagerung des Sedimentes verändert sich lokal die Morphologie des Meeresbodens. Es wird sowohl die Sohlhöhe als auch die Beschaffenheit des Untergrundes verändert. Weiterhin ist durch Bewegung der Sedimente am Meeresgrund und Verdriftung der in der Wassersäule gelösten Schwebstoffe während des Absenkvorgangs mit einer Ablagerung von Sedimenten auch im angrenzenden Bereich außerhalb der Verbringungsfläche zu rechnen (DMT 2025a, Unterlage 51.04).

In Abb. 13 sind die relevanten Ablagerungshöhen resultierend aus der Verbringung des Nassbaggergutes im Bereich der Verbringungsfläche gemäß (Unterlage 51.04) dargestellt. Punktuell ergeben sich Ablagerungshöhen von bis zu 6,7 m. Dies entspricht an dieser Stelle einer neuen Wassertiefe von -16,8 m NHN. Die Ablagerungen erstrecken sich über die Grenze der 50 ha großen Verbringungsfläche hinaus. In einem Bereich von 146 ha ergeben sich Ablagerungen von mehr als 10 cm. In einem Bereich von 568 ha ergeben sich Ablagerungen von mehr als 1 cm.



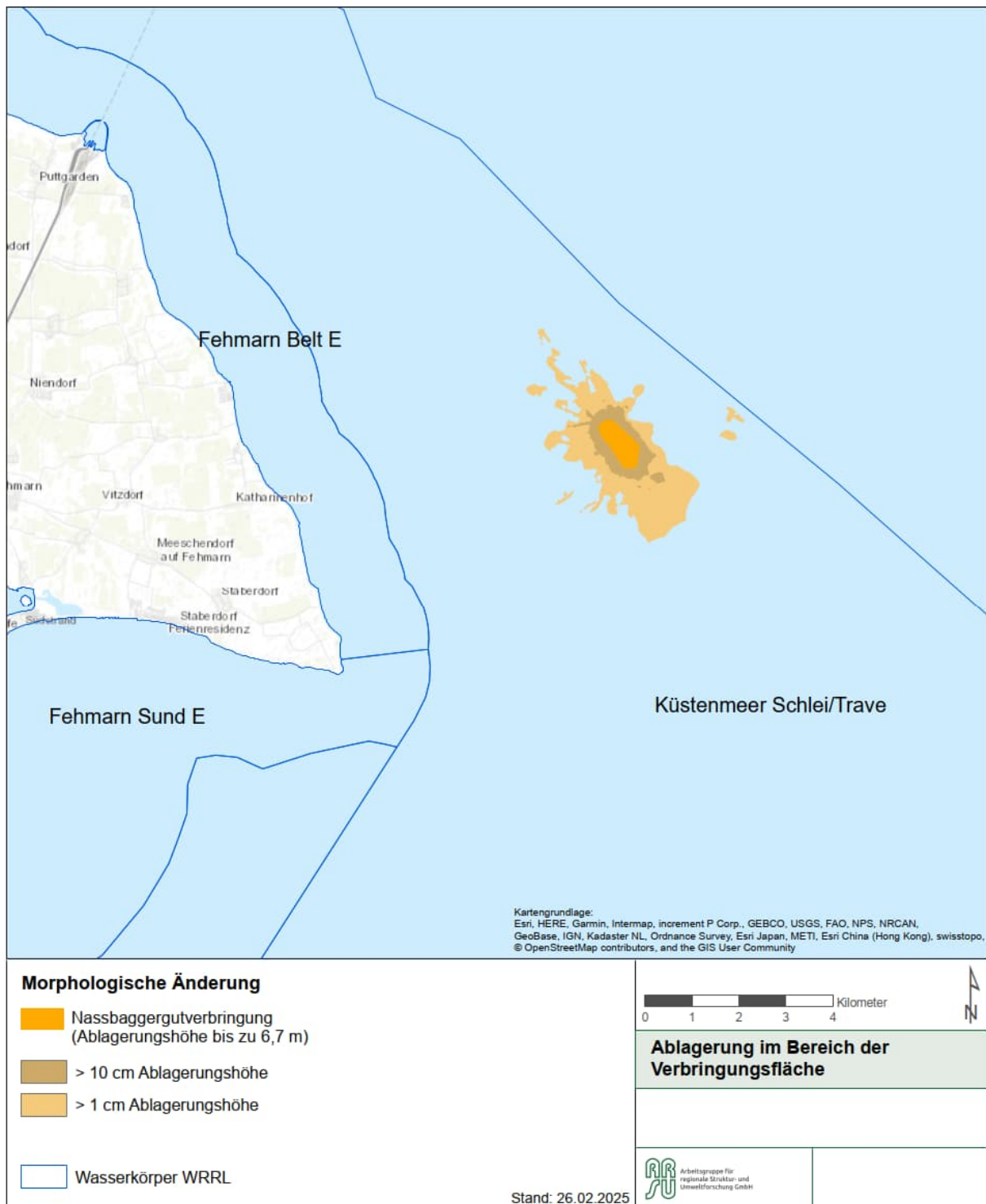


Abb. 13: Bereiche mit relevanten Ablagerungshöhen resultierend aus der Verbringung
(Verbringungsfläche orange) gemäß Unterlage 51.04

5.1.2 Wasserspiegellage / Tidenhub

Die folgenden baubedingten Aktivitäten zur Errichtung der FSQ verursachen potentiell die Projektwirkung Wasserspiegellage / Tidenhub: Nassbaggerung Trockendock, Bauwerk Trockendock, Errichtung und Betrieb Bauhafen, Nassbaggerung der Absenkrinne, Bauwerk Absenktunnel, Wiederherstellung des Küstenstreifens, abgelagertes Nassbaggergut. Der Wirkfaktor Wasserspiegellage /Tidenhub resultiert aus dem WF morphologische Verhältnisse.



Absenktunnel

Die Veränderungen der Wasserspiegellage wurden mit der hydronumerischen Modellierung (DMT 2025b, Unterlage 51.02) berechnet und ausgewertet. Es wurden minimale, mittlere und maximale Änderungen des Wasserstandes an den Extraktionspunkten (Lage siehe FB WRRL, Unterlage 20.01.001, Kapitel 2.2.2.1) bestimmt. Im Mittel wurden keine Änderungen des Wasserstandes durch das Modell berechnet. Die maximalen Differenzen stellen sich am Extraktionspunkt Trasse (innerhalb der Tunneltrasse) mit +3 cm ein. Die minimale Differenz stellt sich an der Position ADCP2 (unmittelbar östlich der Trasse) mit -2 cm ein. Die Standardabweichung des gemessenen Wasserstands liegt im untersuchten Zeitraum bei 0,21 m, die Schwankungsbreite des Wasserstands liegt bei über 1,50 m. Die Auswirkungen des Tunnelbaus auf den Wasserstand sind somit gering, beschränken sich auf den Bereich der Tunneltrasse und treten nur bei starken Windereignissen auf.

Durch die Fertigstellung des Tunnelbauwerks und die anschließende Verfüllung des restlichen Tunnelgrabens wird im Bereich der Küste (Wassertiefen < 2 m) das ursprüngliche Sohlprofil wiederhergestellt (Unterlage 51.02, Kapitel 8.1.3.1). In den tieferen Bereichen wird das ursprüngliche Sohlprofil mit Riffen im Rahmen einer Verminderungsmaßnahme auch wiederhergestellt, sodass nach der Wiederverfüllung des Tunnelgrabens keine Auswirkungen des Tunnelbaus auf den Wasserstand vorhanden sind (vgl. Kapitel 5.2.2).

Nassbaggergutverbringung

Die Veränderungen der Wasserspiegellage durch die Nassbaggergutverbringung wurden mit der hydronumerischen Modellierung (DMT 2025a, Unterlage 51.04) berechnet und ausgewertet. Es wurden minimale, mittlere und maximale Änderungen des Wasserstandes nach Abschluss der Verbringung gegenüber dem Ist-Zustand berechnet.

Im Mittel werden keine Änderungen des Wasserstandes durch das Modell berechnet. Die minimalen und maximalen Differenzen sind deutlich kleiner als 1 cm und nur im Modell nachweisbar. Auch bei starken Windereignissen ergeben sich keine Wasserstandsänderungen außerhalb der potenziellen Verbringungsfläche. Der Vergleich der Modellergebnisse an der repräsentativen Messstelle Fehmarnbelt E nach Abschluss der Verbringung gegenüber dem Ist-Zustand zeigt keine Beeinflussung des Wasserstandes. Die Auswirkungen auf den Wasserstand sind somit gering, beschränken sich auf den Bereich der Verbringfläche und treten nur bei starken Windereignissen auf.

5.1.3 Seegang / Exposition

Veränderungen des Seegangs (Wellenhöhen) und der Exposition in Folge von Anlagenbau im Gewässer sowie in Folge von naturnahen und naturfernen Gewässerausbau können durch folgende baubedingte Aktivitäten zur Errichtung der FSQ verursacht werden: Nassbaggerung Trockendock, Bauwerk Trockendock, Errichtung und Betrieb Bauhafen, Nassbaggerung der Absenkrinne, Bauwerk Absenktunnel, Wiederherstellung des Küstenstreifens. Dieser Wirkfaktor resultiert aus dem WF morphologische Verhältnisse.

Absenktunnel

Die Veränderungen des Seeganges wurden mit der hydronumerischen Modellierung (DMT 2025b, Unterlage 51.02) für die Parameter signifikante Wellenhöhe und die mittlere Wellenrichtung berechnet und ausgewertet. Die Auswirkungen auf die mittlere signifikante Wellenhöhe beschränken sich im Mittel auf die ufernahen Bereiche innerhalb der Trasse. In diesen Bereichen erhöht sich die



mittlere signifikante Wellenhöhe um maximal 0,07 m (vgl. Abb. 14). In den restlichen Bereichen liegen die absoluten Änderungen unter 0,02 m.

Die Änderungen in den maximalen Wellenhöhen sind auf die größeren Wassertiefen im Tunnelgraben zurückzuführen, da in den tieferen Bereichen weniger Energie verloren geht. Die stärkste Erhöhung der maximalen Wellenhöhen findet am Uferbereich auf Fehmarnner Seite statt. Hier ergeben sich sehr lokal im Bereich der Tunneltrasse Erhöhungen von bis zu 30 cm. Im südlichen Bereich des Fehmarnsundes ergeben sich entlang der Tunneltrasse Erhöhungen von bis zu 16 cm (vgl. Abb. 15).

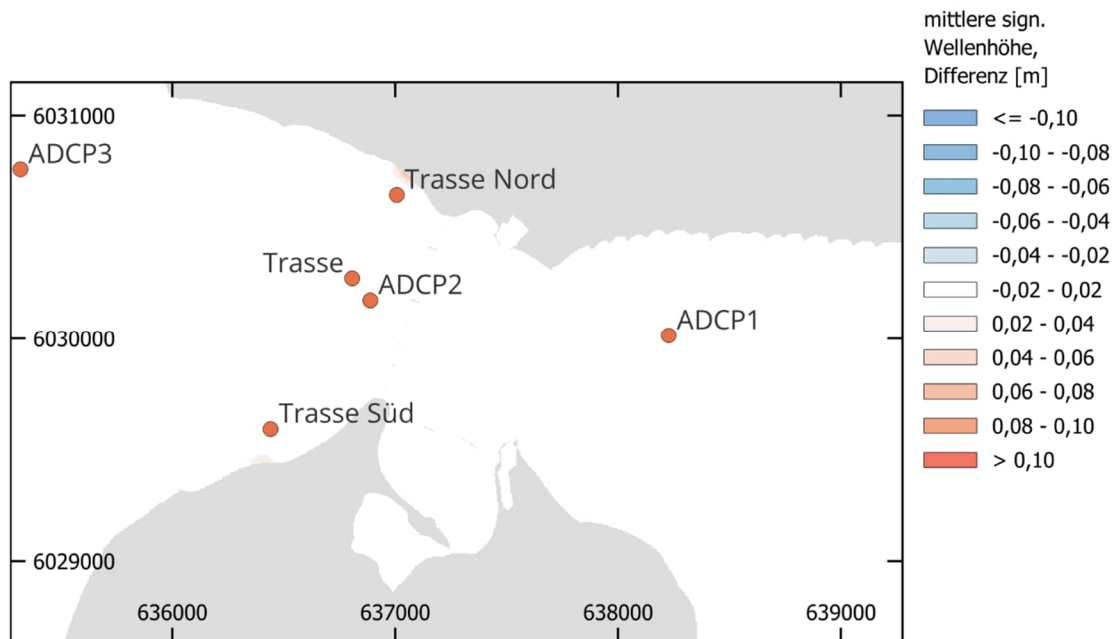


Abb. 14: Änderungen der mittleren signifikanten Wellenhöhe im Bauzustand im Vergleich zum Ist-Zustand

blau: kleinere Wellenhöhen, rot: größere Wellenhöhen; Quelle: Unterlage 51.02, Abb. 116

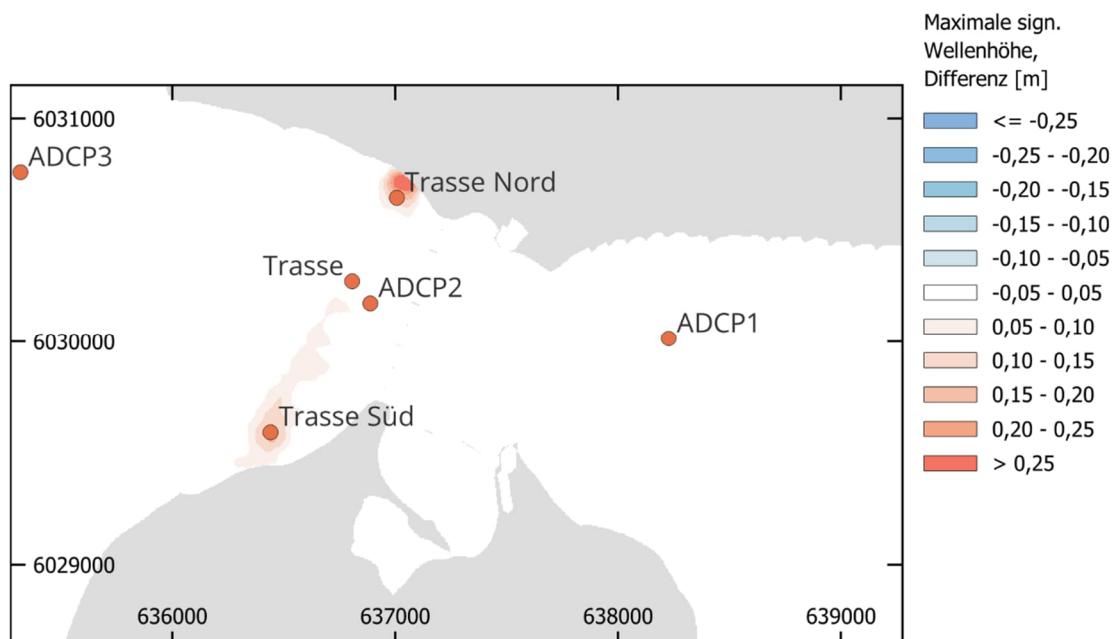


Abb. 15: Änderungen der maximalen signifikanten Wellenhöhe im Bauzustand im Vergleich zum Ist-Zustand

blau: kleinere Wellenhöhen, rot: größere Wellenhöhen; Quelle: Unterlage 51.02, Abb. 117

Eine messbare Änderung in den Wellenrichtungen erfolgt nur im Trassenbereich des Tunnelgrabens (Tab. 2) und beträgt im südlichen ufernahen Bereich bis zu $-5,0^\circ$. In der Mitte und am nördlichen Ende der Trasse betragen die Abweichungen nur $+1,6^\circ$ bzw. $+0,9^\circ$.

Tab. 2: Änderung der mittleren Wellenrichtung im Fehmarnsund im Bauzustand gegenüber dem Ist-Zustand

Quelle: Unterlage 51.02, Tab. 55

Beurteilungspunkt	Änderung der mittleren Wellenrichtung in Grad ($^\circ$)
Extraktionspunkt Trasse	+1,6
Extraktionspunkt Trasse Nord	+0,9
Extraktionspunkt Trasse Süd	-5,0
ADCP2	-0,2

Nassbaggergutverbringung

Durch die Nassbaggergutverbringung verringert sich die ursprüngliche Sohlhöhe um maximal 6,7 m, liegt aber immer noch in einer Tiefe von -16,8 m (vgl. Abb. 16). Aufgrund der geschaffenen Erhöhung kommt es zu einer geringfügigen, aber messtechnisch schwer nachweisbaren Wellenerhöhung. *"Aufgrund der Wassertiefe lässt sich ausschließen, dass die Welle direkt in den Kontakt mit dem verbrachten Material in 14 m Wassertiefe kommt oder dadurch direkt beeinflusst wird. Dennoch können die o.g. sekundären Strömungen eine Beeinflussung erfahren. Dies kann zu einer geringen lokalen Erhöhung (wenige cm) der Wellenhöhe führen. [...] In der Natur wird sich der Effekt nicht oder nur schwer nachweisen lassen. Hier handelt es sich um rechnerische Änderungen, die messtechnisch nicht oder nur schwer zu erfassen wären."* (Angaben DMT vom 07.03.2025, E-Mail).



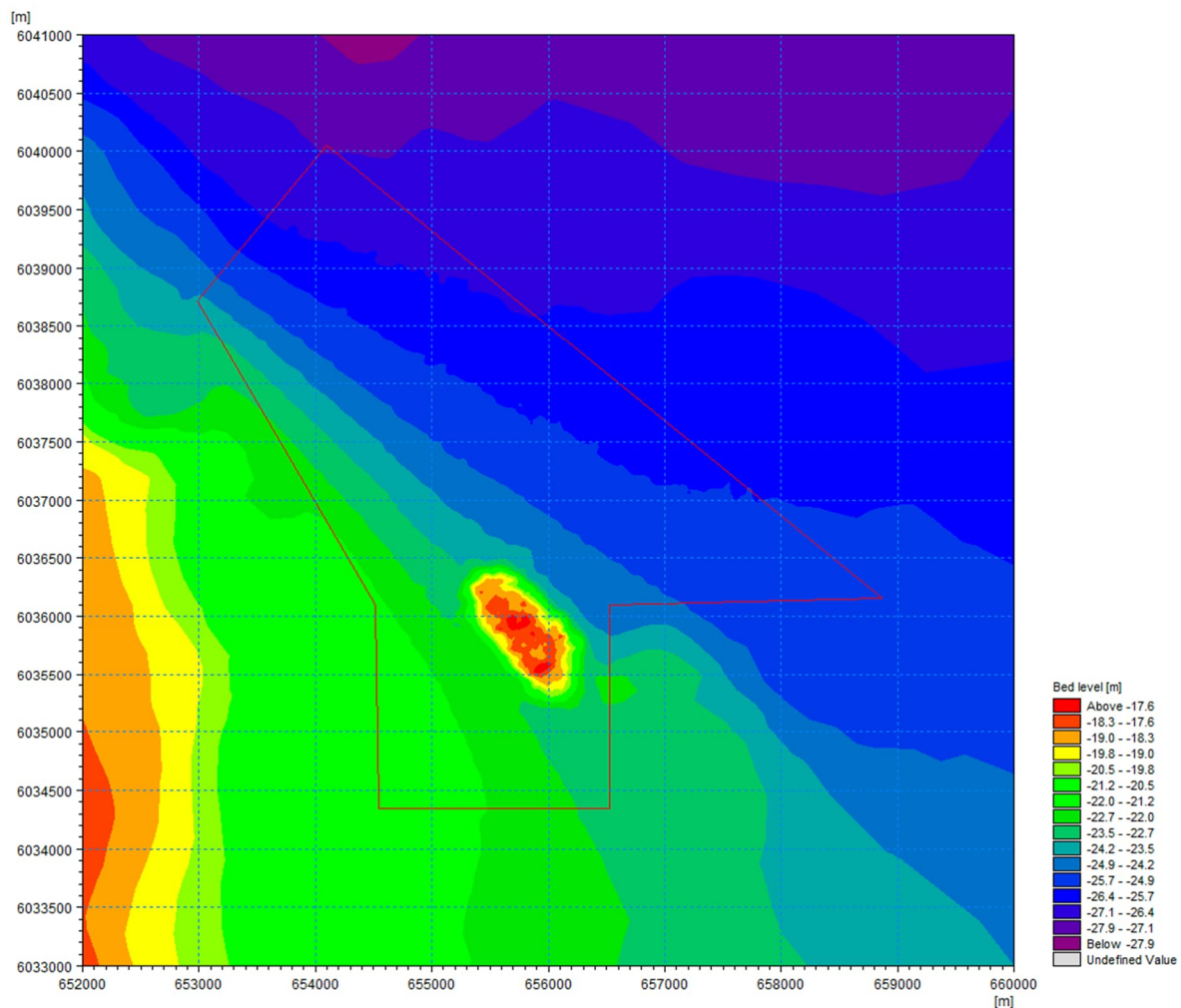


Abb. 16: Sohlhöhen nach Abschluss der Verbringungsarbeiten im Bereich der Verbringungsfläche
 Quelle: Unterlage 51.04, Abb. 14

5.1.4 Durchgängigkeit (küstenparallel / küstennormal)

Die Veränderungen der Durchgängigkeit (küstenparallel / küstennormal) für aquatische Organismen und das Sediment in Folge von Veränderungen des Profils sowie die Veränderungen der lateralen Durchgängigkeit im Sinne der Quervernetzung von Küstengewässern und dem Ufer können durch folgenden baubedingten Aktivitäten zur Errichtung der FSQ verursacht werden: Nassbaggerung Trockendock, Errichtung und Betrieb Bauhafen, Nassbaggerung der Absenkrinne, Bauwerk Absenktunnel, Wiederherstellung des Küstenstreifens. Der Wirkfaktor „Durchgängigkeit“ resultiert aus dem WF morphologische Verhältnisse.

Durch die Errichtung des Tunnelgrabens ändert sich die Durchgängigkeit sowohl küstenparallel als auch küstennormal während der Bauzeit im Bereich des Grabens.

Im Küstenbereich der Festlandseite wird der Sedimenttransport in Richtung Osten nahezu unterbunden. Zwischen dem Tunnelgraben und den Brückenpfeilern der Bestandsbrücke wird der Sedimenttransport ebenfalls reduziert. Der Sedimenttransport über einen Bypass um die Brückenrampe bleibt jedoch erhalten und beläuft sich auf ca. 4.700 m³/a auf. Zwischen Tunnelgraben und Brückenrampe kommt es zu Abtragungen, die sich während einem Jahr Bauzeit auf natürliche Weise voraussichtlich nicht wieder auffüllen und sich auf die oben genannten 4.700 m³ berufen.



Östlich der Brücke sind keine Einflüsse zu erwarten, da der Sedimenttransport sehr gering ausfällt. Die Brückenrampe verhindert eine direkte Beeinflussung durch den Tunnelgraben ebenso wie durch das Trockendock (DMT 2025b, Unterlage 51.02).

Auf der Nordseite des Fehmarnsunds wird der Küstenlängstransport ebenfalls unterbunden. Da hier aber kaum Sedimenttransport stattfindet (auf Profil F1 373 m³/a Richtung Osten) sind Auswirkungen in Sedimenttransportrichtung nur sehr gering (Übersicht der Profile in Unterlage 20.01.001, Kapitel 4.6.2.3.1). Den 373 m³/a (Profil F1) stehen 86 m³/a (Profil F2) aus dem Transport aus Osten gegenüber. Es fehlen somit maximal 287 m³/a (Differenz Profil F1 – F2) als Bypass um die Brückenrampe. Östlich der Brückenrampe findet der Sedimenttransport nahezu ausschließlich Richtung Westen statt (318 m³/a auf Profil F3), welcher durch die Hafenbauten in die Rinne abgelenkt werden. Eine Beeinflussung durch den Tunnelbau ist daher in diesem Bereich ausgeschlossen (Unterlage 51.02, Kapitel 7.7).

Der Graben dient während der Bauzeit als Sedimentationssenke, sodass sich das in den Graben transportierte Material an den Böschungen des Grabens absetzen wird. Dabei wird sich das mit der Strömung von Ost nach West transportierte Material an der östlichen Böschung absetzen, und bei Strömung von West nach Ost am westlichen Hang (Unterlage 51.02, Kapitel 7.5).

Die Durchgängigkeit für sich am Boden fortbewegende Organismen wird ebenfalls aufgrund der Profiländerung durch den Aushub des Grabens geändert. Da diese im Bereich der Trasse durch die Ausbaggerung bereits einen vollständigen Habitatverlust erfahren haben, ist die Durchgängigkeit für diese Organismen während der Bauzeit als nebensächlich zu betrachten.

Durch die Fertigstellung des Tunnelbauwerks und die anschließende Verfüllung des restlichen Tunnelgrabens wird das ursprüngliche Sohlprofil wieder hergestellt, sodass die ursprüngliche Durchgängigkeit nach Abschluss der Baumaßnahmen wieder hergestellt wird. Auswirkungen des Baubetriebs auf großräumig wandernde Arten werden in Kapitel 5.1.14 unter dem Wirkfaktor „Barrierewirkung“ betrachtet.

5.1.5 Strömungsgeschwindigkeit

Veränderungen der Strömungsgeschwindigkeiten in Folge von Aus-/Neubau von Anlagen im Gewässer sowie in Folge von naturnahen und naturfernen Gewässerausbau. Die folgenden baubedingten Aktivitäten zur Errichtung der FSQ verursachen die Projektwirkung Veränderung der Strömungsgeschwindigkeit: Nassbaggerung Trockendock, Nassbaggerung der Absenkrinne, Bauwerk Absenktunnel, Ablagerung des Nassbaggerguts auf Verbringungsfläche.

Dieser Wirkfaktor resultiert aus dem Wirkfaktor morphologische Verhältnisse. Die Veränderungen der Strömungsgeschwindigkeiten wurden mit der hydronumerischen Modellierung (DMT 2025b; a, Unterlagen 51.02 und 51.04) berechnet und ausgewertet. Das Modell wurde sowohl im Hinblick auf den Durchfluss im Fehmarnsund und Fehmarnbelt als auch auf die generell während der Bauzeit vorherrschenden Strömungsgeschwindigkeiten ausgewertet. Auch hier erfolgte ein Vergleich der modellierten Ergebnisse für die Bauzeit mit dem Ist-Zustand. Bei den Strömungsgeschwindigkeiten erfolgte die Auswertung an der Gewässersohle und tiefengemittelt über die gesamte Wassersäule. Die Auswertung wurde sowohl flächig als auch an den Extraktionspunkten vorgenommen.



5.1.5.1 Durchfluss

Absenktunnel

Die Änderungen des Durchflusses werden entlang einer Extraktionslinie entlang der Bestandsbrücke ausgewertet, da hier die größte Einengung im Fehmarnsund vorherrscht. Der Auswertungsort erlaubt eine bessere Beurteilung der Veränderung des Durchflusses als entlang der neu geplanten Tunneltrasse, da der Gewässerquerschnitt entlang der Extraktionslinie in allen betrachteten Zuständen unverändert bleibt (DMT 2025b, Unterlage 51.02).

Im Ergebnis zeigt sich eine Verringerung des mittleren Durchflusses im Fehmarnsund, sowohl für die westwärts als auch für die ostwärts gerichteten Strömungen. Die Durchflussmengen verringern sich bei westwärts gerichteter Strömung um $-33,3 \text{ m}^3/\text{s}$ ($-2,0 \%$) und bei ostwärts gerichteter Strömung um $-41,3 \text{ m}^3/\text{s}$ ($-2,3 \%$) (DMT 2025b, Unterlage 51.02).

Im Fehmarnbelt stellt sich bei westwärts gerichteter Strömungsrichtung eine sehr geringe mittlere Änderung des Durchflusses von $-9,2 \text{ m}^3/\text{s}$ und bei ostwärts gerichteter Strömungsrichtung eine ebenfalls geringe Änderung von $+72,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ein. Die prozentuale Änderung beträgt demnach weniger als $-0,1 \%$ bzw. $+0,1 \%$. Sie ist somit eher rechnerischer Art und nicht durch Messungen nachweisbar (Unterlage 51.02, Kapitel 7.1.2). Nach Fertigstellung des Tunnelbauwerks, anschließender technischer Verfüllung des restlichen Tunnelgrabens sowie der vollständigen Wiederverfüllung des Tunnelgrabens im Rahmen einer Verminderungsmaßnahme, wird es im Fehmarnsund auch rechnerisch keine Änderungen im Durchfluss mehr geben (vgl. Kapitel 5.2.4).

Nassbaggergutverbringung

Die Auswertungen der Änderungen des Durchflusses für den Fehmarnsund und den Fehmarnbelt aufgrund der Nassbaggergutverbringung ergaben, dass sich für westwärts gerichtete Strömungen der mittlere Durchfluss im Fehmarnsund ($-1,5 \text{ m}^3/\text{s}$) und Fehmarnbelt ($-9,6 \text{ m}^3/\text{s}$) verringert, während sich bei ostwärts gerichteter Strömung die Durchflussmengen im Fehmarnsund ($+1,8 \text{ m}^3/\text{s}$) und Fehmarnbelt ($+11,0 \text{ m}^3/\text{s}$) in einer vergleichbaren Größenordnung erhöhen. Die prozentuale Änderung beträgt damit im Fehmarnsund weniger als $-0,1 \%$ bzw. $+0,1 \%$ und im Fehmarnbelt weniger als $-0,01 \%$ bzw. $+0,01 \%$ und wird durch Messungen nicht nachweisbar sein (DMT 2025a, Unterlage 51.04).

5.1.5.2 Strömungsgeschwindigkeiten

Absenktunnel

Die größten mittleren Änderungen der Strömungsgeschwindigkeit an der Sohle stellen sich im Bereich der Tunneltrasse nördlich und südlich der Fahrrinne ein. Dies sind die Orte mit den größten Änderungen der Bathymetrie. Die mittleren Änderungen liegen dort im Bereich von $-0,05$ bis $-0,10 \text{ m/s}$ (siehe Abb. 17). Am Extraktionspunkt Trasse liegen die mittleren Änderungen bei lediglich $-0,01 \text{ m/s}$.

Außerhalb der Trasse sind an der Station ADCP2 (direkt östlich der Trasse, vgl. Abb. 15) im Bereich der Sohle noch sehr geringe Änderungen von $0,01 \text{ m/s}$ zu verzeichnen. Sonst treten keine Änderungen der mittleren Geschwindigkeiten an der Sohle außerhalb der Trasse auf. An den repräsentativen Messstellen der Küstengewässer-Wasserkörper gibt es ebenfalls keine Änderung der mittleren Geschwindigkeit an der Sohle durch den Bauzustand.



Am Extraktionspunkt Trasse treten kurzzeitig Änderungen in den Geschwindigkeiten an der Gewässersohle gegenüber dem Ist-Zustand von maximal 0,39 m/s und minimal -0,42 m/s auf. Dies ist durch die starken Änderungen in der Geometrie im Bauzustand begründet.

An den Stationen ADCP1 (östlich der Trasse) bis ADCP3 (westlich der Trasse, vgl. Abb. 15) liegen die kurzzeitigen Änderungen in den Strömungsgeschwindigkeiten zwischen maximal 0,11 m/s und minimal -0,16 m/s (Unterlage 51.02, Kapitel 7.1.3.1).

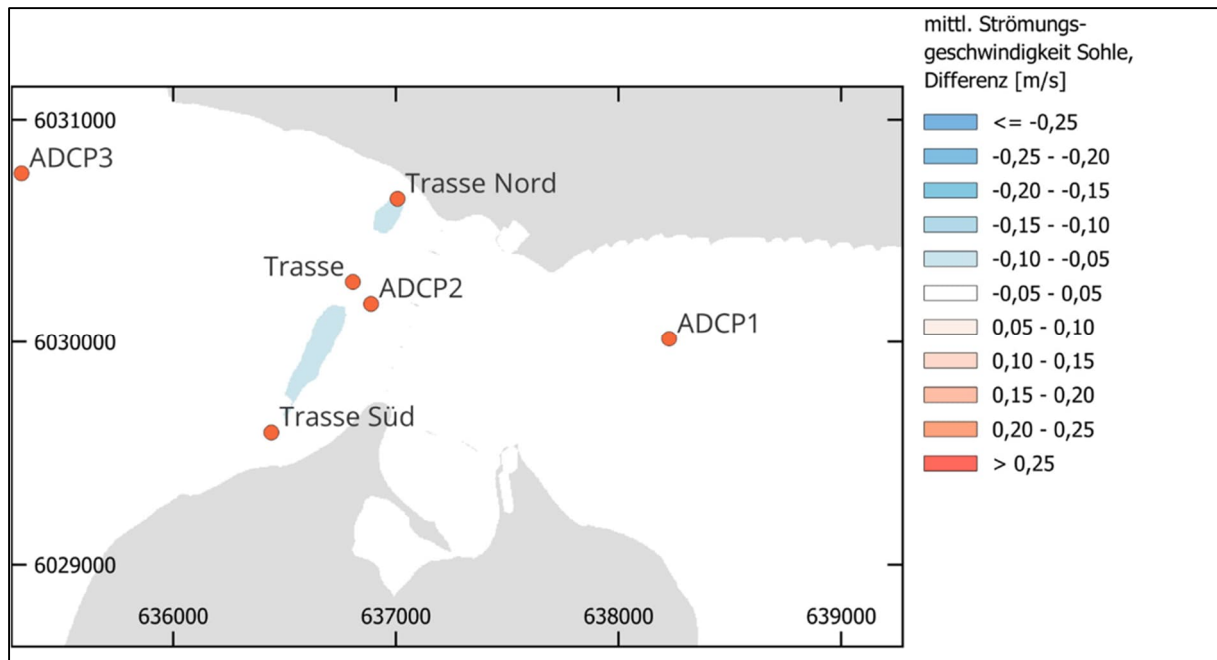


Abb. 17: Berechnete Änderungen der mittleren Strömungsgeschwindigkeit an der Gewässersohle im Bauzustand im Vergleich zum Ist-Zustand
Quelle: Unterlage 51.02, Abb. 112

Die größten mittleren Änderungen tiefengemittelt in der Wassersäule ergeben sich im Bereich der ausgebaggerten Tunneltrasse (siehe Abb. 18). Die größten Verringerungen der Strömungsgeschwindigkeit liegen im Bereich der größten Bathymetrieänderungen und betragen maximal -0,23 m/s. Am südlichen Ufer stellt sich im Bereich westlich des ausgebaggerten Grabens auf Grund von lokalen Strömungsänderungen ein kleiner Bereich mit vernachlässigbaren Erhöhungen der Strömungsgeschwindigkeit von maximal 0,11 m/s (siehe Abb. 18).



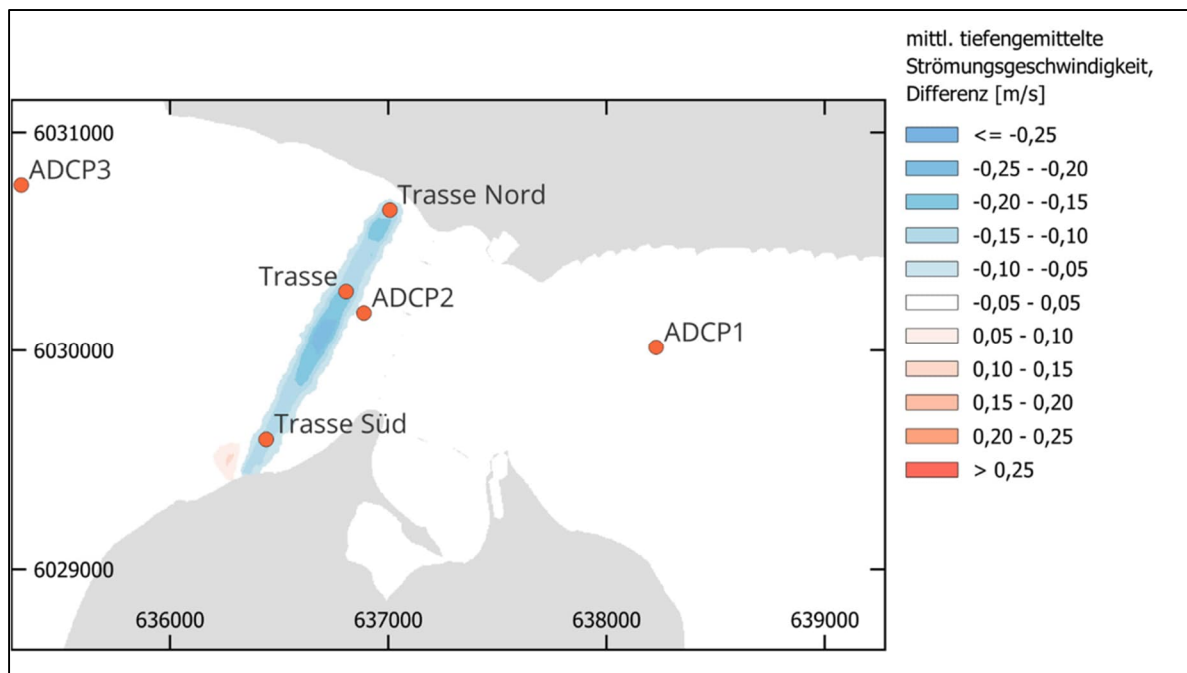


Abb. 18: Berechnete Änderungen der mittleren Strömungsgeschwindigkeit tiefengemittelt in der Wassersäule im Bauzustand im Vergleich zum Ist-Zustand
Quelle: Unterlage 51.02, Abb. 113

Die Verringerung der Strömungsgeschwindigkeiten am Extraktionspunkt Trasse beträgt kurzzeitig bis zu -0,71 m/s. Außerhalb der Trasse liegen die Änderungen in einem vernachlässigbaren Bereich. Nach Fertigstellung des Tunnelbauwerks, anschließender technischer Verfüllung des restlichen Tunnelgrabens sowie der vollständigen Wiederverfüllung des Tunnelgrabens im Rahmen einer Verminderungsmaßnahme, wird es im Fehmarnsund auch rechnerisch keine Änderungen in den Strömungsgeschwindigkeiten mehr geben (vgl. Kapitel 5.2.4).

Nassbaggergutverbringung

Die baubedingte Ablagerung des Nassbaggerguts führt im betroffenen Bereich zu einer dauerhaften Veränderung der Morphologie des Meeresbodens und einer Verminderung der Wassertiefe, die zu einer dauerhaften Änderung des Strömungsregimes und der Hydrodynamik führen. Die möglichen Wirkungen wurden von DMT (2025a, Unterlage 51.04) mit einem hydronumerischen Modell untersucht.

Im Bereich der eigentlichen Verbringungsfläche und unmittelbar angrenzend ist eine Erhöhung der tiefengemittelten mittleren Strömungsgeschwindigkeit zu erwarten (Abb. 19). Die größten Änderungen der mittleren tiefengemittelten Strömungsgeschwindigkeiten mit maximal 0,02 m/s ergeben sich aus der hydronumerischen Modellierung von DMT (2025a, Unterlage 51.04) im Bereich der Verbringungsfläche. Die maximale Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeiten am Mittelpunkt der Verbringungsfläche beträgt kurzzeitig +0,13 m/s, die maximale kurzzeitige Reduzierung beträgt -0,07 m/s. Entlang der Hauptströmungsrichtung reduziert sich die mittlere tiefengemittelte Geschwindigkeit im Bereich nordöstlich der durch die Verbringung geschaffenen Erhöhung um maximal 0,01 m/s. Außerhalb der potenziellen Verbringungsflächen liegen die Strömungsänderungen in einem vernachlässigbaren Bereich.



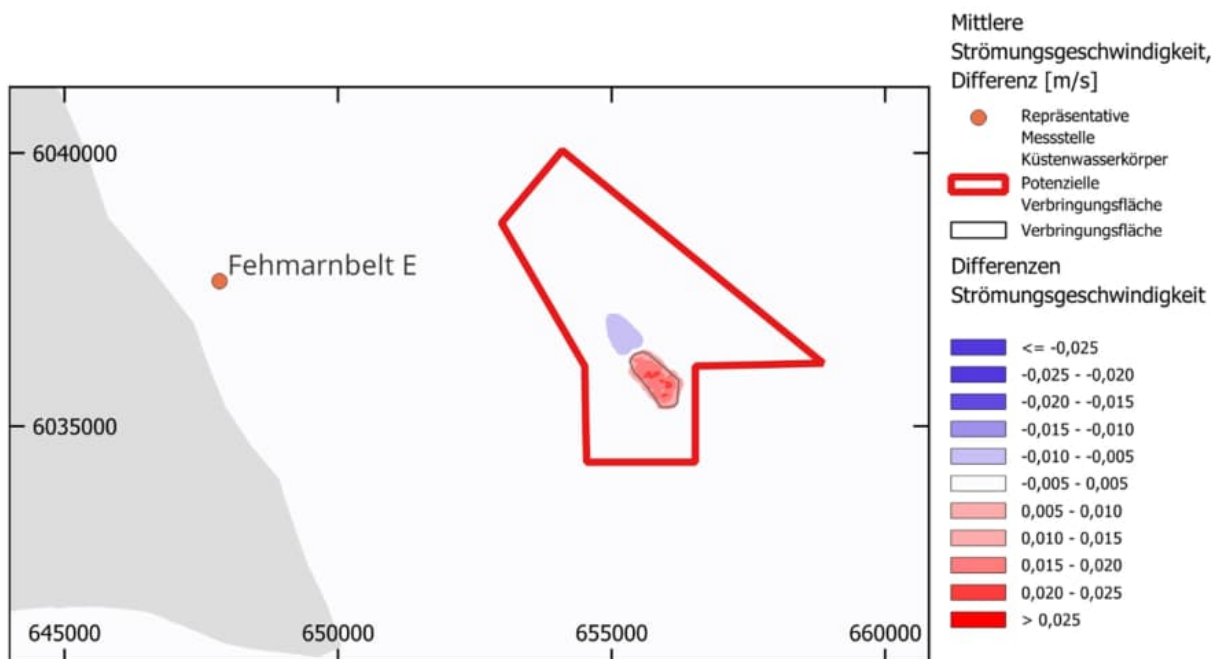


Abb. 19 Änderungen der mittleren tiefengemittelten Strömungsgeschwindigkeit nach Abschluss der Nassbaggergutverbringung östlich von Fehmarn im Vergleich zum Ist-Zustand
Verringerungen sind in blau, Zunahmen in rot dargestellt
Quelle: Unterlage 51.04, Abb. 18

5.1.6 Schwebstoffgehalt

Die folgenden baubedingten Aktivitäten zur Errichtung der FSQ verursachen die Projektwirkung Schwebstoffgehalt: Nassbaggerung Trockendock, Nassbaggerung Absenkrinne, Entwässerung der Baustelleneinrichtungsflächen, Entwässerung der Bodenlagerflächen, Entwässerung von Baustraßen, Einleitungen von Grundwasser aus der Wasserhaltung, mehrfaches Fluten und Lenzen des Trockendocks, Entnahme von Ostseewasser zur Spülung, Einleitung von Spülwasser, Nassbaggergutverbringung.

Absenktunnel

Der durch die im Fehmarnsund geplanten Nassbaggerungen zu erwartende Anstieg der Schwebstoffkonzentrationen und die daraus folgenden zusätzlichen projektbedingten Ablagerungen (Sedimentation) wurden von DMT (2025b, Unterlage 51.02) unter Berücksichtigung des Rücklaufs von den Spülfeldern bei Großenbrode mit einem hydronumerischen Modell untersucht. Detaillierte Informationen zur Methodik, dem verwendeten Modell und den Randbedingungen können dem Bericht zur Auswirkungsprognose auf Hydrografie, Wasserqualität, Sedimente des Meeresbodens und Küstenmorphologie (DMT 2025b, Unterlage 51.02) entnommen werden.

Für die Auswertung der projektbedingten Schwebstoffkonzentrationen wurden von DMT (2025b, Unterlage 51.02) gleitende Mittel über 6 Stunden herangezogen, da diese zur Abbildung der langfristigen Verhältnisse besser geeignet sind als die stündlichen Modellergebnisse. In Abb. 20 werden exemplarisch die durch die Nassbaggerungen für das Trockendock im Bereich des Fehmarnsunds zu erwartenden projektbedingten Schwebstoffkonzentrationen unter Berücksichtigung der in Kapitel 4.3.1 beschriebenen Vermeidungsmaßnahme wiedergegeben. Sie zeigen, dass projektbedingte Schwebstoffkonzentrationen überwiegend in einer Größenordnung von 1–10 mg/l auftreten. Ufernah sind auch Konzentrationen von 100–1.000 mg/l, sehr kleinräumig sogar



von > 1.000 mg/l zu erwarten. Ähnlich hohe Werte aber mit je nach Baggerstandort unterschiedlicher räumlicher Verteilung und Ausdehnung werden auch durch die Nassbaggerungen für den Tunnelgraben prognostiziert. Dabei treten projektbedingt erhöhte Schwebstoffkonzentrationen jeweils insbesondere im sohnahen Bereich auf.

Die Ergebnisse der Modellierung beschreiben die projektbedingt zu erwartende Schwebstoffkonzentration, die temporär zur natürlichen Hintergrundkonzentration hinzukommt. Bei den Messungen der natürlichen Trübung im Fehmarnsund in den Jahren 2023 und 2024 lagen die Trübungswerte überwiegend im Bereich zwischen 0 und 20 Formazin Nephelometric Units (FNU), wobei ein Wert von 12 FNU etwa einer Schwebstoffkonzentration von 80 mg/l entspricht. Die Schwankungen der Schwebstoffkonzentrationen waren hoch, im Monatsmittel wurden Schwebstoffkonzentrationen zwischen ca. 10 und 60 mg/l ermittelt (IMP INGENIEURE GMBH & CO. KG 2024).



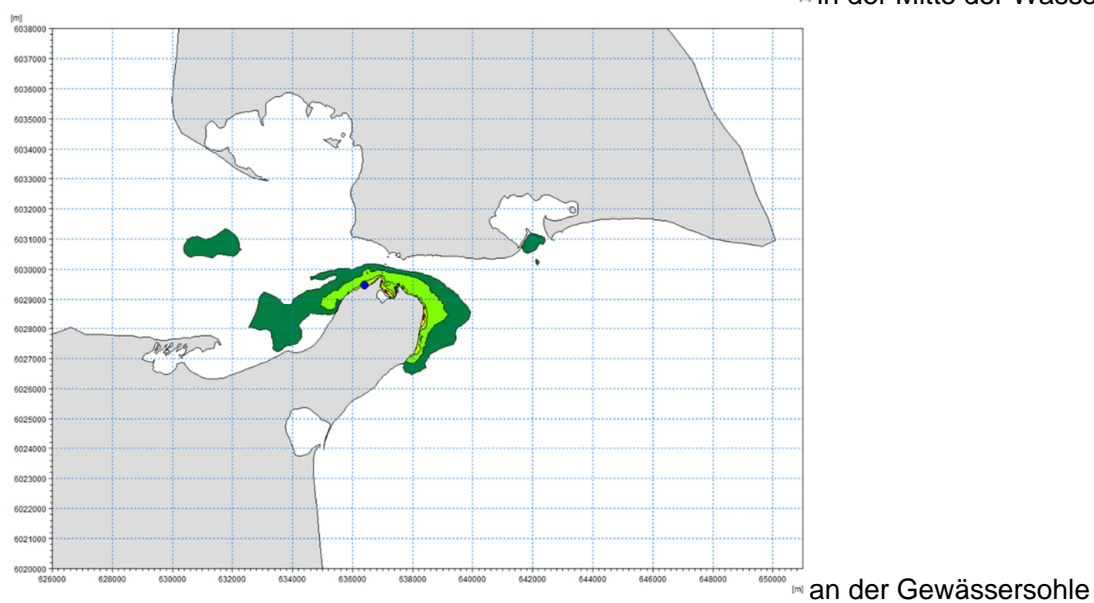
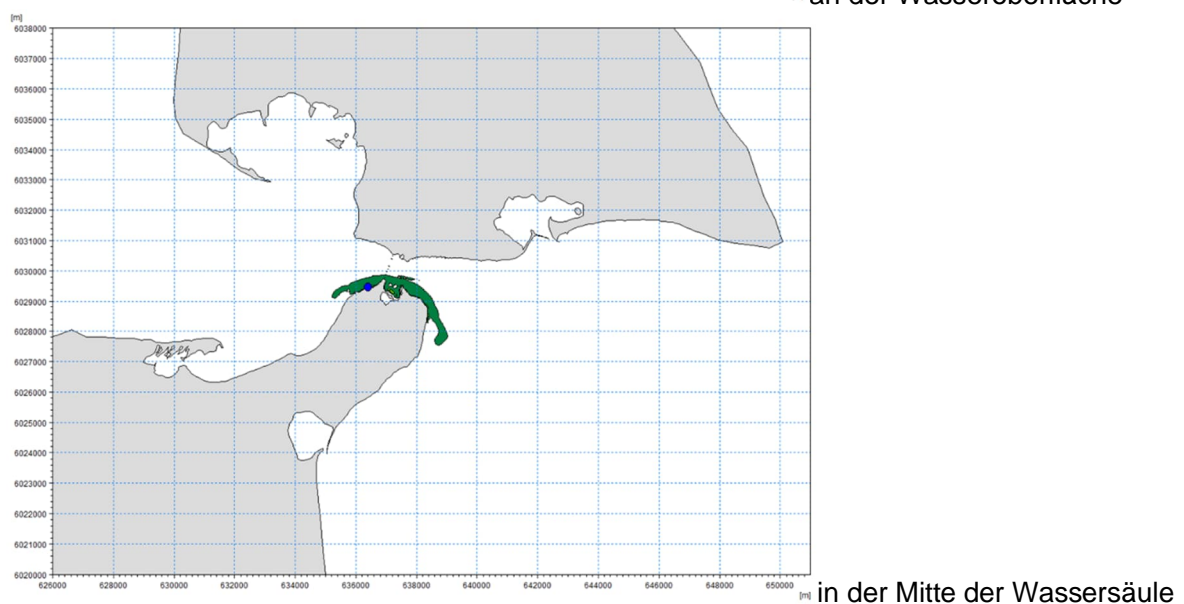
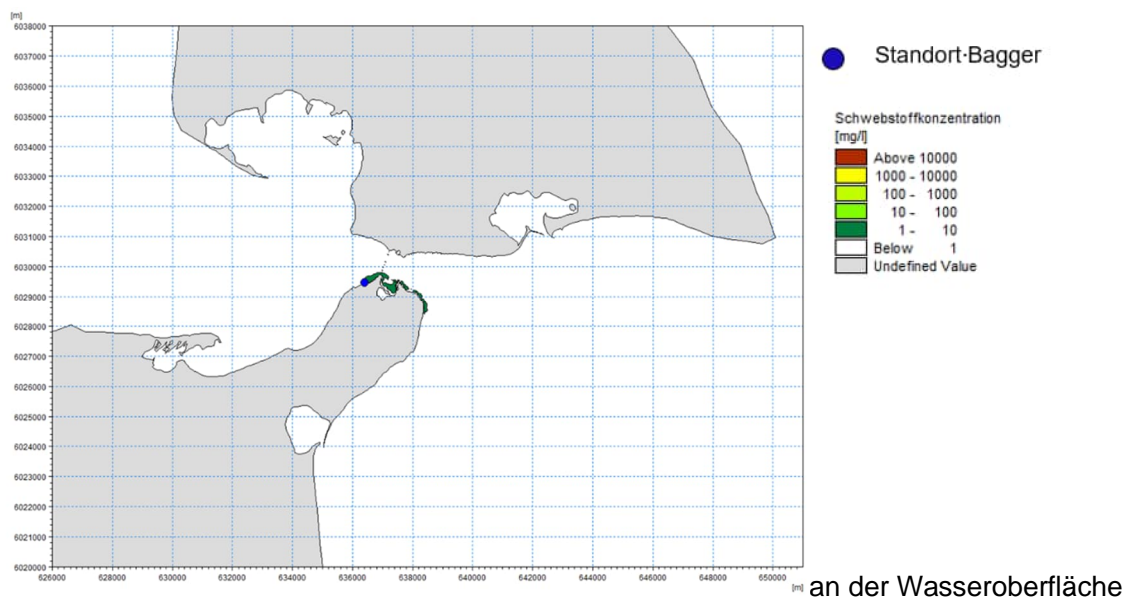


Abb. 20: Projektbedingte Schwebstoffkonzentrationen infolge der Nassbaggerungen im Fehmarnsund
Exemplarisch dargestellt ist jeweils das gleitende Mittel der projektbedingten Schwebstoffkonzentration



in mg/l

während der Nassbaggerarbeiten im Bereich des Trockendocks (mit Maßnahmen zur Minderung);

Quelle: DMT (2025b, Unterlage 51.02, Abbildungen 124, 126 u. 128, Kapitel 7.4)

Für die Betrachtungen der einzelnen Küstenwasserkörper in Unterlage 20.01.001 wurden die modellierten projektbedingten Schwebstoffkonzentrationen an mehreren Beobachtungspunkten ausgelesen (Lage siehe Unterlage 20.01.001, Kapitel 2.2.4.1.1, Abbildung 8).

Des Weiteren kann die Änderung der Schwebstoffkonzentration zu einer weiteren Änderung der Trübung und damit zur Änderung der Sichttiefe, Änderung der Schadstoffkonzentration durch Freisetzung aus den projektbedingten Schwebstoffen (s. Kapitel 5.1.9), sowie Änderung der durch projektbedingte Schwebstoffe hervorgerufenen Sedimentation im Meeresgewässer Deutsche Ostsee führen.

Die **Sedimentation** beschreibt den Vorgang der Ablagerung der Schwebstoffe auf der Gewässer-sole. Durch die Nassbaggerung wird ein Teil des Baggergutes als Schwebstoffe in die Wassersäule eingetragen, verdriftet und setzen sich in Form von Sedimentation wieder ab und werden ggf. resuspendiert.

Die projektbedingte Sedimentation resultierend aus der Nassbaggerung wurde mit der hydronumerischen Modellierung (DMT 2025b, Unterlage 51.02) berechnet und ausgewertet. Die Modellierung zeigt, dass die größten projektbedingten Ablagerungen entlang der ausgebaggerten Tunneltrasse von 2,7 cm stattfinden (unter Berücksichtigung der Vermeidungsmaßnahme 032_V). Westlich und östlich der Tunneltrasse lagern sich im Bereich der Fahrrinne projektbedingte Sedimente mit einer Sedimentationshöhe von 1 cm bis 4 cm ab. Die größten projektbedingten Ablagerungen außerhalb der Trasse ergeben sich östlich der Trasse am südlichsten Pfeiler der Brücke über den Fehmarnsund. Hier werden lokale projektbedingte Ablagerungen direkt am Pfeiler von bis zu 4 cm berechnet (DMT 2025b, Unterlage 51.02) (s. Abb. 21). Die maximalen Sedimentationsraten im Bereich des Fehmarnsunds, der durch die Baumaßnahme in die Wassersäule gelangenden Schwebstoffe, betragen ca. 0,06 cm/d bis 0,65 cm/d.



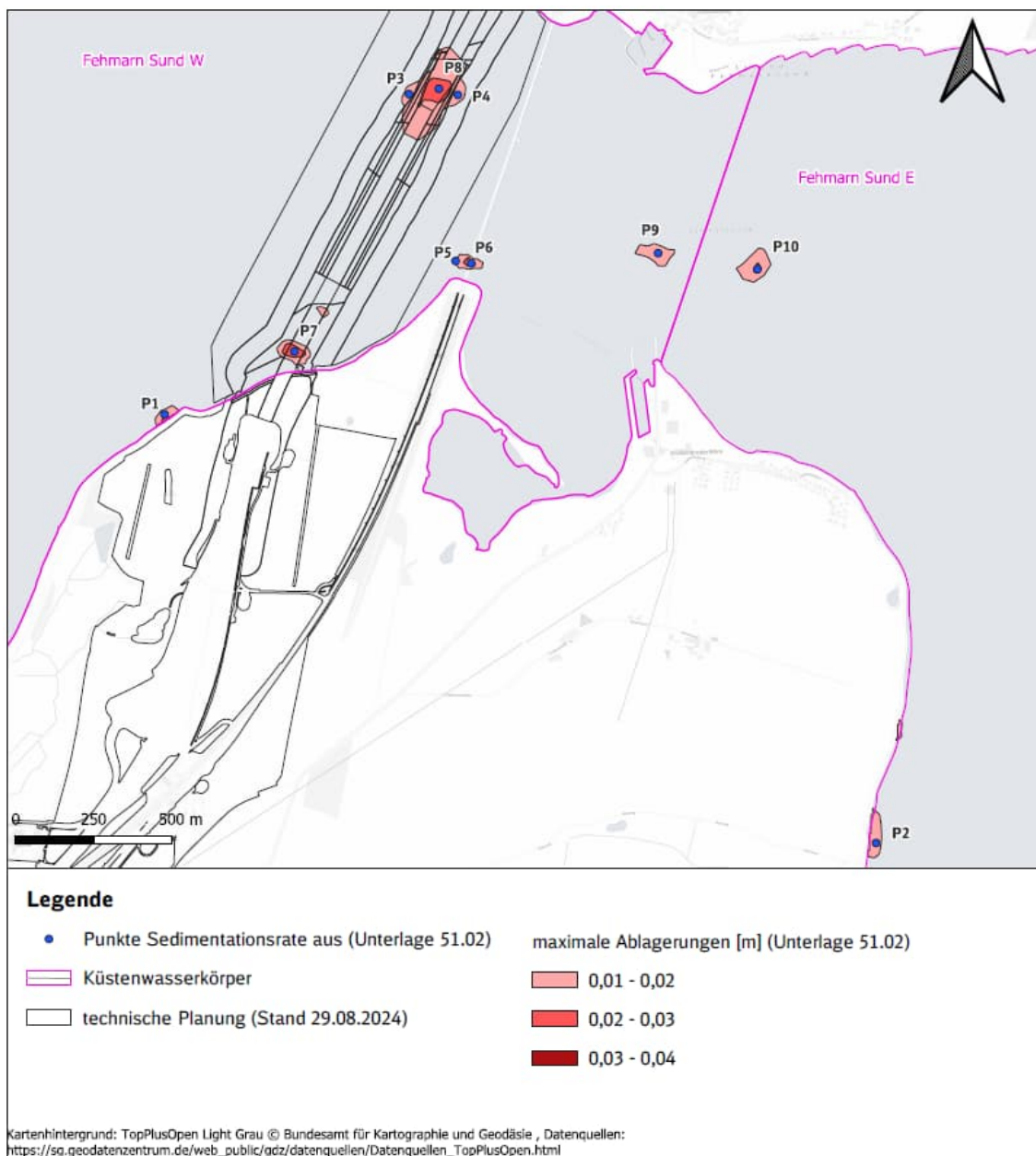


Abb. 21: Berechnete maximale projektbedingte Ablagerung am Ende der Nassbaggerung in Fehmarnsund

gemäß Unterlage 51.02 unter Berücksichtigung der Vermeidungsmaßnahme 032_V

Quelle: Unterlage 20.01.001, Abb. 26

Während des Vorgangs der Flutung und der Entleerung des Trockendocks kann es zu keinen signifikanten Eintragungen von Schwebstoffen kommen, daher kann diese Projektwirkung ausgeschlossen werden. Die Einleitung von Spülwässern wurde in das hydronumerische Modell (Unterlage 51.02) integriert. Die Auswirkungen auf den projektbedingten Schwebstoffgehalt und die projektbedingte Sedimentation sind Teil der oben beschriebenen Ergebnisse. Bei der hydronumerischen Modellierung wurde eine Einleitkonzentration von 100 mg/l Schwebstoff während der gesamten Zeit der Nassbaggerarbeiten berücksichtigt (DMT 2025b, Unterlage 51.02).

Nassbaggergutverbringung

Der im Bereich der Tunneltrasse anfallende Nassaushub wird im Küstenmeer Schlei /Trave verbracht (Lage der Verbringungsfläche siehe Abb. 13). Bei dem Prozess der Verbringung wird das



Material je nach Zusammensetzung der Bestandteile des Materials unterschiedlich schnell und weit absinken und verdriften. Mit der Unterlage 51.04 ist durch eine hydronumerische Modellierung die Verbreitung der durch die Verbringung freigesetzten Schwebstoffe modelliert worden. Die verschiedenen Sediment- und Morphodynamiken im Bereich der Verklappung wurden von DMT (2025a, Unterlage 51.04) bei der Modellberechnung zur Beurteilung der Verteilung der Schwebstoffe und der damit verbundenen Auswirkungen auf die Wasserqualität berücksichtigt. Im Ergebnis dieser Modellierungen ist die Reichweite der verdrifteten projektbedingten Schwebstoffe in Sohlhöhe am größten. Die erhöhten projektbedingten Schwebstoffkonzentrationen werden allerdings nur sehr kurzzeitig auftreten. Abb. 22 zeigt die Dauer der Überschreitung einer zusätzlichen projektbedingten Schwebstoffkonzentration > 10 mg/l. Die maximale zusammenhängende Überschreitung beträgt 88 Stunden (3,6 Tage) und findet in der Mitte der Verbringungsfläche statt. Außerhalb der Verbringungsfläche treten nur vereinzelt zusammenhängende Überschreitungen mit Konzentrationen > 10 mg/l in weniger als 24 Stunden auf (Unterlage 51.04, Kapitel 5.2).

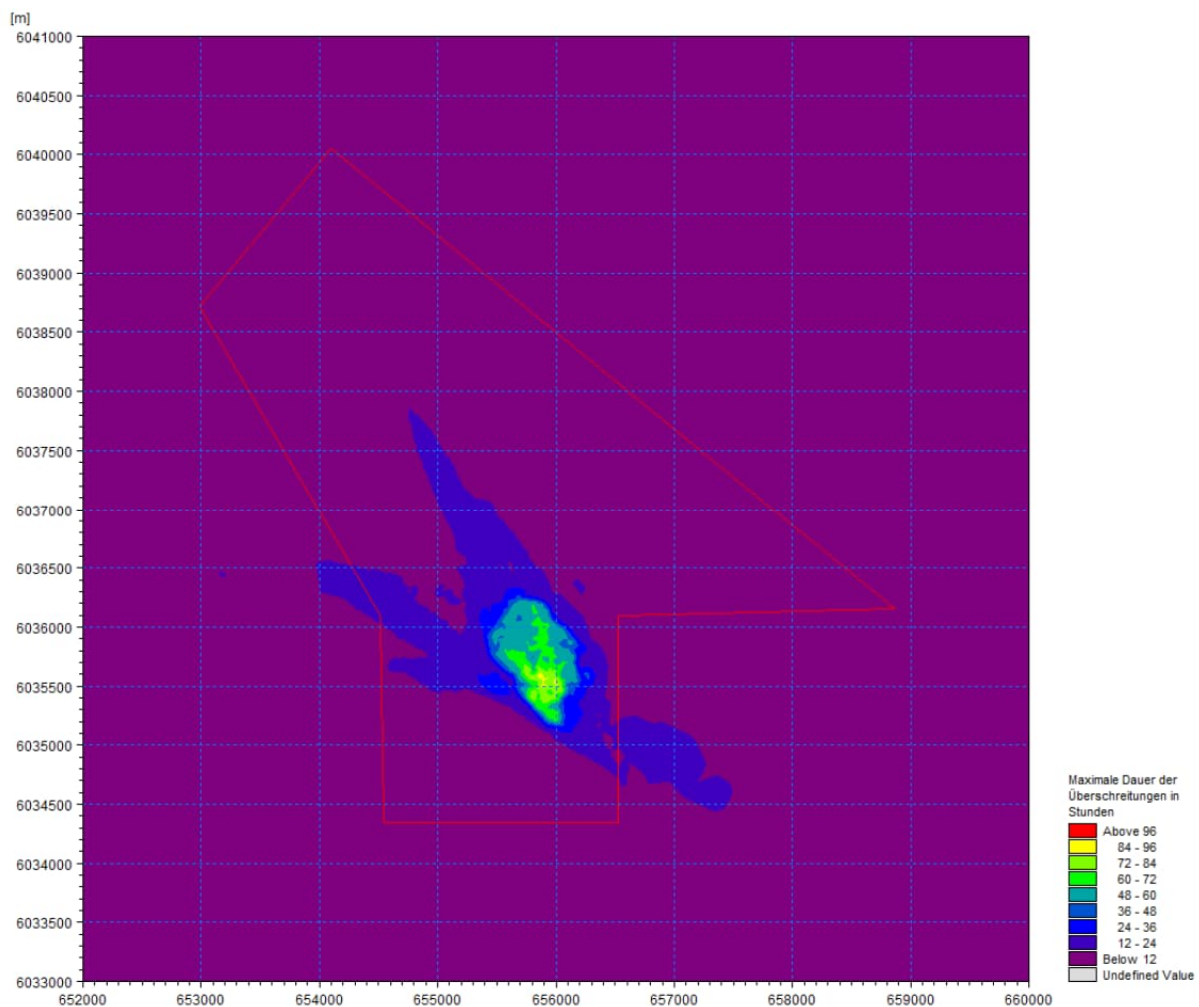


Abb. 22: Maximale Überschreitungsdauer einer projektbedingten Schwebstoffkonzentration von 10 mg/l an der Sohle über den gesamten Verbringungszeitraum
Quelle: DMT (2025a, Abbildung 15)

Des Weiteren kann die Änderung der projektbedingten Schwebstoffkonzentration zu einer weiteren Änderung der Trübung und damit zur Änderung der Sichttiefe, Änderung der Schadstoffkonzentration durch Freisetzung aus den Schwebstoffen (siehe Kapitel 5.1.9), sowie Änderung der durch Schwebstoffe hervorgerufene projektbedingte Sedimentation führen.



In Abb. 13 sind die relevanten Ablagerungshöhen resultierend aus der Verbringung des Nassbaggergutes im Bereich der Verbringungsfläche gemäß Unterlage 51.04 dargestellt. Punktuell ergeben sich projektbedingte Ablagerungshöhen von bis zu 6,7 m (Unterlage 51.04, Kapitel 5.1). Die projektbedingten Ablagerungen erstrecken sich über die Grenze der 50 ha großen Verbringungsfläche. Im direkt angrenzenden Bereich ergeben sich projektbedingte Ablagerungen von mehr als 10 cm auf einer Fläche von 96 ha. Projektbedingte Sedimentationshöhen von mehr als 1 cm sind noch in einem Bereich von 422 ha vorzufinden.

Während der Nassbaggergutverbringung können durch die projektbedingte Schwebstoffverdriftung im Küstenbereich des Küstengewässer-Wasserkörpers Fehmarn Belt E sohnah zusätzliche projektbedingte Schwebstoffkonzentrationen von 10 bis 60 mg/l auf einer Fläche von ca. 5,4 km² auftreten. Die Dauer von 7 zusammenhängenden Tagen wird bei diesen Ereignissen nicht überschritten. Die durch die Verbringung freigesetzten Schwebstoffe sedimentieren an der Gewässersohle. Aus dem hydronummerischen Modell (Unterlage 51.04, Kapitel 5.1) geht hervor, dass über die gesamte Dauer der Nassbaggergutverbringung keine projektbedingten Sedimentationshöhen > 0,1 mm auftreten.

5.1.7 Nährstoffverhältnisse

Die folgenden baubedingten Aktivitäten zur Errichtung der FSQ verursachen die Projektwirkung Nährstoffverhältnisse: Nassbaggerung Trockendock, Nassbaggerung der Absenkrinne, Entwässerung der Baustelleneinrichtungsflächen, Entwässerung der Bodenlagerflächen, Entwässerung von Baustraßen, Einleitungen von Grundwasser aus der Wasserhaltung, mehrfaches Fluten und Lenzten des Trockendocks, Entnahme von Ostseewasser zur Spülung, Einleitung von Spülwasser, Nassbaggergutverbringung.

Absenktunnel

Änderungen der Konzentrationen von Stickstoff und Phosphor sowie deren Verbindungen können durch die Freisetzung von Schwebstoffen aus den marinen Sedimenten in Folge der Nassbaggerarbeiten entstehen. Die resultierenden Konzentrationserhöhungen von Gesamtstickstoff und Gesamtphosphor wurden im Fachbeitrag WRRL (Unterlage 20.01.001, Kapitel 5.1.1.1.8) berechnet und sind in Tab. 3 dargestellt. Messbare Konzentrationserhöhungen ergeben sich ausschließlich für den Wasserkörper Fehmarn Sund W.

Tab. 3: Berechnungsergebnisse der Erhöhung der Nährstoffkonzentrationen von Gesamtphosphor und Gesamtstickstoff in Folge der Nassbaggerarbeiten
Quelle: Unterlage 20.01.001, Tab. 77

Parameter	Einheit	N ges	P ges
Orientierungswert, guter Zustand	µg/l	200,00	13,60
Ausgangskonzentration KWK µg/l (Datenquelle: LfU 2023)	µg/l	190,00	13,00
Mittlere Konzentration im S4-Eluat (Unterlage 41.26)	µg/l	540,00	130,00
Konzentration im Wasser am Einleitpunkt (Baggerstandort)	µg/l	196,26	14,55
Konzentration an der repräsentativen Messstelle	µg/l	193,83	13,28
Messbarkeitsgrenze nach FGSV (2021) (Pges = 10 %, Nges = 30 %)	µg/l	247,00	14,30



Parameter	Einheit	N ges	P ges
Radius bis Unterschreitung der Messbarkeit	m		979
Radius bis Orientierungswert guter Zustand unterschritten	m		2008

Des Weiteren können Veränderungen der Nährstoffkonzentration von Gesamtstickstoff und Gesamtphosphor aus bauzeitlichen Entwässerungen (Baustelleneinrichtungsflächen, Bodenlagerflächen, Baustraßen, Grundwasserhaltung) resultieren. Konzentrationserhöhungen mit einem Wirkradius (Radius bis der Orientierungswert zum guten Zustand unterschritten ist) von jeweils > 10 m ergeben sich ausschließlich an den Einleitstellen Gr3 und Gr5 im Wasserkörper Fehmarn Sund W und an der Einleitstelle Gr6 im Wasserkörper Fehmarn Sund E. Die entsprechenden Konzentrationserhöhungen wurden im Fachbeitrag WRRL (Unterlage 20.01.001, Kapitel 5.2.1.1.4) berechnet und sind in Tab. 4 zusammengefasst.

Tab. 4: Berechnungsergebnisse der Erhöhung der Nährstoffkonzentrationen von Gesamtphosphor und Gesamtstickstoff in Folge der baubedingten Entwässerungen

Es sind nur die Einleitungen dargestellt, bei denen der Wirkradius bis zur Unterschreitung des Orientierungswertes zum guten Zustand mehr als 10 m beträgt.

Quelle: Unterlage 20.01.001, Tab. 78 und Tab. 103

Parameter	Einheit	Gr3	Gr5	Gr6
Phosphor gesamt				
Orientierungswert, guter Zustand	µg/l		13,60	
Ausgangskonzentration KWK µg/l (Datenquelle: LfU 2023)	µg/l		13,00	
Durchschnittliche Konzentration im Einleitwasser	µg/l		500	
Konzentration an der repräsentativen Messstelle (Summe aller Einleitungen + Nassbaggerung)	µg/l		13,3	
Messbarkeitsgrenze nach FGSV (2021) (10 %)	µg/l		14,3	
Radius bis Orientierungswert (guter Zustand) unterschritten	m	25	74	11
Stickstoff gesamt				
Orientierungswert, guter Zustand	µg/l		200,00	
Ausgangskonzentration KWK µg/l (Datenquelle: LfU 2023)	µg/l		190,00	
Durchschnittliche Konzentration im Einleitwasser	µg/l		800,00	
Konzentration an der repräsentativen Messstelle (Summe aller Einleitungen + Nassbaggerung)	µg/l		193,88	
Messbarkeitsgrenze nach FGSV (2021) (10 %)	µg/l		247,00	
Radius bis Orientierungswert (guter Zustand) unterschritten	m		35	



Während des Vorgangs der Flutung und der Entleerung des Trockendocks kann eine Veränderung der Nährstoffverhältnisse im Wasser nur durch externe Einträge hervorgerufen werden. Vor der Flutung wird das Trockendock von allen emittierenden Quellen bereinigt. Die einzige Eintragsquelle ist der natürliche Niederschlag, welcher immer auf das Meerwasser einwirkt. Eine Veränderung der Nährstoffverhältnisse kann demnach hier ausgeschlossen werden (Unterlage 20.01.001, Kapitel 3.1.2.1.3).

Nassbaggergutverbringung

Die Projektwirkung betrachtet die Änderungen der Nährstoffe Stickstoff und Phosphor sowie ihrer Verbindungen. Änderungen der Nährstoffkonzentrationen können durch die Freisetzung von Schwebstoffen aus den marinen Sedimenten bei der Verbringung erfolgen.

5.1.8 Sauerstoffgehalt

Die folgenden baubedingten Aktivitäten zur Errichtung der FSQ verursachen potenziell die Projektwirkung Sauerstoffgehalt: Nassbaggerung Trockendock, mehrfaches Fluten und Lenzen des Trockendocks, Nassbaggerung der Absenkrinne, Entwässerung der Baustelleneinrichtungsflächen, Entwässerung der Bodenlagerflächen, Entwässerung von Baustraßen, Einleitungen von Grundwasser aus der Wasserhaltung, Nassbaggergutverbringung.

Absenktunnel

Während der Nassbaggerung werden sauerstoffzehrende Stoffe und Verbindungen (z.B. organische Stoffe oder Schwefelwasserstoff), die bisher in den Sedimenten gebunden waren, in die Wassersäule freigesetzt. Die Sauerstoffzehrung, ein chemischer Prozess beim Abbau organischer Substanzen und der Oxidation reduzierter Substanzen wie Schwefelwasserstoff, setzt ein, wenn die Schwebstoffe mit den sauerstoffzehrenden Substanzen in die Wassersäule gelangen. Die Wirkintensität nimmt mit dem Abstand vom Ort der Freisetzung der Schwebstoffe ab, da die Schwebstoffe sich mit dem umgebenden Wasser vermischen und eine Verdünnung eintritt. Die Wirkintensität nimmt ebenfalls mit der Zeit ab, die seit der Freisetzung verstrichen ist, da die Menge der zehrenden Substanzen durch die bereits stattgefundene Sauerstoffzehrung abnimmt.

Die Auswirkung der Nassbaggerung wurde über Verdünnungsrechnungen des CSB (Chemischer Sauerstoffbedarf) abgeschätzt. Bei der Einleitstelle (Baggerstandort) wird eine Erhöhung des CSB um 0,05 µg/l berechnet. An der repräsentativen Messstelle steigt der berechnete CSB um 0,001 µg/l. Die Auswirkungen befinden sich im natürlichen Schwankungsbereich und werden als geringfügig eingestuft (Unterlage 20.01.001, Kapitel 5.1.1.2.2.1.1).

Die Veränderungen des Sauerstoffgehaltes im Bereich des Tunnelgrabens wurden mit der hydro-numerischen Modellierung (Unterlage 51.02) berechnet und ausgewertet (Unterlage 20.01.001, Kapitel 3.4.2.1.1.8). Der offene Tunnelgraben bildet während der Bauzeit eine geringe Sediment-senke. In dieser Zeit wird sich auch organisches Material im Graben sammeln. Der Organik-Anteil in den zur Beweissicherung durchgeführten Schwebstoffmessungen und Probennahmen ist als gering einzustufen. Aufgrund der geringen Ansammlung von organischem Material wird im ausgehobenen Tunnelgraben auch die Sauerstoffzehrung im Vergleich zu den natürlichen Verhältnissen im Fehmarnsund leicht erhöht sein (Unterlage 51.02, Kapitel 7.6). Für die hydronumerische Modellierung ergab eine Literaturrecherche, dass bei einer geringen Menge von organischer Substanz von einer Sauerstoffzehrungsrate von rund 0,005 ml/(l*d) ausgegangen werden kann. Für die hydronumerischen Berechnungen wurde konservativ allerdings von einer Sauerstoffzehrung von



0,1 ml/(l*d) ausgegangen, dies entspricht 0,143 mg/(l*d). Des Weiteren wurden Austauschraten des im Graben befindlichen Wassers für verschiedene Strömungsgeschwindigkeiten berechnet, indem die berechneten Salzgehalte an der tiefsten Stelle des Tunnelgrabens mit den Salzgehalten außerhalb des Tunnelgrabens verglichen wurden. Für den im Modell ungünstigsten Fall, bei einer sehr geringen Strömungsgeschwindigkeit, wenn der Wasseraustausch sehr gering ist, wurde eine Austauschrate von 60 m³/(m*d) bei einem angenommenen Querschnitt des Grabens von 1.300 m³/m ermittelt, sodass das Wasser im Graben alle 21,7 Tage komplett ausgetauscht wird.

Zur Berechnung der Entwicklung des Sauerstoffgehaltes wird von den folgenden sehr konservativen Annahmen ausgegangen, die sowohl einzeln als auch zusammen eine sehr kritische Situation bezüglich des Sauerstoffgehaltes im Graben beschreiben. Die bislang im Fehmarnsund beobachtete Situation stellt sich für alle Annahmen entspannter dar (Unterlage 51.02, Kapitel 7.6).

- Hohe Sauerstoffzehrung von 0,143 mg/(l*d) trotz geringer Verfügbarkeit von organischem Material über die gesamte Zeit im gesamten Graben.
- Sauerstoffgehalt des dem Graben zuströmenden Wassers im Fehmarnsund konstant mit Sauerstoffgehalt von nur 4 mg/l – Tagesmittel der Messwerte liegen durchgängig über 4 mg/l.
- Dauerhaft niedrige Strömungsgeschwindigkeit an der Sohle und keine kleineren Einstromereignisse berücksichtigt.
- Keine Durchmischung im Graben durch Bautätigkeit (Durchfahrt Schuten, Baggertätigkeit, Einschwimmen der Tunnelelemente) berücksichtigt.

Der berechnete zeitliche Verlauf des Sauerstoffgehaltes aus (Unterlage 51.02, Kapitel 7.6) ist in Abb. 23 dargestellt. Aus der Abbildung geht hervor, dass der Sauerstoffgehalt im Graben erst nach 29 Tagen ein suboxisches Level (Sauerstoffgehalt < 2 mg/l) erreicht. Anoxische Zustände (Sauerstoffgehalt < 0 mg/l) stellen sich aufgrund der Stützung des Sauerstoffgehalts durchzuströmendes, sauerstoffreicheres Wasser nicht ein. Trotz der konservativ gewählten Randbedingungen stellen sich im ausgebaggerten Tunnelgraben keine anoxischen Zustände ein. Suboxische Zustände können theoretisch nach mehreren Tagen unter sehr kritischen Randbedingungen eintreten. Die Wahrscheinlichkeit, dass alle konservativ gewählten Annahmen zeitgleich und im angenommenen Maße auftreten ist jedoch sehr gering (Unterlage 51.02, Kapitel 7.6). Die Auswirkungen der Nassbaggerung und der Verbringung des Baggergutes wurden über Verdünnungsrechnungen des chemischen Sauerstoffbedarfes (CSB) abgeschätzt (Unterlage 20.01.001, Kapitel 2.2.3.4).



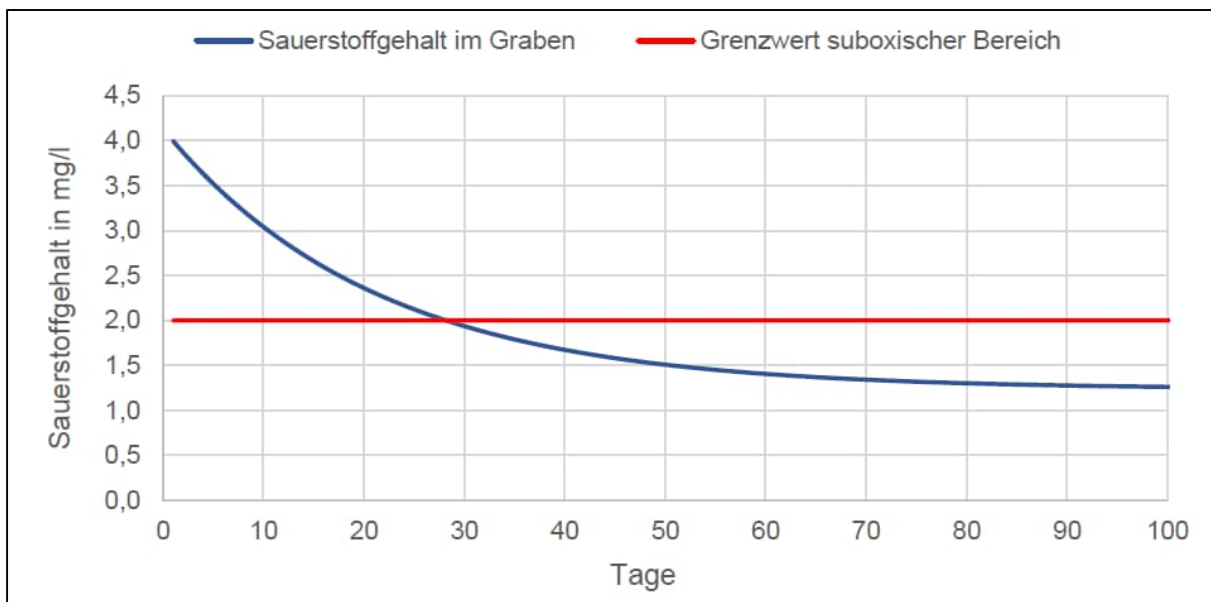


Abb. 23 Berechneter Sauerstoffgehalt im Graben während kritischer Randbedingungen
 Quelle: Unterlage 51.02, Abb. 147

Es ist kein Bahnbetrieb auf der neu zu errichtenden Trasse in der Bauzeit geplant. Die Entwässerung des sukzessive neu errichteten Bahnkörpers führt ausschließlich zu unbelastetem, belüfteten Niederschlagswasser und wird daher nicht weiter betrachtet.

Das in der Oberflächenentwässerung gefasste abfließende Niederschlagswasser weist aufgrund der Belüftung aerobe Eigenschaften und keine relevante Sauerstoffzehrung auf. Die Auswirkungen der Freisetzung sauerstoffzehrender Verbindungen bei der Einleitung von Spülwässern und von Grundwasser aus der Wasserhaltung wurden rechnerisch abgeschätzt (Unterlage 20.01.001, Kapitel 3.4.2.1.2.1). Da es durch die Einleitung der bauzeitlichen Entwässerung zu keiner Veränderung des Sauerstoffgehaltes im Wasserkörper Fehmarn Sund W kommt, wird auf die weitere Betrachtung des WF Sauerstoffgehalt bei der Auswirkungsprognose im Fachbeitrag WRRL verzichtet. (Unterlage 20.01.001, Kapitel 5.1.1.1.9).

Nassbaggergutverbringung

Während der Verbringung des Nassbaggergutes werden sauerstoffzehrende Stoffe und Verbindungen (z. B. organische Stoffe oder Schwefelwasserstoff), die bisher in den Sedimenten gebunden waren, in die Wassersäule freigesetzt.

Bei der Einleitstelle (Baggerstandort) im Wasserkörper Fehmarn Sund W wurde eine Erhöhung des CSB um 0,05 µg/l berechnet. Der Baggerstandort ist der Ort, wo die projektbedingten Schwebstoffe freigesetzt werden und wo die Sauerstoffzehrung damit durch aus den projektbedingten Schwebstoffen freigesetzte sauerstoffzehrende Substanzen (organische Stoffe, Schwefelwasserstoff) maximal ist. Während der Verbringung des Nassbaggerguts in der Mecklenburger Bucht entsteht in der Wassersäule eine projektbedingte schwebstoffbedingte Sauerstoffzehrung in gleicher Größenordnung wie im Wasserkörper Fehmarn Sund W.

5.1.9 Schadstoffgehalt

Die folgenden baubedingten Aktivitäten zur Errichtung der FSQ verursachen den Wirkfaktor Schadstoffgehalt: Nassbaggerung Trockendock, Bauwerk Trockendock, Errichtung und Betrieb



Bauhafen, Nassbaggerung der Absenkrinne, Bauwerk Absenktunnel, Entwässerung der Baustelleneinrichtungsflächen, Entwässerung der Bodenlagerflächen, Entwässerung von Baustraßen, Einleitungen von Grundwasser aus der Wasserhaltung, mehrfaches Fluten und Lenzen des Trockendocks, Entnahme von Ostseewasser zur Spülung, Einleitung von Spülwasser, Nassbaggergutverbringung.

Absenktunnel

Die Projektwirkung betrachtet die Änderungen der Schadstoffkonzentrationen in der Wassersäule und im Sediment. Änderungen der Schadstoffkonzentrationen können durch die Freisetzung von Schadstoffen aus den marinen Sedimenten bei den Nassbaggerarbeiten bzw. aus den Sedimenten, die zur Wiederverfüllung verwendet werden, erfolgen.

Die berechneten Konzentrationen an der Einleitstelle (Baggerstandort) überschreiten die JD-UQN lediglich bei dem Parameter Blei. Der Radius bis zur Unterschreitung der UQN liegt bei 218 m (s. Tab. 5). Die ermittelten Konzentrationen für alle anderen Schadstoffe nach Anlage 8 der OGewV liegen an der Einleitstelle unterhalb der jeweiligen UQN. An der repräsentativen Messstelle wird keine Überschreitung der jeweiligen UQN nach Anlage 8 der OGewV berechnet. Es wurden zwar Konzentrationserhöhungen an den repräsentativen Messstellen berechnet, diese sind jedoch mit Betrachtung der Messungenauigkeiten nach (FGSV, 2021) nicht messbar (Unterlage 20.01.001, Kapitel 5.1.1.1.10).

Tab. 5: Zusammenfassung Berechnungsergebnisse der Auswirkungen der Nassbaggerung auf die Schadstofffreisetzung

Quelle: Unterlage 20.01.001, Tab. 80

Parameter	Einheit	Blei	
		JD-UQN	ZHK-UQN
UQN	µg/l	1,3	14
Ausgangskonzentration KWK µg/l	µg/l	<0,1	<0,1
Konzentration im Feststoff	mg/kg	14,1	32
Konzentration im Wasser am Einleitzpunkt (Baggerstandort)	µg/l	1,87	4,18
resultierende Mischwasserkonzentration an der repräsentativen Messstelle	µg/l	0,087	0,132
Messbarkeitsgrenze nach (FGSV, 2021) [5 %]	µg/l	0,115	0,75
Radius bis Unterschreitung der Messbarkeit	m	2.359	569
Radius bis UQN unterschritten	m	218	

Das Wiederverfüllmaterial für den Tunnelgraben stammt aus Sand- und Kiesgewinnungsgebieten in der deutschen oder dänischen ausschließenden Wirtschaftszone und ist dementsprechend unbelastet (Unterlage 1). Eine Freisetzung von Schadstoffen über die Freisetzungsraten des Baggergutes hinaus ist hier nicht zu erwarten.



Es können Schadstoffeinträge durch die Einleitungen der bauzeitlichen Entwässerungen (Oberflächenentwässerung, Spülung des Nassbaggergutes und Grundwasserhaltung) in die KWK resultieren. Es ist kein Bahnbetrieb auf der neu zu errichtenden Trasse in der Bauzeit geplant. Die Entwässerung des sukzessive neu errichteten Bahnkörpers führt ausschließlich zu unbelastetem, belüfteten Niederschlagswasser und wird daher nicht weiter betrachtet.

Die gelösten Frachten und deren Auswirkungen auf die Konzentrationen der durch straßenbedingte Einträge potenziell betroffenen Stoffe im Küstenwasserkörper mit Bezug zur repräsentativen Messstelle wurden berechnet. Des Weiteren wurden Wirkradien ab dem jeweiligen Einleitpunkt bestimmt, in denen die jeweiligen UQN der Schadstoffe überschritten werden. Im Küstenwasserkörper Fehmarn Sund W werden lediglich für die Stoffe Benzo[a]pyren (Gr3, Gr5, Fe1) und Cadmium (Gr5) Wirkradien >10 m bei der Betrachtung der JD-UQN ermittelt (Tab. 6). Im Küstenwasserkörper Fehmarn Sund E an der Einleitstelle Gr6 überschreitet Benzo[a]pyren die stoffspezifische UQN in einem Radius von 34 m. Des Weiteren werden messbare Konzentrationsanstiege an der repräsentativen Messstelle DESM_SH_961010 bei der Summation aller stofflichen Beeinflussungen (bauzeitliche Einleitungen, Freisetzung bei der Nassbaggerung) für den Stoff Nickel berechnet. Die resultierenden Konzentrationen liegen dabei jeweils unterhalb der jeweiligen UQN.

Tab. 6: Ergebnisse der Berechnung der stofflichen Auswirkungen der partikulär gelösten Stoffe der bauzeitlichen Einleitungen in den KWK Fehmarn Sund W
Quelle: Unterlage 20.01.001, Tab.82

Parameter	Einheit	Gr3	Gr5	Fe1
Benzo[a]pyren				
JD-UQN	µg/l	0,00017		
Mittlere Ausgangskonzentration KWK	µg/l	< 0,0002		
Konzentration an der repräsentativen Messstelle (Summe Einleitungen + Nassbaggerung)	µg/l	0,00010		
Messbarkeitsgrenze nach FGSV, 2021	µg/l	0,00012		
Radius bis Unterschreitung der UQN	m	77	31	11
Cadmium				
JD-UQN	µg/l	0,20		
Mittlere Ausgangskonzentration KWK	µg/l	< 0,04		
Konzentration an der repräsentativen Messstelle (Summe Einleitungen + Nassbaggerung)	µg/l	0,02136		
Messbarkeitsgrenze nach FGSV, 2021	µg/l	0,03		
Radius bis Unterschreitung der UQN	m		15	



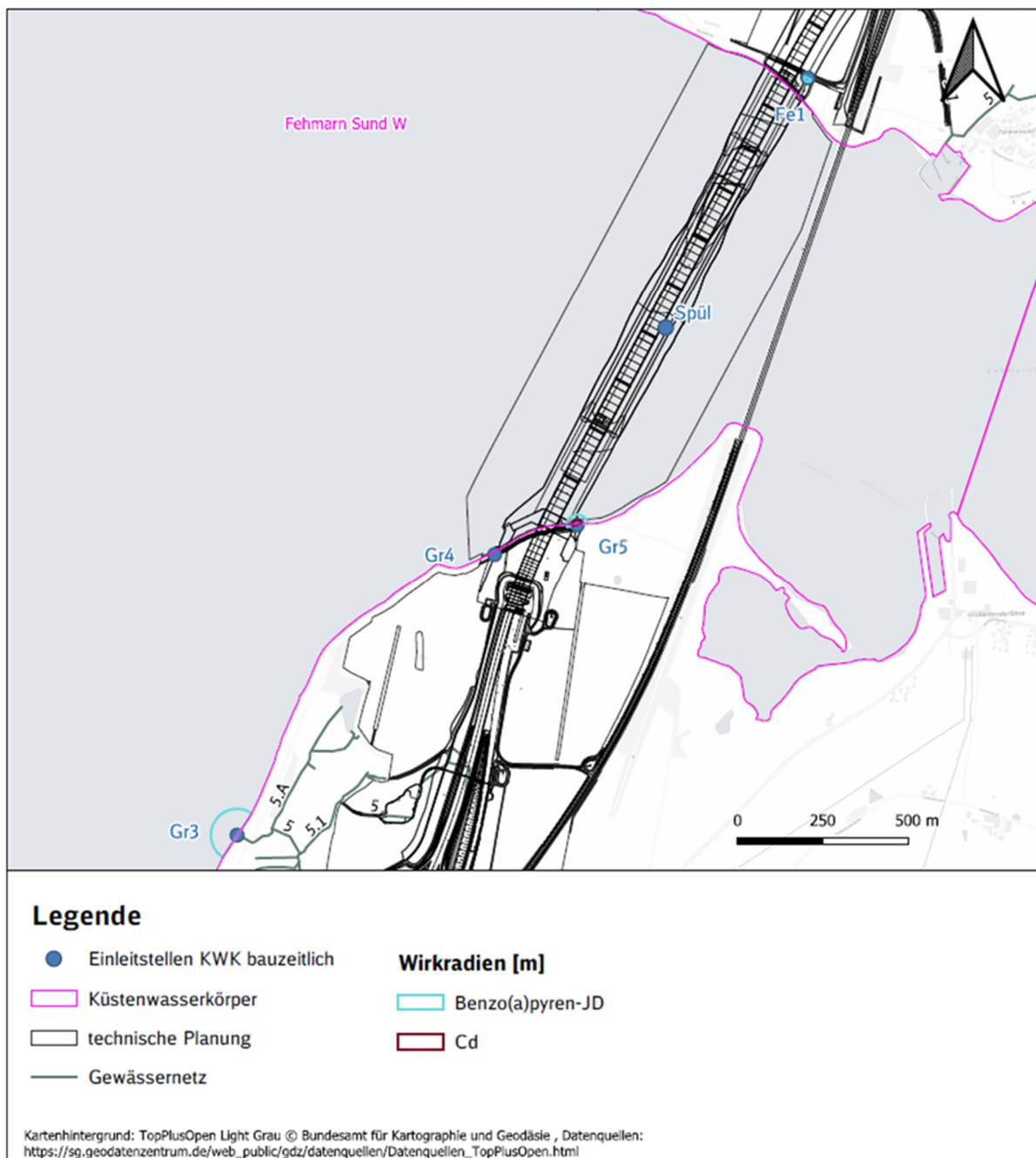


Abb. 24: Bauzeitliche Wirkradien der Schadstoffe im KWK Fehmarn Sund W
 Quelle: Unterlage 20.01.001, Abb. 54





Abb. 25: Bauzeitliche Wirkrradien der Schadstoffe im KWK Fehmarn Sund E

Quelle: Unterlage 20.01.001, Abb. 63

Die Einleitung des Spülwassers des Spülfeldes erfolgt während der Bauzeit über eine Spüleleitung direkt in den KWK Fehmarn Sund W. Die Auswirkungen der Einleitung von Spülwässern auf Schadstoffgehalte wurden mit Verdünnungsrechnungen abgeschätzt. Die Reichweiten der ermittelten Wirkrradien sind für alle berechneten Schadstoffe < 10 m. Es werden keine messbaren sowie Überschreitungen der jeweiligen UQN an der repräsentativen Messstelle als Resultat der Einleitungen des Spülwassers ermittelt. Die Einleitung des Spülwassers kann demnach für den WF Schadstoffgehalt vernachlässigt werden und wird nicht weiter berücksichtigt.

Während des Vorgangs der Flutung und der Entleerung des Trockendocks kann es durch Leckagen, durch den Umgang mit Baumaschinen sowie durch Havarien zu Eintragungen von zum Beispiel Leichtflüssigkeiten (z. B. Öl, Schmierstoffe, Treibstoffe) kommen. Für diesen Fall werden



Havariekonzepte entwickelt und das verunreinigte Wasser muss entsprechend behandelt und entsorgt werden. Durch den wasserdichten Verschluss zum KWK und durch die Restwasserhaltung kann eventuell verunreinigtes Wasser im Trockendock sicher von dem KWK und dem Grundwasser getrennt werden. Die Auswirkungen der Einleitung von Spülwässern auf Schadstoffgehalte wurden mit Verdünnungsrechnungen abgeschätzt (Unterlage 20.01.001, Kapitel 3.4.2.1.4.4.). Es wurden keine messbaren Erhöhungen sowie Überschreitungen der jeweiligen UQN an der repräsentativen Messstelle als Resultat der Einleitungen des Spülwassers ermittelt, sodass die Auswirkungen als unerheblich eingestuft werden. Der WF Schadstoffgehalt kann demnach vernachlässigt werden und wird bei der weiteren Betrachtung der Auswirkungen nicht berücksichtigt (Unterlage 20.01.001, Kapitel 5.1.1.1.10).

Nassbaggergutverbringung

Das ausgebaggerte Sediment aus der Tunneltrasse soll im Küstenmeer Schlei/Trave verbracht werden. Die Untersuchungen der Sedimente des Meeresbodens (Unterlage 41.26) ergab, dass die Konzentrationen aller analysierten Parameter deutlich unter dem Richtwert 1 der GÜBAK liegen. Ubiquitäre Schadstoffe wie Quecksilber und Tributylzinn wurden nicht nachgewiesen. Nicht-ubiquitäre Schadstoffe wurden entweder nicht nachgewiesen (PAK) oder nur in sehr geringen Konzentrationen (Schwermetalle) unterhalb der Prüfwerte der OGewV. PCB wurden lediglich in einer Probe im Bereich des künftigen Trockendocks leicht oberhalb der Nachweisgrenze und unterhalb der Prüfwerte der OGewV Anlage 7 nachgewiesen. Die geringen Konzentrationen der nachgewiesenen Kohlenwasserstoffe im Bereich der Nachweisgrenze sind mit hoher Wahrscheinlichkeit auf geogene Ursachen zurückzuführen. Die vorliegenden Messwerte ergeben insgesamt keine Anhaltspunkte für erhöhte Schadstoffgehalte in dem von den Bauarbeiten betroffenen Sediment. Angesichts des geogenen Ursprungs und der Bindigkeit des Materials ist daher eine baubedingte Freisetzung/Mobilisierung von Schadstoffen nicht zu erwarten. Es wurden Berechnungen zur Lösung von Schadstoffen aus dem Baggergut durchgeführt. Am Einleitort (Verbringungsfläche) können für alle Parameter messbare Konzentrationserhöhungen berechnet werden.

Bei der baubedingten Nassbaggergutverbringung in der Mecklenburger Bucht wird die JD-UQN von Blei in einem Wirkradius von 269 m sowie die von Nickel in einem Wirkradius von 135 m überschritten (Tab. 7). Nach Beendigung des Baggerguteintrags wird durch die fortlaufende Verdünnung die Konzentrationen im Wasser weiter stark abnehmen. Die Konzentrationserhöhungen sind kurzzeitig und lokal begrenzt. An der repräsentativen Messstelle DESM_SH_961014 werden weder Überschreitung der jeweiligen UQN nach Anlage 8 der OGewV noch messbare Konzentrationsanstiege berechnet (Unterlage 20.01.001, Kapitel 5.6.1.1).

Tab. 7: Zusammenfassung Berechnungsergebnisse der Auswirkungen der Nassbaggergutverbringung auf die Schadstofffreisetzung
Quelle: Unterlage 20.01.001, Tab. 141

Parameter	Abk.	Einheit	Blei		Cadmium		Nickel		Quecksilber
			JD	ZHK	JD	ZHK	JD	ZHK	ZHK
JD-UQN		µg/l	1,3	14	0,2	1,5	8,6	34	0,07
Ausgangskonzentration KWK µg/l	CA	µg/l	<0,1	<0,1	<0,04	<0,04	0,585	0,691	<0,0015
Konzentration im Feststoff	CS	mg/kg	14,1	32	0,32	0,76	34	63	0,08
Konzentration im Wasser am Einleitpunkt	CR	µg/l	6,97	15,76	0,18	0,39	17,27	31,61	0,04



Parameter	Abk.	Einheit	Blei		Cadmium		Nickel		Quecksilber
Resultierende Mischwasserkonzentration an der repräsentativen Messstelle	CM	µg/l	0,069	0,092	0,02	0,021	0,631	0,776	0,001
Messbarkeitsgrenze nach (FGSV, 2021) [5 %]		µg/l	0,115	0,75	0,03	0,095	1,015	2,391	0,00425
Radius bis Unterschreitung der Messbarkeit		m	4.275	935		258	2.018	781	500
Radius bis UQN unterschritten		m	269	95			135		

5.1.10 Temperaturverhältnisse

Eine Veränderung der mittleren und/oder saisonalen Wassertemperatur durch die Ausleitung/Entnahme von Abflussanteilen und räumlich und/oder zeitlich versetzter Wiedereinleitung in i. d. R. gleicher Menge in das gleiche Gewässer erfolgt durch baubedingte Aktivitäten zur Errichtung der FSQ durch mehrfaches Fluten und Lenzen des Trockendocks, Entnahme von Ostseewasser zur Spülung und Einleitung von Spülwassern.

Das Trockendock wird mit Meerwasser aus dem Fehmarnsund geflutet und die fertigen Tunnelelemente ausgeschwommen. Anschließend wird das Trockendock wieder wasserdicht verschlossen und entleert. Bei der Entleerung des Trockendocks soll dessen gesamtes Volumen von 850.000 m³ in 72 h in den Fehmarnsund eingeleitet werden.

Während der Flutung und der Ausschwemmung bleibt das Schwimmtor geöffnet, sodass ein Austausch mit Meerwasser während des gesamten Vorgangs gegeben ist, sodass es im Bereich des Trockendocks zu keiner signifikanten Temperaturänderung kommen kann. Füllung, Ausschwimmen der Elemente und Lenzen des Trockendocks nehmen eine Zeitdauer von 24 bis 38 Tagen ein. Nach Verschluss des Schwimmtores wird das Wasser mit einem Mindestabfluss von ca. 12.000 m³/h in den Fehmarnsund gepumpt. Die Globalstrahlung kann rechnerisch innerhalb von 30 Tagen zu einem Temperaturanstieg um 10 K im Wasser des Trockendocks führen. Die Auswirkungen einer Einleitung in den Fehmarnsund wurden anhand einer Mischungsrechnung abgeschätzt. Im Ergebnis zeigt sich, dass sich aufgrund der Strömung im Fehmarnsund die messbaren Temperatureinflüsse auf einen Bereich von kleiner 10 m Radius um die Einleitstelle beschränken (Unterlage 20.01.001, Kapitel 3.4.2.1.4.1).

Auf der Fläche FL BF O-5 auf der Festlandseite entsteht ein Spülfeld, welches zeitlich begrenzt genutzt werden soll, bevor es als Bodenlagerfläche fungieren soll. Nach Bodenmanagementkonzept (Unterlage 38.02.) werden ca. 617.000 m³ Sand an Land gespült. Davon werden 300.000 m³ Sand in anderen PFA genutzt. Bei dreifacher Spülwassermenge werden ca. 1,851 Mio. m³ Wasser für das Spülen dem Fehmarnsund entnommen und dort anschließend nach dem Spülen wieder eingeleitet. Während des Spülens wird das Spülwasser in etwa der Einleitmenge entsprechen. Das Spülfeld wird ca. 13 Monate lang betrieben, wobei die Spüleleitung aber nicht gleichmäßig in diesem Zeitraum genutzt wird, sondern je nach Fortschritt und Anfall von Sandaushub. In Spitzenzeiten können ca. 14.000 m³ Sand pro Tag ausgebaut und auf das Spülfeld verbracht werden. Bei dreifacher Spülwassermenge sind das max. ca. 42.000 m³/d. Nimmt man als konservativen Ansatz eine Temperaturerhöhung beim Spülen um 5 K an, kann vereinfacht nach Durchmischung max. eine 5-fache Menge des eingeleiteten Wassers um 1 K erwärmt werden. Ergänzend zur Abschätzung der Stoffausbreitung wurden daher auch Verdünnungsrechnungen zur Ermittlung der Temperatureinflüsse durchgeführt (Unterlage 20.01.001, Kapitel 5.1.1.11).



5.1.11 Ausprägung der aquatischen Lebensgemeinschaft

Folgende baubedingte Aktivitäten zur Errichtung der FSQ verursachen die Projektwirkung Veränderung der Ausprägung der aquatischen Lebensgemeinschaften: Errichtung und Betrieb Bauhafens, Nassbaggerung der Absenkrinne, Bauwerk Absenktunnel, Wiederherstellung des Küstenstreifens, Nassbaggergutverbringung, Transport des Baggergutes, Einbringen von gebietsfremden Arten, Einleitung von Spülwassern.

Der Wirkfaktor Änderung der aquatischen Lebensgemeinschaft wird im Fachbeitrag WRRL (Unterlage 20.01.001) für die QK Phytoplankton, Großalgen und Angiospermen sowie die benthische wirbellose Fauna betrachtet. Im Rahmen des FB WRRL (Unterlage 20.01.001) werden die Auswirkungen auf die biologischen QK unter den einzelnen Wirkfaktoren Veränderungen des Schwebstoffgehaltes, des Sauerstoffgehaltes, des Nährstoffgehaltes und des Schadstoffgehaltes bereits betrachtet. Infolgedessen wird hier nur das Einbringen von gebietsfremden Arten herangezogen, welches eine Veränderung der Ausprägung der aquatischen Lebensgemeinschaft zur Folge haben kann.

Bei der Bauausführung kann die Herkunft der Bauschiffe nicht auf den deutschen Ostseeraum begrenzt werden. Folglich kann es (durch anhaftende Organismen, Ballastwasser) zur Einschleppung gebietsfremder Arten kommen, die zur Änderung der aquatischen Lebensgemeinschaft führen können.

5.1.12 Optische Emissionen

Während der Bauphase können Auswirkungen durch optische Emissionen auftreten, die z. B. optische Beunruhigungen durch Bauschiffe, die Anwesenheit von Menschen und die nächtliche Baustellenbeleuchtung umfassen. Sie können zu Störungen, Beunruhigungen und Vergrämung von Tieren führen; es besteht die Gefahr des temporären Verlustes von Reproduktions-, Nahrungs- und Rasthabitaten. Die optischen Emissionen treten sowohl oberhalb als auch unterhalb der Wasseroberfläche auf. Grundsätzlich können Arten betroffen sein, die über eine visuelle Wahrnehmung verfügen. Die Stärke der Projektwirkung hängt von der Empfindlichkeit der betroffenen Arten ab und ist artspezifisch unterschiedlich.

5.1.13 Akustische Emissionen

Akustische Emissionen im marinen Bereich können in Form von Unterwasserschall und Luftschall durch Baubetrieb und Materialtransporte zu Störungen von Tierarten führen. Die Bauarbeiten für den Absenktunnel, der Schiffsverkehr sowie das Einbringen der Dalben mittels Vibrationsverfahren führen zu anthropogenen Unterwasserschalleinträgen in Form von Dauerschall, die von ITAP GMBH (2025b, Unterlage 21.10.001) überschlägig abgeschätzt wurden. Sollten Dalben zusätzlich noch auf die Endtiefe gerammt werden müssen, kommt es darüber hinaus auch zur Entstehung von Impulsschall (ITAP GMBH 2025a, Unterlage 21.11.001).

Grundsätzlich können Arten betroffen sein, die über eine auditive Wahrnehmung (Gehörsinn) verfügen oder empfindlich auf Schallwellen reagieren.

Der baubedingte Unterwasserschall wurde durch ITAP GMBH (2025a, 2025b) prognostiziert. In Bezug auf den Dauerschall wurden durch (ITAP GMBH 2025b) für sechs verschiedene Bauszenarien,



die zeitgleiche Bauvorgänge beschreiben, die sich durch die Anzahl und Art der eingesetzten Schiffe und Baugeräte unterscheiden, Modellierungen durchgeführt. Hierzu ist festzustellen, dass diese Modellierungen als schlimmster anzunehmender Fall dienen, denn i.d.R. treten nicht alle zugrunde gelegten Arbeiten immer zeitgleich auf, und auch sind die Positionen der Schiffe in zugrunde gelegtem Szenario so ausgerichtet, dass es zu einer maximal beschallten Fläche kommt, was eher selten zutrifft. Im Baubereich liegen die lautesten modellierten Pegel an der Schallquelle bei 170 dB, jedoch werden die Pegel von 150 dB und 140 dB bereits in ca. 100 m Entfernung bzw. in ca. 300 m oder weniger erreicht.

Die Modellierung des Rammschalls durch ITAP GMBH (2025a) prognostiziert die in Tab. 8 genannten Schallpegel in 750 m Entfernung:

Tab. 8: Prognostizierte Pegelgrößen in 750 m Entfernung zur Rammung eines Dalben mit einem Durchmesser von 1,6 m im Fehmarnsund.

Quelle: ITAP GMBH (2025a). Der Einzelereignispegel (SEL) ist in dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ und der Spitzenpegel zero-to-peak ($L_{p,pk}$) sind in dB re 1 μPa angegeben

Rammenergie	SEL [dB]	$L_{p,pk}$ [dB]
100 kJ	160	183
400 kJ	165	188

5.1.14 Barrierewirkung

Durch den Aushub des Tunnelgrabens sowie den damit verbundenen Schiffsverkehr entstehen optische und akustische Emissionen sowie erhöhte projektbedingte Schwebstoffgehalte in der Wassersäule (vgl. Kap. 5.1.6, 5.1.12 und 5.1.13), die als Folge eine Barrierewirkung für mobile Tierarten hervorrufen können, wenn der Bereich der Tunneltrasse im Fehmarnsund von entsprechend empfindlichen Arten gemieden wird. Dieser Wirkfaktor kann naturgemäß nur auf biologische Ökosystemkomponenten wirken, die sich zielgerichtet fortbewegen können. Es kann zu Verhaltensänderungen der betroffenen Arten kommen (z. B. vertikale oder horizontale Ausweichreaktionen), welche wiederum einen erhöhten Energiebedarf nach sich ziehen würden. Der Wirkfaktor „Barrierewirkung“ bezieht sich insbesondere auf wandernde Arten und mögliche Auswirkungen des Vorhabens auf die Durchwanderbarkeit des Fehmarnsunds.

Da die Barrierewirkung aus den Wirkfaktoren optische und akustische Emissionen sowie Schwebstoffgehalt resultiert wird in Bezug auf die Stärke der Projektwirkung auf die Kapitel 5.1.6, 5.1.12 und 5.1.13 verwiesen.

5.1.15 Erschütterungen

Im marinen Bereich wird es vor allem durch die Rammarbeiten zu Erschütterungen kommen. Die Schwingungen breiten sich einerseits über kurze Distanzen im Meeresboden aus und könnten bei der wirbellosen Epi- und Infauna zu Verhaltensänderungen führen. Zum anderen breiten sie sich als Unterwasserschall im Wasserkörper aus und werden bereits über den Wirkfaktor akustische Emission (vgl. Kapitel 5.1.13) berücksichtigt. Erschütterungsbedingte Störwirkungen auf marine Säugetiere oder Fische, die über die des Wirkfaktors Unterwasserschall hinausgehen, sind entsprechend nicht zu prognostizieren.



5.1.16 Kollisionsrisiko

Im Rahmen der Bautätigkeiten entstehen seeseitig Schiffsbewegungen (Baggerschiffe, Schuten, Pontons, Versorgungsschiffe). Aus diesen Fahrzeugbewegungen könnte es zu einer erhöhten Kollisionsgefahr für See- und Küstenvögel kommen, die im marinen Bereich rasten und nach Nahrung suchen. Insbesondere nachts und bei schlechten Sichtbedingungen ist eine Kollisionsgefährdung möglich, da die Beleuchtung der Schiffe Vögel anlocken könnte. Tagsüber und nachts bei guter Sicht besteht keine zusätzliche Kollisionsgefahr für die Vögel, die den langsam fahrenden Schiffen ausweichen können. Die Stärke der Projektwirkung hängt von der artspezifischen Mobilität und der Lage und Bedeutung der Funktionsräume ab.

5.2 Anlagebedingte Wirkfaktoren

Anlagenbedingte Wirkfaktoren umfassen dauerhafte Wirkungen, die auf das Bauwerk und die damit verbundenen Standortveränderungen im geplanten Projektgebiet und im unmittelbaren Umfeld dessen zurückzuführen sind.

5.2.1 Morphologische Verhältnisse (Sub-, Eu-, oder Supralitoral)

Die Veränderungen der Gewässerstruktur im Sohl- und/oder Uferbereich kann durch die Bauwerke Absenktunnel, Nassbaggertgutverbringung (Ablagerungskörper) und anlagenbedingte Veränderungen im unmittelbaren Umfeld hervorgerufen werden.

Nach dem Rückbau des Trockendocks und des Arbeitshafens wird die ursprüngliche Küstenlinie wiederhergestellt.

Durch die Fertigstellung des Tunnelbauwerks und die anschließende Verfüllung des restlichen Tunnelgrabens wird im Bereich der Küste (Wassertiefen < 2 m) das ursprüngliche Sohlprofil wiederhergestellt (Unterlage 51.02, Kapitel 8.1.3.1). In den tieferen Bereichen wird das ursprüngliche Sohlprofil mit Riffen im Rahmen einer Verminderungsmaßnahme auch wiederhergestellt, sodass nach der Wiederverfüllung des Tunnelgrabens dieser Bereich wiederbesiedelt werden kann bzw. die Wiederansiedlung von Seegraswiesen durch Pflanzungen unterstützt wird (vgl. Kapitel 4.4.1).

Insgesamt gehen die anlagebedingten Wirkungen durch die Bauwerke sowie die Nassbaggertgutverbringung nicht über die bereits in Kap. 5.1.1 beschriebenen Wirkungen hinaus.

5.2.2 Wasserspiegellage / Tidenhub

Veränderungen der Wasserspiegellagen und des Tidenhubs können durch Bauwerke wie Absenktunnel und vorhabenbedingte Hochwasserschutzmaßnahmen auf der Festlandseite und anlagenbedingte Veränderungen im unmittelbaren Umfeld hervorgerufen werden.

Die Veränderungen der Wasserspiegellage wurden mit der hydronumerischen Modellierung (Unterlage 51.02) nach der technisch notwendigen Verfüllung des Tunnelgrabens berechnet und ausgewertet. Es wurden minimale, mittlere und maximale Änderungen des Wasserstandes an den Extraktionspunkten bestimmt. Im Mittel wurden keine Änderungen des Wasserstandes durch das Modell berechnet. Die maximalen Differenzen stellen sich am Extraktionspunkt ADCP1 (östlich der Tunneltrasse) mit +1 cm ein. Die minimale Differenz stellt sich am Extraktionspunkt Trasse (innerhalb der Trasse) mit -1 cm ein. Die Standardabweichung des Wasserstands liegt im untersuchten Zeitraum bei 0,21 m, die Schwankungsbreite des Wasserstands liegt bei über 1,50 m. Die Auswirkungen der fertigen Anlage auf den Wasserstand sind somit sehr gering und liegen innerhalb des



natürlichen Schwankungsbereiches (Unterlage 51.02, Kapitel 8.1.1). Nach der vollständigen Wiederverfüllung des Tunnelgrabens im Rahmen der Verminderungsmaßnahme werden keine Auswirkungen des Tunnelbaus auf den Wasserstand mehr vorhanden sein.

5.2.3 Seegang / Exposition

Die Anlage Bauwerk Absenktunnel kann den Wirkfaktor Seegang / Exposition verändern. Die Veränderungen des Seeganges wurden mit der hydronumerischen Modellierung (Unterlage 51.02) berechnet und ausgewertet. Bei der Auswertung werden die Parameter signifikante Wellenhöhe, Peak-Wellenperiode, maximale Wellenhöhe nach der Nulldurchgangsmethode (Peak-Wellenhöhe) und die mittlere Wellenrichtung ausgewertet.

Die Veränderungen des Seeganges wurden mit der hydronumerischen Modellierung (Unterlage 51.02, Kapitel 8.2) für die Parameter signifikante Wellenhöhe und die mittlere Wellenrichtung berechnet und ausgewertet. Die nur leicht geänderte Bathymetrie im Planzustand führt zu sehr geringen Änderungen der Wellenhöhen. Die Änderungen der mittleren Wellenhöhen liegen im gesamten Gebiet unter 0,01 m. Relevante Änderungen von mehr als 5 cm in den maximalen Wellenhöhen ergeben sich nur in einem sehr kleinen Bereich östlich des Extraktionspunktes Trasse. Dort ergeben sich um bis zu 6 cm höhere maximale Wellenhöhen (vgl. Abb. 26).

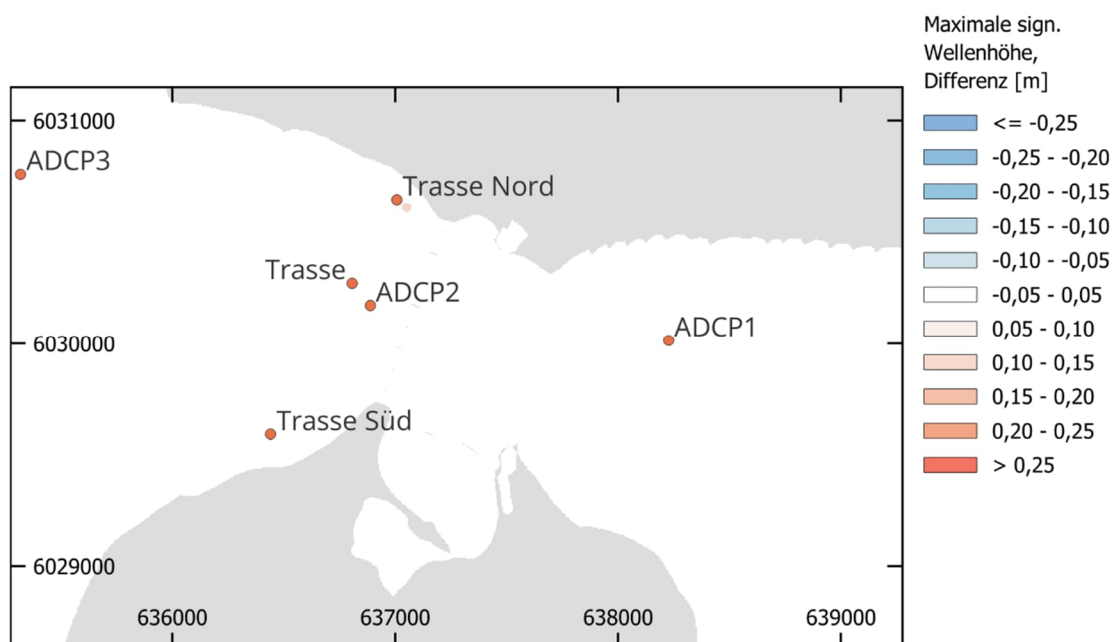


Abb. 26: Änderungen der maximalen signifikanten Wellenhöhe im Planzustand im Vergleich zum Ist-Zustand

blau: kleinere Wellenhöhen, rot: größere Wellenhöhen, Quelle: Unterlage 51.02, Abb. 151

Eine messbare Änderung in den Wellenrichtungen erfolgt nur im Bereich des Tunnels im Mittel maximal +0,7° im nördlichen Bereich der Trasse und im Mittel minimal bis -1,8° im südlichen Bereich der Trasse (Tab. 9).



Tab. 9: Minimale, maximale und mittlere Änderung der mittleren Wellenrichtung im Fehmarnsund im Planzustand gegenüber dem Ist-Zustand
 Quelle: Unterlage 51.02, Tab. 66

Änderung der mittleren Wellenrichtung in °	
Extraktionspunkt Trasse	+0,3
Extraktionspunkt Trasse Nord	+0,7
Extraktionspunkt Trasse Süd	-1,8
ADCP2	±0,0

Durch die Fertigstellung des Tunnelbauwerks und die anschließende Verfüllung des restlichen Tunnelgrabens wird im Bereich der Küste (Wassertiefen < 2 m) das ursprüngliche Sohlprofil wiederhergestellt (Unterlage 51.02, Kapitel 8.1.3.1). In den tieferen Bereichen wird das ursprüngliche Sohlprofil im Rahmen einer Verminderungsmaßnahme wiederhergestellt, sodass nach der Wiederverfüllung des Tunnelgrabens keine Auswirkungen des Tunnelbaus auf den Seegang vorhanden sind.

5.2.4 Strömungsgeschwindigkeit

Veränderungen der Strömungsgeschwindigkeiten können durch den Absenktunnel und die anlagebedingte Veränderung im unmittelbaren Umfeld hervorgerufen werden.

Die Veränderungen der Strömungsgeschwindigkeiten wurden mit der hydronumerischen Modellierung (Unterlage 51.02) berechnet und ausgewertet. Das Modell wurde sowohl im Hinblick auf den Durchfluss im Fehmarnsund und Fehmarnbelt als auch auf die generell vorherrschenden Strömungsgeschwindigkeiten ausgewertet. Auch hier erfolgte ein Vergleich der modellierten Ergebnisse für den Planzustand mit dem Ist-Zustand. Bei den Strömungsgeschwindigkeiten erfolgte die Auswertung an der Gewässersohle und tiefengemittelt über die gesamte Wassersäule. Die Auswertung wurde sowohl flächig als auch an den Extraktionspunkten vorgenommen.

5.2.4.1 Durchfluss

Der Durchfluss wird entlang einer Extraktionslinie entlang der Bestandsbrücke ermittelt, da hier die größte Einengung im Fehmarnsund vorherrscht. Der Auswertungsort erlaubt eine bessere Beurteilung der Veränderung des Durchflusses als entlang der neu geplanten Tunneltrasse, da der Gewässerquerschnitt entlang der Extraktionslinie in allen betrachteten Zuständen unverändert bleibt (Unterlage 51.02, Kapitel 7.1.2).

Im Ergebnis zeigt sich eine Verringerung des mittleren Durchflusses im Fehmarnsund, sowohl für die westwärts als auch für die ostwärts gerichteten Strömungen. Die Durchflussmengen verringern sich im Mittel bei westwärts gerichteter Strömung um -2,27 m³/s (-0,1 %) und bei ostwärts gerichteter Strömung im Mittel um -3,32 m³/s (-0,2 %) (Unterlage 51.02, Kapitel 8.1.2). Im Fehmarnbelt stellt sich sowohl für die westwärts als auch für die ostwärts gerichtete Strömung eine in der Natur nicht nachweisbare Änderung des Durchflusses ein (< 0,01 %) (Unterlage 51.02, Kapitel 8.1.2).

Nach der vollständigen Wiederverfüllung des Tunnelgrabens im Rahmen der Verminderungsmaßnahme werden keine Auswirkungen des Tunnelbaus auf den Durchfluss mehr vorhanden sein.



5.2.4.2 Strömungsgeschwindigkeiten

Die größten mittleren Änderungen an der Sohle stellen sich im Bereich der ehemaligen Tunneltrasse zwischen den Extraktionspunkten Trasse und Trasse Nord ein. Dies sind die Orte mit den größten Änderungen der Bathymetrie. Die mittleren Änderungen liegen dort im Bereich von -0,02 bis +0,01 m/s (siehe Abb. 27). Am Extraktionspunkt Trasse liegen die mittleren Änderungen bei $\pm 0,00$ m/s.

Außerhalb der Trasse sind die mittleren Änderungen in allen Bereichen $< 0,01$ m/s. Auch an den repräsentativen Messstellen der Küstenwasserkörper gibt es keine Änderung der mittleren Geschwindigkeit durch den Planzustand. Am Extraktionspunkt Trasse treten kurzzeitig Änderungen in den Strömungsgeschwindigkeiten gegenüber dem Ist-Zustand von maximal 0,06 m/s und minimal -0,13 m/s auf. An den Stationen ADCP1 bis ADCP3 liegen die kurzzeitigen Änderungen in den Strömungsgeschwindigkeiten zwischen maximal 0,08 m/s und minimal -0,05 m/s.

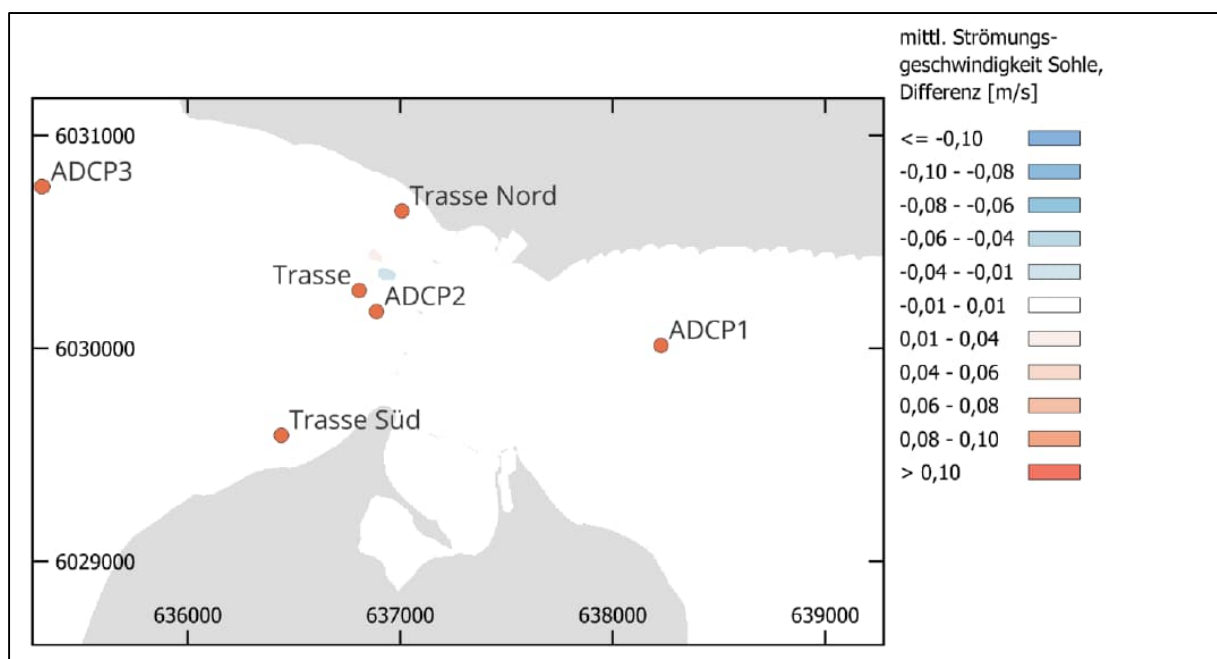


Abb. 27 Berechnete Änderungen der mittleren Strömungsgeschwindigkeit an der Gewässersohle im Planzustand im Vergleich zum Ist-Zustand

Quelle: Unterlage 51.02, Abb. 149

Die größten mittleren Änderungen tiefengemittelt in der Wassersäule ergeben sich im Bereich der ehemaligen Tunneltrasse (siehe Abb. 28) in dem Bereich, wo die Ankerschicht höher liegt als der ursprüngliche Meeresboden im Ist-Zustand. Aus dem verringerten Fließquerschnitt an dieser Stelle ergibt sich lokal eine maximale Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit von bis zu +0,01 m/s (Unterlage 51.02, Kapitel 8.1.3.2).

Die Änderung der Strömungsgeschwindigkeiten am Extraktionspunkt Trasse beträgt kurzzeitig zwischen -0,03 m/s und +0,03 m/s. Außerhalb der Trasse liegen die Änderungen in einem vernachlässigbaren Bereich. Auch an den repräsentativen Messstellen der Küstenwasserkörper gibt es keine relevanten Änderungen der tiefengemittelten mittleren Geschwindigkeit durch den Bauzustand.



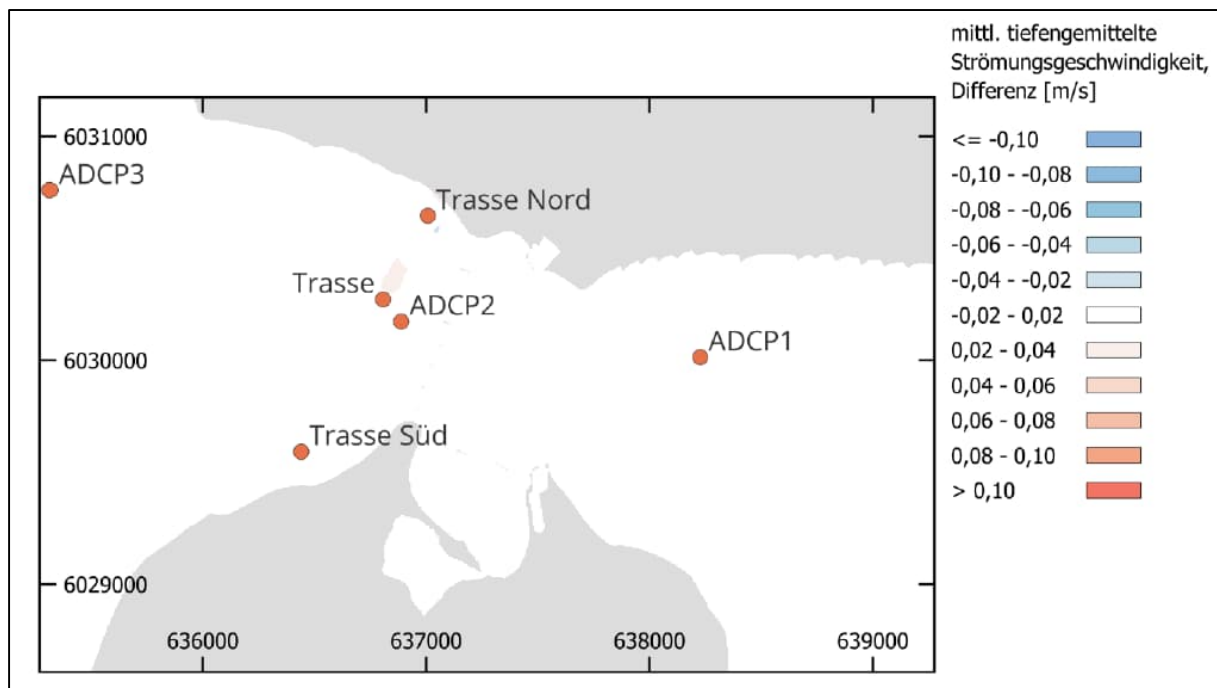


Abb. 28 Berechnete Änderungen der mittleren Strömungsgeschwindigkeit tiefengemittelt in der Wassersäule im Planzustand im Vergleich zum Ist-Zustand
 Quelle: Unterlage 51.02, Abb. 150

Nach der vollständigen Wiederverfüllung des Tunnelgrabens im Rahmen einer Verminderungsmaßnahme, wird es im Fehmarnsund auch rechnerisch keine Änderungen in den Strömungsgeschwindigkeiten mehr geben.

5.2.5 Schwebstoffgehalt

Die Veränderungen des Schwebstoffgehaltes können durch die Bauwerke Absenktunnel und Nassbaggergutverbringung (Ablagerungskörper) und anlagenbedingte Veränderungen im unmittelbaren Umfeld hervorgerufen werden.

Im Planzustand wird die natürliche Schwebstoffkonzentration im Untersuchungsgebiet nicht verändert. Es werden durch die Anlage des Bauwerks keine projektbedingten Sedimente in den marinen Bereich eingebracht oder zusätzlich freigesetzt, sodass diese Projektwirkung vernachlässigt werden kann.

5.2.6 Nährstoffverhältnisse

Veränderungen der Nährstoffverhältnisse können durch das Bauwerk Absenktunnel, Nassbaggergutverbringung (Ablagerungskörper) und anlagenbedingte Veränderungen im unmittelbaren Umfeld hervorgerufen werden.

Im Planzustand wird die natürliche Nährstoffkonzentration im Untersuchungsgebiet nicht verändert. Es werden durch die Anlagen keine projektbedingten Sedimente in den marinen Bereich eingebracht oder zusätzlich freigesetzt, sodass hier ebenfalls keine Nährstoffe freigesetzt werden.

Diese Projektwirkung kann demnach vernachlässigt werden.



5.2.7 Sauerstoffgehalt

Veränderungen des Sauerstoffgehaltes können durch die Bauwerke Absenktunnel und Nassbaggertgutverbringung (Ablagerungskörper) und anlagenbedingte Veränderungen im unmittelbaren Umfeld hervorgerufen werden.

Im Planzustand wird der natürliche Sauerstoffgehalt im KWK nicht verändert. Es werden durch die Anlage keine projektbedingten Sedimente in den marinen Bereich eingebracht oder zusätzlich freigesetzt, sodass hier ebenfalls keine Änderungen des Sauerstoffgehaltes auftreten werden.

Diese Projektwirkung kann demnach vernachlässigt werden.

5.2.8 Schadstoffgehalt

Veränderungen des Schadstoffgehaltes können durch die Bauwerke Absenktunnel und Nassbaggertgutverbringung (Ablagerungskörper) und anlagenbedingte Veränderungen im unmittelbaren Umfeld hervorgerufen werden.

Im Planzustand wird die natürliche Schadstoffkonzentration im Untersuchungsgebiet nicht verändert. Es werden durch die Anlage keine Emissionen in den marinen Bereich eingebracht oder zusätzlich freigesetzt, sodass hier ebenfalls keine Änderungen des Schadstoffgehaltes auftreten werden.

Diese Projektwirkung kann demnach vernachlässigt werden.

5.2.9 Ausprägung der aquatischen Lebensgemeinschaft

Eine Veränderungen der Ausprägung der aquatischen Lebensgemeinschaft können durch die Bauwerke Bauwerk Absenktunnel, Nassbaggertgutverbringung (Ablagerungskörper) und anlagenbedingte Veränderungen im unmittelbaren Umfeld hervorgerufen werden.

Mit der Wiederverfüllung des Tunnelgrabens, der Wiederherstellung der Küstenlinie und Beendigung der Nassbaggertgutverbringung können die Bereiche, die während der Bauphase einen Habitatverlust erfahren haben, wiederbesiedelt werden. Die Wiederbesiedlung erfolgt durch das vorhandene Arteninventar.

5.3 Betriebsbedingte Wirkfaktoren

Betriebsbedingte Wirkfaktoren umfassen dauerhafte Wirkungen, die auf die Unterhaltung und den Betrieb der Anlagen zurückzuführen sind.

5.3.1 Morphologische Verhältnisse (Eu-/Sublitoral)

Die folgenden betriebsbedingten Aktivitäten der FSQ verursachen die Projektwirkung morphologische Verhältnisse (Eu-/Sublitoral), die Veränderungen der Gewässerstruktur im Sohl- und/oder Uferbereich in Folge von Wasser mit einem gegenüber dem Vorfluter abweichenden Fließverhalten (nach LAWA, 2020) haben können: Entwässerung des Bahnkörpers, Entwässerung der Straßen.

Zur Ermittlung der Stärke dieser Projektwirkung müssen die Abflussgeschwindigkeiten der in die KWK fließenden Gewässer, welche durch die bauzeitliche Entwässerung gespeist werden, oder der Direktleitungen mit den im KWK vorherrschenden Strömungsverhältnissen verglichen werden.



Die Einleitung aus der Oberflächenentwässerung der angeschlossenen Verkehrsflächen erfolgt über lokale Gräben oder direkt in die Ostsee. Die Einleitungen in die Gräben werden auf den Landschaftsabfluss begrenzt und bei Notwendigkeit gedrosselt. Damit findet keine Änderung des Spitzenabflusses bei Einleitung und keine relevante Änderung der Gewässerstruktur im Sohl- und Uferbereich der betrachteten KWK statt. Bei den direkten Einleitungen aus der Entwässerung in den Fehmarnsund werden die Einleitgeschwindigkeiten auf 0,8 m/s begrenzt, um Auswirkungen auf die Gewässerstruktur zu vermeiden.

5.3.2 Sauerstoffgehalt

Die folgenden betriebsbedingten Aktivitäten der FSQ verursachen die Projektwirkung Sauerstoffgehalt: Entwässerung des Bahnkörpers, Entwässerung der Straßen.

Das in der Oberflächenentwässerung gefasste abfließende Niederschlagswasser weist aufgrund der Belüftung aerobe Eigenschaften und keine relevante Sauerstoffzehrung auf.

5.3.3 Nährstoffverhältnisse

Die folgenden betriebsbedingten Aktivitäten der FSQ verursachen die Projektwirkung Nährstoffgehalt: Entwässerung des Bahnkörpers, Entwässerung der Straßen.

Veränderungen der Nährstoffkonzentrationen von Gesamtstickstoff und Gesamtphosphor können aus betriebszeitlichen Entwässerungen der Verkehrsflächen resultieren. Konzentrationserhöhungen mit einem Wirkradius (Radius bis der Orientierungswert zum guten Zustand unterschritten ist) von jeweils > 10 m ergeben sich ausschließlich an den Einleitstellen Gr3 im Wasserkörper Fehmarn Sund W und Gr6 im Wasserkörper Fehmarn Sund E für Gesamtphosphor. Die entsprechenden Konzentrationserhöhungen wurden in Unterlage 20.01.001 berechnet (Kapitel 5.1.3.1.2 und 5.2.3.1.2) und sind in Tab. 10 zusammengefasst.

Tab. 10 Berechnungsergebnisse der Erhöhung der Nährstoffkonzentrationen von Gesamtphosphor und Gesamtstickstoff in Folge der betriebsbedingten Entwässerungen

Es sind nur die Einleitungen dargestellt, bei denen der Wirkradius bis zur Unterschreitung des Orientierungswertes zum guten Zustand mehr als 10 m beträgt
Quelle: Unterlage 20.01.001, Tab. 91 und Tab. 110

Parameter	Einheit	Gr3	Gr6
Phosphor gesamt			
Orientierungswert, guter Zustand	µg/l	13,60	
Ausgangskonzentration KWK µg/l (Datenquelle: LfU 2023)	µg/l	13,00	13,00
Durchschnittliche Konzentration im Einleitwasser	µg/l	500,00	
Konzentration an der repräsentativen Messstelle (Summe aller Einleitungen)	µg/l	13,004	13,004
Messbarkeitsgrenze nach FGSV (2021) (10 %)	µg/l	14,30	
Radius bis Orientierungswert (guter Zustand) unterschritten	m	51	38

5.3.4 Schwebstoffgehalt

Veränderungen des Schwebstoffgehaltes in Folge von einer Zufuhr von Wasser in einer dem Vorfluter vorrangig physikalisch-chemischer bzw. chemischer abweichender Beschaffenheit.



Die folgenden betriebsbedingten Aktivitäten der FSQ verursachen die Projektwirkung Schwebstoffgehalt: Entwässerung des Bahnkörpers, Entwässerung der Straßen. Die Projektwirkung betrachtet die Änderungen der Schwebstoffkonzentration. Es können Schwebstoffeinträge durch die Einleitungen der betriebszeitlichen Entwässerungen in die KWK resultieren. Die Berechnungen ergaben, dass der Wirkradius an allen Einleitpunkten <10 m ist. Die Auswirkungen werden als unerheblich eingestuft (Unterlage 20.01.001, Kapitel 5.1.3.1.3).

5.3.5 Schadstoffgehalt

Die folgenden betriebsbedingten Aktivitäten zur Errichtung der FSQ können Änderungen der Schadstoffkonzentration verursachen: Entwässerung des Bahnkörpers, Entwässerung der Straßen

Es können straßen- und gleisbedingte Schadstoffeinträge durch die Einleitungen der betriebszeitlichen Entwässerungen in die KWK resultieren. In den Gleisanlagen finden regelmäßig Vegetationskontrollen zur Erhaltung der Funktion des Schotterbettes und der Sicherheit des Eisenbahnbetriebes statt. Die chemische Vegetationskontrolle erfolgt zudem nach der Rahmenrichtlinie Integrierter Pflanzenschutz und den Leitlinien zum Integrierten Pflanzenschutz, die im Regelwerk der DB verankert sind. Diese orientieren sich inhaltlich an den Vorgaben der EU-Richtlinie 2009/128/EG, Anhang III über einen Aktionsrahmen der Gemeinschaft für die nachhaltige Verwendung von Pestiziden, um die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln noch sicherer zu machen. Die Deutsche Bahn verwendet die vom Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) speziell für diesen Bereich zugelassenen Produkte. Entsprechend der Produktzulassung hält sich die Deutsche Bahn sowohl an die Anwendungsvorschriften des BVL als auch an die gesetzlichen Vorgaben, die bei Verwendung von Pflanzenschutzmitteln zu beachten sind. Zusätzlich zu den gegenwärtig bereits seit längerem zugelassenen Herbiziden, hat das BVL Anfang 2023 die Anwendung des Wirkstoffs Pelargonsäure für den Gleisbereich genehmigt.

Zusätzlich hat das EBA Studien in Auftrag gegeben, um den Eintrag u. a. von Herbiziden ins Grundwasser wie auch in Oberflächenwasser zu erfassen. Der Forschungsbericht der chemischen Zusammensetzung der Gleiswässer kam zu dem Schluss, dass nur im unmittelbaren zeitlichen Zusammenhang Herbizide im Gleisschotter nachgewiesen werden konnten. Auch sank die Herbizidkonzentration mit zunehmender Entfernung zum Gleisbett. Während im unmittelbaren Sickerwasserbereich Pflanzenschutzmittel und ihre Abbauprodukte nachgewiesen wurden, gelangten diese nicht in das Grundwasser. Teilweise wurden nach der Vegetationskontrolle ein Abschwemmen in querende Oberflächengewässer nachgewiesen. Untersuchungen an Gleiswässern in der Schweiz (BRAUN *et al.* 2013) kommen zu ähnlichen Ergebnissen.

Ab 2023 wird die Deutsche Bahn auf den Einsatz von Glyphosat verzichten. Solange sich alternative Verfahren noch im Zulassungsprozess bzw. Entwicklungsstadium befinden, wird die DB auf den Einsatz anderer für den Gleisbereich zugelassener Herbizide zurückgreifen (z.B. Pelargonsäure und Bodenherbizide). Im Gleisbereich des PFA FSQ ist geplant, Pelargonsäure in Verbindung mit weiteren chemischen und mechanischen Methoden einzusetzen. Pelargonsäure ist eine Fettsäure die u. a. aus Rapsöl gewonnen wird. Ein Ölfilm legt sich auf die Epidermis der Pflanzen und diese stirbt ab. Die Wirkung des Einsatzes hält 4 bis 8 Wochen an. Die Substanz wird als leicht biologisch abbaubar beschrieben.

Es bedarf weiterhin eines guten Umganges bei der Durchführung der Vegetationskontrolle, wie die Durchführung bei geeigneten Wetterbedingungen, d.h. an Tagen ohne Niederschläge und bei



Windstille, um ein Abschwemmen und eine Verdriftung der Stoffe zu vermeiden. Auch findet der Herbizidauftrag flächengenau im Schotterbett und an den angrenzenden Randflächen statt. An Bauwerken wie Brücken, Gewässerquerungen und Tunnel ist keine Behandlung vorgesehen.

Auf Basis des derzeit durch die DB eingesetzten Herbizids Pelargonsäure erfolgt nach Abstimmung mit der DB InfraGO AG die Einstufung in die Belastungskategorie 1 gemäß Regelwerk DWA-A 102-2, da für diese Herbizide keine Immissionsanforderungen in der OGewV definiert sind (Fußnote 9, S. 78, DWA-A 102-2). Für Regenwasserabflüsse der Belastungskategorie 1 ist keine Behandlung erforderlich, da der flächenspezifische Stoffabtrag bRa_{AFS63} für Flächen der Belastungskategorie 1 $280 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ beträgt und somit dem zulässigen Wert nach DWA-A 102-2 entspricht.

Hieraus ergibt sich, dass für die angeschlossenen Flächen der Entwässerungsanlagen entlang der PFA FSQ keine stoffliche Relevanz nach DWA-A/M 102-2/3 erwächst. Die Auswirkungen der Vegetationskontrolle können demnach vernachlässigt werden und werden in der Auswirkungsprognose nicht weiter betrachtet.

Die aus Straßen- bzw. Gleiswässer gelösten Frachten und deren Auswirkungen auf die Konzentrationen verkehrsspezifischer Stoffe im Küstenwasserkörper wurden berechnet. An der repräsentativen Messstelle DESM_SH_961010 wurden keine messbaren Konzentrationsanstiege berechnet. Lediglich für den Parameter Benzo[a]pyren wird am Einleitpunkt Fe1 ein Wirkradius von 12 m berechnet.



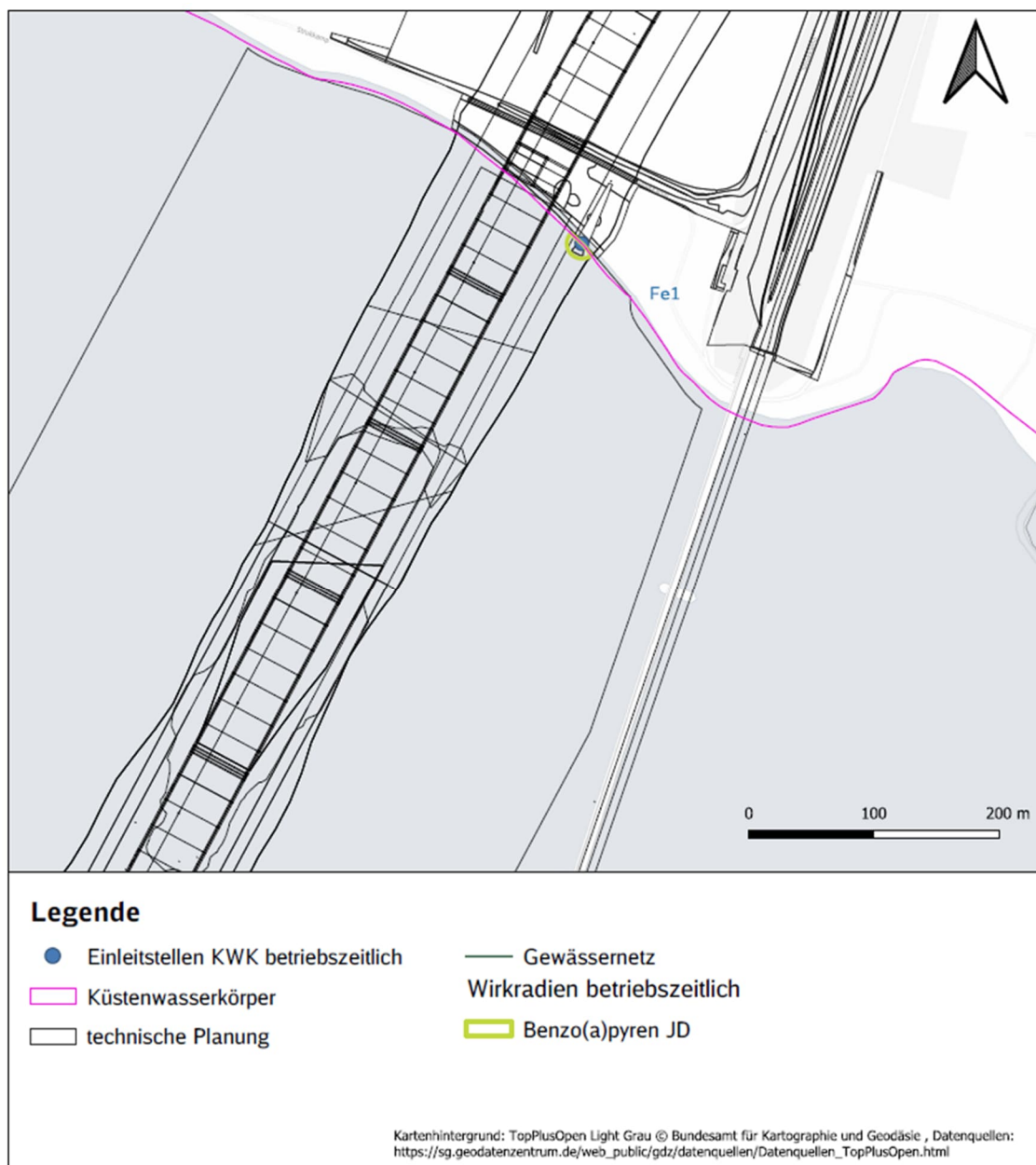


Abb. 29: betriebszeitliche Wirkradien der Schadstoffe im KWK Fehmarn Sund W
Quelle: Unterlage 20.01.001, Abb. 60

5.3.6 Elektrische / magnetische Felder

Beim Betrieb elektrifizierte Bahnstrecken entstehen niederfrequente elektrische und magnetische Wechselfelder mit einer Frequenz von 16,7 Hertz. Gemäß der Fachtechnischen Stellungnahme zur Umsetzung der 26. BImSchV (DB SYSTEMTECHNIK GMBH 2023) werden die Grenzwerte der 26. BImSchV (5 kV/m elektrische Feldstärke und 300 μ T magnetische Flussdichte) deutlich unterschritten. Zwischen einer unter Spannung stehenden Oberleitung baut sich gegenüber der Schiene bzw. der Erde ein elektrisches Feld auf, dessen Feldstärke in unmittelbarer Nähe zum Leiter reziprok mit der Entfernung zum Leiter abnimmt. Durch im Feld befindliche Hindernisse wie Wände, Wälle und Bewuchs wird es mehr oder weniger stark verzerrt bzw. abgeschirmt. Sobald durch Oberleitung und Schiene Strom fließt, entstehen um die einzelnen Leiter magnetischer Felder. Die magnetische Feldstärke ist proportional zum Stromfluss und nimmt ebenfalls reziprok mit der Entfernung zum Leiter ab. Weil in den Fahrleitungen nicht immer gleich viel Strom fließt, unterliegen die



Magnetfelder in der Umgebung von Bahnanlagen großen zeitlichen Schwankungen. Während die elektrischen Felder sich sehr gut abschirmen lassen, ist dies bei den Magnetfeldern nicht so leicht und nur durch spezielle Nickel-Eisen-Legierungen möglich (vgl. BUWAL 2005, S. 34 ff.; DB SYSTEMTECHNIK GMBH 2023, Unterlage 45.02, S. 7 f.; BFS 2025b; EMF-PORTAL 2025).

Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) hat im November 2019 einen mehrtätigen internationalen Workshop zu möglichen Effekten von nieder- und hochfrequenten Feldern auf Pflanzen und Tiere veranstaltet. Ziel war es, das derzeit vorhandene Wissen über mögliche Wirkungen elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder auf die belebte Umwelt, also Tiere und Pflanzen, zusammenzutragen, zu diskutieren und auf Widersprüche und offene Fragen einzugehen. Es wurde festgestellt, dass es zwar biophysikalische Mechanismen gibt, die es Tieren und auch Pflanzen erlauben, Magnetfelder und elektrische Felder geringer Stärke wahrzunehmen, aber bisher konnten keine schädlichen Wirkungen auf Tiere und Pflanzen nachgewiesen werden, die durch künstliche elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder ausgelöst werden (BFS 2025a).

Auswirkungen auf das Meeresgewässer Deutsche Ostsee können somit ausgeschlossen werden.

6 Betroffenheit der Belange der MSRL

Im Folgenden werden diejenigen Wirkfaktoren abgeschichtet, die für eine Darstellung und wasserrechtliche Bewertung wegen des geltenden rechtlichen Rahmens unerheblich sind.

6.1 Übergreifende Abschichtung in den Meeresgewässern

Grundsätzlich können sich die Wirkfaktoren nicht auf bestimmte Ökosystembestandteile oder deren Teilkomponenten (Artengruppen, Biotopklassen, trophische Gilden) auswirken, wenn diese nicht in der Meeresregion Deutsche Ostsee vorkommen.

Der Ökosystembestandteil Säugetiere ist im Anhang, Tabelle 1 des EU-Kommissionsbeschlusses (BESCHLUSS (EU) 2017/848 der Kommission) mit vier Artengruppen beschrieben. Von diesen Artengruppen kommen in der Meeresregion Deutsche Ostsee nur die kleinen Zahnwale und die Robben vor (vgl. Kapitel 7.1.3). Tieftauchende Zahnwale und Bartenwale leben nicht in der Ostsee. Dementsprechend sind sie im MSRL-Zustandsbericht (BMUV 2024) nicht berücksichtigt. Diese beiden Artengruppen werden entsprechend im Fachbeitrag nicht behandelt.

Der Ökosystembestandteil Reptilien kommt in der deutschen Ostsee nicht vor und ist demzufolge kein Bestandteil des MSRL-Zustandsberichts (BMUV 2024, S. 120). Dieser Ökosystembestandteil wird daher in diesem Fachbeitrag nicht behandelt.

Bis auf die Artengruppe der Tiefseefische ist der Ökosystembestandteil Fische mit allen seinen Artengruppen in der Ostsee vertreten (BMUV 2024, S. 122). Die Tiefseefische werden daher im vorliegenden Fachbeitrag nicht behandelt.

Der Ökosystembestandteil Kopffüßer ist für die Bewertung des Umweltzustands der Deutschen Ostseegewässer und somit für eine wasserrechtliche Bewertung vorhabenbedingter Wirkfaktoren nicht relevant. Im MSRL-Zustandsbericht der deutschen Ostsee wird dies wie folgt begründet:



„Die deutschen Ostseegewässer gehören aufgrund des zu geringen Salzgehaltes nicht zum typischen Lebensraum der Cephalopoden. Entsprechend kommen Vertreter dieser Gruppe hier nur sporadisch und unregelmäßig vor, es gibt keinerlei Hinweise auf sich selbst erhaltenden Populationen in der deutschen Ostsee. Eine Bewertung von Tintenfischen im Rahmen der MSRL wurde daher nicht vorgenommen“ (BMUV 2024, S. 151).

Eine Zustandsbeschreibung und eine Definition des guten Umweltzustands wurde daher im MSRL-Zustandsbericht nicht vorgenommen. Es sind keine Umweltziele und Maßnahmen festgelegt (BMUV 2024, S. 151). Eine Darstellung und wasserrechtliche Bewertung der Auswirkungen des Vorhabens auf Cephalopoden in der Meeresregion Deutsche Ostsee wird daher nicht vorgenommen.

Von den Biotopklassen des Ökosystembestandteils benthische Lebensräume kommen 11 Biotopklassen in der Meeresregion Deutsche Ostsee nicht vor und sind entsprechend im MSRL-Zustandsbericht nicht aufgeführt und bewertet worden (BMUV 2024). Diese sind

- Litorale Sedimente,
- Felsen und biogene Riffe des küstenfernen Circalitorals,
- Grobsediment des küstenfernen Circalitorals,
- Mischsediment des küstenfernen Circalitorals,
- Sandböden des küstenfernen Circalitorals,
- Schlickböden des küstenfernen Circalitorals,
- Felsen und biogene Riffe des oberen Bathyals,
- Sediment des oberen Bathyals,
- Felsen und biogene Riffe des unteren Bathyals,
- Sediment des unteren Bathyals und
- Abyssal.

Diese benthischen Biotopklassen werden daher im Fachbeitrag nicht behandelt.

Der Ökosystembestandteil „Ökosysteme, einschließlich Nahrungsnetze“ ist eine abstrakte Komponente, die sich dadurch ergibt, dass alle anderen Ökosystembestandteile miteinander und mit ihrer abiotischen Umwelt interagieren. Daher können sich grundsätzlich alle Wirkfaktoren, die sich auf eine der Ökosystembestandteile der Meeresgewässer auswirken können, auch auf den Ökosystembestandteil „Ökosysteme, einschließlich Nahrungsnetze“ auswirken. Die Wirkfaktoren werden hier nicht spezifisch in Bezug auf „Ökosysteme, einschließlich Nahrungsnetze“ thematisch abgegrenzt. Wenn sie sich auf keine der anderen Ökosystembestandteile auswirken können, sind sie auch nicht relevant für den Zustand der Komponente „Ökosysteme, einschließlich Nahrungsnetze“. Ansonsten werden sie im weiteren Verlauf berücksichtigt.

Keine der unter Kapitel 5 genannten vorhabenbedingten Wirkfaktoren haben Auswirkungen auf die bestehende Belastungssituation „Abfälle im Meer“. Ferner entstehen durch die Wirkfaktoren ebenfalls keine Stoffe, die für die Ökosystemkomponente „Abfälle im Meer“, hinsichtlich ihrer Bewertungskriterien D10C1 und D10C2 (Zusammensetzung, Menge und die räumliche Verteilung von Abfällen / Mikroabfällen), D10C3 (Aufnahme von Abfällen und Mikroabfällen in Meerestieren) oder D10C4 (Zahl der Exemplare jeder Art, die infolge von Abfällen im Meer beeinträchtigt werden) relevant sind. Für die Ökosystemkomponente „Abfälle im Meer“ ist eine wasserrechtliche Bewertung nicht erforderlich.



6.2 Fachliche und thematische Abschichtung

Aus den Angaben in Kapitel 5 werden in diesem Abschnitt diejenigen Wirkfaktoren bestimmt, für die im weiteren Verlauf des Fachbeitrags geprüft wird, ob das Vorhaben FSQ mit den wasserrechtlichen Anforderungen der MSRL vereinbar ist. Die Wirkfaktoren werden sowohl nach fachlichen als auch nach thematischen Kriterien abgeschichtet.

Eine fachliche Abschichtung wird vorgenommen, wenn sich der Wirkfaktor nur theoretisch auf die Ökosystemkomponente oder Belastung auswirken kann, Veränderungen der jeweiligen Bewertungskriterien aber entweder nicht mess- und beobachtbar sind oder messbare Veränderungen sich im natürlichen Schwankungsbereich bewegen³. Diese Wirkfaktoren werden in Kapitel 8.2 nicht weiter untersucht.

Die in Tab. 11 grau hinterlegten Wirkfaktoren können bei keinen Ökosystemkomponenten Veränderungen hervorrufen, die sich außerhalb des natürlichen Schwankungsbereich bewegen. Die verbleibenden Wirkfaktoren werden weiter thematisch und in Bezug auf die einzelnen Ökosystemkomponenten abgeschichtet. Die Abschichtung ergibt sich im Wesentlichen aus den bau-, anlage- und betriebsbezogenen Auswertungskapiteln 5.1 – 5.6 des FB WRRL (Unterlage 20.01.001).

Tab. 11: Abgeschichtete Wirkfaktoren mit geringfügigen, unerheblichen oder ausgeschlossenen Auswirkungen.

(+) markiert welche Wirkfaktoren bau-, anlage- und/oder betriebsbedingt auftreten; grau hinterlegte Zellen markieren, welche Wirkfaktoren an dieser Stelle fachlich abgeschichtet werden; (–) markiert abgeschichtete Wirkfaktoren ohne Auswirkungen.

Wirkfaktor	bau- bedingt	anlage- bedingt	betriebs- bedingt	Begründung, Quellenverweis
Morphologische Verhältnisse (Sub-, Eu-, oder Supralitoral)	+	+	+	Unterlage 20.01.001, Kap. 3.4.3.1.5, Kap. 3.4.4.1.2
Wasserspiegellage / Tidenhub	+	+	–	Unterlage 20.01.001, Kap. 5.1.1.1.2, Kap. 3.4.3.1.1, Kap. 5.1.3.1
Seegang / Exposition	+	+	–	Unterlage 20.01.001, Kap. 5.1.1.2.2.1.1.2, Kap. 5.1.2.1.3, Kap. 5.1.3.1
Durchgängigkeit (küstenparallel / küstennormal)	+	+	–	Unterlage 20.01.001, Kap. 5.1.1.1.4, Kap. 5.1.2.1.4, Kap. 5.1.3.1
Barrierewirkung	+	–	–	Unterlage 18.04.001, Kap. 3.2
Strömungsgeschwindigkeit	+	+	–	Unterlage 20.01.001, Kap. 5.1.1.1.5, Kap. 5.1.2.1.5, Kap. 5.1.3.1

³ Begrifflichkeiten für nicht messbare Veränderungen oder Veränderungen im natürlichen Schwankungsbereich wurden dem Fachbeitrag WRRL (Unterlage 20.01.001, Kapitel 2.1.13) entnommen:

„Nicht mess- und beobachtbare Veränderungen des Parameters werden vom Bundesverwaltungsgericht als „Bagatelle“ bezeichnet. Im vorliegenden Fachbeitrag wird im Folgenden in diesem Fall die Einschätzung „unerhebliche Veränderung“ verwendet.“

„Messbare Veränderungen von Parametern durch ein Vorhaben, die sich im natürlichen Band- und Schwankungsbereich des Parameters bewegen, werden im vorliegenden Fachbeitrag als „geringfügig“ eingestuft. Aufgrund der natürlichen Schwankungen ergeben sich keine Verschlechterungen der biologischen QK.“



Wirkfaktor	bau- bedingt	anlage- bedingt	betriebs- bedingt	Begründung, Quellenverweis
Schwebstoffgehalt	+	+	+	Unterlage 20.01.001, Kap. 5.1.2.1, Kap. 5.1.3.1.3
Nährstoffverhältnisse	+	+	+	Unterlage 20.01.001, Kap. 5.1.2.1
Sauerstoffgehalt	+	+	+	Unterlage 20.01.001, Kap. 5.1.2.1, Kap. 5.1.3.1
Schadstoffgehalt	+	+	+	Unterlage 20.01.001, Kap. 5.1.2.1
Temperaturverhältnisse	+	–	–	Unterlage 20.01.001, Kap. 5.1.1.2.1, Kap. 5.1.2.1, Kap. 5.1.3.1
Ausprägung der aquatischen Lebensgemeinschaft	+	+	+	Unterlage 20.01.001, Kap. 5.1.2.2.1, Kap. 5.1.3.1
Optische Emissionen	+	–	–	Unterlage 18.04.001, 3.2
Akustische Emissionen	+	–	–	Unterlage 18.04.001, 3.2
Erschütterungen	+	–	–	Unterlage 18.04.001, 3.2
Kollisionsrisiko	+	–	–	Unterlage 18.04.001, 3.2
Elektromagnetische Felder	–	–	+	Unterlage 18.04.001, 3.2

Die thematische Abschichtung dient zur Eingrenzung derjenigen Wirkfaktoren und Zustands- bzw. Belastungsaspekten, die grundsätzlich für eine Prüfung nach MSRL in Frage kommen. Grundsätzlich können die in Kapitel 5 genannten Wirkfaktoren zu Auswirkungen auf bestimmte Zustands- bzw. Belastungsaspekte führen, jedoch führt nicht jeder Wirkfaktor zu Auswirkungen auf alle diese Aspekte (vgl. Tab. 12).

Tab. 12 zeigt, für welche der Zustands- bzw. Belastungsaspekte es grundsätzlich zu Auswirkungen kommen kann. Diese Kombinationen (= Prüfkombinationen) werden im Folgenden weiter betrachtet. Die Prüfkombinationen, bei denen ein Wirkfaktor grundsätzlich keine Auswirkungen auf den betreffenden Aspekt haben kann, weil sie nicht in einem ursächlichen Zusammenhang miteinander stehen, werden abgeschichtet und nicht weiter betrachtet. Darüber hinaus kann es fachliche Gründe für eine Abschichtung geben, beispielsweise wenn sich die Auswirkungen auf die Zustands- und Belastungsaspekte im natürlichen Schwankungsbereich bewegen. Diese fachliche Abschichtung der Prüfkombinationen (in Tab. 12 grau hinterlegt) wird textlich in den Kapiteln 6.2.1 bis 6.2.9 näher erläutert.



Tab. 12: Prüfkombinationen von Zustands- bzw. Belastungsaspekten (1. Spalte) und Wirkfaktoren (2. Spalte ff.) sowie deren Abschichtung
(WRRL) Verweis auf FB WRRL (Unterlage 20.01.001) und Prüfung bzgl. der dortigen QK; (+) muss im Rahmen der MSRL zusätzlich überprüft werden; (–) kann thematisch abgeschichtet werden. **Grau** hinterlegte Zellen markieren welche weiteren Prüfkombinationen fachlich abgeschichtet werden können

Ökosystem- komponenten (Zustands- / Belastungsaspekt)	Morphologische Verhältnisse	Schwebstoffgehalt	Nährstoffverhältnisse	Sauerstoffgehalt	Schadstoffgehalt	Ausprägung der aquatischen Lebensgemeinschaft	Optische Emissionen	Akustische Emissionen	Kollisionsrisiko	Barrierewirkung
See- und Küstenvögel	+	+	–	–	+	–	+	+	+	+
Marine Säugetiere	+	–	–	–	+	–	+	+	+	+
Fische	+	+	–	+	+	–	+	+	+	+
Pelagische Lebensräume	WRRL +	WRRL +	WRRL +	+	WRRL +	–	+	–	–	–
Benthische Lebensräume	WRRL +	WRRL +	WRRL +	WRRL	WRRL +	+	+	+	–	–
Ökosysteme, einschließlich Nahrungsnetze	WRRL +	WRRL +	WRRL +	WRRL +	WRRL +	+	+	+	+	+
Nicht-einheimische Arten	–	–	–	–	–	+	–	–	–	–
Kommerziell genutzte Fisch- und Schalentierbestände	+	+	–	+	+	–	+	+	+	+
Eutrophierung	–	WRRL	WRRL +	–	–	–	+	–	–	–
Änderung der hydrografischen Bedingungen	WRRL +	WRRL	–	–	–	–	–	–	–	–
Schadstoffe in der Umwelt	–	WRRL	–	–	WRRL +	–	–	–	–	–
Schadstoffe in Lebensmitteln	–	WRRL	–	–	WRRL +	–	–	–	–	–
Einleitung von Energie	–	–	–	–	–	–	+	+	–	–



Diejenigen Wirkfaktoren und Bewertungseinheiten, die nach der fachlichen und thematischen Absichtung für die jeweiligen Ökosystemkomponenten noch auf ihre Auswirkungen hin überprüft werden müssen, werden eingangs des Kapitels 8 in Tab. 29 zusammenfassend dargestellt.

6.2.1 Schwebstoffgehalt

Eutrophierung

Durch die Nassbaggerarbeiten kommt es zu einer Mobilisierung von Sedimenten. Die daraus resultierenden projektbedingten Schwebstoffe selbst haben keine Auswirkungen auf die Eutrophierung, können aber Nährstoffe transportieren, die teilweise in die Wassersäule freigesetzt werden. Diese Freisetzung von Nährstoffen wird im Folgenden unter dem Wirkfaktor Nährstoffverhältnisse (Kapitel 6.2.2) behandelt. Der Wirkfaktor Schwebstoffgehalt wird für die wasserrechtliche Bewertung der Auswirkungen auf die Eutrophierung nicht weiter berücksichtigt.

Die Folgewirkung Sedimentation beschreibt die Ablagerung von projektbedingten Schwebstoffen am Meeresgrund. Da es durch die Baggerarbeiten lediglich zu einer Umlagerung bestehender Nährstoffmengen und organischen Materials im Sediment kommt, wird davon ausgegangen, dass es nicht zur Anreicherung von Nährstoffen oder organischen Materials durch projektbedingte Sedimentation kommt. Dies ist eine physikalische Wirkung und auf den Meeresboden beschränkt. Der Wirkfaktor Sedimentation wird für die wasserrechtliche Bewertung der Auswirkungen auf die Eutrophierung nicht weiter berücksichtigt.

Änderung der hydrografischen Bedingungen

Durch die Freisetzung von projektbedingten Schwebstoffen und deren anschließende Sedimentation entstehen während der Bauphase Bereiche innerhalb und außerhalb der Tunneltrasse mit zusätzlichen Sedimentablagerungen. Die höchsten ermittelten projektbedingten Sedimentablagerungen während der Bauzeit betragen 3-4 cm und befinden sich innerhalb des Tunnelgrabens bzw. am südlichsten Pfeiler der Brücke über den Fehmarnsund. Die Gesamtfläche, welche außerhalb der Trasse durch relevante projektbedingte Sedimentationshöhen von > 1 cm betroffen ist, hat eine Größe von ca. 1 ha und somit einen Flächenanteil von 0,02 % an der gesamten Fläche des KWK Fehmarn Sund W (Unterlage 20.01.001, Kapitel 5.1.1.2.2.1.2.2). Eine Veränderung der Tiefenvariationen, der Meeresbodenstruktur und des Substrates kann auf dieser Fläche aufgrund der geringen Sedimentationshöhen ausgeschlossen werden (Unterlage 20.01.001, Kapitel 5.1.1.2.2.1.2.2). Der Wirkfaktor Schwebstoffgehalt ist nicht in der Lage, eine Änderung der hydrographischen Bedingungen zu bewirken und wird nicht weiter betrachtet.

Die durch die Nassbaggergutverbringung projektbedingt freigesetzten Schwebstoffe lagern sich in Form von Sedimentation an der Gewässersohle ab. Aus dem hydronummerischen Modell (Unterlage 51.04) geht hervor, dass KWK Fehmarnbelt E an der repräsentativen Messstelle DESM_SH_961008 und an den Landesmessstellen KAT FUC, KAT ROT, SKS SEE und MB12 über die gesamte Dauer der Nassbaggergutverbringung keine projektbedingten Sedimentationshöhen > 0,0001 m (0,1 mm) auftreten. Eine Veränderung der Tiefenvariationen, der Meeresbodenstruktur und des Substrates kann auf dieser Fläche aufgrund der geringen Sedimentationshöhen ausgeschlossen werden (Unterlage 20.01.001, Kapitel 5.4.1.1.4).



In Küstenmeer Schlei/Trave entstehen im Umkreis der Nassbaggergutverbringung Flächen, die von Sedimentation betroffen sind. Die Sedimentationshöhen nehmen mit zunehmender Entfernung zur Verbringstelle immer weiter ab. Die Fläche die von einer Überdeckung von 1-10 cm betroffen ist hat eine Größe von ca. 422 ha. Eine Veränderung der Tiefenvariationen, der Meeresbodenstruktur und des Substrates kann auf dieser Fläche aufgrund der geringen projektbedingten Sedimentationshöhen ausgeschlossen werden. Die Fläche der Baggergutablagerung und die direkt angrenzende Fläche mit projektbedingten Sedimentationshöhen von > 10 cm werden unter dem Wirkfaktor Morphologische Verhältnisse betrachtet.

Der Wirkfaktor Schwebstoffgehalt ist nicht in der Lage, eine Änderung der hydrographischen Bedingungen zu bewirken, und wird für die wasserrechtliche Bewertung der Auswirkungen auf die hydrografischen Bedingungen nicht weiter berücksichtigt.

Schadstoffe in der Umwelt, Schadstoffe in Lebensmitteln

Die Schwebstoffe selbst können ebenfalls keine Auswirkungen auf den Eintrag gefährlicher Stoffe haben. Allerdings können die mit den Schwebstoffen transportierten Schadstoffe Auswirkungen haben. Diese werden unter dem Wirkfaktor Schadstoffgehalt (Kapitel 6.2.4) berücksichtigt. Der Wirkfaktor Schwebstoffgehalt wird für die wasserrechtliche Bewertung der Auswirkungen auf Schadstoffe in der Umwelt und in Lebensmitteln nicht weiter berücksichtigt.

6.2.2 Nährstoffverhältnisse

Lokale Konzentrationserhöhungen der durch die Nassbaggerarbeiten freigesetzten Stickstoffverbindungen sind messtechnisch nicht nachweisbar und die temporären Erhöhungen von Gesamt-Phosphor um den Baggerstandort liegen im für den Wasserkörper Fehmarn Sund W natürlichen Schwankungsbereich des Parameters (Unterlage 20.01.001, Kapitel 5.1.1.2.2.2.3). Die Auswirkungen sind demnach geringfügig und können nicht zu einer Verschlechterung führen. Weiterhin können ebendiese Konzentrationserhöhungen auch bei der Verbringung des ausgehobenen Baggergutes vorkommen und an der Nassbaggergutverbringstelle auftreten. Diese lokal begrenzten Konzentrationserhöhungen befinden sich auch innerhalb des für das Küstenmeer Schlei/Trave natürlichen Schwankungsbereichs (6-29 µg/l) (LfU, 2020). Die Auswirkungen sind demnach geringfügig und können nicht zu einer Verschlechterung führen.

Daraus folgt, dass die schwebstoffbedingte Nährstofffreisetzung aus dem Baggergut sich nicht auf den Belastungsaspekt Eutrophierung auswirken kann.

6.2.3 Sauerstoffgehalt

Fische, kommerziell genutzte Fisch- und Schalentierbestände

Fische sind mobil und werden den Bereich des Tunnelgrabens meiden, da die entsprechenden Habitate am Meeresboden in Anspruch genommen werden und die Emission von Unterwasserschall sowie erhöhte projektbedingten Schwebstoffkonzentrationen eine Meidungsreaktion der Fische bewirken (vgl. Kap. 8.2.1). Aufgrund der Flucht der Fische aus dem Baustellenbereich werden sie keinen geringen Sauerstoffkonzentrationen ausgesetzt sein. Der Wirkfaktor Sauerstoffgehalt kann sich demnach nicht auf Fische sowie kommerziell genutzte Fisch- und Schalentierbestände auswirken und wird für die wasserrechtliche Bewertung nicht weiter berücksichtigt.

Benthische Lebensräume und pelagische Lebensräume



Eine maximale Reduzierung des Sauerstoffgehalts von 0,00005 mg/l (= 0,05 µg/l) um den Baggerstandort hat in biologischen Maßstäben keine Auswirkungen, da die natürlichen Schwankungen ein Vielfaches dieses Wertes betragen. So zeigen Messreihen des LfU in 2020 z. B. für den Küstengewässer-Wasserkörper Fehmarn Sund W Sauerstoffgehalte von 6,27 mg/l bis 11,91 mg/l, also eine Schwankungsbreite von 5,6 mg/l (Unterlage 20.01.001, Kapitel 4.6.2.1.2.2.1 Sauerstoffhaushalt). Dieser Wasserkörper liegt in dem Gebiet, wo die Schwebstoffe entstehen und damit die Sauerstoffzehrung maximal ist. Während der Nassbaggergutverbringung in der Mecklenburger Bucht entsteht in der Wassersäule eine schwebstoffbedingte Sauerstoffzehrung in gleicher Größenordnung. Die oberflächennahen Sauerstoffgehalte außerhalb der Küstengewässer-Wasserkörper liegen in einem ähnlichen Bereich, z.B. Darßer Schwelle 6–9 mg/l im Jahr 2024 (https://www.bsh.de/DE/DATEN/Klima-und-Meer/Meeresumweltmessnetz/messnetz-marnet_node.html, abgerufen am 14.02.2025). Für beide dargelegten Fälle, die repräsentativ für den Sauerstoffgehalt im Oberflächenwasser sind, kann aus einer Reduzierung des Sauerstoffgehalts um 0,05 µg/l unabhängig von der aktuell vorhandenen Menge des gelösten Sauerstoffs im Gewässer keine Projektwirkung entstehen. Eine solche Reduzierung kann keine Sauerstoffmangelsituation auslösen. Sauerstoffmangel ist bei einem Sauerstoffgehalt zwischen 0 mg/l und 4 mg/l gegeben (LLUR 2020).

Gerade am Meeresboden des tieferen Wassers finden vorwiegend diejenigen biologischen Abbauprozesse statt, welche Sauerstoff in größerem Maße verbrauchen. Der späte Sommer und der frühe Herbst sind in der tieferen westlichen Ostsee die Zeiträume mit dem höchsten Risiko einer Sauerstoffmangelsituation. Zwischen Juli und Oktober 2024 sanken beispielsweise die Sauerstoffgehalte sohnah bei der Darßer Schwelle (Wassertiefe 19 m) auf 4 bis 1 mg/l und im Arkona Becken (Wassertiefe 40 m) auf 4 bis 2 mg/l⁴. Die Schwankungsbreite von 2-3 mg/l ist um ein Vielfaches höher als der CSB-Wert (Chemischer Sauerstoffbedarf) und bei den oben angegebenen Bereichen der Sauerstoffkonzentrationen kann eine Reduktion um bis zu 0,05 µg/l nicht dazu führen, dass eine Sauerstoffmangelsituation entsteht oder verstärkt wird.

Die Sauerstoffzehrung ist gering, und durch Ort und Zeitraum der projektbedingten Sedimentumlagerung lokal begrenzt und kurzfristig. Durch die Vermischung mit dem umgebenden Wasser, die Verringerung der Schwebstoffkonzentration, den Verbrauch der sauerstoffzehrenden Substanzen und damit die Abnahme der Wirkintensität mit dem Abstand von der FSQ ist die Sauerstoffzehrung nicht in der Lage, eine Änderung der Bewertungskriterien des Phytoplanktons (und in Folge des Zooplanktons), der benthischen wirbellosen Fauna oder der Großalgen und Angiospermen zu bewirken (Unterlage 20.01.001, Abschnitt 5.1.1.2.2.2.1.1).

An der Tunneltrasse stellen sich durch einen ausreichenden Zustrom von sauerstoffreicherem Wasser keine anoxischen Zustände ein (Unterlage 51.02, Kapitel 7.6). Suboxische Zustände (< 2 mg/l) können theoretisch nach mehreren Tagen unter sehr ungünstigen Randbedingungen eintreten. Die Wahrscheinlichkeit, dass alle konservativ gewählten Annahmen zeitgleich und im angenommenen Maße auftreten ist jedoch sehr gering (Unterlage 51.02, Kapitel 7.6). Die Auswirkungen werden als lokal und temporär begrenzt eingestuft, da sie sich auf den Bereich der Tunneltrasse beschränken (Unterlage 20.10.001, Abschnitt 5.1.1.2.2.2.1.1). Der Bereich der Tunneltrasse hat durch den Wirkfaktor morphologische Verhältnisse bereits einen vollständigen Habitatverlust erfahren. Die Meeresbodenfläche (und die dort vorhandene Fauna und Flora), welche durch

⁴ https://www.bsh.de/DE/DATEN/Klima-und-Meer/Meeresumweltmessnetz/messnetz-marnet_node.html, abgerufen am 14.02.2025



den Tunnelgraben vorübergehend verloren geht, wird bereits durch den Wirkfaktor morphologische Verhältnisse (Flächeninanspruchnahme) berücksichtigt. Der Wirkfaktor Veränderung des Sauerstoffgehalts führt zu keinen weiteren Auswirkungen.

Die vorhabenbedingte Änderung im Sauerstoffgehalt ist nicht in der Lage, sich auf den Zustand der benthischen Lebensräume oder der pelagischen Lebensräume der MSRL auszuwirken, und wird für die wasserrechtliche Bewertung der Auswirkungen nicht weiter berücksichtigt.

Ökosysteme einschließlich Nahrungsnetze

Der Wirkfaktor Sauerstoffgehalt wird für die Bewertung der Ökosysteme, einschließlich Nahrungsnetze indirekt über die Bewertung der einzelnen Ökosystemkomponenten betrachtet. Da der Wirkfaktor zu keinen Auswirkungen auf alle anderen Ökosystemkomponenten (Zustände und Belastungen) führt, wird er auch für die wasserrechtliche Bewertung der Auswirkungen auf die Ökosysteme einschließlich Nahrungsnetze nicht weiter berücksichtigt.

6.2.4 Schadstoffgehalt

See- und Küstenvögel, marine Säugetiere, Fische, kommerziell genutzte Fisch- und Schalentierbestände

Während der Nassbaggerung sowie der Nassbaggergutverbringung werden mobile Arten aufgrund der erhöhten Schwebstoffkonzentrationen in der Wassersäule, der Emissionen von Unterwasser-schall und der optischen Emissionen die Baustelle sowie den Ort der Verbringung meiden. Die schwebstoffbedingten Schadstofffreisetzungen sind kurzzeitig und lokal begrenzt und können keine Auswirkungen auf mobile Arten haben. Aufgrund der starken Verdünnung sowie der großräumigen Umverteilung der Schadstoffe im Wasser kann eine messbare zusätzliche Anreicherung von Blei und Nickel in Fischen, marinen Säugetieren sowie See- und Küstenvögeln ausgeschlossen werden.

Die punktuellen Konzentrationserhöhungen von Benzo[a]pyren und Cadmium an den jeweiligen Einleitstellen sind lokal eng begrenzt und finden überwiegend nur während der Bauphase statt (s. Kapitel 5.1.9). Fische haben große Aktionsräume und sind mobil. Für eine messbare Anreicherung von Schadstoffen oder eine direkte toxische Wirkung müssten sie sich länger in diesen Bereichen aufhalten bzw. ausschließlich Futter aus diesen Bereichen aufnehmen. Das kann vor dem Hintergrund der Wirkradien von < 80 m ausgeschlossen werden. Dies gilt auch für See- und Küstenvögel, die sich von Makrophyten oder Muscheln ernähren. Bei den marinen Säugetieren sowie den See- und Küstenvögeln, die sich von Fischen ernähren, wäre eine Aufnahme der Schadstoffe nur indirekt möglich, wenn entsprechend belastete Fische gefressen würden. Da eine Anreicherung von Schadstoffen in Fischen aufgrund der Mobilität ausgeschlossen werden kann, gilt dies auch für marinen Säugetiere sowie See- und Küstenvögel.

Kommerziell genutzte Schalentierbestände befinden sich nicht in den Bereichen der Einleitungen, der Tunneltrasse oder der Verbringungsfläche, in denen erhöhte Schadstoffkonzentrationen zu erwarten sind. Auswirkungen durch den Wirkfaktor „Schadstoffgehalt“ können daher ausgeschlossen werden.



6.2.5 Ausprägung der aquatischen Lebensgemeinschaft

Benthische Lebensräume

Durch die Verbringung des Nassbaggergutes kann es zur Veränderung der Ausprägung der aquatischen Lebensgemeinschaft kommen, denn das assoziierte Arteninventar der eingebrachten projektbedingten Sedimente aus dem Trassenbereich des Fehmarnsunds (Schluff bis Grobsand, Unterlage 51.02, Kapitel 4.1.4) unterscheidet sich von dem vorherrschenden Arteninventar der Sedimente an der Nassbaggergutverbringstelle (Schluff/Feinsand, Unterlage 47.03.001, Kapitel 3.2.3).

Unabhängig von der aktiven Einbringung eines fremden Arteninventars, würde es durch die Veränderung des Substrats an der Nassbaggergutverbringstelle vorübergehend zu einer Veränderung des Arteninventars kommen. Diese Auswirkungen auf die benthischen Lebensräume werden daher unter dem Wirkfaktor Änderung der morphologischen Verhältnisse betrachtet. Der Wirkfaktor Ausprägung der aquatischen Lebensgemeinschaft wird für die wasserrechtliche Bewertung nicht weiter berücksichtigt.

Ökosysteme, einschließlich Nahrungsnetze

Der Wirkfaktor Ausprägung der aquatischen Lebensgemeinschaft wird für die Bewertung der Ökosysteme, einschließlich Nahrungsnetze indirekt über die Bewertung der einzelnen Ökosystemkomponenten betrachtet. Da der Wirkfaktor zu keinen Auswirkungen auf alle anderen Ökosystemkomponenten (Zustände und Belastungen) führt, wird er auch für die wasserrechtliche Bewertung der Auswirkungen auf die Ökosysteme einschließlich Nahrungsnetze nicht weiter berücksichtigt.

Nicht-einheimische Arten

Durch den baubedingten Schiffsverkehr besteht die Gefahr des Einschleppens gebietsfremder Arten, die eine Veränderung der Ausprägung aquatischer Lebensgemeinschaften zur Folge haben kann. Marine Neophyten und Neozoen können durch Ballastwasser und Festsetzen am Schiffsrumpf in andere Regionen eingetragen werden. Um einen Eintrag durch Ballastwasser zu vermeiden bzw. zu verringern, wurde das „Ballastwasser-Übereinkommen“ von der Internationalen Schifffahrts-Organisation im Jahre 2004 vereinbart. Deutschland ist dem Ballastwasser-Übereinkommen am 13.02.2013 mit dem Ballastwasser-Gesetz beigetreten (BSH O. J.). Dieses geregelt, dass Schiffe, die von außerhalb der Nord- oder Ostsee einen deutschen Hafen anlaufen, außerhalb von Nord- und Ostsee einen Austausch nach vorgegebenen Regeln durchführen müssen, soweit sie nicht bereits unter die Regel D-2 fallen. Nach dem D-1-Standard muss ein Austausch des Ballastwassers bei einem Abstand von mindestens 200 Seemeilen (sm) vom nächstgelegenen Land, d. h. von der Basislinie und bei einer Wassertiefe von mindestens 200 m durchgeführt werden. Nur wenn dies unmöglich ist, kann bis zu einem Abstand von mindestens 50 sm Abstand reduziert werden. Die Wassertiefe von 200 m muss trotzdem eingehalten werden. Für die Ostsee gibt es Sonderregelungen zum Ballastwasseraustausch. Schiffe, die zwischen zwei Ostseehäfen verkehren, müssen keinen Austausch nach D-1 durchführen. Schiffe, die aus Gebieten der Nordsee kommend in die Ostsee einfahren, müssen ebenfalls keinen Austausch nach D-1 durchführen, da sie auf ihrer Reise kein Austauschgebiet durchfahren, das für sie gilt. Schiffe, die aus anderen Gebieten (Atlantik usw.) in die Ostsee einfahren, führen einen Ballastwasser-Austausch nach Maßgabe des D1-Standards aus. Der Austausch erfolgt daher auf längeren Reisen vor Einfahrt in die Ostsee, sofern die Gegebenheiten (200 sm/200 m oder 50 sm/200m) vorliegen (BSH 2018).



Diese Regeln zum Austausch von Ballastwasser nach dem Ballastwasser-Gesetz müssen auch beim vorhabenbedingten Schiffsverkehr eingehalten werden. Bei Einhaltung der Richtlinien ist ein Eintrag gebietsfremder Arten mit hinreichender Sicherheit auszuschließen. Der Fehmarnsund wird überwiegend durch die Sportbootschifffahrt genutzt, internationaler Schiffsverkehr findet hier nicht statt. Die nächstgelegene internationale Schifffahrtsroute verläuft durch den Fehmarnbelt in einer Entfernung von über 20 km. Hierdurch ist eine gewisse Vorbelastung des Gebietes vorhanden. Generell ist eine Ausbreitung gebietsfremder Arten durch den baubedingten Schiffsverkehr jedoch sehr unwahrscheinlich, da die Neobiota zunächst wechselnde Bedingungen während der Fahrt überleben müssen. Zudem sind die Schiffe mit Antifouling behandelt, um ein Festsetzen mariner Organismen am Schiffrumpf weitestgehend zu vermeiden. Die baubedingte Ausbreitung gebietsfremder Arten und eine daraus folgende Veränderung der Ausprägung aquatischer Lebensgemeinschaften ist im marinen Bereich demnach kein relevanter Wirkfaktor. Dies bedeutet auch, dass das Vorhaben die Belastungssituation „Nicht-einheimische Arten“ in der Meeresregion Deutsche Ostsee ebenfalls nicht verändern kann. Dieser Wirkfaktor wird für die wasserrechtliche Bewertung der Belastung durch Nicht-einheimische Arten nicht weiter berücksichtigt.

6.2.6 Optische Emission

Der Wirkfaktor kann sich definitionsgemäß nur auf die biologischen Ökosystemkomponenten der Meeresgewässer auswirken sowie auf die Belastungssituation „Einleitung von Energie“. Eine optische Emission ist für Organismen nur relevant, wenn diese die Emission wahrnehmen und darauf reagieren können.

Marine Säugetiere, Fische, kommerziell genutzte Fischbestände

Die optischen Emissionen unter Wasser werden durch Licht verursacht, welches nur punktuell und temporär im direkten Baustellenbereich zu erwarten ist. Mögliche Wirkungen werden überlagert durch die deutlich weiträumigeren Auswirkungen durch Unterwasserschall. Fische und marine Säugetiere werden den Bereich des Tunnelgrabens während der aktiven Bauarbeiten meiden, da sie insbesondere durch den Unterwasserschall vertrieben werden. Es kann daher durch die punktuelle Abstrahlung von Licht ins Wasser zu keinen weiteren Auswirkungen auf die biologischen Ökosystemkomponenten Fische (inklusive kommerziell genutzter Fischarten) und marine Säugetiere kommen und wird für die wasserrechtliche Bewertung nicht weiter berücksichtigt.

Pelagische Lebensräume, benthische Lebensräume, kommerziell genutzte Schalentierbestände

Die Projektwirkung Licht hat im Wasser einen sehr kleinen Wirkraum und sowohl die Lichtstärke als auch die Dauer sind wesentlich geringer als die der Sonne. Daraus folgt, dass die Wirkintensität dieses Wirkfaktors von vornherein zu gering ist, um messtechnisch beobachtbare und nachweisbare Änderungen im Wachstum oder Verhalten pelagischer fotosynthetischer Planktonpopulationen bzw. im Verhalten nicht fotosynthetisch aktiver Planktonpopulationen zu bewirken. Daher wird diese Projektwirkung nicht für die pelagischen Lebensräume herangezogen. Das gleiche gilt für die Pflanzen der benthischen Lebensräume. Benthische Organismen verfügen zwar zum Teil über eine visuelle Wahrnehmung, zeigen jedoch keine besondere Empfindlichkeit gegenüber dem Wirkfaktor. Die benthische wirbellose Fauna reagiert auf Licht nicht mit der Folge von Verhaltensänderungen. Das bezieht die Belastungssituation „kommerziell genutzte Schalentierbestände“ (Muscheln) ein. Der Wirkfaktor der optischen Emissionen wird daher für die wasserrechtliche Bewertung der Auswirkungen auf pelagische und benthische Lebensräume sowie auf kommerziell genutzte Schalentierbestände nicht weiter berücksichtigt.



Eutrophierung

Die Wirkintensität des Wirkfaktors ist von vornherein zu gering, um eine photosynthesebedingte Aufnahme von Nährstoffen aus der Wassersäule durch das Wachstum von Phytoplanktonpopulationen oder Pflanzen der benthischen Lebensräume zu bewirken. Der Wirkfaktor kann somit keine Änderung des Belastungsaspekts Eutrophierung zu bewirken und wird für die wasserrechtliche Bewertung nicht weiter berücksichtigt.

Einleitung von Energie

Eine Einleitung von Energie kann in Form von Licht erfolgen, allerdings fehlen bisher Kriterien und Indikatoren zur Bewertung (vgl. Kap. 7.2.7). Es lässt sich dennoch feststellen, dass die punktuellen und zeitlich auf die Bauphase beschränkten Lichteinträge durch das geplante Vorhaben nicht geeignet sind, die Belastungssituation im Meeresgewässer Deutsche Ostsee zu verändern. Die Lichtquellen auf den Bauschiffen werden weitestgehend minimiert und werden nur den unmittelbaren Arbeitsbereich ausleuchten (vgl. Kap. 4.3.5). Nach Abschluss der Bauarbeiten wird es keine Lichteinträge in die Meeresumwelt mehr geben, da der geplante Absenktunnel unterirdisch verläuft. Eine weitere Betrachtung des Wirkfaktors „optische Emission“ auf die Belastung durch Einleitung von Energie entfällt.

6.2.7 Akustische Emissionen

Der Wirkfaktor Akustische Emissionen kann sich auf den Belastungsaspekt Einleitung von Energie auswirken und ist für tierische Organismen nur relevant, wenn diese Schall wahrnehmen und darauf reagieren können.

Benthische Lebensräume

Einige Arten der benthischen wirbellosen Fauna (z.B. Krustentiere) können als biologische Ökosystembestandteile Schall wahrnehmen. Sie können darauf reagieren und ihr Verhalten ändern ((WANG *et al.* 2022), (ROBERTS & LAIDRE 2019)). Die zusätzlich entstehende Lärmbelastung beschränkt sich auf den Zeitraum und den Baubereich der Tunneltrasse (Kapitel 5.1.13). Außer für einzelne Individuen in der direkten Nähe der Baumaßnahmen im Fehmarnsund ist nicht mit Veränderungen im Verhalten des Makrozoobenthos zu rechnen. Die Artenzusammensetzung sowie die Biomasse werden sich in den betroffenen benthischen Lebensräumen nicht ändern. Daher ist eine Auswirkung auf der Ebene der Population der Bewertungseinheit, die für die Ökosystemfunktionen relevant ist, von vornherein ausgeschlossen und wird für die wasserrechtliche Bewertung nicht weiter berücksichtigt.

6.2.8 Kollisionsrisiko

Der Wirkfaktor ist baubedingt nur für Organismen relevant, die von den Baufahrzeugen bzw. Bauschiffen der FSQ durch Licht angelockt werden oder die mit Strukturen kollidieren, welche von dem Organismus nicht wahrnehmbar sind und daher ein Ausweichen unterbleibt. Daher sind grundsätzlich nur mobile Organismen mit zielgerichteter Fortbewegungsfähigkeit über größere Abstände betroffen (kommerziell genutzte Schalentierbestände unterliegen daher nicht diesem Wirkfaktor).

Marine Säugetiere, Fische, kommerziell genutzte Fischbestände

Von den biologischen Ökosystemkomponenten der Meeresgewässer können nur die See- und Küstenvögel von dieser Projektwirkung betroffen sein, da sie in sehr dunklen Nächten bzw. bei schlechten Sichtbedingungen von beleuchteten Schiffen angelockt werden könnten. Fische (inkl.



der kommerziell genutzten Fischbestände) und marine Säuger gehören zu den mobilen Organismen, die über die Fähigkeit verfügen Strukturen zu detektieren. Sie weichen erkannten Strukturen frühzeitig aus. Eine Anlockung durch physikalische Strukturen des Vorhabens (Bagger, Tunnelelemente, Steine) mit nachfolgender Kollision ist daher ausgeschlossen. Der mit den Arbeiten verbundene Unterwasserschall wird die Tiere in unmittelbarer Nähe zu den Bauarbeiten entweder auf Abstand halten oder vertreiben, nicht jedoch zu Kollisionen führen. Fische und marine Säugetiere werden ebenfalls nicht durch Licht, das oberhalb der Wasseroberfläche entsteht, in einer Weise angelockt, welche zu einer Kollision führt. Der Wirkfaktor Kollisionsrisiko wird demnach für die wasserrechtliche Bewertung der Auswirkungen auf Marine Säugetiere und Fische inklusive der kommerziell genutzten Fischbestände nicht weiter berücksichtigt.

6.2.9 Barrierewirkung

Der Wirkfaktor kann sich naturgemäß nur auf biologische Ökosystemkomponenten auswirken, die sich zielgerichtet fortbewegen können und den Fehmarnsund als Wanderkorridor oder Aufenthaltsort nutzen.

See- und Küstenvögel

In Bezug auf die See- und Küstenvögel ist eine mögliche Barrierewirkung fachlich abzuschichten, da die Tiere in der Lage sind, die Bauschiffe mit einem geringen Aufwand zu umfliegen und der zusätzliche Energieaufwand vernachlässigbar ist (vgl. Unterlage 19.02, Kap. 4.5). Der Wirkfaktor wird daher für die wasserrechtliche Bewertung der Auswirkungen auf See- und Küstenvögel nicht weiter berücksichtigt.

6.2.10 Zusammenfassung

Nach der fachlichen und thematischen Abschtichung verbleiben die folgenden Prüfkombinationen, die für die Darstellung und die wasserrechtliche Bewertung der Auswirkungen auf die Meeresregion Deutsche Ostsee relevant sind (s. Tab. 13 und Tab. 14). Die anlagenbedingten Wirkfaktoren sind gemäß Tab. 11 abgeschichtet worden und haben keine Auswirkungen auf die Ökosystemkomponenten in der Meeresregion Deutsche Ostsee.

Tab. 13: Prüfkombinationen von relevanten baubedingten Wirkfaktoren und Ökosystemkomponenten.
(+) muss überprüft werden; (–) abgeschichtet.

Ökosystemkomponente / Belastung	Morphologische Verhältnisse	Schwebstoffgehalt	Nährstoffverhältnisse	Schadstoffgehalt	Optische Emissionen	Akustische Emissionen	Kollisionsrisiko	Barrierewirkung
See- und Küstenvögel	+	+	–	–	+	+	+	–
Marine Säugetiere	+	–	–	–	–	+	–	+
Fische	+	+	–	–	–	+	–	+
Pelagische Lebensräume	+	+	+	+	–	–	–	–
Benthische Lebensräume	+	+	+	+	–	–	–	–



Ökosystemkomponente / Belastung	Morphologische Verhältnisse	Schwebstoffgehalt	Nährstoffverhältnisse	Schadstoffgehalt	Optische Emissionen	Akustische Emissionen	Kollisionsrisiko	Barrierewirkung
Ökosysteme, einschließlich Nahrungsnetze	+	+	+	+	+	+	+	+
Kommerziell genutzte Fisch- und Schalentierbestände	+	+	–	–	–	+	–	+
Eutrophierung	–	–	+	–	–	–	–	–
Änderung der hydrographischen Bedingungen	+	–	–	–	–	–	–	–
Schadstoffe in der Umwelt	–	–	–	+	–	–	–	–
Schadstoffe in Lebensmitteln	–	–	–	+	–	–	–	–
Einleitung von Energie	–	–	–	–	–	+	–	–

Tab. 14: Prüfkombinationen von relevanten betriebsbedingten Wirkfaktoren und Ökosystemkomponenten.

(+) muss überprüft werden; (–) abgeschichtet.

Ökosystemkomponente / Belastung	Nährstoffverhältnisse	Schadstoffgehalt
Pelagische Lebensräume	+	+
Benthische Lebensräume	+	+
Ökosysteme, einschließlich Nahrungsnetze	+	+
Eutrophierung	+	–
Schadstoffe in der Umwelt	–	+
Schadstoffe in Lebensmitteln	–	+



6.3 Räumliche Abschichtung der Wirkfaktoren

Das Ziel der räumlichen Abschichtung ist es, diejenigen räumlichen Bewertungseinheiten zu identifizieren, bei denen es aufgrund der prognostizierten Wirkintensität von vornherein ausgeschlossen ist, dass sie sich auf die Ökosystemkomponenten der Meeresgewässer auswirken können. Diese räumliche Abschichtung ist nur für Ökosystemkomponenten und Belastungen relevant, bei denen die Bewertung im MSRL-Zustandsbericht (BMUV 2024) in kleineren räumlichen Bewertungseinheiten als dem Meeresgewässer Deutsche Ostsee erfolgt. Entsprechend der Angaben in Tab. 1 sind dies die pelagischen und benthischen Lebensräume, Eutrophierung, Änderung der hydrografischen Bedingungen und Schadstoffe in der Umwelt. Die kleinste räumliche Bewertungseinheit stellen die Wasserkörper der WRRL dar. Fehlt die Projektwirkung in einem Gewässer oder liegt die Wirkintensität unterhalb der jeweils erforderlichen Schwelle, ab der sich die Projektwirkung auswirken kann, wird sie in Kapitel 8 für den entsprechenden Bereich der Gewässer nicht erörtert. Bei allen anderen Ökosystemkomponenten und Belastungen erfolgt die Bewertung der in Tab. 13 und Tab. 14 genannten Wirkfaktoren jeweils in Bezug auf das gesamte Meeresgewässer Deutsche Ostsee. Eine räumliche Abschichtung ist somit nicht erforderlich.

Nachfolgend sind die räumlichen Ausmaße der Wirkfaktoren, die für pelagische und benthische Lebensräume, Eutrophierung, Änderung der hydrografischen Bedingungen und Schadstoffe in der Umwelt relevant sind, dargestellt und beschrieben. Im Anschluss ist tabellarisch aufgeführt, welche der oben genannten Wirkfaktoren in welchen MSRL-relevanten Bewertungsräumen zu betrachten sind (s. Tab. 15).



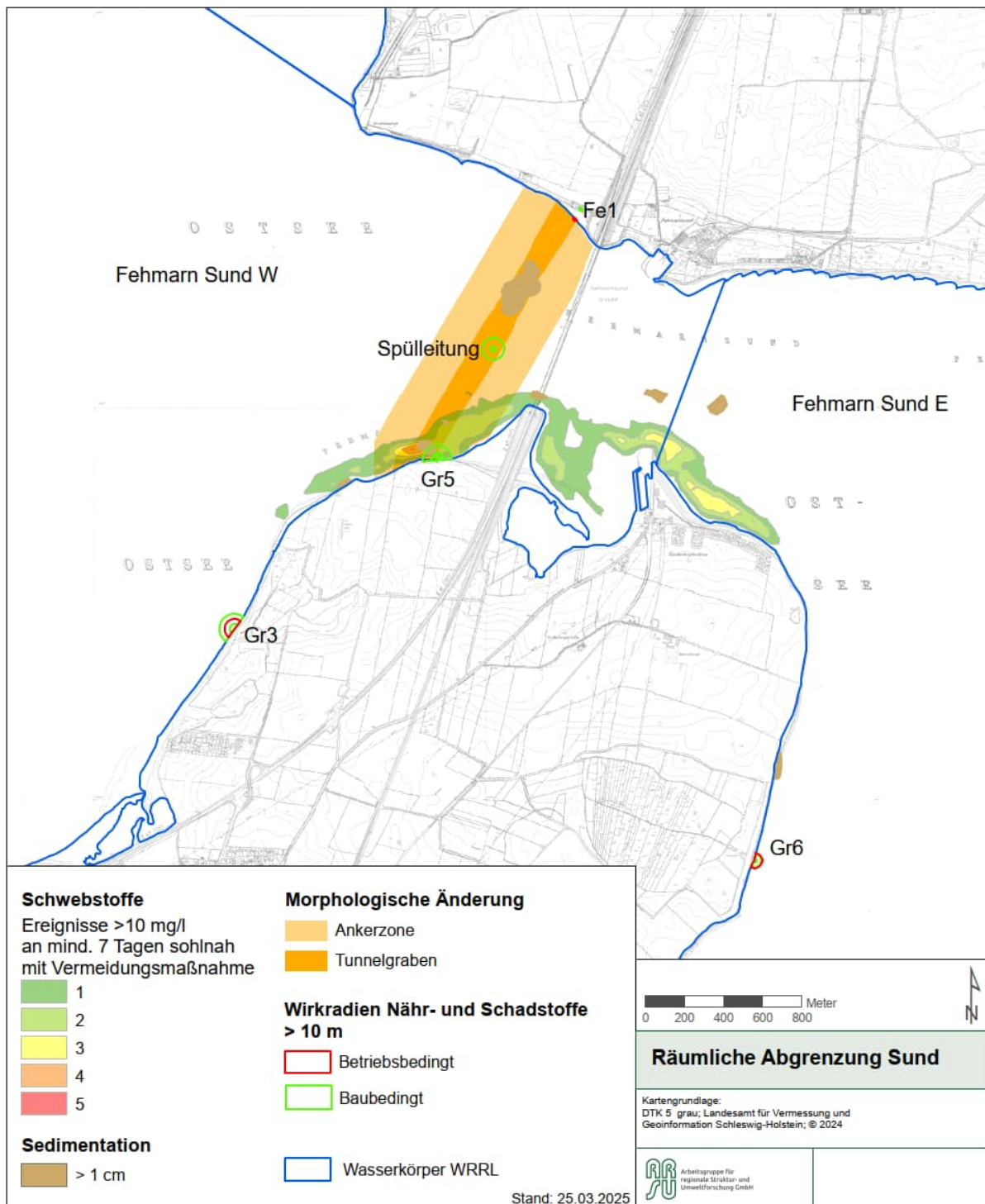


Abb. 30: Reichweiten der relevanten Wirkfaktoren im Bereich Fehmarnsund

Projektbedingt erhöhte Trübungen durch Schwebstoffe und die Folgewirkung Sedimentation können sich ab einer als Wirkschwelle definierten Dauer und Stärke negativ auf die benthische Fauna und die benthische Flora als biotische Bestandteile der marinen Biotope auswirken. Da der Lebensraum der benthischen Fauna der Meeresboden ist, wird für die Bewertung der Auswirkungen die Schwebstoffkonzentration an der Sohle herangezogen. Da für Makrophyten und Algen bei der Reduktion des Lichts aufgrund von Trübungen die gesamte Wassersäule relevant ist und tiefenge-mittelte projektbedingte Schwebstoffkonzentrationen deutlich niedriger wären als die Werte an der



Sohle, stellt diese Herangehensweise für die benthische Flora eine „worst-case“-Betrachtung dar (Unterlage 17.01.001, Kapitel 3.1.2.2).

Für die benthische Flora und Fauna wird als Wirkschwelle einer Trübung mit negativen Auswirkungen eine projektbedingte Schwebstoffkonzentration von $> 10 \text{ mg/l}$ (bis 100 mg/l) an mindestens 7 zusammenhängenden Tagen definiert (Unterlage 17.01.001, Kapitel 3.1.2.2; Abb. 30). Liegen die modellierten Werte unterhalb der Wirkschwelle, werden die Auswirkungen auf die benthische wirbellose Fauna, sowie Großalgen und Angiospermen als unerheblich eingestuft werden. Wird diese überschritten, kann es zu geringen Vitalitätseinbußen in Form von eingeschränkten Wachstumsraten kommen. Eine erhöhte Sterblichkeit wird nicht erwartet. Während der Bauzeit überschreitet der Wirkfaktor Schwebstoffgehalt die Wirkschwelle 1- bis 5-mal im Küstengewässer-Wasserkörper Fehmarn Sund W und Fehmarn Sund E. Als Folgewirkung hoher Schwebstoffgehalte werden Sedimentationshöhen $> 1 \text{ cm}$ außerhalb des Tunnelgrabens in beiden Küstenwasserkörpern in kleinen Bereichen erwartet. Die Wirkschwelle für die benthische Flora und Fauna von 2 cm/Tag Überdeckung (Unterlage 20.01.001, Kapitel 2.2.4.2.1) wird aber nicht überschritten.

Während der Bauzeit ist der komplette Bereich des Tunnelgrabens sowie 2,5 % der Fläche der Ankerzone durch einen Verlust des Meeresbodens gekennzeichnet.

Entwässerungsbedingte Schad- und Nährstoffeinträge mit Wirkradien $> 10 \text{ m}$ sind während der Bauzeit in beiden Küstengewässer-Wasserkörpern erkennbar. Die Wirkradien zeigen bei Schadstoffen den Bereich der UQN-Überschreitung an, während sie bei den Nährstoffen den Bereich kennzeichnen, in dem die Orientierungswerte überschritten werden. Während der Tunneltrassenarbeiten entstehen um den Baggerstandort projektbedingte schwebstoffbedingte Schadstofffreisetzungen in einem maximalen Wirkradius von 218 m . Durch betriebsbedingte Entwässerungen entsteht an der Einleitstelle Gr3 ein erhöhter Nährstoffeintrag mit einem Wirkradius von 51 m und an der Einleitstelle Gr6 ein Wirkradius für Schadstoffe von 34 m sowie für Nährstoffe von 38 m . Der schadstoffbezogene Wirkradius an der Einleitstelle Fe1 überschreitet nicht den bauzeitlichen Wirkradius.



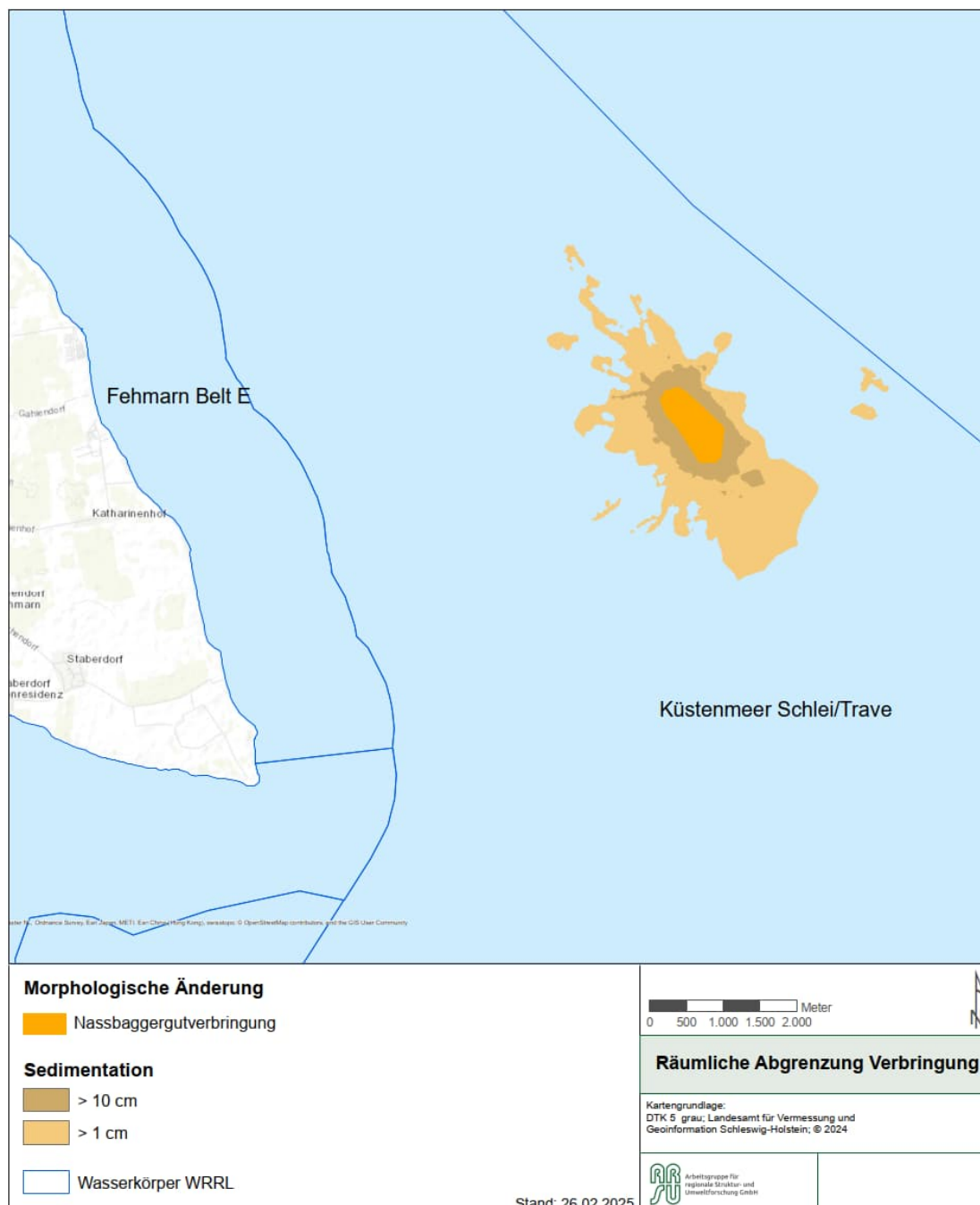


Abb. 31: Reichweite der relevanten Wirkfaktoren im Bereich der Nassbaggergutverbringung.

Wirkfaktor Morphologische Verhältnisse: Nassbaggergutverbringfläche (orange) sowie projektbedingte Sedimentation > 10 cm (braun); Folgewirkung des Wirkfaktors Schwebstoffgehalt: Projektbedingte Sedimentation > 1 cm (hellbraun)

Während der Bauzeit wird das Nassbaggergut auf einer Fläche von ca. 50 ha im Küstenmeer Schlei/Trave verbracht. Auf der unmittelbar angrenzenden Fläche der Nassbaggergutverbringfläche kommt es schwebstoffbedingt zur Sedimentation. Mit zunehmender Entfernung zur Verbringungsstelle nehmen die Sedimentationshöhen schnell ab. Infolge der räumlich verteilten und sukzessiven Nassbaggergutverbringung findet keine plötzliche Sedimentation statt. Bei einer Bedeckung von über 10 cm können Teile des Makrozoobenthos fliehen bzw. sich freigraben (Unterlage 47.03.001, Kapitel 3.3.2), trotzdem ergibt sich eine gewisse Mortalitätsrate (Unterlage 17.01.001, Kapitel 3.1.3.2). Für die benthischen Lebensräume werden die Flächen mit einer finalen



Überdeckung von über 10 cm vorsorglich als Verlust betrachtet und im Weiteren unter dem Wirkfaktor morphologische Verhältnisse betrachtet.

Das Absetzen projektbedingter verdrifteter Sedimente im weiteren Umkreis zur Nassbaggergutverbringung passiert über einen längeren Zeitraum und nicht schlagartig. Bei einer sukzessiven Überdeckung von bis zu 10 cm können Teile des Makrozoobenthos fliehen bzw. sich freigraben (Unterlage 47.03.001, Kapitel 3.3.2). Die angrenzende Fläche mit Sedimentationshöhen von 1–10 cm ist möglicherweise durch Vitalitätsverluste der vorherrschenden, benthischen wirbellosen Fauna gekennzeichnet. Diese physikalische Störung des Meeresbodens wird unter dem Wirkfaktor Schwebstoffgehalte (als Folgewirkung Sedimentation) weiter betrachtet.

Infolge der sukzessiv stattfindenden, sowie räumlich und zeitlich verteilten Nassbaggergutverbringung sinken die projektbedingten Schwebstoffgehalte zwischenzeitlich immer wieder schnell ab. Eine Überschreitung der Grenzkonzentrationen für projektbedingte Schwebstoffgehalte von 10 mg/l an der Gewässersohle an 7 durchgehenden Tagen konnte während der gesamten Verbringdauer von 8 Monaten an keiner Stelle nachgewiesen werden (vgl. Unterlage 51.04, Kapitel 5.2). Durch die Baggergutverbringung können im Küstenbereich des Fehmarnbelt E sohnah zusätzliche projektbedingte Schwebstoffkonzentrationen von 10 bis 60 mg/l auf einer Fläche von ca. 5,4 km² auftreten. Die Dauer von 7 zusammenhängenden Tagen wird aber auch hier nicht überschritten. Für die benthische Flora und Fauna wird die Wirkschwelle für Schwebstoffe nicht überschritten. Folglich wird der Wirkfaktor Schwebstoffgehalte in Folge der Nassbaggergutverbringung in diesem Bereich nicht weiter betrachtet.

Tab. 15: Räumliche Abschiebung der relevanten Wirkfaktoren.

Ursprung der Wirkfaktoren: S – Sund Tunneltrassenarbeiten, N – Nassbaggergutverbringstelle im Küstenmeer Schlei/Trave. (+) muss überprüft werden; (–) abgeschichtet.

Wirkfaktor	Fehmarn Sund W	Fehmarn Sund E	Küstenmeer Schlei/ Trave
Baubedingte Wirkfaktoren			
Morphologische Verhältnisse - S	+	–	–
Morphologische Verhältnisse - N	–	–	+
Schwebstoffgehalt - S	+	–	–
Schwebstoffgehalt - N	–	–	+
Nährstoffverhältnisse - S	+	+	–
Schadstoffgehalt -S	+	+	–
Schadstoffgehalt -N	–	–	+
Betriebsbedingte Wirkfaktoren			
Nährstoffverhältnisse - S	+	+	–
Schadstoffgehalt -S	+	+	–



7 Der Umweltzustand der deutschen Ostseegewässer

Die Beschreibung und Bewertung erfolgt für alle vom Vorhaben betroffenen Ökosystemkomponenten. Maßgeblich ist der Zustand, der im aktuellen Entwurf zum Zustand der deutschen Ostseegewässer 2024 (BMUV 2024) dokumentiert ist.

7.1 Zustand

7.1.1 Fische

In der deutschen Ostsee konnte für keine der betrachteten Fischartengruppen ein guter Zustand festgestellt werden. Für die nationale Bewertung hinsichtlich der Populationsgröße (Kriterium D1C2) wurde der Zustand der Fische für 15 kommerziell genutzte Arten anhand der Bewertung des Deskriptors 3, für 16 FFH-Arten anhand der FFH-Bewertung 2019 und für andere Arten anhand der Roten Liste beurteilt. Für Bestände/Arten, die sowohl unter Deskriptor 1 als auch unter Deskriptor 3 bewertet werden, wird die Deskriptor 3-Bewertung eines Bestandes/einer Art übernommen (Kriterium D3C1 fischereiliche Sterblichkeit sowie Kriterium D3C3 Alter- und Größenstruktur). Aktuell gibt es keine Bewertung zu Beifang (Kriterium D1C1).

Untersucht wurden 34 Fischarten aus den Artengruppen Küstenfische, demersale Schellfische und pelagische Schellfische (siehe Tab. 16). Hiervon befinden sich acht Arten in gutem Zustand, 13 Arten sind in keinem guten Zustand und 13 Arten konnten nicht bewertet werden. In keinem guten Zustand befinden sich 31 % der Küstenfischarten, namentlich der Atlantischer Stör, Europäischer Aal, Flussneunauge und die Zährte. 33 % der demersalen Schellfische (Dorsch-Ost, Dorsch-West, Spitzschwanz-Schlangenhalsrochen, Meerneunauge, Scholle-West) und 67 % der pelagischen Schellfische (Finte, Atlantischer Lachs, Sprotte, Atlantischer Hering) erreichten ebenfalls keinen guten Zustand.

Die Gründe für den schlechten Zustand sind Beeinträchtigungen des Ökosystems durch menschliche Belastungen, welche sich je nach Art unterschiedlich bemerkbar machen. Hauptbelastungen sind Wanderbarrieren, Habitatveränderungen, Fischerei, Eutrophierung, Schadstoffbelastung und der Klimawandel. Weitere Details können dem MSRL-Zustandsbericht entnommen werden (BMUV 2024, S. 121 ff.).

Tab. 16: Ergebnisse je Kriterium für die einzelnen Arten der Fische

X: zugrunde liegende Bewertung, Grau: nicht bewertet, Grün: guter Zustand, Rot: kein guter Zustand, Orange (nur für D1C3): Zwischenstufe. Blau hinterlegt: Rote-Flagge-Art nach nationaler Roter Liste und/oder HELCOM und/oder, wenn die Art als FFH-Art eingestuft ist.
Rote Liste-Kategorien: 0: ausgestorben oder verschollen, 1: vom Aussterben bedroht, 2: stark gefährdet, 3: gefährdet, G: Gefährdung unbekannten Ausmaßes, R: extrem selten, V: Vorwarnliste, *: ungefährdet, D: Daten unzureichend, a: in den vergangenen 100-150 Jahren nie, nur einmal bzw. mehrfach, aber mit großer Unregelmäßigkeit nachgewiesene Art
HELCOM: VU: vulnerable, EN: endangered, CR: critically endangered, RE: regionally extinct, g: Konfidenz gering, m: Konfidenz mittel, h: Konfidenz hoch. DV-Nr. nach Bundestaxaliste
Quelle: BMUV (2024, S. 126)



Artengruppe	Art	DV-Nr.	Gefährdungstatus nationale Rote Liste	HELCOM	FFH-Bewertung	D3-Bewertung	Rote Liste-Bewertung	D1C1 - Beifang / D3C1 - fischereil. Sterblichkeit	D1C2 - Populationsgröße	D1C3 - Demographie	D1C4 - Verbreitung	D1C5 - Habitat	Integration pro Art	Konfidenz
Küstenfische	³ Brachse (<i>Abramis brama</i>)	9025	*			X								
	Atlantischer Stör (<i>Acipenser oxyrinchus</i>)	9199	0	RE	X									m
	¹ Europäischer Aal (<i>Anguilla anguilla</i>)	9020	2	CR		X								h
	Schnäpel (<i>Coregonus maraena</i>)	9237	*	EN			X							m
	Flussneunauge (<i>Lampetra fluviatilis</i>)	9979	1		X									m
	Rapfen (<i>Leuciscus aspius</i>)	9133	*		X									m
	Zander (<i>Sander lucioperca</i>)	9141	*			X								
	Flussbarsch (<i>Perca fluviatilis</i>)	9019	*			X								
	Hecht (<i>Esox lucius</i>)	9018	*			X								m
	Zährte (<i>Vimba vimba</i>)	9045	3				X							m
	Europäische Flunder (<i>Platichthys flesus</i>)	9940	*			X								
	Plötze/Rotauge (<i>Rutilus rutilus</i>)	9023	*			X								
	Grasnadel (<i>Syngnathus typhle</i>)	9220	*				X							m
Demersale Schleifische	Vierbärtelige Seezunge (<i>Enchelyopus cimbrius</i>)	9233	*				X							m
	² Dorsch-Ost (<i>Gadus morhua</i>)	9174	*	VU		X								g
	² Dorsch-West (<i>Gadus morhua</i>)	9174	*	VU		X								m
	Spitzschwanz-Schlangenhalsrochen (<i>Lumpenus lampretaeformis</i>)	-	1				X							m
	Wittling (<i>Merlangius merlangus</i>)	9188	*			X								
	Meerneunauge (<i>Petromyzon marinus</i>)	9978	*		X									m
	Scholle-West (<i>Pleuronectes platessa</i>)	9107	*			X								m
	Scholle-Ost (<i>Pleuronectes platessa</i>)	9107	*			X								m
	Kliesche (<i>Limanda limanda</i>)	9181	*			X								
	Steinbutt (<i>Scophthalmus maximus</i>)	9206	*			X								
	Glattbutt (<i>Scophthalmus rhombus</i>)	9212	*			X								
	Großes Petermännchen (<i>Trachinus draco</i>)	9222	*				X							m
	Seehase (<i>Cyclopterus lumpus</i>)	9168	*				X							m
	Seeskorpion (<i>Myoxocephalus scorpius</i>)	9195	D				X							
Pelagische Schleifische	Aalmutter (<i>Zoarces viviparus</i>)	9227	V				X							m
	Finte (<i>Alosa fallax</i>)	9974	3		X									m
	Hornhecht (<i>Belone belone</i>)	9158	*			X								
	Atlantischer Lachs (<i>Salmo salar</i>)	9966	3			X								m
	Meerforelle (<i>Salmo trutta</i>)	9139	*			X								
	Sprotte (<i>Sprattus sprattus</i>)	9216	*			X								g
	Atlantischer Hering (<i>Clupea harengus</i>)	9163	*			X								m

¹ Laut Thiel et al. 2013 ist Deutschland in besonders hohem Maß für diese Art verantwortlich.

² Laut Thiel et al. 2013 ist Deutschland in hohem Maß für diese Art verantwortlich.

³ Wird auch Blei, Brasse oder Bresen genannt.



7.1.2 See- und Küstenvögel

Der gute Umweltzustand ist für Vögel in den Ostseegewässern nicht erreicht. Insgesamt sind vier von fünf funktionellen Artengruppen in keinem guten Zustand. Bewertet wurden die Abundanz brütender bzw. überwinternder See- und Küstenvögel (Kriterium D1C2) sowie die Anzahl in Fischereigerät ertrinkender See- und Küstenvögel (D1C1). Das Bezugsgebiet hierbei ist die südwestliche Ostsee (Kieler Bucht, Mecklenburger Bucht, Arkonabecken und Bornholmbecken). Zusätzlich wurden Bestandstrends im Offshore-Bereich in der deutschen Ostsee von 2000 bis 2019 mit einbezogen.

Für die weiteren Kriterien D1C3 und D1C4 sind aktuell keine Indikatoren vorhanden oder für das deutsche Ostseegebiet nicht anwendbar. Der Indikator zur Bewertung des Zustands der Seevogelhabitate (Kriterium D1C5) wurde in einer Pilotstudie getestet. Dabei wurde für das deutsche Ostseegebiet u.a. bei der Eisente eine Meidung von Gebieten, in denen regelmäßig Schiffe verkehren, festgestellt. Gebiete, in denen die grundberührende Fischerei ausgeübt wird, werden von Eisenten gemieden, von Silbermöwen aber bevorzugt aufgesucht (MERCKER *et al.* 2021). In Ermangelung eines abgestimmten Schwellenwertes können die Ergebnisse einer Pilotstudie bisher nur als ergänzende Information genutzt werden.

Insgesamt wurden 54 Vogelarten aufgrund der Bewertungsergebnisse für die Kriterien D1C1 und D1C2 bewertet (21 Brutvogelarten und 33 Rastvogelarten). Dabei ergibt sich für 29 Arten ein guter Zustand und für 25 Arten ein schlechter Zustand. Die Bewertungsergebnisse für Brut- und Rastvögel unterscheiden sich zwischen den funktionellen Gruppen (siehe Tab. 17). Bei den Brutvögeln sind in keinem guten Zustand die Reiherente (Benthosfresser), Mittelsäger (Wassersäulenfresser), Sturmmöwe, Brandseeschwalbe, Flusseeeschwalbe, Küstenseeschwalbe (Oberflächenfresser), Austernfischer, Alpenstrandläufer (Watvögel) und der Höckerschwan (Herbivoren). Bei den Rastvögeln sind Tafelente, Bergente, Eiderente, Eisenente, Trauerente, Samtente (Benthosfresser), Gänsesäger, Mittelsäger, Rothalstaucher, Ohrentaucher, Sterntaucher, Prachtttaucher, Gryllteiste (Wassersäulenfresser), Silbermöwe, Mantelmöwe (Oberflächenfresser), und der Zwergschwan (Herbivoren) in keinem guten Zustand. Einen schlechten Zustand weisen vor allem Arten aus den Gruppen auf, deren Vertreter sich an der Wasseroberfläche, nach Fischen und Muscheln tauchend oder im Flachwasser watend ernähren. Belastungen bestehen in den deutschen Ostseegewässern aufgrund erhöhter Prädation, Störungen (Schifffahrt), Störung und Verlust von Lebensräumen (Offshore-Windparks, Sand- und Kiesabbau, Verlust extensiv genutzter Küstenüberflutungsräume) und anthropogene Mortalität (Stellnetzfischerei). Da die bewerteten Arten teilweise über große Distanzen wandern, werden sie auch in anderen Gebieten entlang ihres Zugweges von diversen Belastungen beeinflusst. Im Vergleich zu 2018 ist keine Verbesserung eingetreten (BMUV 2024, S. 132 ff.).



Tab. 17: Ergebnisse je Kriterium für die einzelnen Arten der See- und Küstenvögel

Grau: nicht bewertet, Grün: guter Zustand, Rot: kein guter Zustand, leere Felder: keine relevanten Vorkommen.

Für Kriterium D1C2: zusätzlich aufgegliedert nach Brutvögeln (B) und Rastvögeln (R) und der Küste und im Offshore-Bereich. Bezug: südwestliche Ostsee im Zeitraum 2016-2021 (Brutvögel und Rastvögel Küste für D1C2, Beifang D1C1) und die deutschen Ostseegewässer im Zeitraum 2000-2019 (Trends Rastvögel im Offshore-Bereich D1C2). Alle Arten sind nach VRL als wandernde Vögel geschützt, besonders zu schützende Vögel und Anhang I der VRL sind entsprechend genannt (Anh. I).
Quelle: (BMUV 2024, S. 136 f)

Artengruppe	Art	D1C1 Beifang	D1C2 Abundanz				D1C3 Bruterfolg	D1C4 Verbreitung	D1C5 Habitat	Aggregation Zustand pro Art
			Teilkriterium Brutvögel	Teilkriterium Rastvögel Küste	Teilkriterium Rastvögel offshore	D1C2 insgesamt				
Benthosfresser	Tafelente R									
	Reiherente B									
	Reiherente R									
	Bergente R									
	Eiderente B									
	Eiderente R				**					
	Eisente R				*					
	Trauerente R				**					
	Samtente R				**					
	Schellente R									
Wassersäulenfresser	Zwergsäger R (Anh. I)									
	Gänsesäger B									
	Gänsesäger R									
	Mittelsäger B									
	Mittelsäger R				**					
	Haubentaucher B									
	Haubentaucher R				**					
	Rothalstaucher R				**					
	Ohrentaucher R (Abh. I)				**					
	Sterntaucher R (Anh. I)				**					
	Prachtttaucher R (Anh. I)				**					
	Kormoran B									
	Kormoran R				**					



Oberflächenfresser	Tordalk R			**				
	Trottellumme R			**				
	Gryllteiste R			**				
	Zwergmöwe R (Anh. I)			**				
	Lachmöwe B							
	Lachmöwe R			**				
	Sturmmöwe B							
	Sturmmöwe R			**				
	Mantelmöwe B							
	Mantelmöwe R			**				
	Silbermöwe B							
	Silbermöwe R			**				
	Heringsmöwe B							
	Zwergseeschwalbe B (Anh. I)							
	Brandseeschwalbe B (Anh. I)							
	Flusseeschwalbe B (Anh. I)							
	Küstenseeschwalbe B (Anh. I)							
Watvögel*** (Nutzung des Flachwassers)	Brandgans B							
	Krickente R							
	Austernfischer B							
	Säbelschnäbler B (Anh. I)							
	Sandregenpfeifer B							
	Kampfläufer B (Anh. I)							
	Alpenstrandläufer B (Anh. I)							
	Höckerschwan B							
Herbivoren	Höckerschwan R							
	Singschwan R (Anh. I)							
	Zwergschwan R (Anh. I)							
	Graugans B							
	Pfeifente R							
	Stockente R							
	Spießente R							
	Blässhuhn R							

* Bewertung nach Ergebnissen des HELCOM-Indikators.

** Bewertung nach Ergebnissen des deutschen Offshore-Monitorings, da keine Bewertung durch den regionalen Indikator vorliegt.

*** Die Gruppierung der Vogelarten richtet sich nach funktionellen Gesichtspunkten, insbesondere dem Ort der Nahrungssuche, nicht nach systematischen Aspekten. Die Brandgans ist hinsichtlich ihrer Nahrungssuche am ehesten mit Watvögeln vergleichbar und wird daher zu dieser funktionellen Artengruppe gerechnet (ICES 2016).



7.1.3 Marine Säugetiere

In der deutschen Ostsee wird der gute Umweltzustand für marine Säugetiere insgesamt nicht erreicht. Es zeigt sich auch keine Verbesserung im Vergleich zur Bewertung 2018.

Untersucht wurden Seehunde und Kegelrobben (Artengruppe Robben) sowie Schweinswale (Artengruppe Kleine Zahnwale) hinsichtlich der Kriterien Anthropogene Mortalität durch Beifang (D1C1), Populationsgröße (D1C2), Populationsdemographie (D1C3), natürliches Verbreitungsgebiet (D1C4) und Habitat (Kriterium D1C5). Die wissenschaftlichen Indikatoren befinden sich bei HELCOM noch in der weiteren Entwicklung und Operationalisierung. Für Arten, die unter die FFH-Richtlinie fallen, sollen die Bewertungsergebnisse explizit der FFH-Bewertung entsprechen.

Schweinswale kommen in der deutschen Ostsee in zwei getrennten Populationen vor. Die Population von Kattegat, Beltsee und westlicher Ostsee („Beltseepopulation“) wird nach Zählungen im Sommer 2020 auf 17.301 Individuen geschätzt und gilt als stark gefährdet. Die Population der zentralen Ostsee ist mit geschätzt nur ca. 500 Tieren vom Aussterben bedroht. Nach nationaler FFH-Bewertung 2019 erreicht keine der Artengruppen einen guten Zustand (siehe Tab. 18).

Tab. 18: Bewertungsergebnisse basierend auf der aktuellen Bewertung nach Art. 17 FFH-Richtlinie von 2019

Grün: günstig nach FFH-RL / gut nach MSRL, Hellrot: ungünstig – unzureichend nach FFH-RL / nicht gut nach MSRL, Dunkelrot: ungünstig – schlecht nach FFH-RL / nicht gut nach MSRL, Grau: unbekannt nach FFH-RL / nicht bewertet nach MSRL.

Bewertungen gem. HELCOM HOLAS 3 beziehen sich auf die HELCOM-Becken, die nationale FFH-Bewertung auf die deutschen Ostseegewässer.

Quelle: BMUV (2024, S. 147)

Arten- gruppe	Art	D1C1 Anthro- pogene Mor- talität	D1C2 Populations- größe		D1C3 Populations- demographie		D1C4 Natürliches Verbreitungsgebiet		D1C5 Habitat der Art		FFH Zu- kunfts- aus- sichten	Status pro Art	Gesamt- bewer- tung	Gesamt- trend
		HELCOM HOLAS 3	HELCOM HOLAS 3	FFH 2019 Population	HELCOM HOLAS 3	HELCOM HOLAS 3	FFH 2019 Verbreitungsgebiet	HELCOM HOLAS 3	FFH 2019 Habitat	MSRL		FFH 2019	FFH 2019	
Robben	Kegel- robbe													↗
	Seehund													↗
Kleine Zahn- wale	Schweins- wal Beltsee- popula- tion													↗
	Schweins- wal Popula- tion der zentralen Ostsee													



Marine Säugetiere in der deutschen Ostsee sind verschiedenen Belastungen ausgesetzt, welche sich artenspezifisch negativ auswirken. Hauptbelastungen sind hier für den Bestand und die Verbreitung insbesondere die Fischerei, die Einleitung von anorganischen und organischen Schadstoffen, der Unterwasserlärm durch Explosionen sowie durch den Ausbau der Offshore-Windenergie. Zudem können Sand- und Kiesabbau, Schiffsverkehr, Baumaßnahmen, Müll, Eutrophierung sowie militärische und touristische Aktivitäten verschiedene negative Auswirkungen haben. Weitere Details können dem MSRL-Zustandsbericht entnommen werden (BMUV 2024, S. 143 ff.)

7.1.4 Pelagische Lebensräume

Der gute Umweltzustand für den Zustand der Lebensraumtypen pelagischer Habitate der deutschen Ostseegewässer wird in 93 % der Fläche nicht erreicht.

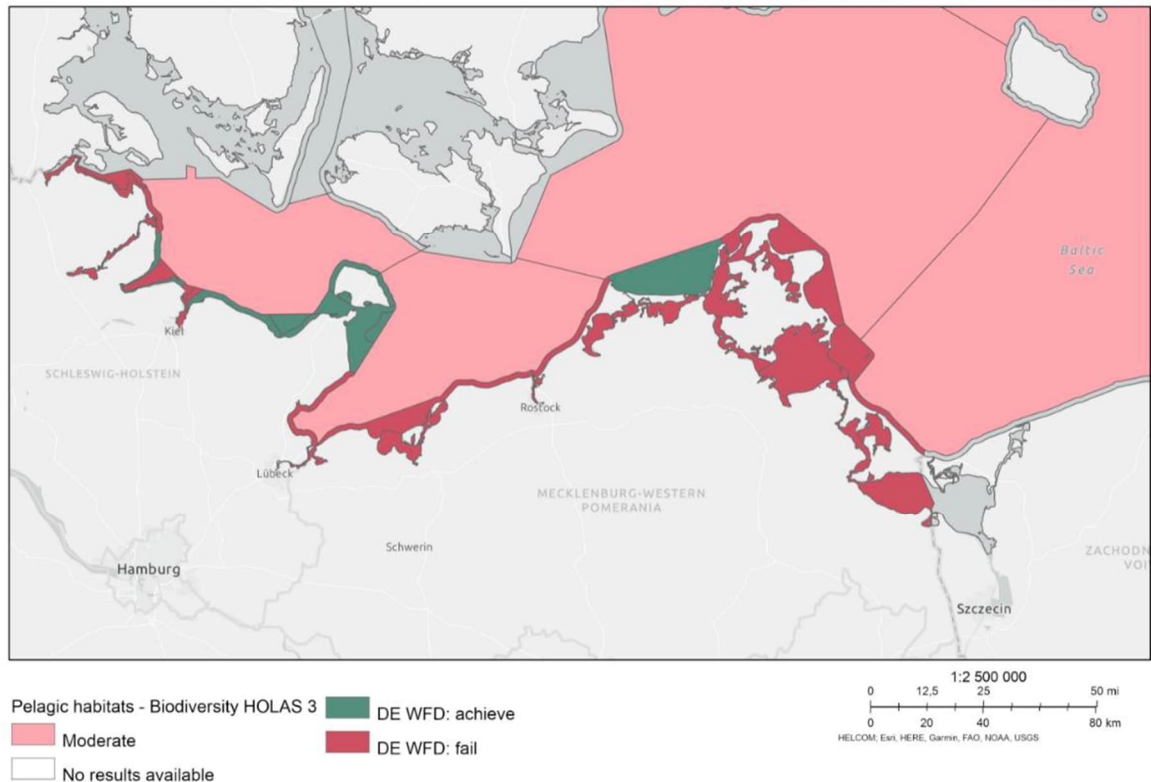
Der Zustand der pelagischen Lebensräume wird anhand des Zustands des Lebensraumtyps einschließlich seiner biotischen und abiotischen Struktur und seiner Funktionen bewertet. Der gute Umweltzustand ist für pelagische Habitate erreicht, wenn die Ziele gemäß Wasserrahmenrichtlinie (WRRL), Helsinki-Meeresschutzübereinkommen (HELCOM) und Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-Richtlinie) erreicht sind. Die Bewertungsebenen für die nationalen und regionalen Bewertungen unterteilen sich in die Küstengewässer mit den WRRL-Wasserkörpern (< 1 sm) und die offene Ostsee mit den Hoheitsgewässern > 1 sm und der ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ). Der gute Zustand ist für die pelagischen Habitate in den Küstengewässern erreicht, wenn die biologische Qualitätskomponente Phytoplankton nach WRRL in diesem Gebiet mit „gut“ bewertet wird.

Die Bewertung des Zustands der pelagischen Habitate der offenen Ostsee wurde in zwei Schritten durchgeführt. Mit dem HELCOM Integrated biodiversity assessment tool (BEAT) wurden folgende drei biologischen Zustandskomponenten integriert: mittlere Größe und Gesamtbiomasse des Zooplanktons (Kernindikator D1C6), Jahreszeitliche Abfolge der vorherrschenden Phytoplanktongruppen (JAP, noch kein Kernindikator) sowie Cyanobakterienblüten (noch kein Kernindikator; entspricht Kriterium D5C3). Die Gesamtbewertung erfolgte zwischen Zooplankton- und Phytoplankton-Komponente anhand des „one out – all out“-Prinzips. Das Ergebnis eines zusätzlichen Diatomeen/Dinoflagellatenindex, welcher noch in der Testanwendung ist, fand keine Einbeziehung in das integrierte Gesamtergebnis. Weiterhin wurden diese Ergebnisse der integrierten biologischen Bewertung mit den zwei Indikatoren für den Eutrophierungszustand „Chlorophyll a“ und „Sichttiefe“ verglichen, die zu einem Endergebnis „Eutrophierungszustand“ gewichtet zusammengefasst wurden.

Die Bewertung der pelagischen Habitate der Küstengewässer auf Grundlage der WRRL-Ergebnisse für die Qualitätskomponente Phytoplankton erfolgt anhand des Phytoplanktonindex (PPI_{cw}), in den die Chlorophyll-a-Konzentrationen (Kriterium D5C2) sowie – soweit relevant – die Cyanobakterienbiomasse (als Proxy für das Kriterium D5C3 – schädliche Algenblüten), die Chlorophyceenbiomasse und das Gesamtbiovolumen einfließen.



(A) Integrierte Bewertung der pelagischen Habitate in den Ostseegewässern.



(B) Integrierte Bewertung des Eutrophierungszustands pelagischer Habitate in den Ostseegewässern

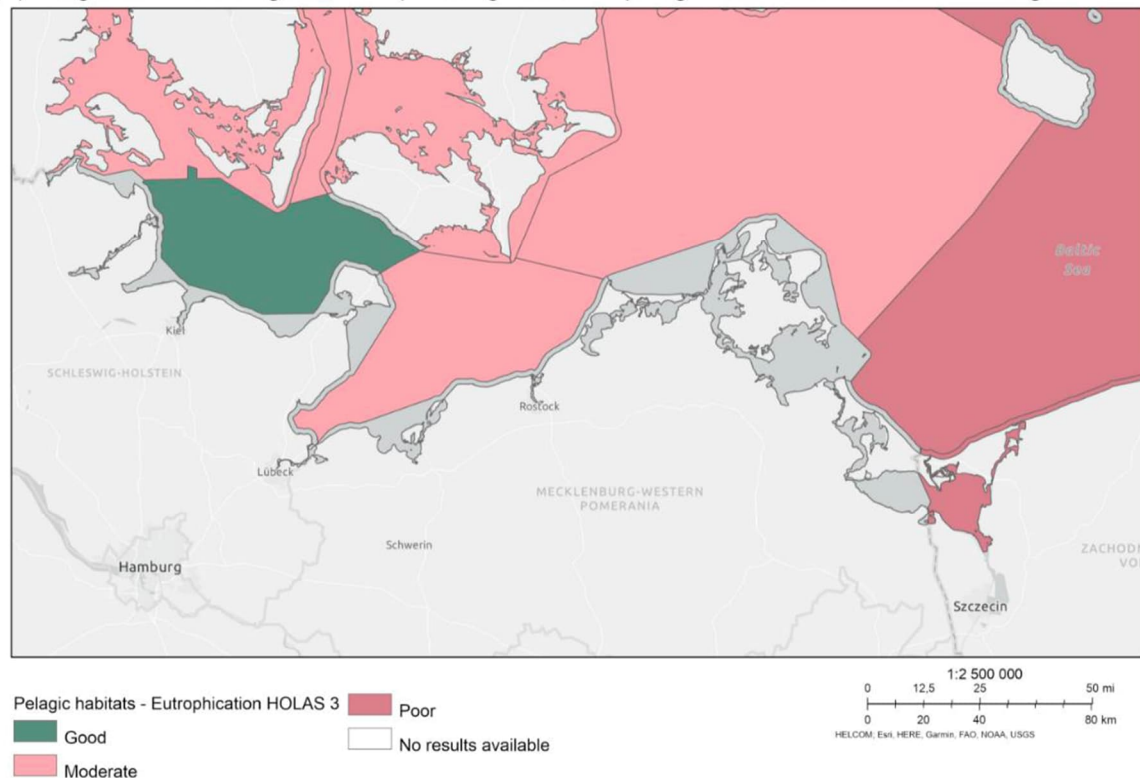


Abb. 32: (A) Integrierte Bewertung der pelagischen Habitate in den Ostseegewässern.

Die integrierte Bewertung basiert auf den HELCOM-Indikatoren „Zooplankton mittlere Größe und Gesamtbiomasse“, „Jahreszeitliche Abfolge der vorherrschenden Phytoplanktongruppen“ und „Cyanobakterienblüten“ für die Becken der offenen See (> 1 sm) und der Bewertung der Qualitätskomponente Phytoplankton nach WRRL in den deutschen Küstengewässern (< 1 sm) (WRRL-



Bewirtschaftungspläne 2022—2027). Nicht in allen Becken der offenen Ostsee sind alle HELCOM-Indikatoren bewertet worden. **(B) Integrierte Bewertung des Eutrophierungszustands pelagischer Habitate in den Ostseegewässern** anhand der HELCOM-Eutrophierungsindikatoren „Chlorophyll-a“ und „Sichttiefe“. In den deutschen Küstengewässern erfolgte keine Bewertung des Eutrophierungszustands pelagischer Habitate.

In der offenen Ostsee (Hoheitsgewässer > 1 sm und AWZ) wurden die vier HELCOM-Becken Kieler Bucht, Mecklenburger Bucht, Arkonabecken und Bornholmbecken bewertet (Bewertung erfolgte nur für den deutschen Anteil) (Abb. 32, Tab. 19). Von diesen verfehlen 100 % der pelagischen Habitate den guten Umweltzustand, da bei Bewertung die Zielwerte der biologischen Zustandsindikatoren in den HELCOM-Becken (mit Ausnahme des Phytoplankton-Indikators JAP im Arkonabecken) nicht erreicht wurden. Des Weiteren wurden 45 deutsche Küstengewässer-Wasserkörper in der Ostsee (< 1 sm) untersucht. Von diesen weisen 75 % der pelagischen Habitate keinen guten Umweltzustand auf, da 36 Küstengewässer-Wasserkörper den Schwellenwert der Qualitätskomponente Phytoplankton nicht einhalten (Abb. 32 (A)). Somit befinden sich insgesamt 93 % der Fläche der pelagischen Habitate der deutschen Ostseegewässer nicht im guten Umweltzustand. Ergebnisse weiterer, gemäß Beschluss (EU) 2017/848 der Kommission zu berücksichtigender Belastungskriterien zu nicht-einheimischen Arten (Deskriptor D2), hydrografischen Veränderungen (D7) und Schadstoffen (D8) erlauben noch keine Rückschlüsse auf Auswirkungen auf den Zustand pelagischer Lebensräume in den deutschen Ostseegewässern.

Tab. 19: Übersicht über die Bewertungsergebnisse je (Teil-)Kriterium für pelagische Habitate
a) für die offene Ostsee auf Grundlage des HELCOM Thematischen Berichts Biodiversität und **b) für die Küstengewässer nach WRRL**. ZGG = Zooplankton mittlere Größe und Gesamtbiomasse, JAP = Jahreszeitliche Abfolge der vorherrschenden Phytoplanktongruppen, nb = nicht bewertet (z.B. keine Daten), Gebietsbezeichnungen entsprechen der Beckeneinteilung nach HELCOM Monitoring and Assessment Strategy. Grün = guter Zustand, rot = schlechter Zustand, grau = nicht bewertet.

a) Deutsche Anteile an der offenen Ostsee

Gebiet (>1 sm)	Anteil [%] an den deutschen Ostseegewässern (15.518 km ²)	Cyanobakterienblüten (D5C3)	Zooplankton ZGG (D1C6)	Phytoplankton JAP (D1C6)	Diatomeen-Dinoflagellatenindex (D1C6)	Status pro Gebiet	Status offene Ostseegewässer	Trend zur HOLAS II Bewertung
Bewertungsgrundlage		HELCOM						
Kieler Bucht und Kleiner Belt	10	nb	nb					↔
Mecklenburger Bucht	17		nb					↔
Arkonabecken	33		nb		nb			↔
Bornholmbecken	13				nb			↔

b) Deutsche Küstengewässer der Ostsee anhand der WRRL-Qualitätskomponente Phytoplankton (→ [WRRL-Bewirtschaftungspläne 2022](#)) erfolgt.

Gebiet (<1 sm)	Anteil [%] an den deutschen Ostseegewässern (15.518 km ²)	Wasserkörper, die die Schwellenwerte einhalten	Fläche in gutem Zustand	Wasserkörper, die die Schwellenwerte nicht einhalten	Fläche nicht in gutem Zustand	Anteil [%] der Küstengewässer, die nach WRRL nicht im guten Zustand sind
		Anzahl	km ²	Anzahl	km ²	
Küstengewässer	27	9	1.069	36	3.132	75

Maßgeblich verantwortlich für den schlechten Zustand der pelagischen Habitate der deutschen Ostseegewässer ist die Eutrophierung. Infolge des globalen Anstiegs des CO₂-Gehalts in der



Atmosphäre kommt es neben der Zunahme der Temperatur in der Ostsee zu einer Veränderung des Karbonatsystems mit negativen Auswirkungen auch auf die pelagischen Habitate. Weitere Belastungen resultieren aus den Einträgen anorganischer und organischer Schadstoffe sowie aus dem Eintrag neuer Arten.

7.1.5 Benthische Lebensräume

Aktuell erreicht keiner der in den deutschen Ostseegewässern bewerteten benthischen Lebensräume einen guten Zustand. Gemäß Beschluss 2017/848/EU der EU-Kommission werden für die Bewertung des Umweltzustands der benthischen Lebensräume die Kriterien D6C3 (räumliche Ausdehnung der Beeinträchtigung der Lebensräume durch physikalische Störungen), D6C4 (Ausdehnung der Verluste benthischer Lebensräume) und D6C5 (Zustand unter Berücksichtigung der Ausdehnung aller ihrer Beeinträchtigungen) herangezogen und anhand der Einhaltung von räumlichen Schwellenwerten bewertet. Die Kriterien D6C3 und D6C4 wurden erstmals anhand des HELCOM-Indikators CumI bewertet (Cumulative impact from physical pressures on benthic habitats). Eine benthische Biotopklasse erreicht nach Kriterium D6C3 einen guten Zustand, wenn mindestens 10 % der Fläche dauerhaft ohne physikalische Belastung sind und eine starke Beeinträchtigung auf weniger als 25 % der gesamten bewerteten Fläche der Biotopklasse vorkommt. Gemäß Kriterium D6C4 erreicht eine benthische Biotopklasse einen guten Zustand, wenn der auf EU-Ebene festgelegte Schwellenwert von höchstens 2 % Flächenverlust pro Biotopklasse eingehalten wird. Die Bewertung des Kriteriums D6C5 erfolgte wie bereits 2018 durch die auf Monitoringdaten basierenden Zustandsbewertungen nach WRRL, FFH-Richtlinie und dem national angepassten HELCOM-Indikator State of the soft-bottom macrofauna communities (BQI). Der Bewertung anhand der einzelnen Kriterien ist eine Gesamtbewertung für die jeweiligen benthischen Biotopklassen nachgeschaltet. Insgesamt befindet sich eine Biotopklasse gemäß Deskriptor D6 in einem guten Umweltzustand, wenn bei allen betrachteten Kriterien die Schwellenwerte eingehalten wurden.

Gemäß Kommissionsbeschluss (EU) 2017/848 wurden neun benthische Biotopklassen, für die eine flächendeckende Bewertung erfolgte, sowie fünf anderen Lebensraumtypen (other habitat types, OHT), die auf nationaler Ebene definiert wurden, untersucht.

Der überwiegende Teil der benthischen Biotopklassen der deutschen Ostsee ist hinsichtlich D6C5 in keinem guten Zustand (Tab. 20). Lediglich der Biotoptyp „Sandböden des Circalitorals“ hält den Schwellenwert ein. In der Gesamtbewertung der Lebensräume (nach Integration der Bewertungsergebnisse aus den Kriterien D6C3, D6C4 und D6C5) erreicht keine der neun bewerteten benthischen Biotopklassen den guten Zustand. Für die anderen Lebensraumtypen liegen aufgrund der fehlenden Schwellenwerte keine Gesamtbewertungen vor.



Tab. 20: Zusammenfassendes Bewertungsergebnis der benthischen Biotopklassen sowie der anderen Lebensraumtypen in der deutschen Ostsee.

„-“ bedeutet, dass keine Bewertung für das jeweilige Bewertungselement vorgesehen ist. Eine leere Zelle bedeutet, dass keine Bewertung vorgenommen werden konnte. Eine grüne Färbung der Zellen bedeutet, dass der jeweilige Lebensraum in Bezug auf das Kriterium insgesamt den Schwellenwert einhält, bei einer roten Färbung ist der Schwellenwert nicht eingehalten. Eine hellgraue Färbung bedeutet „keine abschließende Bewertung aufgrund fehlender räumlicher Schwellenwerte“ und dunkelgraue Zellen bedeuten „nicht bewertet, weil mehr als 50 % der Fläche ohne Bewertung sind (nicht repräsentativ)“. Trend bezogen auf den Gesamtzustand: Verbesserung ↑, keine Änderung ↔, Verschlechterung ↓ des Zustands, keine Aussage möglich „?“.

Bewertungselement	Anteil [%] am Meeresboden der deutschen Ostseegewässer	D6C1 Ausdehnung physischer Verlust	D6C2 Ausdehnung physikalische Störung	D6C3 Ausdehnung der Beeinträchtigung des Lebensraums durch physikalische Störung	D6C4 Ausdehnung der Verluste des Lebens- raums	D6C5 Zustand des Lebensraums	Zustand Benthischer Lebensraum insgesamt	Trend Im Vergleich zu vorheriger Bewertung
Benthische Biotopklassen								
Sandböden des Infralitorals	29,6	-	-					↔
Schlickböden des Infralitorals	9,1	-	-					↔
Mischsedimente des Infralitorals	11,4	-	-					↔
Grobsedimente des Infralitorals	0,2	-	-					↔
Felsen und biogene Riffe des Infralitorals	< 0,1	-	-					↔
Sandböden des Circalitorals	19,4	-	-					↔
Schlickböden des Circalitorals	26,5	-	-					↔
Mischsedimente des Circalitorals	3,2	-	-					↔
Grobsedimente des Circalitorals	0,1	-	-					↔
Andere Lebensraumtypen								
Sandbänke	5,6	-	-	-	-	-		↔
Riffe	14,1	-	-	-	-	-		↔
§-30-Biotop „Seegraswiesen und sonstige marine Makrophytenbestände“	2,1	-	-					?
HELCOM-Rote-Liste-Typ „Schlickige Substrate in der aphotischen Zone der Ostsee dominiert von <i>Arctica islandica</i> “	9,1	-	-					?
§-30-Biotop „Artenreiche Kies-, Grobsand- und Schillgründe“	< 0,1							

Gründe für den schlechten Zustand sind Auswirkungen zahlreicher anthropogener Aktivitäten, die zu physikalischen, chemischen und biologischen Belastungen führen. Wesentliche physikalische Belastungen sind die mobile grundberührende Fischerei, die küstennahe Schifffahrt sowie lokal



direkte Veränderungen des Meeresbodens durch Bauwerke, Kabel und Pipelines, Sand- und Kiebsabbau und Wasserstraßen. Die wesentliche nicht-physikalische Belastung ist die Eutrophierung.

7.1.6 Ökosysteme und Nahrungsnetze

Eine vollständige Zustandsbewertung der Ökosystemstrukturen und Nahrungsnetze ist nicht möglich, da sich entsprechende Bewertungsverfahren noch in der Entwicklung befinden. Wissenschaftliche Fachliteratur, Ergebnisse einer Pilotstudie und die Zusammenschau von Bewertungsergebnissen für die einzelnen Ökosystemkomponenten verdeutlichen, dass das Ökosystem in der Ostsee einschließlich des Nahrungsnetzes derzeit nicht den guten Umweltzustand erreicht.

Für die Gilden der pelagischen Lebensräume reflektieren einzelne HELCOM-Kern- und Testindikatoren die Diversität innerhalb der trophischen Gilde (D4C1) und die Ausgewogenheit der verschiedenen trophischen Ebenen (D4C2) und können für die Bewertung der Nahrungsnetze übernommen werden. Diese Indikatoren zeigen überwiegend heterogene Ergebnisse für die einzelnen Becken an, sodass kein Indikator für die gesamte Ostsee einen guten Zustand erreicht. Da die einzelnen Komponenten des Nahrungsnetzes durch vielfältige und sich ändernde trophische Interaktionen miteinander verbunden sein können, zeigen Zu- und Abnahmen einzelner Komponenten nicht unbedingt eine Verbesserung oder Verschlechterung an. Dezidierte Indikatoren und Schwellenwerte liegen nicht abgestimmt vor, daher kann keine quantitative Bewertung erfolgen.

Aus den Bewertungsergebnissen der anderen Komponenten des Deskriptors 1 wird ersichtlich, dass der gute Umweltzustand der verschiedenen Komponenten des Nahrungsnetzes für die überwiegende Zahl der Artgruppen auf Basis ihrer individuellen Bewertung nicht erreicht ist. Insgesamt gesehen sind Ökosystem und Nahrungsnetz nicht in einem guten Zustand.

Tab. 21: Bewertungsergebnisse für die trophischen Gilden

Grün = guter Zustand erreicht; rot = guter Zustand nicht erreicht; hellrot / -grün = Teilbewertung des Zustands für einzelne Becken; rot-grün schraffiert: guter Zustand für einige, aber nicht für alle Becken erreicht; grau = Daten liegen vor, Kriterium nicht quantitativ bewertet; weiß = nicht bewertet. ? = Datenverfügbarkeit z.T. noch zu prüfen. Mit * sind sekundäre Kriterien gekennzeichnet, die zur Unterstützung der primären Kriterien D4C1 und D4C2 verwendet werden. Vertikale rote Pfeile zeigen qualitative Hinweise auf einen schlechten Zustand an.

Trophische Gilde	D4C1	Indikator / Daten	D4C2			D4C3*	Indikator / Daten	D4C4*	
	Indikator / Daten		Pilotstudie					Pilotstudie	
			R	A/DC	Shannon Index			FCI	Produktivität
Pelagische Primärproduzenten	HOLAS 3 D1 ⁵	HOLAS 3 D1 ⁶	HOLAS3	HOLAS3	HOLAS3			HOLAS 3	
Benthische Primärproduzenten		?	↓	↓	↓			↓	

⁵ HELCOM-Testindikator Jahreszeitliche Abfolge der vorherrschenden Phytoplanktongruppen bzw. WRRL-Ergebnisse Qualitätskomponente Phytoplankton (→Kapitel II.5.2.1, BMUV 2024).

⁶ HELCOM-Testindikator Diatomeen/Dinoflagellatenindex für Kieler Bucht und Mecklenburger Bucht (→Kapitel II.5.2.1, BMUV 2024).



Trophische Gilde	D4C1	Indikator / Daten	D4C2			D4C3*	Indikator / Daten	D4C4*	
			Pilotstudie					Pilotstudie	
			R	A/DC	Shannon Index			FCI	Produktivität
Sekundärproduzenten	HOLAS 3 D1 ⁷	HOLAS 3 D1							HOLAS 3
Benthische filtrierende Invertebraten	?	?							HOLAS 3
Benthivore Invertebraten	?	?							
Planktivore Fische und Invertebraten	?	?							HOLAS 3
Pelagische Subapex-Prädatoren	?	?							HOLAS 3
Demersale Subapex-Prädatoren	?	?							HOLAS 3
Spitzenprädatoren der Meeressäugetiere	?	?							HOLAS 3
Spitzenprädatoren der Fische	?	?							
Vögel	?	?							HOLAS 3

Auf ökosystemarer Ebene entstehen Beeinträchtigungen insbesondere durch großräumig auftretende Belastungen, wie z. B. die großflächige Grundberührung und Entnahme von (vorrangig größeren) Fischen im Rahmen der Fischereitätigkeiten sowie die starke Eutrophierung und der damit verbundene Sauerstoffmangel. Auch die Belastung mit Schadstoffen, Schifffahrt und die zunehmende Zahl von Offshore-Windenergieanlagen führen zu anhaltenden Veränderungen der Ökosystemkomponenten und damit zu einer Veränderung der ökosystematischen Funktionen, insbesondere des Nahrungsnetzes.

7.2 Belastungen

7.2.1 Nicht-einheimische Arten

Der gute Umweltzustand für den Deskriptor 2 zu nicht-einheimischen Arten ist in den deutschen Ostseegewässern nicht erreicht.

Mit 9 neu gemeldeten Neobiota in der deutschen Ostsee (2016-2021) ist die Eintragsrate (Kriterium D2C1) unverändert zu hoch und der gute Umweltzustand wird nicht erreicht. Im Vergleich zur Zustandsbewertung 2018 sank der Wert von 11 neu gemeldeten Arten (2011–2016) um 18 %. Der gute Zustand entsprechend Kriterium D2C1 ist erreicht, wenn gezeigt werden kann, dass basierend auf dem Status quo (Anzahl der vorhandenen Neobiota zu Beginn des Berichtszeitraums) der

⁷ HELCOM-Kernindikator Zooplankton mittlere Größe und Gesamtbiomasse für Bornholmbecken (→Kapitel II.5.2.1, BMUV 2024).



Eintrag neuer Arten auf maximal eine Art in sechs Jahren (Ende des Berichtszeitraums) minimiert worden ist.

Für eine MSRL-spezifische Bewertung der Häufigkeit und Verteilung nicht einheimischer Arten (Kriterium D2C2) und beeinträchtigte Artengruppen und Biotopklassen (Kriterium D2C3) genügen derzeit vorhandene Bewertungssysteme nicht. Bezüglich der Möglichkeiten, die Auswirkungen eingeschleppter Arten zu bewerten, besteht noch Forschungsbedarf, Kenntnisse zur Beeinträchtigung natürlicher Lebensräume oder einzelner Arten sind ungenügend und bisher nicht ausreichend analysiert. Die aktuelle Bewertung des Umweltzustandes beruht daher nur auf dem Aspekt der Eintragsrate.

7.2.2 Kommerziell genutzte Fisch- und Schalentierbestände

Der gute Umweltzustand für den Deskriptor 3 zu kommerziell genutzten Fisch- und Schalentierbeständen in der Meeresregion Deutsche Ostsee ist nicht erreicht. Das Zwischenziel, dass bis 2023 75 % der bewerteten Bestände den guten Umweltzustand erreichen, wurde verfehlt. Von 25 betrachteten Beständen ist 1 Bestand (Scholle-Ost) in einem guten Zustand, 8 sind nicht in einem guten Zustand. 16 Bestände konnten aufgrund fehlender Indikatoren oder Bewertungsgrenzen nicht bewertet werden (vgl. Tab. 22).

Die Bewertung der fischereilichen Sterblichkeit (D3C1) und der Laicherbestandsbiomasse (D3C2) basiert auf den quantitativen Bestandsbewertungen des ICES. Diese beiden Kriterien werden zunächst entsprechend des „one out – all out“-Prinzips integriert. Liegt nur eine Bewertung für D3C1 vor, wird der Bestand als „nicht bewertet“ eingestuft. Für die Alters- und Größenstruktur (D3C3) wird erstmals ein neu entwickeltes Bewertungsverfahren angewendet. Dieses basiert auf einer Bewertung der Rekrutierung (R) sowie des Quotienten aus Laicherbestandsbiomasse (SSB) und Rekrutierung (SSB/R), um schlussendlich die Produktivität und das Wachstumspotenzial widerzuspiegeln. Das Kriterium D3C3 wird in Ampelfarben dargestellt und kann die integrierte Bewertung von D3C1 und D3C2 nicht verbessern, sondern nur bestätigen oder herabstufen.



Tab. 22: Bewertungsergebnisse für kommerziell genutzte Fisch- und Schalentierbestände in der Meeresregion Deutsche Ostsee

Art	Wissenschaftlicher Name	Bestand	D3C1	D3C2	D3C3	D3	Konfidenz
Blei	<i>Abramis brama</i>						
Dorsch-Ost	<i>Gadus morhua</i>	cod.27.24-32					Gering
Dorsch-West	<i>Gadus morhua</i>	cod.27.22-24					Mittel
Europ. Aal	<i>Anguilla anguilla*</i>	ele.2737.nea					Hoch
Europ. Lachs	<i>Salmo salar*</i>	sal.27.22-31					Mittel
Ostsee-Flunder	<i>Platichthys solemdali</i>	bzq.27.2425					
Flunder	<i>Platichthys flesus</i>	fle.27.2223					
Flussbarsch	<i>Perca fluviatilis</i>						
Glattbutt	<i>Scophthalmus rhombus</i>	bll.27.22-32					
Hecht	<i>Esox lucius</i>						
Hering	<i>Clupea harengus</i>	her.27.20-24					Mittel
Hornhecht	<i>Belone belone</i>						
Kliesche	<i>Limanda limanda</i>	dab.27.22-32					
Meerforelle	<i>Salmo trutta</i>	trs.27.22-32					
Miesmuschel	<i>Mytilus edulis</i>						
Plötze	<i>Rutilus rutilus</i>						
Garnelen	<i>Palaemon spc.</i>						
Sandaale	<i>Ammodytes spc.</i>						
Scholle-West	<i>Pleuronectes platessa</i>	ple.27.21-23					Mittel
Scholle-Ost	<i>Pleuronectes platessa</i>	ple.27.24-32					Mittel
Seezunge	<i>Solea solea</i>	sol.27.20-24					Gering
Sprotte	<i>Sprattus sprattus</i>	spr.27.22-32					Gering
Steinbutt	<i>Scophthalmus maximus</i>	tur.27.22-32					
Wittling	<i>Merlangius merlangus</i>						
Zander	<i>Sander lucioperca</i>						

* Experteneinschätzung auf Basis des ICES Advice 2022

7.2.3 Eutrophierung

Weiterhin sind 100 % der deutschen Ostseegewässer eutrophiert, jedoch hat sich der Gesamtzustand der Kieler Bucht verbessert und ausgewählte Indikatoren zeigen Verbesserungen in der Kieler Bucht, der Mecklenburger Bucht und dem Arkona-Becken.

Für die deutschen Ostseegewässer ist der gute Umweltzustand in Bezug auf Eutrophierung erreicht, wenn „der gute ökologische Zustand gemäß Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) erreicht ist und wenn der Eutrophierungsstatus gemäß der integrierten HELCOM-Eutrophierungsbewertung HEAT mindestens gut ist“ (BMUV 2024). Zur aktuellen Bewertung des Eutrophierungszustands der HELCOM-Becken wurde das HELCOM Eutrophication Assessment Tool HEAT genutzt. Die Festlegung der Klassengrenzen in HEAT wurde auf Ecological Quality Ratios Scaled (EQRs) umgestellt. Die neuen Klassengrenzen sind analog zu denen der WRRL und erlauben die direkte Verwendung der EQR-Ergebnisse der WRRL. In den Küstengewässern wurden zur Bewertung die WRRL-Indikatoren und die dazugehörigen Schwellenwerte genutzt, diese wurden aber gemäß den Bewertungsregeln von HEAT aggregiert. Drei Kategorien von Indikatoren (entsprechend MSRL-Kriterien) wurden betrachtet: Nährstoffkonzentrationen (D5C1: Nährstoffe TN, TP, DIN, DIP oder Nährstoffe nach WRRL), direkte Effekte (D5C2: Chlorophyll-a oder WRRL QK Phytoplankton,



D5C3: Cyanobakterienblüten oder nicht bewertet) und indirekte Effekte der Nährstoffanreicherung (D5C4: Sichttiefe oder nach WRRL, D5C5: Bodennahe Sauerstoffkonzentration/Sauerstoffschuld oder nationaler Indikator, D5C6: WRRL QK Makrophyten oder nicht relevant, D5C7: WRRL QK Makrophyten oder nicht relevant, D5C8: WRRL QK Makrozoobenthos oder nicht relevant).

Die Kieler Bucht, Mecklenburger Bucht, Arkonabecken und Bornholmbecken sowie alle 48 Küstengewässer-Wasserkörper verfehlen den guten ökologischen Zustand vor allem aufgrund von Eutrophierungseffekten (Tab. 23, Tab. 24). In den Becken der offenen Ostsee, an denen Deutschland einen Anteil hat (Kieler Bucht, Mecklenburger Bucht, Arkona-Becken, Pommersche Bucht), erreichen Gesamtstickstoff, gelöster Stickstoff und Chlorophyll in der Kieler Bucht und bodennaher Sauerstoff in der Pommerschen Bucht die Schwellenwerte. Insbesondere die Kieler Bucht verzeichnete seit der letzten MSRL-Bewertung von 2018 eine deutliche Verbesserung des Gesamtzustands und aller Eutrophierungsindikatoren mit Ausnahme der Konzentrationen von Gesamtposphor und gelöstem Phosphor. Auch in der Mecklenburger Bucht gab es Verbesserungen vieler Indikatoren. Der gute Zustand wurde jedoch noch nicht erreicht. In den Küstengewässern (< 1 sm) wurden die Schwellenwerte für Nährstoffe und die verschiedenen Indikatoren der direkten und indirekten Effekte auf Grundlage der WRRL-Qualitätskomponenten und damit der gute Zustand in den meisten Wasserkörpern nicht erreicht. Allerdings zeigten fast alle Indikatoren durch einen höheren Flächenanteil von Gebieten im guten Zustand eine Verbesserung gegenüber der letzten Bewertung, insbesondere für Chlorophyll-a (D5C2) und Makrozoobenthos (D5C8). Nur für den Indikator Sichttiefe wurde der gute Zustand in keinem der bewerteten Wasserkörper erreicht.

Tab. 23: Überblick über die Eutrophierungs-Bewertung der deutschen Gewässer der offenen Ostsee (>1 sm)

In den vier HELCOM-Becken gemäß den Kriterien des Beschlusses (EU) 2017/848 der Kommission, sowie über die Gesamtbewertung (Status) pro Gebiet. Alle Kriterien wurden gemäß den Abstufungen von HELCOM HEAT bewertet: hellgrün = gut = Schwellenwerte eingehalten (Ecological Quality Ratio Scaled EQRS $\geq 0,6$ bis $< 0,8$); hellrot = moderat = Schwellenwerte leicht verfehlt (EQRS $\geq 0,4$ bis $< 0,6$); mittelrot = unbefriedigend = Schwellenwerte verfehlt (EQRS $\geq 0,2$ bis $< 0,4$); dunkel-rot = schlecht = Schwellenwerte stark verfehlt (EQRS) $0,0$ bis $< 0,2$). Weiß/nr = Kriterium nicht relevant, grau/nb = Kriterium nicht bewertet. Die Pfeile geben den Trend zwischen der letzten Bewertung HOLAS 2 (2011—2016) und HOLAS 3 (2016—2021) wie folgt an: ↗ Verbesserung (Zunahme des EQRS um $>> 15\%$), ↘ Verschlechterung (Abnahme des EQRS um $>> 15\%$), ↔ keine Veränderung (Zu- oder Abnahme des EQRS um $\leq 15\%$). Für einige Indikatoren konnte keine Trendbewertung vorgenommen werden. Die Bewertung der Rottöne = Zustand nicht gut, Grüntöne = Zustand gut.

Gebiet (>1sm)	Anteil [%] an den deutschen Ostseege- wässern (15.518 km ²)	Nährstoffe				Direkte Effekte		Indirekte Effekte				Status pro Gebiet
		D5C1 (2016-2021)				D5C2 Chloro- phyll-a (2016- 2021)	D5C3 Cyano- bakteri- enblüten (2016- 2021)	D5C4 Sichttiefe (2016- 2021)	D5C5 Bodennahe Sauerstoff- konzentra- tionen (2016-2021)	D5C6 Sauer- stoff- schuld (2016- 2020)	D5C8 Makro- zooben- thos	
		TN	TP	DIN	DIP							
Kieler Bucht	10	↗	↔	↗	↔	↗	nb	↗		nr	nb	↗
Mecklen- burger Bucht	17	↗	↔	↗	↔	↔	↘	↗		nr	nb	↔
Arkona- Becken	33	↔	↔	↔	↔	↔	↘	↗		nr	nb	↔
Pommer- sche Bucht	13	↔	↔	↔	↔	↗	↘	↗		nr	nb	↘

Tab. 24: Überblick über die Eutrophierungs-Bewertung der deutschen Küstengewässer in der Ostsee (< 1 sm)



Gemäß den Kriterien des Beschlusses (EU) 2017/848 der Kommission, sowie über die Bewertungszeiträume, die Bewertungsgrundlagen und die Gesamtbewertung (Status Küstengewässer). Für die Bewertung ist der Flächenanteil der Küstengewässer angegeben: grün = Schwellenwert erreicht/Status gut, rot = Schwellenwert nicht erreicht/Status nicht gut, grau = nicht bewertet. Grau/nb = Kriterium nicht bewertet, da fachlich adäquates Verfahren bislang fehlt. QK = WRRL-Qualitätskomponente.

Gebiet (<1 sm)	Anteil [%] an den deutschen Ostseege- wässern (15.518 km²)	Nährstoffe			Direkte Effekte		Indirekte Effekte						Status Küsten- gewäs- ser					
		D5C1			D5C2 Chlo- rophyll-a		D5C3 Cyano- bakteri- enblü- ten	D5C6 Opport. Makro- algen**		D5C7 Makro- phyten**		D5C4 Sicht- tiefe***		D5C5 Boden- nahe Sauer- stoffkonzentra- tionen ****		D5C8 Makrozo- benthos		
Bewertungszeit- raum		2013-2018 bzw. 2016- 2020			2013-2018 bzw. 2016- 2020			2013-2018 bzw. 2016-2020			2013-2018 bzw. 2016-2020		2016-2021		2013-2018 bzw. 2016-2020			
Bewertungsgrund- lage		WRRL			WRRL QK Phytoplank- ton			WRRL QK Makro- phyten			WRRL		Nationaler Indi- kator wie 2018		WRRL QK Mak- rozoobenthos			
Küsten- gewäs- ser	27 %	3,3 %	94,5 %	2,2 %	25,5 %	74,5 %	nb*	2,0 %	89,9 %	8,1 %	100 %	60,1 %	15,0 %	24,9 %	33,1 %	66,5 %	0,4 %	100 %

* Mecklenburg-Vorpommern verwendet zur Bewertung der biologischen Qualitätskomponente Phytoplankton das nationale Bewertungsverfahren 'Phytoplanktonindex Küstengewässer' (Sagert et al. 2008), dass auch das Biovolumen von Cyanobakterien betrachtet.

** In den Küstengewässern werden die Kriterien D5C6 und D5C7 gemeinsam im Rahmen der WRRL-Qualitätskomponente Makrophyten bewertet.

*** Die Sichttiefen wurden in den Küstengewässern auf nationaler Ebene einheitlich, entsprechend der Zustandsbewertung 2018 auf der Basis der Schwellenwerte von Sagert et al. 2008 bewertet. Die HELCOM HOLAS 3-Bewertung der Sichttiefe basiert auf einer abweichenden Bewertungsgrundlage in Mecklenburg-Vorpommern (mit dem Modell ERGOM-MOM des IOW modellierte Schwellenwerte).

**** Nationale Bewertung der Sauerstoffkonzentration in den Küstengewässern zur Vergleichbarkeit mit dem Zustandsbericht 2018 ergänzt, da keine Bewertung der Küstengewässer in der HELCOM HOLAS-3 Bewertung erfolgte.

Gründe für den schlechten Zustand sind Belastungen durch die Einträge von Nährstoffen und organischem Material, die hauptsächlich aus der Landwirtschaft und der Abfallwirtschaft stammen. Diese werden über Flüsse, die Atmosphäre und andere Meeresgebiete eingetragen.



7.2.4 Änderung der hydrografischen Bedingungen

Eine eigenständige Bewertung und Aussage zum guten Zustand in Bezug auf hydrografische Bedingungen (Deskriptor 7) ist entsprechend EU-Bewertungsleitfaden nicht vorgesehen. Die Anforderungen des Beschlusses (EU) 2017/848 der Kommission beschränken sich auf die sekundären Kriterien D7C1 (räumliche Ausdehnung und Verteilung der dauerhaften Veränderung der hydrografischen Bedingungen des Meeresbodens und der Wassersäule, insbesondere in Verbindung mit einem physischen Verlust des natürlichen Meeresgrundes) und D7C2 (räumliche Ausdehnung jedes infolge dauerhafter Veränderungen der hydrografischen Bedingungen beeinträchtigten benthischen Lebensraumtyps), welche Fachinformationen liefern, die bei der Bewertung des Zustands der Ökosysteme, v.a. der benthischen Lebensräume herangezogen werden. Nach Beschluss (EU) 2017/848 der Kommission sind Veränderungen des Meeresbodens dauerhaft und als physischer Verlust zu werten, wenn sie 12 Jahre oder länger anhalten. Daher werden menschliche Aktivitäten, deren Auswirkungen reversibel sind und weniger als 12 Jahre dauern, nicht als Verlust berücksichtigt.

Bei den hydrografischen, sedimentologischen und geomorphologischen Bedingungen, die für die Bewertung herangezogen wurden, haben sich keine wesentlichen Änderungen des Zustands gegenüber der letzten Bewertung und der Beschreibung des guten Zustands ergeben. Die relevanten Belastungen durch menschliche Aktivitäten sind dauerhaften Veränderungen der hydrografischen Bedingungen, welche rund 17 km², somit weniger als 0,2 % der deutschen Ostseegewässer betreffen. Davon sind 0,04 % der gesamten Fläche der deutschen Ostsee durch physischen Verlust des Meeresbodens gekennzeichnet.

Für das Kriterium D7C1 werden die Gesamtfläche aller dauerhaften Veränderungen für die Küstengewässer (< 1 sm) und die tieferen Meeresgewässer (> 1 sm) angegeben. Es werden keine Schwellenwerte gefordert. Für die Küstengewässer ist die Strömung der einzige hydrografische Parameter, der unmittelbar auf Veränderungen reagiert, z.B. beim Bau größerer Anlagen im Küstenbereich. Für kleinräumige Veränderungen im Bereich der Küstengewässer werden die hydromorphologischen Qualitätskomponenten Tideregime und morphologische Bedingungen gemäß der WRRL bewertet. Im Umfeld von Küstenschutzbauwerken sind die hydrografischen Bedingungen auf ungefähr 0,3 % der Fläche (10,8 km²) dauerhaft verändert. Bei der Analyse der Ausdehnung und Verteilung zum physischen Verlust des Meeresbodens sind insbesondere die Ergebnisse (Kriterium D6C1) integriert worden. In den Küstengewässern beträgt der Flächenverlust insgesamt 0,13 %. Dies entspricht einer betroffenen Fläche von rund 5,7 km², wobei hier Küstenschutzbauwerke und Häfen den größten Anteil ausmachen (5,5 km²). In den tieferen Meeresgewässern (> 1 sm) können Windparks Auswirkungen auf die Hydrographie haben. Die Veränderungen der hydrografischen Bedingungen der Wassersäule im Nah- und Fernfeld von Offshore-Windparks sind in der Ostsee noch nicht bekannt. Die von Meeresbodenverlust durch Windparks geprägte Flächen betragen 0,53 km² (0,05 Promille) in den tieferen Gewässern der deutschen Ostsee, wovon > 85 % (0,46 km², bis 2021) durch Pipelines verloren gingen.

Für die Analyse des Kriteriums D7C2 werden anteilige Angaben zu den Belastungen je Lebensraumtyp und den Abgleich mit Schwellenwerten erforderlich. Die räumliche Ebene folgt jener der benthischen Biotopklassen im Rahmen der Deskriptoren 1 und 6. Regional abgestimmte Schwellenwerte für D7C2 existieren noch nicht. Daher werden bei der Bewertung der hydrografischen Bedingungen die Qualitätskomponenten Tideregime und Morphologische Bedingungen der Küstengewässer entsprechend der WRRL und für den marinen Bereich der Ostsee die



benthischen Biotopklassen (broad habitat types) gemäß Kommissionsbeschluss (EU) 2017/848 sowie die relevanten Lebensraumtypen (other habitat types) des Anhangs I der FFH-Richtlinie herangezogen.

In der gesamten Ostsee als auch in den Teilbecken (HELCOM Subbasins) mit deutschem Anteil sind weniger als 1 % des Meeresbodens durch menschliche Aktivitäten physisch verloren gegangen ist. Zu den menschlichen Aktivitäten, die hauptsächlich mit einem potenziellen Verlust des Meeresbodens in der Ostsee verbunden sind, zählen demnach Hafenanlagen (inkl. Marinas) sowie der Küstenschutz. Der größte Anteil der potenziell verlorenen Flächen in der Ostsee entfällt auf die benthischen Biotoptypen „Infralitorale Mischsedimente“ und „Infralitoraler Sand“.

Das Ausmaß, in welchem die hydrografischen Veränderungen Auswirkungen auf Lebensräume und Arten haben, wird bei der Bewertung des Zustands der Ökosysteme, v.a. der benthischen Lebensräume anhand ökologischer und ökosystemrelevanter Indikatoren bewertet (vgl. Abschnitt 7.1).

7.2.5 Schadstoffe in der Umwelt

Der gute Umweltzustand in Bezug auf die Schadstoffbelastungen ist für die deutschen Ostseeengewässer nicht erreicht (Tab. 25). Hauptsächlich sind flächendeckende Überschreitungen der Schwellenwerte durch einige ubiquitäre Stoffe wie Quecksilber und polybromierte Diphenylether (PBDE). Auch die Elemente Blei, Cadmium und Kupfer sowie Tributylzinn-Kation (TBSN+), polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Perfluorooctansulfonsäure (PFOS), Hexabromcyclododecan (HBCDD), nichtdioxinähnliche polychlorierte Biphenyle (PCB), Bifenox, Nicosulfuron, 2,4-D und Diflufenican überschreiten die Schwellenwerte. In der Kieler Bucht erreichen 5 von 7 bewerteten Substanzen/Substanzgruppen und in der Mecklenburger Bucht 5 von 8 der bewerteten Substanzen/Substanzgruppen nicht die Schwellenwerte für einen guten Umweltzustand. Biologische Schadstoffeffekte in Bezug auf den Bruterfolg des Seeadlers traten nicht auf. Der Bruterfolg des Seeadlers erreicht den guten Umweltzustand. Schadstoffeinträge über Flüsse, die Atmosphäre sowie direkte Quellen sind die Haupteintragspfade in die Meeresumwelt (BMUV 2024).

Räumliche Bezugsgröße für die Beschreibung und Bewertung des guten Zustands für den Deskriptor 8 in den deutschen Ostseeengewässern sind entsprechend dem Beschluss (EU) 2017/848 der Kommission zum einen die Marine Reporting Units (MRUs) Küstengewässer (Basislinie < 1 sm) und Territorialgewässer (1–12 sm), zum anderen die seewärts daran anschließenden Meeresgewässer der ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ > 12 sm). Für den aktuellen Zustandsbericht werden die 48 Küstengewässer-Wasserkörper und 2 Territorialgewässer-Wasserkörper herangezogen und auf der Basis der Wasserkörper der WRRL bewertet. Für die Bewertung sind die Ergebnisse der Küstengewässer-Wasserkörper zum Bezugsraum „Küstengewässer“ aggregiert und die Ergebnisse der Territorialgewässer-Wasserkörper zum Bezugsraum „Territorialgewässer“.

Zur Bewertung der Schadstoffkonzentrationen werden die UQN der prioritären Stoffe sowie der flussgebietsspezifischen Schadstoffe der OGewV (2013, Anlage 8, Anlage 6) und die durch HELCOM-Schadstoffindikatoren festgelegten Schwellenwerte herangezogen (BMUV 2024). Für eine zusammenfassende Aussage zum Status der Schadstoffkonzentrationen der HELCOM Schadstoffindikatoren wird die integrierte HELCOM-Schadstoffbewertung mit CHASE (Chemical Status Assessment Tool) genutzt.



Für die Bewertung des guten Zustands in Bezug auf Schadstoffe werden die vorliegenden Einzelergebnisse nach dem "One-out-all-out-Prinzip" zusammengefasst, d.h. die am schlechtesten bewertete Kategorie bestimmt das Gesamtbewertungsergebnis. Dies gilt für räumliche Zusammenfassungen und für Zusammenfassungen zwischen Indikatoren und Kriterien.

Tab. 25: Übersicht über den Gesamtzustand der deutschen Ostseegewässer bezüglich der Kriterien für den Deskriptor 8.

Zustand: grün = gut, rot = nicht gut, grau = nicht bewertet; weiß = nicht relevant. Küstengewässer (Basislinie bis < 1 sm); Territorialgewässer (1-12 sm); AWZ = Ausschließliche Wirtschaftszone (> 12 sm)

Kriterien	Küsten- gewässer	Territorial- gewässer	AWZ	Deutsche Ostseegewässer insgesamt	Status Deutsche Ostsee- gewässer
Schadstoffkonzentrationen (D8C1)					
Schadstoffeffekte (D8C2)					
Erhebliche akute Verschmutzung (D8C3)					
Schadwirkung akuter Verschmutzung (D8C4)					

Für das Kriterium D8C1 (Bewertung des Status der Schadstoffkonzentrationen in den deutschen Ostseegewässern) liegen die Bewertungsergebnisse aus der Bewertung im Rahmen der WRRL-Berichterstattung und der in HELCOM HOLAS 3 bewerteten Schadstoffbelastung der Ostsee anhand von abgestimmten HELCOM-Schadstoffindikatoren zugrunde.

Gemäß der EU-Richtlinie 2013/39/EU werden die Schadstoffe in ubiquitär vorkommende und nicht ubiquitär vorkommende Stoffe gruppiert und für jeden Schadstoff / jede Schadstoffgruppe wird der Zustand pro MRU ermittelt. In Tab. 26 und Tab. 27 sind die detaillierten Ergebnisse zu Schadstoffkonzentrationen in Biota, Sediment und Wasser der WRRL-Bewertung und HELCOM HOLAS 3 für die Küstengewässer und die Territorialgewässer sowie die Ergebnisse von HOLAS 3 für die AWZ aggregiert dargestellt. Bei der Betrachtung der Schadstoffkonzentrationen (Tab. 12 und Tab. 13) wird unter Anwendung des „one-out-all-out-Prinzips“ der gute Umweltzustand für D8C1 nicht erreicht.



Tab. 26: Kriterium D8C1 (Schadstoffkonzentrationen) – Ergebnisse der Zustandsbewertung der ubiquitären Stoffe (entsprechend der EU-Richtlinie 2013/39/EU).

Dargestellt für die einzelnen (aggregierten) räumlichen Bezugsgrößen und Untersuchungsmatrizes (Biota, Sediment und Wasser). Grün = Schwellenwert nicht überschritten/guter Zustand; rot = Schwellenwert überschritten/nicht guter Zustand; weiß = nicht relevant. KW = Küstengewässer (Basislinie bis < 1 sm); TE = Territorialgewässer (1-12 sm); AWZ = Ausschließliche Wirtschaftszone (> 12 sm); HELCOM = Übereinkommen zum Schutz der Meeresumwelt der Ostsee; WRRL = WasserrahmenrichtlinieW.

Indikator/ Zustand	Ubiquitäre Stoffe	KW	TE	AWZ	KW	TE	AWZ	KW	TE	AWZ
		Biota			Sediment			Wasser		
Metalle	Quecksilber	HELCOM/ WRRL		HELCOM				WRRL		
Polyzyklische aromatische Kohlenwasser- stoffe (PAK)	Benzo[g,h,i]-perylen							WRRL	WRRL	
	Benzo[a]pyren	HELCOM						WRRL		
	Benzo[b]fluor- anthen							WRRL		
	Benzo[k]fluor- anthen							WRRL		
Dioxine, Furane, dioxinähnliche Polychlorierte Biphenyle (PCB)	Dioxine, Furane, dl-PCB (PCB118)	WRRL	HELCOM							
Polybromierte Diphenylether (PBDE)	Summe aus BDE28, BDE47, BDE99, BDE100, BDE153 und BDE154	WRRL	HELCOM ¹ / WRRL	HELCOM ¹		HELCOM ¹				
Organozinn- Vebindungen (OZV)	Tributylzinn-Kation					HELCOM ¹		WRRL	HELCOM ¹	HELCOM ¹
									WRRL	
Hexabrom- cyclododecan (HBCDD)	Hexabromcyclo- dodecan (HBCDD)	WRRL	HELCOM ¹			HELCOM ¹		WRRL *	WRRL*	
PFOS	Perfluoroctansul- fonsäure und ihre Derivate PFOS)	WRRL	HELCOM ¹					WRRL*		
Weitere Stoffe/Stoff- gruppen nach Anlage 8 OgewV, 2016	Heptachlor und Heptachlorepoxyd*	WRRL						WRRL		

¹ HELCOM Bewertung, in die keine deutschen Daten eingeflossen ist.

* UQN erst ab 2027 verpflichtend anzuwenden.



Tab. 27: Kriterium D8C1 (Schadstoffkonzentrationen) – Ergebnisse der Zustandsbewertung der nicht-ubiquitären Stoffe (entsprechend der EU-Richtlinie 2013/39/EU).

Dargestellt für die einzelnen (aggregierten) räumlichen Bezugsgrößen und Untersuchungsmatrizes (Biota, Sediment und Wasser). Grün = Schwellenwert nicht überschritten/guter Zustand; rot = Schwellenwert überschritten/nicht guter Zustand; grau = nicht bewertet, weiß = nicht relevant. KW = Küstengewässer (Basislinie bis < 1 sm); TE = Territorialgewässer (1-12 sm); AWZ = Ausschließliche Wirtschaftszone (> 12 sm); HELCOM = Übereinkommen zum Schutz der Meeresumwelt der Ostsee; WRRL = Wasserrahmenrichtlinie.

Indikator/ Zustand	Nicht-ubiquitäre Stoffe	KW	TE	AWZ	KW	TE	AWZ	KW	TE	AWZ
		Biota			Sediment			Wasser		
Metalle	Blei	HELCOM				HELCOM			HELCOM/WRRL	HELCOM
	Cadmium	HELCOM				HELCOM			HELCOM/WRRL	HELCOM
	Kupfer				WRRL	HELCOM ¹				
Polyzyklische aromatische Kohlenwasser- stoffe (PAK)	Fluoranthren	HELCOM				HELCOM			WRRL	
	Phenanthren								WRRL	
	Anthracen					HELCOM			WRRL	
	Naphthalin								WRRL	
PAK Metabolite	PAK Metabolit 1-Hydroxypyren [#]	HELCOM								
Polychlorierte Biphenyle (PCB)	Summe aus PCB28, PCB52, PCB101, PCB138, PCB153 und PCB180	HELCOM			WRRL‡				WRRL‡	
Diclofenac	Diclofenac [†]								HELCOM	
Radionuklide	Cäsium-137 (Cs-137)	HELCOM							HELCOM	
Weitere Stoffe nach Anlage 8 OGewV (2016)	Dicofol*; Hexachlorbenzol; Hexachlorbutadien	WRRL							WRRL	
	Bifenox*							WRRL	WRRL	
	1,2-Dichlorethan; 4,4-DDT; 4-Nonylphenol, verzweigt; Aclonifen*; Alachlor; Atrazin; Benzol; Chlorfenvinphos; Chlorpyrifos (Chlorpyrifos- Ethyl); Cybutryn*; Cyclodien-Pestizide; DDT gesamt; DEHP; Dichlormethan; Dichlorvos*; Diuron; Endosulfan; Hexachlorcyclohexan; Iso- proturon; Nickel; Octylphenol; Pentachlorbenzol; Pentachlorphenol; Quinoxifen*; Simazin; Terbutryn*; Tetrachlorethen; Tetrachlorkohlenstoff; Trichlorbenzol (alle Isomere); Trichlor- ethen; Trichlormethan; Trifluralin								WRRL	
Weitere Stoffe nach Anlage 6 OGewV (2016)	Triphenylzinn-Kation				WRRL				WRRL	
	Arsen; Chrom; Zink				WRRL					
	2,4-D*; Diflufenican; Nicosulfuron*							WRRL		
	Ametryn; Azinphosethyl; Azinphosmethyl; Bentazon; Bromacil; Bromoxynil; Chloridazon; Chlortoluron; Dichlorprop; Dimethoat*; Epoxiconazol; Etrifosphos; Fenitrothion; Fenprop- morph*; Fenthion; Flufenacet*; Flurtamone*; Hexazinon; Imidacloprid*; Linuron; Malathion; MCPA*; Mecoprop; Metazachlor; Methabenzthiazuron; Metolachlor; Metribuzin; Monolinu- ron*; Omethoat*; Parathionethyl; Parathionmethyl; Phoxim; Picolinafen; Pirimicarb; Prome- tryn; Propiconazol; Selen; Silber; Sulcotrion*; Terbutylazin; Thallium; Triclosan*								WRRL	

¹ HELCOM Bewertung, in die keine deutschen Daten eingeflossen ist

* UQN erst ab 2027 verpflichtend anzuwenden

[#] ergänzende Information bei HELCOM, geht nicht in die GES-Bewertung ein

[†] Testindikator bei HELCOM, geht nicht in die GES-Bewertung ein

‡ jedes PCB-Kongener einzeln bewertet

Zur Bewertung von biologischen Schadstoffeffekten (Kriterium D8C2) liegt derzeit nur ein regional abgestimmter Indikator vor, der den Bruterfolg des Seeadlers bewertet. Der HELCOM-Indikator Bruterfolg des Seeadlers erreicht den guten Zustand. Untersuchungen zu weiteren biologischen Schadstoffeffekten werden informationshalber beschrieben, sie sind aber nicht in die Bewertung des guten Umweltzustands einbezogen.



Regional oder subregional abgestimmte Bewertungsverfahren zur Feststellung der Kriterien D8C3 (Räumliche Ausdehnung und Dauer von erheblichen akuten Verschmutzungen) und D8C4 (Schadwirkungen erheblicher akuter Verschmutzungen) werden noch auf europäischer Ebene entwickelt. Das Kriterium D8C3 wird nicht bewertet, da methodische Standards für die Bewertung noch nicht festgelegt sind. Allerdings wird die Ölverschmutzung durch Schiffe (HELCOM-Indikator) im Rahmen von Überwachungsflügen detektiert. Im Zeitraum 2016-2021 wurde in den deutschen Gewässern der Ostsee keine Überschreitung des Grenzwertes (Gesamtverschmutzung im Referenzzeitraum 2008–2013) beobachtet. Bei Zugrundelegung der Kriterien für komplexe Schadstoffunfälle entsprechend der Vereinbarung über die Bekämpfung von Meeresverschmutzung von 2002 wurden keine erheblichen akuten Verschmutzungen beobachtet. Die Kriterien für komplexe Schadstoffunfälle sind in der Vereinbarung über die Bekämpfung von Meeresverschmutzungen (2002) wie folgt festgelegt: a) Ölunfälle: im freien Seeraum (seeseitig der 10-m-Tiefenlinie) 50 m³ Öl, am Ufer- und Küstensaum (landseitig der 10-m-Tiefenlinie) 10 m³ Öl, auf den Seeschiffahrtsstraßen 5 m³ Öl; b) andere Schadstoffunfälle als Ölunfälle (Chemikalien): Es ist eine nachhaltige Schädigung der in der Vereinbarung näher benannten Gebiete eingetreten oder zu besorgen.

Die Dauer und räumliche Ausdehnung erheblicher akuter Verschmutzungen (Kriterium D8C3) werden bereits von der Statistik des Havariekommandos in Deutschland erfasst. Es fehlt jedoch noch eine regional oder subregional abgestimmte Bewertung. Im Berichtszeitraum (Komplexe Schadenslagen 2016-2021) kam es in den deutschen Ostseegewässern zu zwei Schadenslagen unter der Gesamteinsatzleitung des Havariekommandos. Bei keiner der Schadenslagen ist es zu erheblichen akuten Meeresverschmutzungen gekommen. Zur Überwachung der Folgen von Schadstoffunfällen gemäß Kriterium D8C4 liegt seit Anfang 2017 ein Monitoringkonzept vor, das künftig bei komplexen Schadstoffunfällen eingesetzt wird.

7.2.6 Schadstoffe in Lebensmitteln

Eine MSRL-spezifische Bewertung des guten Zustands für Deskriptor 9 ist nicht vollumfänglich möglich.

Der gute Umweltzustand ist erreicht, wenn die EU-Höchstmengen für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln nicht überschritten werden. Nach der Definition des Kriteriums D9C1 dürfen die Mengen an Schadstoffen in essbarem Gewebe von Meeresorganismen, die wild gefangen und geerntet werden, die festgesetzten Höchstmengen von Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 („Höchstmengenverordnung“) sowie die Schwellenwerte für weitere Schadstoffe, die die Mitgliedsstaaten in regionaler oder subregionaler Zusammenarbeit festlegen, nicht überschreiten.

Konzentrationen von Schwermetallen (Blei, Cadmium und Quecksilber), polybromierten Diphenylethern (PBDE), polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK), polychlorierten Biphenylen (PCB) sowie Dioxinen und Furanen liegen in Miesmuschel und Fischen (Aal, Aalmutter, Hering; für Klieschen und Dorsche nur Quecksilber) unterhalb der für den menschlichen Verzehr festgelegten Höchstgehalte. Auch wenn die betrachteten Proben lebensmittelrechtlich nicht zu beanstanden sind, ist die Datengrundlage nicht ausreichend, um den Zustand der deutschen Gewässer der Ostsee insgesamt für Deskriptor 9 zu bewerten. Dafür ist es notwendig, dass auch besonders belastete Arten/Matrizes in die Datengrundlage einfließen und eine risikobasierte Probenauswahl erfolgt.



7.2.7 Einleitung von Energie

Derzeit ist noch keine abschließende Bewertung zum Umweltzustand möglich, da sich die Indikatoren noch in der Entwicklung befinden und Monitoring Daten fehlen. Eine beschreibende Darstellung liegt für Impulsschall und Dauerschall vor (BMUV 2024, S. 109 ff.)

Als relevante Belastungen der deutschen Ostseegewässer durch Einleitung von Energie werden anthropogen verursachter Schall (Impulsschall D11C1 und Dauerschall D11C2) und andere Einträge von Wärme, Licht, elektrische und elektromagnetische Felder angesehen. Indikatoren mit Schwellenwerten zu den Kriterien D11C1 (räumliche Verteilung, Dauer und Intensität von Impulsschall) und D11C2 (Dauerschall) wurden auf EU-Ebene erarbeitet, jedoch wurden bislang noch keine Methoden für die Integration dieser in die Gesamtbewertung entwickelt. Der Schweinswal wird als eine Indikatorart zur Bewertung der Belastung durch Unterwasserschall herangezogen. Die Entwicklung von Kriterien und Indikatoren zur Bewertung des Umweltzustands in Bezug auf die Einleitung von Wärme, elektromagnetischen Feldern und Licht auf regionaler und EU-Ebene steht noch aus.

Schalleinträge entstehen vor allem durch Schifffahrt, Sand- und Kiesabbau, Betrieb und Wartung von Offshore-Anlagen. Temporäre Belastungen entstehen durch schallintensive Bauarbeiten, Sonare, seismische Aktivitäten, akustische Vergrämungssysteme und Schockwellen von Sprengungen. Im Untersuchungszeitraum stieg die Belastung mit Impulsschall durch die Errichtung weiterer Offshore-Windkraftanlagen. Durch den Einsatz von technischen Schallminderungsmaßnahmen nach dem Stand der Technik konnten die verbindlichen Schallgrenzwerte aber deutlich unterschritten werden. In einzelnen Gebieten stieg auch der Dauerschall durch baubedingte Zunahme des Schiffsverkehrs.



8 Beschreibung und Bewertung der Auswirkungen auf das Meeresgewässer Deutsche Ostsee

In diesem Kapitel wird dargestellt, wie sich die Wirkfaktoren der FSQ auf den Zustand, die signifikanten Belastungen und die Umweltziele der Meeresregion Deutsche Ostsee auswirken können. Daraufhin bewertet der Fachbeitrag, ob diese Auswirkungen zu einer Verschlechterung des Zustands führen und/oder einer Zustandsverbesserung der Meeresregion Deutsche Ostsee entgegenstehen können. Um Mehrfachprüfungen identischer Fragestellungen zu vermeiden, wird auf Empfehlung des Leitfadens des MELUND (2022) auf die folgenden Fachgutachten Bezug genommen, soweit die Aspekte der MSRL dort bereits über die erforderlichen Prüfungen nach anderen Rechtsbereichen abgedeckt sind:

- Fachbeitrag Wasserrahmenrichtlinie (Unterlage 20.01.001)
- Landschaftspflegerischer Begleitplan (Unterlage 17.01.001)
- Artenschutzrechtlicher Fachbeitrag (Unterlage 19.02)
- Natura 2000-Unterlagen (Unterlagen 18.01 bis 18.10)

Eine Mehrfachprüfung identischer Fragestellungen unter unterschiedlichen Regelungen ist weder erforderlich noch sinnvoll. Es gelten die spezifischen fachgesetzlichen Anforderungen. Gerade die naturschutzrechtlichen Anforderungen sind zum Teil konkreter und umfassender als die der MSRL und geben damit praktisch strengere Bewertungsmaßstäbe vor, die eine weitere Prüfung im Rahmen der MSRL obsolet werden lassen. Auch die Anforderungen der WRRL in den Küstengewässern (§ 44 i.V.m. § 27 Abs. 1 WHG) sind aufgrund des klaren Wasserkörperbezugs und der entsprechend kleinräumigen Wasserkörperstruktur strikter als die großmaßstäblich formulierten Ziele der MSRL. Spezifische Prüfungen der qualitativen Deskriptoren der MSRL sind nur dort erforderlich, wo eigene qualitative Anforderungen der MSRL bestehen, für die kein anderes Fachrecht vorhanden ist oder wo die MSRL spezifischere Vorgaben für Meeres- und Küstengewässer macht (MELUND 2022, S. 12 f.).

8.1 Darstellung der zu berücksichtigenden Bewertungseinheiten der Meeresregion Deutsche Ostsee

Die Bewertungseinheiten, welche in diesem Fachbeitrag zu betrachten sind, gehören zu der Meeresregion Deutsche Ostsee. Für dessen Gewässerbewirtschaftung wurde gemäß WHG (§§ 45a ff.) ein Bewirtschaftungsplan (MSRL-Zustandsbericht) erstellt (BMUV 2024). Die relevanten Bewertungseinheiten, die nach der Abschlachtung in Kapitel 6 zu betrachten sind, sind in Tab. 28 aufgeführt.

Tab. 28: MSRL-Bewertungseinheiten, die im wasserrechtlichen Fachbeitrag verwendet werden.
Quellen: WRRL-Küstengewässer-Wasserkörper: Unterlage 20.01.001; sonstige: (BMUV 2024)

Bewertungseinheit	Gewässerteile	Fläche (ha)
Fehmarn Sund W	Küstengewässer-Wasserkörper nach WRRL	7.313,8
Fehmarn Sund E	Küstengewässer-Wasserkörper nach WRRL	18.687,8
Fehmarn Belt E	Küstengewässer-Wasserkörper nach WRRL	18.687,8
Küstengewässer	Alle deutschen Küstengewässer-Wasserkörper nach WRRL < 1 sm	420.825,4
Territorialgewässer	Das ganze deutsche Küstenmeer	1.105.192,1



Bewertungseinheit	Gewässerteile	Fläche (ha)
	1-12 sm	
Tiefere Meeresgewässer offshore	Nationaler Anteil der Region Ostsee mit Ausnahme der 1-sm-Zone > 1 sm	1.130.617,2
Mecklenburger Bucht offshore	Anteil des HELCOM-Beckens Mecklenburger Bucht innerhalb der Meeresregion Deutsche Ostsee mit Ausnahme der 1-sm-Zone	263.883,8
Meeresgewässer Deutsche Ostsee	nationaler Anteil der Region Ostsee	1.551.442,6

Ausgehend von der Abschichtung in Kapitel 6 ergeben sich für die Bewertung der Auswirkungen auf die Ökosystemkomponenten die folgenden Kombinationen (Tab. 29).

Tab. 29: Übersicht über die Wirkfaktoren und Bewertungseinheiten, die nach der Abschichtung für die jeweiligen Ökosystemkomponenten geprüft werden müssen.

Ökosystemkomponenten	Bewertungseinheiten	Wirkfaktoren
Zustand		
See- und Küstenvögel (D1)	Meeresgewässer Deutsche Ostsee	Morphologische Verhältnisse, Schwebstoffgehalt, Optische Emissionen, Akustische Emissionen, Kollisionsrisiko
Marine Säugetiere (D1)	Meeresgewässer Deutsche Ostsee	Morphologische Verhältnisse, Akustische Emissionen, Barrierewirkung
Fische (D1)	Meeresgewässer Deutsche Ostsee	Morphologische Verhältnisse, Schwebstoffgehalt, Akustische Emissionen, Barrierewirkung
Pelagische Lebensräume (D1)	Küstengewässer (WRRL-Wasserkörper: Fehmarn Sund W, Fehmarn Sund E), HELCOM-Becken (Mecklenburger Bucht offshore)	Morphologische Verhältnisse, Schwebstoffgehalt, Nährstoffverhältnisse, Schadstoffgehalt
Benthische Lebensräume (D1+D6)	WRRL-Wasserkörper (Fehmarn Sund W, Fehmarn Sund E), HELCOM-Becken (Mecklenburger Bucht offshore) Meeresgewässer Deutsche Ostsee	Morphologische Verhältnisse, Schwebstoffgehalt, Nährstoffverhältnisse, Schadstoffgehalt
Ökosysteme und Nahrungsnetze (D1+D4)	Meeresgewässer Deutsche Ostsee	alle Wirkfaktoren; mit Hinweis auf alle Zustandsaspekte im Rahmen von D1: See- und Küstenvögel, Marine Säugetiere, Fische, Pelagische Lebensräume, Benthische Lebensräume
Belastung		
Kommerziell genutzte Fisch- und Schalentierbestände (D3)	Meeresgewässer Deutsche Ostsee	Morphologische Verhältnisse, Schwebstoffgehalt, Akustische Emissionen, Barrierewirkung



Ökosystemkomponenten	Bewertungseinheiten	Wirkfaktoren
Eutrophierung (D5)	Küstengewässer (WRRL-Wasserkörper: Fehmarn Sund W, Fehmarn Sund E)	Nährstoffverhältnisse
Änderung der hydrografischen Bedingungen (D7)	Küstengewässer (Fehmarn Sund W), Tiefere Meeresgewässer offshore (Mecklenburger Bucht offshore)	Morphologische Verhältnisse
Schadstoffe in der Umwelt (D8)	Küstengewässer (Fehmarn Sund W, Fehmarn Sund E), Territorialgewässer (Küstenmeer Mecklenburger Bucht)	Schadstoffgehalt
Schadstoffe in Lebensmitteln (D9)	Untergebiet oder Division eine FAO-Fischereigebiets, Meeresgewässer Deutsche Ostsee	Schadstoffgehalt
Einleitung von Energie (D11)	Meeresgewässer Deutsche Ostsee	Akustische Emissionen

8.2 Auswirkungsprognose und Bewertung im Hinblick auf das Verschlechterungsverbot

8.2.1 Zustand: Fische

Der Zustand der Fische (Küstenfische, demersale und pelagische Schelffische) in den deutschen Ostseegewässern wird insgesamt als nicht gut eingestuft (vgl. Kapitel 7.1.1). Die maßgeblichen Bewertungskriterien sind D1C2 (Populationsgröße), D1C3 (Populationsdemographie), D1C4 (Verbreitung) und D1C5 (Habitat). Für fischereilich genutzte Arten, wird die Bewertung der fischereilichen Sterblichkeit (Kriterium D3C1) und des Beifangs (Kriterium D1C1) zusätzlich einbezogen. Da das Vorhaben in keinem Zusammenhang mit der Fischerei steht, können Auswirkungen auf die Kriterien D3C1 und D1C1 von vornherein ausgeschlossen werden. Die relevante räumliche Bewertungseinheit ist das Meeresgewässer Deutsche Ostsee.

Der Fischbestand in den Bereichen des Fehmarnsund sowie der Verbringungsfläche für das Nassbaggergut wurde durch IFAÖ (2024, 2025a) untersucht. Demnach ist in den projektbedingt betroffenen Bereichen mit dem Vorkommen der in Tab. 30 genannten Fischarten aus den drei relevanten Fischartengruppen (Küstenfische, demersale und pelagische Schelffische) zu rechnen.

Tab. 30: Nachgewiesene Fischarten während der Kampagnen (Herbst 2021 – Frühjahr 2023)
Quellen: IFAÖ (2024, 2025a)

Artengruppe	Art	Vorkommen und Funktion
Küstenfische	Europäischer Flusssaal	Fehmarnsund (Nahrungs- und Durchzugsgebiet)
	Flussbarsch	Fehmarnsund (Laich-, Aufwuchs-, Nahrungsgebiet)
	Flunder	Fehmarnsund (Aufwuchs-, Nahrungsgebiet), Verbringungsfläche
	Grasnadel	Fehmarnsund (Laich-, Aufwuchs-, Nahrungsgebiet)
Demersale Schelffische	Dorsch	Fehmarnsund (Aufwuchs-, Nahrungsgebiet), Verbringungsfläche



Artengruppe	Art	Vorkommen und Funktion
	Spitzschwanz-Schlangenstachelrücken	Verbringungsfläche
	Wittling	Fehmarnsund (Aufwuchs-, Nahrungsgebiet), Verbringungsfläche
	Scholle	Fehmarnsund (Aufwuchs-, Nahrungsgebiet), Verbringungsfläche
	Kliesche	Fehmarnsund (Aufwuchs-, Nahrungsgebiet), Verbringungsfläche
	Steinbutt	Fehmarnsund (Aufwuchs-, Nahrungsgebiet), Verbringungsfläche
	Glattbutt	Verbringungsfläche
	Seeskorpion	Fehmarnsund (Laich-, Aufwuchs-, Nahrungsgebiet), Verbringungsfläche
	Aalmutter	Fehmarnsund (Laich-, Aufwuchs-, Nahrungsgebiet), Verbringungsfläche
Pelagische Schelffische	Finte	Verbringungsfläche
	Hornhecht	Fehmarnsund (Laich-, Aufwuchs-, Nahrungsgebiet)
	Atlantischer Lachs	Fehmarnsund (Durchzugsgebiet)
	Meerforelle	Fehmarnsund (Nahrungs-, Durchzugsgebiet)
	Sprotte	Fehmarnsund (Aufwuchs-, Nahrungsgebiet), Verbringungsfläche
	Atlantischer Hering	Fehmarnsund (Aufwuchs-, Nahrungs-, Durchzugsgebiet), Verbringungsfläche

8.2.1.1 D1C2 Populationsgröße der Arten

Das Bewertungskriterium bezieht sich auf die Populationsgröße der Fische, die durch anthropogene Belastungen nicht beeinträchtigt werden soll.

Morphologische Verhältnisse

Mit der bau- und anlagebedingten Flächeninanspruchnahme im Rahmen der Bagger-, Absenk- und Verfüllungsarbeiten für die Herstellung des Absenktunnels im Fehmarnsund ist ein Verlust der vorhandenen Biotop (u.a. Riffe und Seegraswiesen) und eine Veränderung der morphologischen Verhältnisse verbunden. Gemäß den Angaben im Landschaftspflegerischen Begleitplan (Unterlage 17.01.001, Kapitel 3.1.2.1, Tab. 71) ist von einem Verlust der Biotop auf einer Fläche von ca. 21,5 ha auszugehen (Tunnelgraben und Ankerzone). Diese Flächen werden für den Zeitraum der Bauarbeiten (4,6 Jahre) und anschließender Regenerationszeit den vorkommenden Fischarten als Laich-, Aufwuchs- und Nahrungsgebiet nicht mehr zur Verfügung stehen. Bei den Fischarten, die im Bereich des Fehmarnsund nachgewiesen wurden, handelt es sich um ungefährdete Arten mit großen Verbreitungsgebieten. Einzig der Europäische Flusssaal ist auf der Roten Liste als „stark gefährdet“ eingestuft. Diese Art nutzt den Eingriffsbereich jedoch nur als Durchzugs- und



Nahrungsraum, eine enge Bindung an die örtlichen Habitate besteht demnach nicht. Es ist davon auszugehen, dass die Fische den Baubereich meiden und in angrenzende Habitate ausweichen werden. Im Vergleich zur Gesamtgröße der räumlichen Bewertungseinheit „Meeresgewässer Deutsche Ostsee“ (1.551.962,59 ha) beträgt der Flächenanteil im Vorhabenbereich ca. 0,0015 %. Nach Abschluss der Bauarbeiten und Wiederherstellung der Biotope werden die Flächen wieder uneingeschränkt als Laich-, Aufwuchs- und Nahrungsgebiet für Fische zur Verfügung stehen. Auswirkungen auf die Populationsgrößen der bewertungsrelevanten Fischarten können somit ausgeschlossen werden.

Der Aushub des Bodens aus dem Fehmarnsund wird auf eine Fläche von ca. 50 ha Größe östlich von Fehmarn verbracht. Durch diese Verbringung und der damit verbundenen Ablagerung des Sedimentes verändert sich lokal die Morphologie des Meeresbodens. Der vorhandene Meeresboden wird überprägt. Weiterhin ist durch Bewegung der projektbedingten Sedimente am Meeresgrund und Verdriftung der in der Wassersäule gelösten projektbedingten Schwebstoffe während des Absenkvorgangs mit einer Ablagerung von projektbedingten Sedimenten auch im angrenzenden Bereich außerhalb der Verbringungsfläche zu rechnen. Der Bereich, in dem sich projektbedingte Ablagerungen von mehr als 20 cm einstellen, wird gemäß der Modellierung von DMT (2025a) ca. 115 ha betragen. Die im Bereich der Verbringungsfläche erfassten Fischarten sind überwiegend ungefährdet und weit verbreitet, so dass von einem Ausweichen auf angrenzende Flächen ausgegangen werden kann. Eine besondere Bedeutung konnte allerdings für den Spitzschwanzschlangen-Stachelrücken festgestellt werden, der gemäß Roter Liste vom Aussterben bedroht ist und die Verbringungsfläche als Laichgebiet nutzt. Während der Laichzeit sind die Tiere immobil und befinden sich in Röhren im Meeresboden. Um negative Auswirkungen auf die Reproduktion und Nahrungssuche sowie das Laichgeschäft des Spitzschwanz-Schlangestachelrückens zu vermeiden, wird während der Laichzeit von Dezember-Januar kein Aushubboden auf unbeeinflussten Bodenflächen aufgebracht. Das Baggergut wird außerdem kontrolliert und optimiert stufen- bzw. schichtweise abgelagert, um die projektbedingte Sedimentation gering zu halten. Dies gibt der Art die Möglichkeit, dem eingebrachten Material möglichst weitgehend auszuweichen (vgl. Kap. 4.3.4, Maßnahme 015_V). Unter Berücksichtigung dieser Vermeidungsmaßnahme können Auswirkungen auf die Populationsgröße der Art ausgeschlossen werden. Das gilt auch für alle anderen vorkommenden Fischarten, die für den Zeitraum der Baggergutverbringung⁸ auf angrenzende Flächen ausweichen können, da der Meeresboden im Umfeld der Verbringungsfläche verhältnismäßig homogen ist.

Schwebstoffgehalt

Erhöhte projektbedingte Schwebstoffgehalte werden im Fehmarnsund und im Bereich der Nassbaggergutverbringungsfläche räumlich und zeitlich begrenzt auftreten. Nach Beendigung der Baggarbeiten (der Aushub des Tunnelgrabens wird ca. 8 Monate dauern) ist von einer Wiederherstellung der Lebensraumfunktion für die Fischfauna auszugehen. Im direkten Umfeld stehen ausreichend Ausweichmöglichkeiten zur Verfügung. Die projektbedingten Trübungen werden zu keinen dauerhaften Lebensraumveränderungen für Fische führen. Entsprechend der Ergebnisse der Verträglichkeitsprüfung für das FFH-Gebiet „Meeresgebiet der östlichen Kieler Bucht“ werden keine Beeinträchtigungen der Populationen charakteristischer Fischarten durch das Vorhaben ausgelöst. Es kann zwar im Nahbereich der Tunneltrasse zu Schädigungen von Fischeiern und Larven

⁸ Die im Modell von DMT berücksichtigte aktive Baggertätigkeit im Eingriffsbereich beträgt 228,6 Tage (DMT 2025a, S. 30).



kommen, die Auswirkungen sind aber vorübergehend und reversibel und betreffen nur einen kleinen Bereich der Verbreitungsgebiete der Arten (vgl. Unterlage 18.04.001, Kap. 4.8.1.1.2). Dementsprechend können auch Auswirkungen auf die Populationsgrößen der bewertungsrelevanten Fischarten im Meeresgewässer Deutsche Ostsee ausgeschlossen werden.

Akustische Emissionen

Durch die Bauarbeiten im marinen Bereich kommt es zu einem Eintrag von Unterwasserschall, der sich auf das Verhalten von Fischen auswirken kann. Schiffslärm gilt als Hauptquelle für Dauerschall in der marinen Umgebung. Er ist als kontinuierlich niederfrequenter Schalleintrag ins Meer einzuordnen. Verschiedene Studien zeigen, dass dieser niederfrequente Schall Auswirkungen auf Fische in Form von Meidungsreaktionen und Fluchtverhalten haben kann (z. B. Suzuki et al., zit. in POPPER (2003), DE ROBERTIS & HANDEGARD (2012)). Weiterhin kann es durch die Rammungen von Spundwänden und Dalben zu einem Eintrag von Impulsschall ins Wasser kommen. Dieser kann neben Verhaltensänderungen auch zu Schädigungen von Fischen führen. Für die Bewertung der Auswirkungen durch den baubedingten Unterwasserschall auf die charakteristische Fischfauna werden die entsprechenden Schallprognosen zum Dauerschall und zum Impulsschall herangezogen (ITAP GMBH 2025a, b).

In der Verträglichkeitsprüfung für das FFH-Gebiet „Meeresgebiet der östlichen Kieler Bucht“ werden Grenzwerte für Schädigungen durch Impulsschall für Fische sowie Fischeier und -larven aus verschiedenen Literaturquellen abgeleitet und mit den durch ITAP GMBH (2025a) prognostizierten Schallpegeln verglichen. Im Ergebnis werden die Grenzwerte bei einer Rammenergie von 100 kJ unterschritten (Unterlage 18.04.001, Kap. 4.8.1.1.4). Durch die Vermeidungsmaßnahme zur Minderung von Schallemissionen (028_Va_V; vgl. Kap. 4.3.2) werden auch Fische aus dem Nahbereich der Rammungen vertrieben und es wird sichergestellt, dass das duale Schallschutzkriterium gemäß (BMU 2013) in 750 m Entfernung zur Schallquelle eingehalten wird (d.h., dass für den Einzelereignispegel (SEL) ein Wert von 160 dB re 1µPa² s und für den Spitzenschalldruckpegel (L_{p-peak}) der Grenzwert von 190 dB re 1µPa nicht überschritten werden dürfen). Damit wird neben dem Schutz von Schweinswalen auch ein ausreichender Schutz der Fischfauna vor Schädigungen sichergestellt.

Für den prognostizierten Dauerschall werden bereits in einer Entfernung von ca. 300 m oder weniger zur Schallquelle Lärmpegel von 140 dB unterschritten. Diese Schallpegel liegen in einem Größenbereich, der bereits aktuell im Sommer als Hintergrundbelastung im Fehmarnsund vorherrscht. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass die im Fehmarnsund vorkommenden Fische an diese Lärmbelastung gewöhnt sind und sich daran angepasst haben. Der Nahbereich der Baustelle im Fehmarnsund sowie der Baggergutverbringungsfläche wird von den Fischen aufgrund der Überlagerung verschiedener Störwirkungen gemieden werden (projektbedingte Schwebstoffe, akustische Emissionen).

Zusammenfassend kommt die FFH-Verträglichkeitsprüfung zu dem Ergebnis, dass es allenfalls zu lokal begrenzten Verhaltensänderungen von Fischen (Meidung der unmittelbaren Nähe des Tunnelgrabens je nach Empfindlichkeit) im näheren Umkreis der lärmintensiven baubedingten Arbeiten kommen wird. Aufgrund ihrer hohen Mobilität können Fische die Störquelle meiden, die für die Auswirkungsprognose herangezogenen Grenz- bzw. Richtwerte für Dauer- und Impulsschall werden unterschritten (Unterlage 18.04.001, Kap. 4.8.1.1.4). Die akustischen Emissionen sind außerdem zeitlich auf die Phase der marinen Bauarbeiten beschränkt. Dementsprechend können auch



Auswirkungen durch die vorhabenbedingten akustischen Emissionen auf die Populationsgrößen der für die MSRL relevanten Fischarten ausgeschlossen werden.

Insgesamt wird die langfristige Überlebensfähigkeit der einzelnen Arten durch die betrachteten Wirkfaktoren nicht beeinflusst. Das Bewertungskriterium wird somit durch das Vorhaben nicht verändert.

Barrierewirkung

Eine Barrierewirkung kann vor allem infolge der Störungen durch den Lärm von Arbeitsschiffen und -geräten auf die relevanten Fischarten entstehen. Nach Abschluss der Bauarbeiten verbleiben keine Auswirkungen auf die Durchgängigkeit des Fehmarnsunds. Die Bauarbeiten im marinen Bereich werden in einem Zeitraum von ca. 55 Monaten durchgeführt. Eine baubedingte Barrierewirkung im Bereich des Fehmarnsunds kann sich grundsätzlich auf Fischarten auswirken, die den Vorhabensbereich als Durchzugsgebiet nutzen. Dies gilt für die bewertungsrelevanten Fischarten Europäischer Flusssaal, Atlantischer Lachs, Meerforelle und Atlantischer Hering (vgl. Tab. 30). Gemäß den Ergebnissen der Verträglichkeitsprüfung für das FFH-Gebiet „Meeresgebiet der östlichen Kieler Bucht“ (Unterlage 18.04.001) ist insbesondere der Hering als schallsensitive Art von den Auswirkungen betroffen. Durch die Schallemissionen der Arbeitsschiffe kann potenziell eine Barrierewirkung auftreten, wenn über den kompletten Querschnitt des Fehmarnsund eine Schallbelastung auftritt. Dies könnte dazu führen, dass die Fische während der Wanderungszeiten für die Dauer des auftretenden Baulärms den Fehmarnsund nicht durchqueren und somit nicht zu ihren angestammten saisonalen Fortpflanzungshabitaten gelangen. In diesem Fall wären Auswirkungen auf die Populationsgröße der Arten denkbar.

Ein solches Szenario tritt laut ITAP GMBH (2025b) jedoch nur während einer der sechs modellierten Szenarien, nämlich im letzten Bauabschnitt F auf, wenn gleichzeitig Anlieferung von Material, Transport der Tunnelelemente und das Verfüllen der Tunneltransekte stattfinden. Da diese drei Aktivitäten jedoch nicht alle ganztägig und nicht an allen Wochentagen stattfinden, werden sich jeden Tag und in jeder Woche auch Zeitfenster ergeben, an denen es nicht zu einer Beschallung des kompletten Querschnitts des Fehmarnsunds in dieser Lautstärke kommt. Hinzu kommt, dass die Verteilung der Bauschiffe im Modell eine Worst-Case-Situation darstellt. Eine dauerhafte Barrierewirkung, die die Wanderbewegungen der Fischarten durch den Fehmarnsund verhindern würde, ist somit nicht zu erwarten (vgl. Unterlage 18.04.001, Kap. 4.8.1.1.5). Die Störungen durch die Bauschiffe werden zeitlich und lokal begrenzt auftreten, so dass es nicht zu Auswirkungen auf die Populationsgrößen der wandernden Fischarten kommt.

Insgesamt wird die langfristige Überlebensfähigkeit der einzelnen Arten nicht beeinflusst. Das Bewertungskriterium wird somit durch das Vorhaben nicht verändert.

8.2.1.2 D1C3 Populationsdemografische Merkmale

Das Bewertungskriterium bezieht sich auf die populationsdemografischen Merkmale wie Körpergrößen-/Altersklassenstruktur, Geschlechterverhältnis, Fruchtbarkeit und Überlebensraten der Arten. Sie sind Indikatoren für eine gesunde Population, die nicht durch anthropogene Belastungen beeinträchtigt ist.

Das Vorhaben hat keinen Einfluss auf die populationsdemografischen Merkmale der relevanten Fischarten. Die Auswirkungen sind überwiegend zeitlich begrenzt und betreffen nur einen kleinen Bereich der Verbreitungsgebiete der Arten sowie des Meeresgewässers Deutsche Ostsee.



Auswirkungen auf die Populationsgrößen der Arten konnten in Kapitel 8.2.1.1 (D1C2) begründet ausgeschlossen werden. Aufgrund der unter D1C2 genannten Gründe ist ebenfalls ausgeschlossen, dass sich das Vorhaben auf die populationsdemografischen Merkmale in der Ostsee auswirken kann.

Das Bewertungskriterium wird durch das Vorhaben nicht verändert.

8.2.1.3 D1C4 Verbreitungsgebiet und ggf. Verbreitungsmuster der Arten

Das Bewertungskriterium bezieht sich auf das Verbreitungsgebiet und das Verbreitungsmuster der Arten, welches den vorherrschenden physiografischen, geographischen und klimatischen Bedingungen entsprechen sollte.

Die Auswirkungen des Vorhabens sind lokal begrenzt und ganz überwiegend auf den Zeitraum der Bauphase beschränkt. Während der ca. 4,6 Jahre andauernden Bauarbeiten kann es zu Meidungsreaktionen der Fischarten im Bereich des Tunnelgrabens kommen. Der Bereich der Verbringungsfläche wird über einen Zeitraum von ca. einem Jahr durch Störwirkungen betroffen sein, die zu lokalen Meidungsreaktionen der vorkommenden Fischarten führen werden. Nach Abschluss der Bauarbeiten und Wiederverfüllung des Tunnelgrabens ist der Fehmarnsund wieder uneingeschränkt für die Fischarten nutzbar. Im Bereich der Verbringungsfläche werden sich die morphologischen Verhältnisse aufgrund der Aufbringung des Nassbaggersguts dauerhaft ändern. Dies kann dazu führen, dass die Bodenstrukturen und -beschaffenheiten als Habitat für den Spitzschwanz-Schlangenhalslur nicht mehr geeignet sind. Da sich im Umfeld der Verbringungsfläche ähnliche Bodenstrukturen befinden, kann von einem Ausweichen der Art in die umgebenden Bereiche ausgegangen werden, die nach den Kartiierungsergebnissen von IFAÖ (2025a) zum Teil bereits durch die Art besiedelt sind. Die Größe der Verbringungsfläche wurde soweit wie möglich minimiert, so dass die vorhandenen Habitate im deutlich größeren Suchraum (ca. 14,67 km²) weitgehend unberührt bleiben (vgl. Abb. 33).



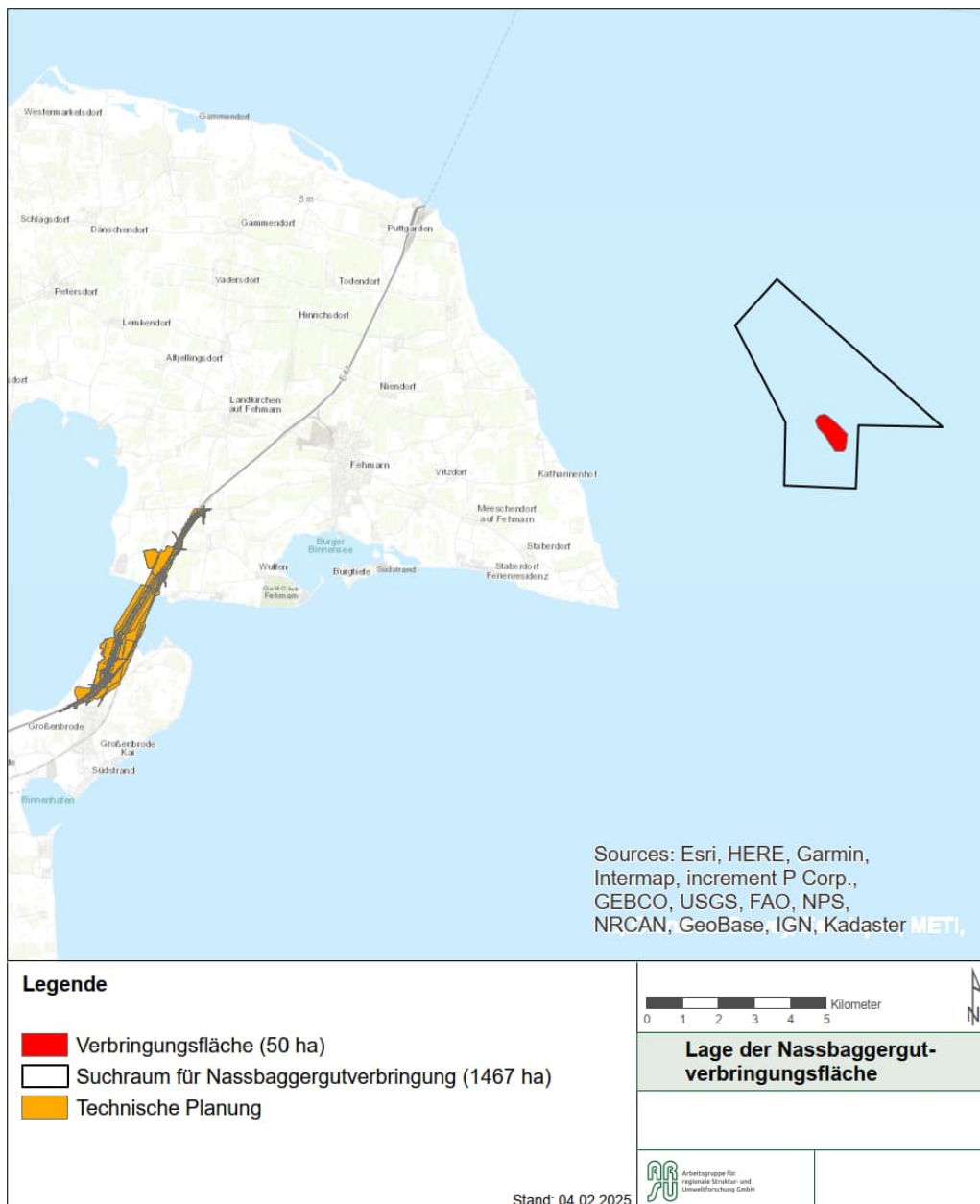


Abb. 33: Lage der Nassbaggergutverbringungsfläche im Suchraum östlich von Fehmarn

Im Verhältnis zum Verbreitungsgebiet des Spitzschwanz-Schlangenhalsrückens im Meeresgewässer Deutsche Ostsee (vgl. Abb. 34) ist der Habitatverlust durch die Verbringung von Nassbaggergut auf einer 50 ha großen Fläche verschwindend gering.

Das Verbreitungsgebiet und das Verbreitungsmuster der Fischarten im Bereich des Meeresgewässers Deutsche Ostsee wird sich durch die lokalen Auswirkungen des Vorhabens nicht ändern.

Das Bewertungskriterium wird durch das Vorhaben nicht verändert.



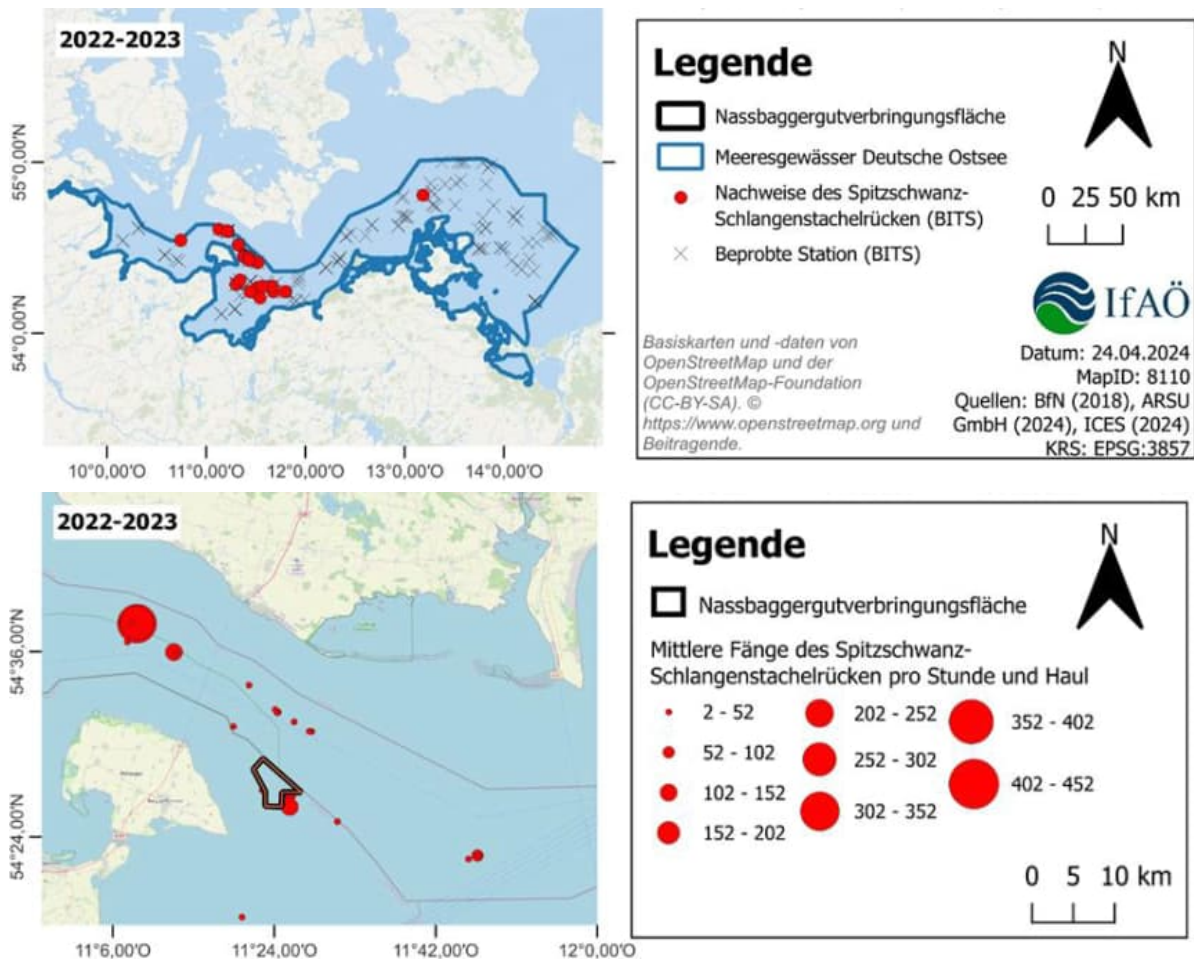


Abb. 34: Nachweise des Spitzschwanz-Schlangentachelrücken während der BITS Beprobungen im Meeresgewässer Deutsche Ostsee (oben) und im Umfeld des Suchraums für die Nassbaggergutverbringung (unten)

Quelle: IfAÖ (2025a, S. 161 f.)

8.2.1.4 D1C5 Lebensraum der betreffenden Arten

Das Bewertungskriterium bezieht sich auf die Lebensräume der betreffenden Arten, die den erforderlichen Umfang und Zustand für die verschiedenen Stadien des Lebenszyklus der Arten haben sollten.

Wie bereits ausführlich in den Kapiteln 8.2.1.1 und 8.2.1.3 dargestellt, sind die Auswirkungen des Vorhabens ganz überwiegend temporärer Natur und lokal begrenzt. Die Bauarbeiten werden zeitweise zu einer Vertreibung von Fischen aus dem unmittelbaren Umfeld der Tunneltrasse und der Nassbaggergutverbringungsfläche führen, da es hier zu akustischen Emissionen und erhöhten projektbedingten Schwebstoffkonzentrationen kommen wird. Nach Abschluss der Bauarbeiten sind die Lebensräume aber wieder im erforderlichen Umfang nutzbar. Insbesondere in Bezug auf die Riffe und Seegraswiesen, die auch für Fische besondere Habitatfunktionen aufweisen, erfolgt eine Wiederherstellung im Bereich des Tunnelgrabens sowie die Neuanlage von Riffstrukturen auf einer externen Kompensationsfläche (vgl. Kap. 4.4). Der Bereich der Nassbaggergutverbringungsfläche wird als (Laich-) Habitat für den Spitzschwanz-Schlangentachelrücken voraussichtlich nicht mehr geeignet sein, da sich die Bodenstrukturen verändern werden. Allerdings wurde die Größe der Verbringungsfläche soweit wie möglich reduziert, so dass der Verlust im Verhältnis zur



Gesamtgröße des potenziellen Lebensraums im Meeresgewässer Deutsche Ostsee verschwindend gering ist (vgl. Abb. 33 und Abb. 34).

Das Bewertungskriterium wird durch das Vorhaben nicht verändert.

8.2.1.5 Bewertung

Keines der relevanten Bewertungskriterien wird durch das geplante Vorhaben verändert. Somit wird sich auch der Zustand der Artengruppen demersale und pelagische Schellfische sowie Küstenfische im Meeresgewässer Deutsche Ostsee nicht verschlechtern.

8.2.2 Zustand: See- und Küstenvögel

Der Zustand der See- und Küstenvögel (Benthosfresser, Wassersäulenfresser, Oberflächenfresser, Watvögel und Herbivoren) in den deutschen Ostseegewässern wird insgesamt als nicht gut eingestuft (vgl. Kapitel 7.1.2). Die maßgeblichen Bewertungskriterien sind D1C1 (Mortalität aufgrund von Beifängen), D1C2 (Populationsgröße), D1C3 (Populationsdemographie), D1C4 (Verbreitung) und D1C5 (Habitat). Da das Vorhaben in keinem Zusammenhang mit der Fischerei steht, können Auswirkungen auf das Kriterium D1C1 von vornherein ausgeschlossen werden. Die relevante räumliche Bewertungseinheit ist das Meeresgewässer Deutsche Ostsee.

Der Bestand an Brut- und Rastvögeln im Bereich des Fehmarnsund und den angrenzenden Landbereichen wurde durch PBU (2022a, 2022b, 2023) sowie IFAÖ (2023) untersucht. Für die Bestandsbeschreibung und Bewertung der Rastvögel im Artenschutzrechtlichen Fachbeitrag (Unterlage 19.02) wurden außerdem die Ergebnisse verschiedener Flugerfassungen und räumlicher Modellierungen einbezogen, die im Rahmen der Festen Fehmarnbeltquerung (FFBQ) durchgeführt wurden. Tab. 31 fasst die Bestandsinformationen für die gemäß MSRL relevanten Vogelarten im marinen Untersuchungsraum (Fehmarnsund) zusammen. Eine landesweite Bedeutung wurde für Arten aus den Gruppen der Benthosfresser (Berg-, Eider-, Samt- und Schellente) sowie Wassersäulenfresser (Kormoran und Mittelsäger) festgestellt.

Tab. 31: Im Rahmen der landbasierten Zählungen (PBU 2022b; IFAÖ 2023; PBU 2023) und der Flugzeugerkassungen (FEMO 2023a, 2024a) nachgewiesene Vogelarten innerhalb des marinen LBP-Untersuchungsraums

Angegeben sind die Tagesmaxima der Rastvögel für den gesamte LBP-Untersuchungsraum, sowie der 2 %-Wert für die landesweite Bedeutung nach LLUR *et al.* (2016). Fett hervorgehoben sind die Arten, bei denen der 2 %-Schwellenwert überschritten wird. K.A = keine Angaben
Quelle: Unterlage 19.02, Kapitel 3.2.2

Artname	Tagesmaxima (Gesamt LBP-UR)	2 %-Schwellen- wert / landes- weite Bedeu- tung	Maximal- schätzung Wirkbereich	Artenspezifischer Wirkbereich [m] (nach Fliessbach et al. 2019)
Benthosfresser				
Tafelente (<i>Aythya ferina</i>)*	40	200	0	500
Reiherente (<i>Aythya fuligula</i>)*	342	2.000	81	500
Bergente (<i>Aythya marila</i>)	1.652	800	131	500



Artname	Tagesmaxima (Gesamt LBP-UR)	2 %-Schwellen- wert / landes- weite Bedeu- tung	Maximal- schätzung Wirkbereich	Artenspezifischer Wirkbereich [m] (nach Fliessbach et al. 2019)
Eiderente (<i>Somateria mollissima</i>)	3.937	2.600	2.738	500
Eisente (<i>Clangula hyemalis</i>)	73	140	65	500
Trauerente (<i>Melanitta nigra</i>)	554 ¹	2.600	311 ¹	1.000
Samtente (<i>Melanitta fusca</i>)	4 ¹	3	4 ¹	500
Schellente (<i>Bucephala clangula</i>)	906	280	15	500
Wassersäulenfresser				
Sterntaucher (<i>Gavia stellata</i> / <i>G. arctica</i>)*	5 ⁴	k.a.	5 ⁴	700
Haubentaucher (<i>Podiceps cristatus</i>)	11 ⁴	180	11 ⁴	500
Rothalstaucher (<i>Podiceps grisegena</i>)	1 ²	42	0	500
Kormoran (<i>Phalacrocorax carbo</i>)	2.636	360	565	500
Gänsesäger (<i>Mergus merganser</i>)	4 ³	30	4 ³	500
Mittelsäger (<i>Mergus serrator</i>)	32	26	32	700
Trottellumme (<i>Uria aalge</i>)	1 ³	k.A.	1 ³	500
Tordalk (<i>Alca torda</i>)	1 ³	k.A.	1 ³	500
Oberflächenfresser				
Lachmöwe (<i>Larus ridibundus</i>)	816	k.A.	13	80
Sturmmöwe (<i>Larus canus</i>)	36	k.A.	0	120
Silbermöwe (<i>Larus argentatus</i>)	116	k.A.	45	120
Mantelmöwe (<i>Larus marinus</i>)	2 ²	k.A.	0	80
Wativögel				



Artname	Tagesmaxima (Gesamt LBP-UR)	2 %-Schwellen- wert / landes- weite Bedeu- tung	Maximal- schätzung Wirkbereich	Artenspezifischer Wirkbereich [m] (nach Fliessbach et al. 2019)
Alpenstrandläufer (<i>Calidris alpina</i>)	12	2.200	0	500
Brandgans (<i>Tadorna tadorna</i>)	8	3.200	4	500
Krickente (<i>Anas crecca</i>)	31 ³	600	31 ³	500
Herbivoren				
Höckerschwan (<i>Cygnus olor</i>)	39	82	32	500
Singschwan (<i>Cygnus cygnus</i>)	8	100	8	500
Graugans (<i>Anser anser</i>)	230	1.000	230	500

* Rastvogelart, die vorsorglich einer Prüfung der artenschutzrechtlichen Belange unterzogen wird, obwohl sie tagsüber nicht in landesweit bedeutenden Beständen vorkommt.

¹ Bestandsangaben nach Ergebnissen der räumlichen Modellierung (FEMO 2023a, 2024a).

² Individuen nach HiDef-Flugerfassungen, Transekt 11, Sept. 21 -Apr. 22 (Verlauf: Struckamphuk bis Großenbrode Weststrand) (AEGIR)

³ Individuen nach HiDef-Flugerfassungen, Transekt 11, Sept. 22 -Apr. 23 (Verlauf: Struckamphuk bis Großenbrode Weststrand) (AEGIR)

⁴ Individuen nach HiDef-Flugerfassungen, Transekt 11, Sept. 23 -Mär. 24 (Verlauf: Struckamphuk bis Großenbrode Weststrand)

8.2.2.1 D1C2 Populationsgröße der Arten

Das Bewertungskriterium bezieht sich auf die Populationsgrößen der See- und Küstenvögel, die durch anthropogene Belastungen nicht beeinträchtigt werden sollen.

Morphologische Verhältnisse

Im Bereich des Tunnelgrabens erfolgt ein temporärer Flächenverlust. Durch Bagger- und Absenkarbeiten werden zudem Geräte versetzt, die Anker eingeholt und an neuen Positionen wieder eingesetzt. Der Meeresboden mit benthischer Flora und Fauna wird bei Ankervorgängen punktuell zerstört bzw. beeinträchtigt. Durch Versiegelung, Überbauung bzw. Überschüttung von Flächen entstehen für die Rastvögel langfristige Nahrungsflächenverluste.

Im Ergebnis des artenschutzrechtlichen Fachbeitrags wird festgestellt, dass die durch Flächeninanspruchnahme betroffenen Bereiche keine essenziellen Nahrungshabitate für Rastvögel darstellen und ein Ausweichen in andere geeignete Habitate in der Umgebung möglich ist. Im Vergleich zu den zur Verfügung stehenden Ausweichflächen ist der durch das Vorhaben beeinträchtigte Bereich sehr klein. Daher kann ein Eintreten der Verbotstatbestände (Tötung/Verletzung, erhebliche Störung und Verbot der Beschädigung von Fortpflanzungs- und Ruhestätten) für alle Rastvogelarten ausgeschlossen werden (Unterlage 19.02, Kap. 4.5). Damit ist ebenfalls sichergestellt, dass sich durch die lokal und temporär veränderten morphologischen Verhältnisse keine Auswirkungen auf die Populationsgrößen der See- und Küstenvögel ergeben.



Schwebstoffgehalt

Der Aushub des Tunnelgrabens und Trockendocks erfolgt im Nassbaggerverfahren. Die Dauer der Baggerarbeiten beträgt mit Unterbrechungen bis zu 194 Tage für den Aushub des Tunnelgrabens. In dieser Zeit werden insgesamt ca. 3,2 Mio. m³ Nassbaggergut mit Hilfe von zwei Tieflöffelbaggern entnommen und auf Schuten zur Verbringungsstelle transportiert (DMT (2025b); Unterlage 39-01).

Während des Aushubs des Tunnelgrabens und bei der Ablagerung an der Verbringungsstelle gelangt projektbedingtes Sediment temporär und räumlich begrenzt in Suspension. Die Freisetzung von projektbedingten Sedimenten kann zu einer erhöhten Schwebstoffbelastung in der Wassersäule und einer daraus resultierenden Wassertrübung sowie zu Sedimentablagerungen führen. Hieraus können sich Beeinträchtigungen von Makrophyten und Algen sowie benthischen Organismen ergeben, die die Nahrungsgrundlage für tauchende Vögel (z. B. Meeresenten) darstellen. Projektbedingte Trübung kann außerdem zu einem Meidungsverhalten bei Fischen führen, welches wiederum eine Veränderung der Nahrungsgrundlage für einige fischfressende Rastvögel zur Folge haben kann. Durch die in Kap. 4.3.1 beschriebene Maßnahme zur Minderung der projektbedingten Schwebstoffe und Sedimentation während der Aushubarbeiten (Maßnahmen-Nr. 032_V im LBP, Unterlage 17.01.001, Kapitel 3.3.2) werden die beschriebenen Auswirkungen soweit wie möglich minimiert. Die FFH-Verträglichkeitsprüfung für das „Meeresgebiet der östlichen Kieler Bucht“ kommt unter Berücksichtigung der Vermeidungsmaßnahme zu dem Ergebnis, dass erhebliche Beeinträchtigungen der charakteristischen benthischen Arten, der Makrophyten und Algen sowie der charakteristischen Fischarten vermieden werden können (Unterlage 18.04.001, Kap. 4.8.1.1.2 und 5.1.2). Eine Einschränkung des Nahrungsangebotes für die See- und Küstenvögel ist somit nicht zu erwarten. „Es stehen umfangreich ähnliche Habitate in direkter Nähe zur Verfügung, in die sowohl die mobilen Fischarten als auch die von diesen lebenden Kormorane und Mittelsäger sowie auch die anderen Rastvogelarten (Muschelfresser) ausweichen können. Hieraus ergibt sich, dass auch der Erhaltungszustand der charakteristischen Vogelarten des LRT 1160 von den projektbedingten Gewässertrübungen nicht erheblich beeinträchtigt sein kann“ (Unterlage 18.04.001, Kap. 4.8.1.1.2). Auch der artenschutzrechtliche Fachbeitrag kommt zu dem Ergebnis, dass durch den Wirkfaktor keine Verbotstatbestände in Bezug auf die marinen Rastvogelarten ausgelöst werden (Unterlage 19.02, Kap. 4.5). Damit ist ebenfalls sichergestellt, dass sich durch die projektbedingt erhöhten Schwebstoffgehalte und Sedimentablagerungen keine Auswirkungen auf die Populationsgrößen der See- und Küstenvögel im Meeresgewässer Deutsche Ostsee ergeben.

Optische Emissionen

Unter dem Wirkfaktor optische Emissionen werden optisch bedingte Reize und Lichtemissionen sowie Beunruhigungen durch die Anwesenheit von Menschen, die im Zuge der Bautätigkeiten entstehen, subsummiert. Der Bau des Tunnels wird mit einer Vielzahl an Schiffs- und Bauaktivitäten im Eingriffsbereich verbunden sein, die für viele Wasservögel bzw. Rastvögel, die als empfindlich gelten, Störungen durch ihre Anwesenheit sowie Lärm- und Lichtemissionen verursachen. Dies kann zu artspezifischen Meidungsreaktionen führen, die entsprechende Störungsradien um das Vorhaben zur Folge haben. Die Störungsempfindlichkeit gegenüber Schiffen ist beispielsweise bei Eiderenten und Trauerenten besonders hoch (Mendel et al. 2008). Diese Arten werden durch Schiffs- und Flugverkehr bei der Rast und Nahrungssuche gestört, teilweise reagieren sie außerdem mit Flucht- und Meidereaktionen.

Die umfangreichste Untersuchung zu Störungsdistancen von marinen Rastvögeln gegenüber Schiffsverkehr liefern Fliessbach et al. (2019). Dabei differenzieren sie zwischen den



Fluchtdistanzen einzelner Individuen und ganzer Trupps. Für die vorliegende Fragestellung – möglicher Einfluss auf die Populationsgrößen– werden die angegebenen Werte für Trupps verwendet, da bei einer störungsbedingten Vertreibung größerer Rasttrupps am ehesten Auswirkungen auf die Populationsgrößen zu erwarten sind. Gleichzeitig kann davon ausgegangen werden, dass es nur bei einer Betroffenheit größerer Trupps (mindestens landesweite Bedeutung) zu populationsrelevanten Auswirkungen kommen kann. Kleinere Trupps oder einzelne rastende Vögel sind in der Wahl der Rastplätze generell sehr flexibel und daher durch Störungen in geringerem Maße betroffen. Gemäß den Untersuchungen im Bereich des Vorhabens wurden insbesondere aus der Gruppe der Benthosfresser Rastbestände landesweiter Bedeutung erfasst (vgl. Tab.). Dies sind die Tauchentenarten Berg-, Eider-, Samt- und Schellente. Außerdem kamen aus der Gruppe der Wassersäulenfresser die Arten Kormoran und Mittelsäger mit landesweit bedeutsamen Rastbeständen im Untersuchungsraum vor. Für diese Arten ergeben sich nach Fliessbach et al. (2019) die folgenden Störungsdistanzen (vgl. Unterlage 18.04.001, Kap. 4.8.1.1.3):

- Trauerente 1.000 m
- Mittelsäger 700 m
- Übrige Enten und Kormoran 500 m

Die FFH-Verträglichkeitsprüfung für das „Meeresgebiet der östlichen Kieler Bucht“ kommt zu dem Ergebnis, dass der Erhaltungszustand dieser Arten durch die optischen Emissionen und dadurch ausgelöste Vertreibungswirkungen nicht erheblich beeinträchtigt wird. Die Individuenzahlen innerhalb der artspezifischen Störungsdistanzen sind überwiegend gering und es verbleiben im Schutzgebiet genügend Ausweichmöglichkeiten (vgl. Unterlage 18.04.001, Kap. 4.8.1.1.3). Durch die Vermeidungsmaßnahme 033_V (vgl. Kap. 4.3.3) wird sichergestellt, dass die Ausweichmöglichkeiten im FFH-Gebiet während der Hauptrastzeiten nicht durch den baubedingten Schiffsverkehr eingeschränkt werden. Im artenschutzrechtlichen Fachbeitrag wird außerdem ein Eintreten der Verbotsstatbestände begründet ausgeschlossen (Unterlage 19.02, Kap. 4.5). Damit ist ebenfalls sichergestellt, dass die bauzeitlichen Störwirkungen nicht zu Auswirkungen auf die Populationsgrößen der See- und Küstenvögel im Meeresgewässer Deutsche Ostsee führen.

Akustische Emissionen

Für Rastvögel spielen akustische Störeffekte eine untergeordnete Rolle. Störwirkungen durch visuelle Unruhe bzw. der Präsenz von Schiffen kommt eine höhere Bedeutung zu, denn Gefahren werden in erster Linie optisch wahrgenommen. Die von den Bautätigkeiten ausgehenden Schallbelastungen führen zu keinen zusätzlichen Beeinträchtigungen der See- und Küstenvögel, die über die durch optische Emissionen zu erwartenden Vertreibungswirkungen hinausgehen. Dies gilt auch für den Unterwasserschall, dem die See- und Küstenvögel ggf. kurzzeitig bei ihrer tauchenden Nahrungssuche ausgesetzt sind. Da die Vögel jedoch ohnehin größere störungsbedingte Meidungsdistanzen einhalten, entstehen durch den Unterwasserschall keine zusätzlichen Beeinträchtigungen, die sich auf die Populationsgröße dieser Arten auswirken würden.

Kollisionsrisiko

Die See- und Küstenvögel, die im Fehmarnsund auf Nahrungssuche gehen, rasten und überwintern, sind sowohl tag- als auch nachtaktiv. Im Flug orientieren sie sich optisch und weisen einen guten Gesichtssinn auf, der es ihnen ermöglicht, die Bauschiffe wahrzunehmen und entsprechend zu umfliegen. Kollisionen mit vor Anker liegenden und langsam fahrenden Schiffen sind daher generell ein sehr seltenes Phänomen. Sie treten allenfalls in sehr dunklen Nächten bzw. bei



schlechten Sichtbedingungen auf, insbesondere wenn von beleuchteten Schiffen eine Anlockwirkung ausgeht. Im gesamten Baufeld wird das Konzept für die baubedingte Beleuchtung so gestaltet, dass Störungen durch Lichtemissionen auf die nächtliche Fauna so weit wie möglich minimiert werden. Die Leuchten auf Bauschiffen werden dementsprechend nach oben und zu den Seiten abgeschirmt (s. Unterlage 19.02, Kap. 5.1, Maßnahme 017_Va). Außerdem wird angenommen, dass auf dem Wasser schwimmende Vögel bei schlechten Sichtbedingungen das Fliegen vermeiden oder verringern. Abgesehen davon ist die Flugaktivität von Wasservogelarten, wie z. B. den Meeresenten, in den Überwinterungsgebieten ohnehin gering (s. Unterlage 19.02, Artenschutzrechtlicher Fachbeitrag, Kap. 4.5). Wesentlich ist jedoch, dass die örtlichen Rastvogelvorkommen aufgrund der von der Baustelle ausgehenden Störwirkung ihren Aufenthalt verlagern, wodurch die Flugaktivität im Nahbereich der Baustelle nochmals deutlich herabgesetzt ist. Aufgrund dessen ist eine Auswirkung auf die Populationsgrößen der See- und Küstenvögel durch vorhabenbedingte Kollisionen nicht zu erwarten.

Insgesamt wird die langfristige Überlebensfähigkeit der einzelnen Arten nicht beeinflusst. Das Bewertungskriterium wird somit durch das Vorhaben nicht verändert.

8.2.2.2 D1C3 Populationsdemografische Merkmale

Das Bewertungskriterium bezieht sich auf die populationsdemografischen Merkmale wie Körpergrößen-/Altersklassenstruktur, Geschlechterverhältnis, Fruchtbarkeit und Überlebensraten der Arten. Sie sind Indikatoren für eine gesunde Population, die nicht durch anthropogene Belastungen beeinträchtigt ist.

Das Vorhaben hat keinen Einfluss auf die populationsdemografischen Merkmale der relevanten Vogelarten. Die Auswirkungen betreffen nur einen kleinen Bereich der Verbreitungsgebiete der Arten und des Meeresgewässers Deutsche Ostsee. Auswirkungen auf die Populationsgrößen der Arten konnten in Kapitel 8.2.2.1 (D1C2) begründet ausgeschlossen werden. Aufgrund der unter D1C2 genannten Gründe ist ebenfalls ausgeschlossen, dass sich das Vorhaben auf die populationsdemografischen Merkmale in der Ostsee auswirken kann.

Das Bewertungskriterium wird durch das Vorhaben nicht verändert.

8.2.2.3 D1C4 Verbreitungsgebiet und ggf. Verbreitungsmuster der Arten

Das Bewertungskriterium bezieht sich auf das Verbreitungsgebiet und das Verbreitungsmuster der Arten, welches den vorherrschenden physiografischen, geographischen und klimatischen Bedingungen entsprechen sollte.

Die Auswirkungen des Vorhabens sind lokal begrenzt und ganz überwiegend auf den Zeitraum der Bauphase beschränkt. Während der ca. 4,6 Jahre andauernden Bauarbeiten kann es zu Meidungsreaktionen rastender Vogelarten kommen. Der Bereich der Verbringungsfläche wird über einen Zeitraum von ca. einem Jahr durch Störwirkungen betroffen sein, die zu lokalen Meidungsreaktionen potenziell vorkommender rastender Vogelarten führen werden. Nach Abschluss der Bauarbeiten und Wiederverfüllung des Tunnelgrabens ist der Fehmarnsund wieder uneingeschränkt für die Vogelarten nutzbar. Der Bereich der Verbringungsfläche wird bereits nach ca. einem Jahr wieder als Rastgebiet nutzbar sein. Das Verbreitungsgebiet und das Verbreitungsmuster der Arten im Bereich des Meeresgewässers Deutsche Ostsee wird sich durch die lokalen Auswirkungen des Vorhabens nicht ändern.



Das Bewertungskriterium wird durch das Vorhaben nicht verändert.

8.2.2.4 D1C5 Lebensraum der betreffenden Arten

Das Bewertungskriterium bezieht sich auf die Lebensräume der betreffenden Arten, die den erforderlichen Umfang und Zustand für die verschiedenen Stadien des Lebenszyklus der Arten haben sollten.

Wie bereits ausführlich in den Kapiteln 8.2.2.1 und 8.2.2.3 dargestellt, sind die Auswirkungen des Vorhabens ganz überwiegend temporärer Natur und lokal begrenzt. Die Bauarbeiten werden zeitweise zu einer Vertreibung von rastenden Vögeln aus dem Umfeld der Tunneltrasse führen, da es hier zu optischen Emissionen und erhöhten Schwebstoffkonzentrationen kommen wird. Nach Abschluss der Bauarbeiten sind die Lebensräume aber wieder uneingeschränkt für rastende und nahrungssuchende Vögel nutzbar. Der Tunnelgraben wird vollständig verfüllt und die Habitate inklusive Riffe und Seegraswiesen werden wieder hergestellt (vgl. Kap. 4.4.1). Damit wird sich auch die Nahrungsgrundlage für benthosfressende Arten im Eingriffsbereich regenerieren.

Das Bewertungskriterium wird durch das Vorhaben nicht verändert.

8.2.2.5 Bewertung

Keines der relevanten Bewertungskriterien wird durch das geplante Vorhaben verändert. Somit wird sich auch der Zustand der Artengruppen Benthosfresser, Wassersäulenfresser, Oberflächenfresser, Watvögel und Herbivoren im Meeresgewässer Deutsche Ostsee nicht verschlechtern.

8.2.3 Zustand: Marine Säugetiere

Der Zustand der marinen Säugetiere (Robben und Kleine Zahnwale) in den deutschen Ostseeengewässern wird insgesamt als nicht gut eingestuft (vgl. Kapitel 7.1.3). Die maßgeblichen Bewertungskriterien sind D1C1 (Mortalität aufgrund von Beifängen), D1C2 (Populationsgröße), D1C3 (Populationsdemographie), D1C4 (Verbreitung) und D1C5 (Habitat). Da das Vorhaben in keinem Zusammenhang mit der Fischerei steht, können Auswirkungen auf das Kriterium D1C1 von vornherein ausgeschlossen werden. Die relevante räumliche Bewertungseinheit ist das Meeresgewässer Deutsche Ostsee.

Der Bereich des Vorhabens im Fehmarnsund liegt ganzjährig innerhalb der Verbreitung der Beltsee-Population des Schweinswals. Individuen der zentralen Ostsee-Population sind dort nicht zu erwarten. Nach aktuellem Erkenntnisstand stellt vor allem das nord-östlich von Fehmarn gelegene FFH-Gebiet "Fehmarnbelt" ein wichtiges Fortpflanzungsgebiet für die Beltsee-Population der Schweinswale in der Ostsee dar (vgl. Unterlage 19.02, Kapitel 3.1.1.3 und 4.1.12.1).

Im Bereich Fehmarnsund wurden Daten zu den marinen Säugern zwischen September 2021 und August 2022 erhoben (IFAÖ 2024). Es wurden Sichterfassungen von Land sowie ein passiv akustisches Monitoring (automatische Klick-Detektoren, C-PODs) durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen eine ganzjährige und fast tägliche Anwesenheit von Schweinswalen im gesamten Untersuchungsraum, wobei die Detektionsraten über alle Stationen gemittelt bei 86,3 % DPD (Schweinswalpositive Tage), 20,4 % DPH/Tag (Schweinswalpositive Stunden pro Tag) und 6,4 % DP10M/Tag (Schweinswalpositive 10-Minuten-Intervalle pro Tag) lagen. Darüber hinaus liegen Daten aus dem Monitoring zum Bau des Fehmarnbelt-Tunnels aus dem Zeitraum 2018-2022 vor. Der Untersuchungsraum des durchgeführten Flugmonitorings deckt neben dem Fehmarnbelt auch den Bereich



Fehmarnsund ab (FEMO 2024b) (FEMO 2023b). Im Fehmarnbelt wurde außerdem ein akustisches Monitoring durchgeführt (FEMO 2024b), dessen Ergebnisse als Vergleich zur Einordnung der Ergebnisse aus dem Fehmarnsund herangezogen werden können. Sowohl die Daten des Flugmonitorings im Fehmarnbelt als auch das akustische Monitoring im Fehmarnbelt und im Fehmarnsund zeigen, dass das Schweinswalvorkommen im Fehmarnsund deutlich niedriger ist als jenes im Fehmarnbelt. Vor allem im Bereich nahe der Bestandsbrücke und damit im Bereich der geplanten Baustelle liegen die Detektionsraten so niedrig, dass davon auszugehen ist, dass sich Schweinswale hier nicht dauerhaft zum Nahrungserwerb aufhalten, sondern das Gebiet eher zufällig genutzt wird. Die relativ niedrigen Detektionsraten im Herbst und Frühjahr zeigen ebenfalls, dass das Gebiet nicht in größerem Umfang zur Migration zwischen Kieler Bucht und Lübecker Bucht genutzt wird (vgl. Unterlage 19.02, Kapitel 4.1.12.1).

Neben dem Schweinswal wurden auch Seehunde und Kegelrobben durch IFAÖ (2024) im Fehmarnsund nachgewiesen. Die Sichtbeobachtungen von Juni 2021 bis Juli 2023 haben gezeigt, dass sich Kegelrobben und Seehunde bevorzugt im östlichen Teil des Fehmarnsunds, im Bereich Großenbroderfähre sowie im FFH-Gebiet „Küstenlandschaft vor Großenbrode und vorgelagerte Meeresbereiche“ aufhalten (IFAÖ 2024). Die meisten Kegelrobben wurden im Winter gesichtet. Die wenigsten Kegelrobben wurden im Sommer beobachtet. Seehunde wurden ausschließlich im Herbst und Winter gesichtet. Im Umfeld der Insel Fehmarn kommen Seehund und Kegelrobbe nur in geringer Anzahl vor (Liesenjohann & Höschle, 2019, zit. in IFAÖ 2024). Bei den Beobachtungen von Seehunden an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste handelt es sich demnach um Einzelsichtungen. Gleiches gilt gegebenenfalls für Einzelsichtungen von Kegelrobben, welche hauptsächlich nördlich des 58. Breitengrades in der Ostsee leben⁹. Besondere Liegeplätze bzw. Haul-Out-Flächen mit Jungtieren gibt es in Schleswig-Holstein nicht. Die nächstgelegenen Wurf- und Liegeplätze von Seehunden befinden sich im südlichen Dänemark (Vitten/Skrollen, Rødsand, Dyrefod, Aumø Fjord, Bøgestrømmen und Saltholm) sowie auf der südschwedischen Halbinsel Falsterbo (TEILMANN *et al.* 2003) in größerer Entfernung zum Untersuchungsgebiet. In Bezug auf die Kegelrobbe ist die Sandbank Rødsand (Dänemark) der einzige Liegeplatz in der südlichen Ostsee, auf dem seit der Wiederbesiedlung jährlich Jungtiere zur Welt kommen (GALATIUS *et al.* 2020) (vgl. Unterlage 18.04.001, Kapitel 4.8.1.1.4).

8.2.3.1 D1C2 Populationsgröße der Arten

Das Bewertungskriterium bezieht sich auf die Populationsgrößen der marinen Säugetiere, die durch anthropogene Belastungen nicht beeinträchtigt werden sollen.

Morphologische Verhältnisse

Im Bereich des Tunnelgrabens erfolgt ein temporärer Flächenverlust. Die Flächeninanspruchnahme und morphologische Veränderungen des Meeresbodens stellt für die marinen Säugetiere eine graduelle Beeinträchtigung der Habitatfunktion dar. Es kann temporär zu Auswirkungen auf die Verfügbarkeit von Nahrungsorganismen kommen. Wie jedoch in Kapitel 8.2.1.1 dargelegt, werden durch das Vorhaben keine Auswirkungen auf die Populationsgrößen der Fische im Meeressgewässer Deutsche Ostsee hervorgerufen, so dass es zu keiner Verschlechterung der Nahrungsgrundlage für Schweinswale und Robben kommt. Schweinswale sind Nahrungsopportunisten und weisen ein breites Spektrum an Beutefischen auf. Eine Veränderung der Nahrungsverfügbarkeit

⁹ https://www.lung.mv-regierung.de/static/LUNG/Dateien/fachinformationen/natur/natura-2000/artikel_robben.pdf; abgerufen am 05.11.2024



ist nur kleinräumig zu erwarten. Die Verteilung der Beutefische ist nicht auf den Eingriffsbereich beschränkt und dieser stellt auch kein essenzielles Jagdhabitat für Schweinswale dar, welche sich zudem über einen wesentlich größeren Bereich hinwegbewegen (vgl. Unterlage 19.02, Kap. 4.1.12). Dies gilt auch für Kegelrobben und Seehunde, die sich bevorzugt im östlichen Teil des Fehmarnsunds, im Bereich Großenbroderfähre sowie im FFH-Gebiet „Küstenlandschaft vor Großenbrode und vorgelagerte Meeresbereiche“ aufhalten und den Eingriffsbereich nur sehr sporadisch nutzen (IFAÖ 2024).

Sowohl der artenschutzrechtliche Fachbeitrag als auch die FFH-Verträglichkeitsstudie für das „Meeresgebiet der östlichen Kieler Bucht“ kommen zu dem Ergebnis, dass sich die Flächeninanspruchnahme und damit verbundene lokal veränderte Nahrungsverfügbarkeit nicht negativ auf den Schweinswal auswirkt. Erhebliche Beeinträchtigungen des Erhaltungszustands oder das Eintreten von Verbotstatbeständen werden in den Unterlagen 19.02 und 18.04.001 ausgeschlossen. Im Vergleich zu den zur Verfügung stehenden Ausweichflächen ist der durch das Vorhaben beeinträchtigte Bereich sehr klein und die Fischfauna kann sich nach Abschluss der Bauarbeiten und Verfüllung des Tunnelgrabens wieder etablieren. Damit ist ebenfalls sichergestellt, dass sich durch die lokal und temporär veränderten morphologischen Verhältnisse keine Auswirkungen auf die Populationsgrößen der marinen Säugetiere (Schweinswal, Seehund und Kegelrobbe) ergeben.

Akustische Emissionen

Intensiver anthropogener Unterwasserlärm durch Impuls- und Dauerschall kann problematisch für Schweinswale und andere marine Säugetiere sein. Schall induziert ein breites Spektrum an Auswirkungen auf marine Säugetiere, welches von Maskierungseffekten über Verhaltensänderungen bis hin zu physischen Schädigungen reicht.

Baubedingter Unterwasserschall kann jedoch nicht nur zu physischen Verletzungen der Tiere führen, sondern auch zu Störungen in Form von Meidungsreaktionen. Der Einfluss des bei Offshore-Rammarbeiten entstehenden Schalls auf Schweinswale wurde in mehreren Studien untersucht. Es zeichnet sich eine Meidereaktion von Schweinswalen ab einem Lautstärkepegel von $>143 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}^2 \text{ s}$ ab (Brandt et al. 2011, Rose et al. 2014, Diederichs et al. 2014, Brandt et al. 2016 zit. in Nehls et al. 2016). Eine solche störungsbedingte Auswirkung kann aufgrund des hohen Nahrungsbedarfs der Tiere möglicherweise zu Beeinträchtigungen der körperlichen Konstitution der Tiere führen (Wisniewska et al. 2016). Daher wurde im Schallschutzkonzept für die Bewertung der Störwirkungen von Rammschall ein Wert von $140 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}$ zugrunde gelegt, ab dem eine Störung, insbesondere Meide- und Fluchtverhalten, von Schweinswalen anzunehmen ist (BMU 2013, S. 21).

In Bezug auf den Dauerschall wurden von ITAP GMBH (2025b) für die sechs modellierten Bauszenarien die Flächen des FFH-Gebietes ermittelt, welche eine Beschallung mit Dauerschallpegeln $\geq 140 \text{ dB SPL}$ erfahren. In Summe ergibt sich für die verschiedenen Bauszenarien, dass weniger als 1 % der Fläche des FFH-Gebietes „Meeresgebiet der östlichen Kieler Bucht“ mit einem Schallpegel $\geq 140 \text{ dB}$ beschallt wird. Damit können erhebliche Beeinträchtigungen des Schweinswals ausgeschlossen werden (vgl. Unterlage 18.04.001, Kap. 4.8.7.1.2). Im Verhältnis zur deutlich größeren Fläche des Meeresgewässers Deutsche Ostsee liegt der Anteil der Fläche, der temporär durch Störwirkungen betroffen ist, bei maximal 0,005 %. Unter Berücksichtigung der eher zufälligen Nutzung des betroffenen Bereichs durch Schweinswale und andere marine Säugetiere, der Kleinräumigkeit und des temporären Charakters der Störwirkungen, können Auswirkungen auf die



Populationen von Schweinswalen, Robben und Seehunden durch den Dauerschall ausgeschlossen werden.

Neben dem durch die Bauarbeiten entstehenden Dauerschall kann es in Ausnahmefällen auch zur Entstehung von Rammschall kommen. Sollte die notwendige Endtiefe der Dalben durch Vibrationsrammungen nicht erreicht werden können, muss im Ausnahmefall die finale Einbringungstiefe mittels Impulsrammung erreicht werden. Schweinswale können durch impulshaften Schall eine zeitweise oder dauerhafte Schädigung ihres Gehörs erfahren. Einerseits kann eine zeitlich begrenzte Anhebung der Hörschwelle, d. h. eine zeitweise Herabsetzung der Hörempfindlichkeit ausgelöst werden (temporäre Hörschwellenverschiebung, TTS). Andererseits kann es zu einer dauerhaften Anhebung der Hörschwelle (permanente Hörschwellenverschiebung, PTS) bis hin zur vollständigen Taubheit kommen (BMU 2013). Nach gegenwärtigem Wissensstand wird bei Schweinswalen eine Hörschwellenverschiebung durch impulshafte Schallereignisse mit einem breitbandigen Einzelereignis-Schalldruckpegel (LE) oberhalb von 164 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2 \text{ s}$ verbunden mit einem Spitzenpegel ($L_{\text{peak-peak}}$) von 199 dB re 1 μPa ausgelöst (LUCKE *et al.* 2009). Im Zuge der Genehmigungsplanung wurden daher Schallprognosen für Impulsrammarbeiten von Monopiles bzw. Dalben erstellt, welche die gegebenen Umweltbedingungen wie Wassertiefe und Bodenbeschaffenheit berücksichtigen sowie einen Pfahldurchmesser von 1,6 m und eine Rammenergien von 100 kJ bzw. 400 kJ (ITAP GMBH 2025a). Die Modellierung des Rammschalls ergab, dass mit einer Rammenergie von 100 kJ die Grenzwerte des BMU-Schallschutzkonzeptes in 750 m Entfernung zum Schutz vor Verletzungen von Schweinswalen eingehalten werden, mit einer Rammenergie von 400 kJ allerdings der Grenzwert von 160 dB um ca. 5 dB überschritten wird (vgl. Unterlage 18.04.001, Kap. 4.8.7.1.2). Die Einhaltung des dualen Schallschutzkriteriums (für den Einzelereignispegel (SEL) darf ein Wert von 160 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2 \text{ s}$ und für den Spitzenschalldruckpegel ($L_{\text{p-peak}}$) der Grenzwert von 190 dB re 1 μPa im Abstand von 750 m zur Schallquelle nicht überschritten werden) wird durch geeignete Vermeidungsmaßnahmen (vgl. Kap. 4.3.2, Maßnahme 028_Va_V) sichergestellt. Verletzungen oder Tötungen von Schweinswalen, Robben und Seehunden sind unter Berücksichtigung der Vermeidungsmaßnahme 028_Va_V nicht zu erwarten, so dass auch eine Auswirkung auf die Populationsgrößen der marinen Säugetiere ausgeschlossen werden kann.

Barrierewirkung

Durch den baubedingten Dauerschall von Schiffsarbeiten im Fehmarnsund kann es potenziell zum Auftreten einer Barrierewirkung kommen, wenn über den kompletten Querschnitt des Fehmarnsund ein Dauerschallpegel von ≥ 140 dB auftritt. Dies könnte dazu führen, dass Schweinswale und/oder Robben für die Dauer des auftretenden Baulärms den Fehmarnsund nicht durchqueren und somit nicht zu ihren angestammten saisonalen Nahrungs- oder Fortpflanzungshabitaten gelangen. Ein solches Szenario tritt laut Schallgutachten (ITAP GMBH 2025b) jedoch nur während einer der sechs modellierten Szenarien (nämlich im letzten Bauabschnitt F) auf, wenn gleichzeitig Anlieferung von Material, Transport der Tunnelelemente und das Verfüllen der Tunneltransekte stattfinden. Da diese drei Aktivitäten jedoch nicht alle ganztägig und nicht an allen Wochentagen stattfinden, werden sich jeden Tag und in jeder Woche auch Zeitfenster ergeben, an denen es nicht zu einer Beschallung des kompletten Querschnitts des Fehmarnsunds in dieser Lautstärke kommt. So findet die Anlieferung von Material nur im Rhythmus von 16h/5d (maximal an 16 Stunden pro Tag von Mo-Fr) statt und das Verfüllen an 16h/7d. Der Transport der Tunnelelemente findet zwar im Rhythmus 24h/7d statt, es handelt sich aber nur um den Transport von insgesamt 12 Elementen. Der Transport erfolgt dabei jeweils über etwa 48 Stunden, wobei sich die Position der Schallquelle hierbei kontinuierlich ändert. Bei einer Transportzeit von etwa zwei Tagen



pro Tunnelelement tritt das Worst-Case-Szenario somit maximal an insgesamt etwa 24 Tagen über maximal 16 Stunden pro Tag auf. Weiterhin bleiben den Schweinswalen und Robben an jedem dieser 24 Tage mindestens acht Stunden, in welchem sie den Fehmarnsund durchqueren können, auch wenn sie die Gebiete mit einem Dauerschalleintrag von ≥ 140 dB meiden (s. Unterlage 19.02, Artenschutzrechtlicher Fachbeitrag, Kapitel 4.1.12).

Da der Fehmarnsund nur von einzelnen Robben und Schweinswalen genutzt wird und insbesondere für den großräumig wandernden Schweinswal ein Ausweichen auf den Fehmarnbelt möglich ist, können Auswirkungen auf die Populationsgrößen der marinen Säugetiere ausgeschlossen werden. Nach Abschluss der Baumaßnahmen ist die Beeinträchtigung nicht mehr gegeben. Darüber hinaus wird die mögliche Funktion des Bereiches als Ruhe- und Reproduktionsgebiet sowie für die Migration nicht dauerhaft beeinträchtigt (vgl. Unterlage 18.04.001, Kap. 4.8.7.1.3).

Insgesamt wird die langfristige Überlebensfähigkeit der einzelnen Arten nicht beeinflusst. Das Bewertungskriterium wird somit durch das Vorhaben nicht verändert.

8.2.3.2 D1C3 Populationsdemografische Merkmale

Das Bewertungskriterium bezieht sich auf die populationsdemografischen Merkmale wie Körpergrößen-/Altersklassenstruktur, Geschlechterverhältnis, Fruchtbarkeit und Überlebensraten der Arten. Sie sind Indikatoren für eine gesunde Population, die nicht durch anthropogene Belastungen beeinträchtigt ist.

Das Vorhaben hat keinen Einfluss auf die populationsdemografischen Merkmale der relevanten Robbenarten und des Schweinswals. Die Auswirkungen betreffen nur einen kleinen Bereich der Verbreitungsgebiete der Arten und des Meeresgewässers Deutsche Ostsee. Auswirkungen auf die Populationsgrößen der Arten konnten in Kapitel 8.2.3.1 (D1C2) begründet ausgeschlossen werden. Aufgrund der unter D1C2 genannten Gründe ist ebenfalls ausgeschlossen, dass sich das Vorhaben auf die populationsdemografischen Merkmale in der Ostsee auswirken kann.

Das Bewertungskriterium wird durch das Vorhaben nicht verändert.

8.2.3.3 D1C4 Verbreitungsgebiet und ggf. Verbreitungsmuster der Arten

Das Bewertungskriterium bezieht sich auf das Verbreitungsgebiet und das Verbreitungsmuster der Arten, welches den vorherrschenden physiografischen, geographischen und klimatischen Bedingungen entsprechen sollte.

Die Auswirkungen des Vorhabens sind lokal begrenzt und ganz überwiegend auf den Zeitraum der Bauphase beschränkt. Während der ca. 4,6 Jahre andauernden Bauarbeiten kann es zu Meidungsreaktionen mariner Säugetiere kommen. Der Bereich der Verbringungsfläche wird über einen Zeitraum von ca. einem Jahr durch Störwirkungen betroffen sein, die zu lokalen Meidungsreaktionen potenziell vorkommender mariner Säugetiere führen werden. Nach Abschluss der Bauarbeiten und Wiederverfüllung des Tunnelgrabens ist der Fehmarnsund wieder uneingeschränkt für die Schweinswale und Robben nutzbar. Der Bereich der Verbringungsfläche wird bereits nach ca. einem Jahr wieder nutzbar sein. Das Verbreitungsgebiet und das Verbreitungsmuster der Arten im Bereich des Meeresgewässers Deutsche Ostsee wird sich durch die lokalen Auswirkungen des Vorhabens nicht ändern.

Das Bewertungskriterium wird durch das Vorhaben nicht verändert.



8.2.3.4 D1C5 Lebensraum der betreffenden Arten

Das Bewertungskriterium bezieht sich auf die Lebensräume der betreffenden Arten, die den erforderlichen Umfang und Zustand für die verschiedenen Stadien des Lebenszyklus der Arten haben sollten.

Wie bereits ausführlich in den Kapiteln 8.2.3.1 und 8.2.3.3 dargestellt, sind die Auswirkungen des Vorhabens ganz überwiegend temporärer Natur und lokal begrenzt. Die Bauarbeiten werden zeitweise zu einer Vertreibung von marinen Säugetieren aus dem Umfeld der Tunneltrasse führen, da es hier zu akustischen Emissionen (Unterwasserschall) kommen wird. Nach Abschluss der Bauarbeiten sind die Lebensräume aber wieder uneingeschränkt für marine Säugetiere nutzbar. Der Tunnelgraben wird vollständig verfüllt und die Habitate inklusive Riffe und Seegraswiesen werden wieder hergestellt (vgl. Kap. 4.4.1). Damit wird sich auch die Nahrungsgrundlage (insbesondere Fische) für marine Säugetiere im Eingriffsbereich regenerieren.

Das Bewertungskriterium wird durch das Vorhaben nicht verändert.

8.2.3.5 Bewertung

Keines der relevanten Bewertungskriterien wird durch das geplante Vorhaben verändert. Somit wird sich auch der Zustand der Artengruppen Robben und Kleine Zahnwale im Meeresgewässer Deutsche Ostsee nicht verschlechtern.

8.2.4 Zustand: Pelagische Lebensräume

Der gute Umweltzustand für den Zustand der Lebensraumtypen pelagischer Habitate der deutschen Ostseegewässer wird in 93 % der Fläche nicht erreicht. Das maßgebliche Bewertungskriterium ist D1C6 (Zustand des Lebensraumtyps der pelagischen Räume). Die relevanten räumlichen Bewertungseinheiten sind die Gesamtheit der Küstengewässer nach WRRL (< 1 sm) und die Mecklenburger Bucht offshore.

8.2.4.1 D1C6 Zustand des Lebensraumtyps der pelagischen Lebensräume

Das Bewertungskriterium beschreibt den Zustand des Lebensraumtyps der pelagischen Lebensräume.

Küstengewässer

Die Bewertung der pelagischen Habitate in den Küstengewässern (< 1 sm) erfolgt anhand der nationalen WRRL-Ergebnisse für die biologische Qualitätskomponente Phytoplankton.

Morphologische Verhältnisse, Schwebstoffgehalt

Die Wirkfaktoren Morphologische Verhältnisse und Schwebstoffgehalt und deren Auswirkungen auf das Phytoplankton wurden im FB WRRL (Unterlage 20.01.001, Kapitel 5.1.1.2.1.1, 5.2.1.2.1.1, 5.3.1.2.1.1, 5.4.1.2.1.1) betrachtet und als unerheblich bewertet.

Nährstoffverhältnisse

Aufgrund der Einleitung von sowohl baubedingten als auch betriebsbedingten Entwässerungen der Verkehrsflächen sowie durch die baubedingte Einleitung von Spülwasser ergeben sich lokal erhöhte Nährstoffkonzentrationen (Tab. 9 (baubedingt), Tab. 10 (betriebsbedingt)). Innerhalb der



Küstengewässer sind die Wasserkörper Fehmarn Sund W (Einleitstellen Gr3 und Gr5, Spülleitung) und Fehmarn Sund E (Einleitstelle Gr6) betroffen.

Die Konzentrationsanstiege von Gesamtphosphor (TP) und Gesamtstickstoff (TN) durch baubedingte und betriebsbedingte Entwässerung der Verkehrsflächen sowie durch die baubedingte Einleitung von Spülwasser beschränken sich alle auf den Nahbereich der jeweiligen Einleitstelle und sind auf Ebene der Bewertungseinheit an der entsprechenden repräsentativen Messstelle messtechnisch nicht nachweisbar (Unterlage 20.01.001, Kapitel 5.1.1.1.8, 5.1.3.1.2, 5.2.1.1.4 und 5.2.3.1.2). Auswirkungen auf Phytoplankton führen zu keiner relevanten Änderung der Biomasse, Artenzusammensetzung oder Artenhäufigkeit (Unterlage 20.01.001, Kapitel 5.1.1.2.1.1.2, 5.1.3.2.1.1.1, 5.2.1.2.1.1.2 und 5.2.3.2.1.1.1). Somit können Auswirkungen auf D1C6 in den Küstengewässern ausgeschlossen werden.

Schadstoffgehalt

Erhöhte Schadstoffkonzentrationen ergeben sich zum einen aufgrund der projektbedingten Mobilisierung von Sedimenten durch die Nassbaggerarbeiten (Tab. 5). Innerhalb der Küstengewässer ist allein der Wasserkörper Fehmarn Sund W durch am Baggerstandort lokal erhöhte Konzentrationen von Blei betroffen.

Erhöhte Schadstoffkonzentrationen ergeben sich außerdem sowohl baubedingt als auch betriebsbedingt durch die Entwässerung der Verkehrsflächen (Tab. 6). Innerhalb der Küstengewässer ist der Wasserkörper Fehmarn Sund W durch lokal erhöhte Konzentrationen von Benzo[a]pyren (Einleitstellen Gr3, Gr5 und Fe1) und Cadmium (Gr5) betroffen und der Wasserkörper Fehmarn Sund E durch lokal erhöhte Konzentrationen von Benzo[a]pyren (Einleitstelle Gr6).

Aufgrund der nur kleinräumig nachweisbaren Schadstoff erhöhungen durch die Nassbaggerung und durch baubedingte und betriebsbedingte Verkehrsflächenentwässerung konnte an den repräsentativen Messstellen eine messtechnisch nachweisbare Veränderung von Blei, Benzo[a]pyren und Cadmium ausgeschlossen werden (Unterlage 20.01.001, Kapitel 5.1.1.1.10, 5.1.3.1.4, 5.2.1.1.6 und 5.2.3.1.4). Auswirkungen auf Phytoplankton führen zu keiner Änderung der Biomasse, Artenzusammensetzung oder Artenhäufigkeit (Unterlage 20.01.001, Kapitel 5.1.1.2.1.1.3, 5.1.3.2.1.1.2, 5.2.1.2.1.1.3 und 5.2.3.1.4). Somit können Auswirkungen auf D1C6 in den Küstengewässern ausgeschlossen werden.

Mecklenburger Bucht offshore

Die Bewertung der pelagischen Habitate in der offenen Ostsee wird anhand von vier Indikatoren bewertet: Zooplankton (mittlere Größe und Gesamtbiomasse), Jahreszeitliche Abfolge der vorherrschenden Phytoplanktongruppen und Cyanobakterienblüten.

Morphologische Verhältnisse

Durch die Verbringung des anfallenden Nassaushubs verändert sich lokal die Morphologie des Meeresbodens. Die projektbedingten Ablagerungen erstrecken sich über die Grenze der 50 ha großen Verbringungsfläche hinaus. Insgesamt ergeben sich projektbedingte Ablagerungen von mehr als 10 cm in einem Bereich von 146 ha. Diese werden vorsorglich als Flächeninanspruchnahme und Verlust betrachtet.



Das Phytoplankton, welches in der photischen Zone der Wassersäule lebt, ist von der Flächeninanspruchnahme des Meeresbodens nicht betroffen. Es ändern sich weder die Biomasse noch die Artzusammensetzung des Phytoplanktons. Somit kommt es auch nicht zu Auswirkungen auf Cyanobakterienblüten kommen.

Auch die Biomasse des Zooplanktons, welche über das Nahrungsnetz direkt mit der Biomasse des Phytoplanktons gekoppelt ist, erfährt keine direkte Auswirkung durch die Flächeninanspruchnahme auf dem Meeresboden. Einige Arten der Ruderfußkrebse/Copepoden, welche zum Zooplankton gehören, produzieren jedoch im Herbst Dauereier, die am Meeresboden liegen. Natürlicherweise sind diese Dauereier bis zu einer Sedimenttiefe von 10 cm lebensfähig zu finden (MARCUS *et al.* 1994). Durch die Flächeninanspruchnahme kann es also auf einer Fläche von 146 ha (Ablagerungen > 10 cm) zu einem Verlust dieser Dauereier kommen. Dies entspricht einem Wirkungsbereich von anteilig 0,001 % an der Fläche der Bewertungseinheit Mecklenburger Bucht offshore und kann sich aufgrund dieses geringen Anteils nicht auf die Population des Zooplanktons in der gesamten Bewertungseinheit Mecklenburger Bucht offshore auswirken.

Schwebstoffgehalt

Durch die Verbringung des anfallenden Nassaushubs kommt es an der Nassbaggergutverbringungsstelle zu erhöhten projektbedingten Schwebstoffkonzentrationen. Erhöhte projektbedingte Schwebstoffkonzentrationen können durch Verschattung zu einer Verringerung der Lichtintensität in der Wassersäule führen. Dies wiederum kann sich auf die Biomasse des Phytoplanktons und somit auch auf das Zooplankton auswirken, welches über das Nahrungsnetz direkt mit der Biomasse des Phytoplanktons gekoppelt ist. Erhöhte Schwebstoffkonzentrationen können bei Zooplankton zudem Verhaltensänderungen sowie Reduktion von Nahrungsaktivität und daraus resultierend zu reduzierter Eiproduktion führen.

Durch die Verbringung wird an keiner Stelle eine durchgängige Überschreitung der Grenzkonzentration an der Gewässeroberfläche (2 mg/l an mehr als 7 durchgängigen Tagen) verursacht (Unterlage 51.04, Kapitel 5.2). Zur Einordnung der projektbedingten Schwebstoffkonzentrationen können die natürlichen Schwebstoffkonzentrationen herangezogen werden. In der Auswirkungsprognose Fehmarnsund (Unterlage 51.04) werden im Zeitraum 2023/2024 durchgeführte Messungen der Schwebstoffkonzentrationen beschrieben. Der niedrigste gemessene monatliche Mittelwert des Schwebstoffgehalts beträgt 3,8 mg/l und liegt damit deutlich über den maximalen, berechneten Schwebstoffkonzentrationen (Unterlage 51.04, Kapitel 5.2).

Auswirkungen auf das Phytoplankton, Cyanobakterienblüten und das Zooplankton liegen demnach im natürlichen Schwankungsbereich und werden als geringfügig eingestuft.

Schadstoffgehalt

Erhöhte Schadstoffkonzentrationen können sich baubedingt in der Bewertungseinheit Mecklenburger Bucht offshore aus der Verbringung des Nassbaggerguts ergeben. Aus den projektbedingten Sedimenten können sich am Einleitort (Verbringungsstelle) Schadstoffe lösen. Laut Unterlage 20.01.001 sind die lokal begrenzten Erhöhungen von Blei und Nickel an der repräsentativen Messstelle jedoch nicht nachweisbar (Unterlage 20.01.001, Kapitel 5.6.1.1). Somit kann sich diese Projektwirkung, bezogen auf die Bewertungseinheit Mecklenburger Bucht offshore, nicht auf das Zooplankton oder das Phytoplankton, inklusive Cyanobakterien auswirken.



8.2.4.2 Bewertung

Das relevante Bewertungskriterium wird durch das Vorhaben nicht verändert. Somit wird sich der Zustand der pelagischen Lebensräume in den relevanten Bewertungseinheiten Küstengewässer, Kieler Bucht offshore und Mecklenburger Bucht offshore projektbedingt nicht verändern.

8.2.5 Zustand: Benthische Lebensräume

Der Zustand der Benthischen Lebensräume (Benthische Biotopklassen und andere benthische Lebensräume) in den deutschen Ostseegewässern wird insgesamt als nicht gut eingestuft (vgl. Kapitel 7.1.1). Die maßgeblichen Bewertungskriterien sind D6C1 (physikalischer Verlust des Meeresbodens), D6C2 (physikalische Störung des Meeresbodens), D6C3 (räumliche Ausdehnung jedes Lebensraumtyps, der durch Strukturveränderung beeinträchtigt ist), D6C4 (Ausdehnung der Verluste benthischer Lebensräume durch anthropogene Belastung) und D6C5 (Zustand der benthischen Lebensräume unter Berücksichtigung der Ausdehnung aller ihrer Beeinträchtigungen durch anthropogene Belastungen). Die relevante räumliche Bewertungseinheit ist das Meeresgewässer Deutsche Ostsee.

Für die Prüfung im Hinblick auf das Verschlechterungsverbot wird die aktuelle Zustandsbewertung (BMUV 2024) zugrunde gelegt. Die dort verwendete Rasterkarte für die benthischen Biotopklassen hat eine Auflösung von 1 x 1 km. Die benthischen Biotope in den Bereichen des Fehmarnsund sowie der Verbringungsfläche für das Nassbaggergut wurden in einer höheren Auflösung kartiert (Unterlage 47.01.001, Kap. 3.1.1 und 47.03.001, Kapitel 3.1.1). Dadurch ergeben sich in einigen Bereichen des Fehmarnsunds, die durch die Wirkfaktoren Schwebstoffgehalt und Morphologische Verhältnisse betroffen sein können, kleinräumige Unterschiede in der Kartierung der benthischen Lebensräume (vgl. Abb. 35, Abb. 36, Abb. 37). Im Küstenmeer Schlei/Trave stimmen die Kartierung im von der Nassbaggergutverbringung und assoziierten projektbedingten Sedimentation betroffenen Bereiche mit dem des Zustandsberichts (BMUV 2024) überein (vgl. Unterlage 47.03.001, Kap. 3.3.2).



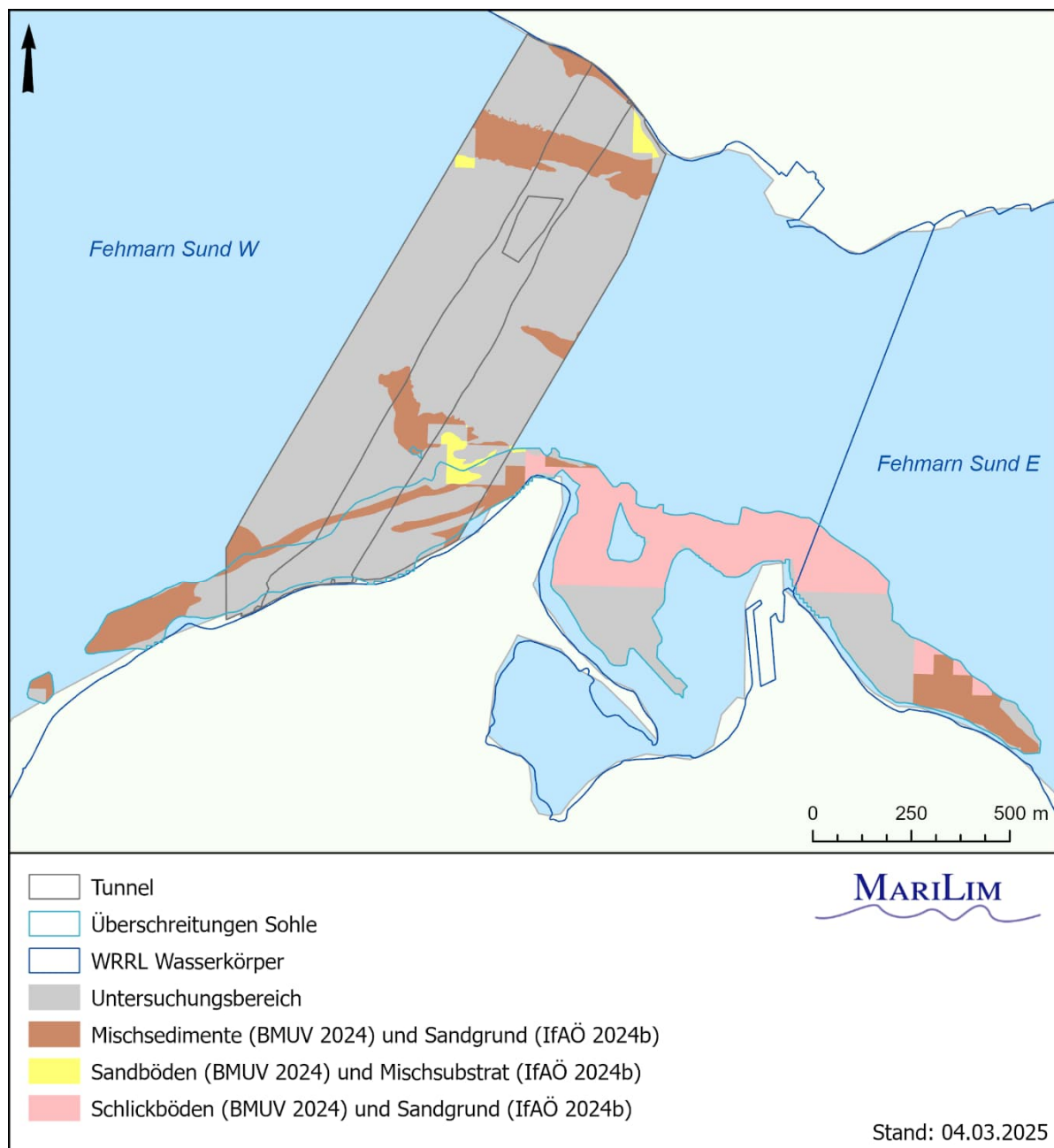


Abb. 35: Differenzplot benthischer Biotopklassen.

Es werden ausschließlich Flächen dargestellt, wo die Kartierungen im Betrachtungsraum zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen. Der grau unterlegte Betrachtungsraum beinhaltet den schwarz umrandeten Bereich der Tunneltrasse (inklusive beidseitiger Ankerzonen) sowie den mittelblau umrandeten Bereich der dunkelblau umrandeten Küstenwasserkörper, der an der Gewässersohle eine Wirkungsschwellenüberschreitung hinsichtlich Schwebstoffe für die benthische Fauna und Flora aufweist.



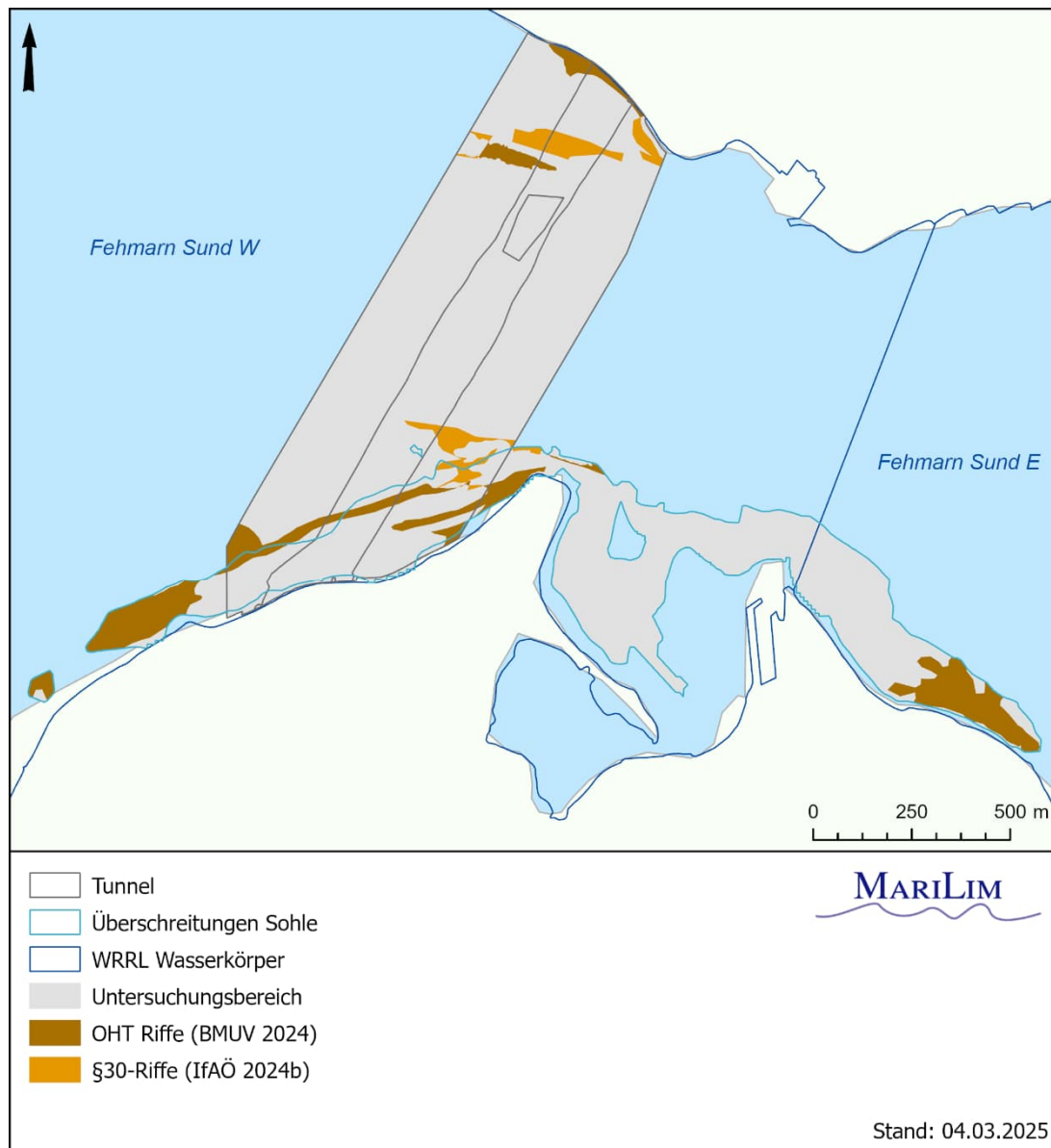


Abb. 36: Differenzplot anderer Lebensraumtypen – Riffe.

Es werden Flächen dargestellt, wo ausschließlich die in der Kartenlegende genannte Quelle Riffe im Untersuchungsbereich kartiert hat. Der grau hinterlegte Untersuchungsbereich beinhaltet den schwarz umrandeten Bereich der Tunneltrasse (inklusive beidseitiger Ankerzonen) sowie den mittelblau umrandeten Bereich der dunkelblau umrandeten Küstenwasserkörper, der an der Sohle eine Wirkschwellenüberschreitung hinsichtlich Schwebstoffe im Gewässersohlbereich für die benthische Fauna und Flora aufweist.



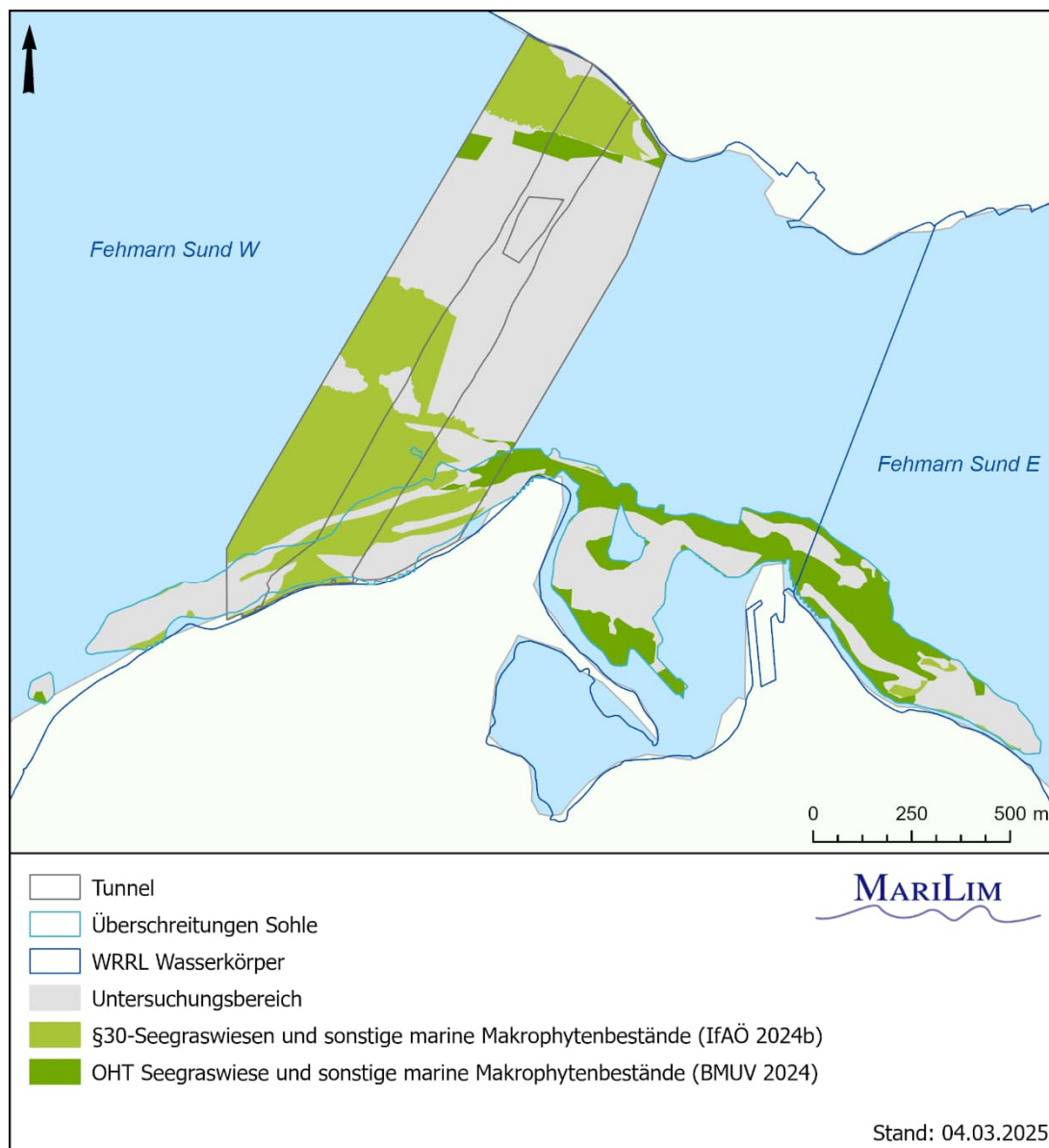


Abb. 37: Differenzplot anderer Lebensraumtypen – Seegraswiesen und sonstige marine Makrophytenbestände.

Es werden Flächen dargestellt, wo ausschließlich die in der Kartenlegende genannte Quelle Seegraswiesen und sonstige marine Makrophytenbestände im Untersuchungsbereich kartiert hat. Der grau hinterlegte Untersuchungsbereich beinhaltet den schwarz umrandeten Bereich der Tunneltrasse (inklusive beidseitiger Ankerzonen) sowie den mittelblau umrahmten Bereich der dunkelblau umrahmten Küstenwasserkörper, der an der Gewässersohle eine Wirkschwelenüberschreitung hinsichtlich Schwebstoffe im Sohlbereich für die benthische Fauna und Flora aufweist.

Im Vergleich zu den Gesamtorkommen der benthischen Lebensräume im Meeresgewässer der deutschen Ostsee sind die in den Abbildungen dargestellten Flächen mit unterschiedlichen Kartierungsergebnissen sehr kleinräumig. Die für das Vorhaben durchgeführte Biotopkartierung ist aktueller und durch ihre Kleinskaligkeit genauer (Unterlage 47.01.001, Kap. 3.1.1) und wird deswegen für die Prüfung herangezogen.

Selbst wenn die Kartierung des Zustandsberichts (BMUV 2024) zugrunde gelegt würde, änderte dies nicht die nachfolgende Bewertung, da für alle benthischen Lebensräume der Bezugsraum das Meeresgewässer deutsche Ostsee ist und der durch das Vorhaben betroffene Bereiche im



Vergleich einen sehr kleinen Teil der jeweils betroffenen benthischen Lebensräume einnimmt (siehe Erläuterung in den Kapiteln 8.2.5.1 bis 8.2.5.4).

In den projektbedingt betroffenen Bereichen sind Vorkommen folgender benthischer Biotopklassen sowie anderer Lebensräume nachgewiesen worden (Tab. 32, Abb. 38, Abb. 39). Fünf der aufgeführten benthischen Lebensräume verfehlen gemäß Zustandsbericht (BMUV 2024) den guten Umweltzustand, während das §-30-Biotop „Seegraswiesen und sonstige marine Makrophytenbestände“ aufgrund fehlender Schwellenwerte im Hinblick auf den Umweltzustand nicht bewertet wurde.

Tab. 32: Benthische Lebensräume im Wirkungsbereich der Wirkfaktoren

Abgeleitet aus den marinen Kartierungen, Unterlagen 47.01.001 und 47.03.001. In dem vom Vorhaben betroffenen Bereich ist neben der benthischen Biotopklasse „Schlickböden des Circalitorals“ auch der HELCOM-Rote-Liste-Typ „Schlickige Substrate in der aphotischen Zone der Ostsee dominiert von *Arctica islandica*“ ausgewiesen.

Benthischer Lebensraum	Bewertungselement	Vorkommen
Benthische Biotopklasse	Sandböden des Infralitorals	Fehmarnsund
	Mischsedimente des Infralitorals	Fehmarnsund
	Schlickböden des Circalitorals	Verbringungsfläche und Umgebung
Andere Lebensraumtypen	§-30-Biotop „Seegraswiesen und sonstige marine Makrophytenbestände“	Fehmarnsund
	Riffe	Fehmarnsund
	HELCOM-Rote-Liste-Typ „Schlickige Substrate in der aphotischen Zone der Ostsee dominiert von <i>Arctica islandica</i> “	Verbringungsfläche und Umgebung



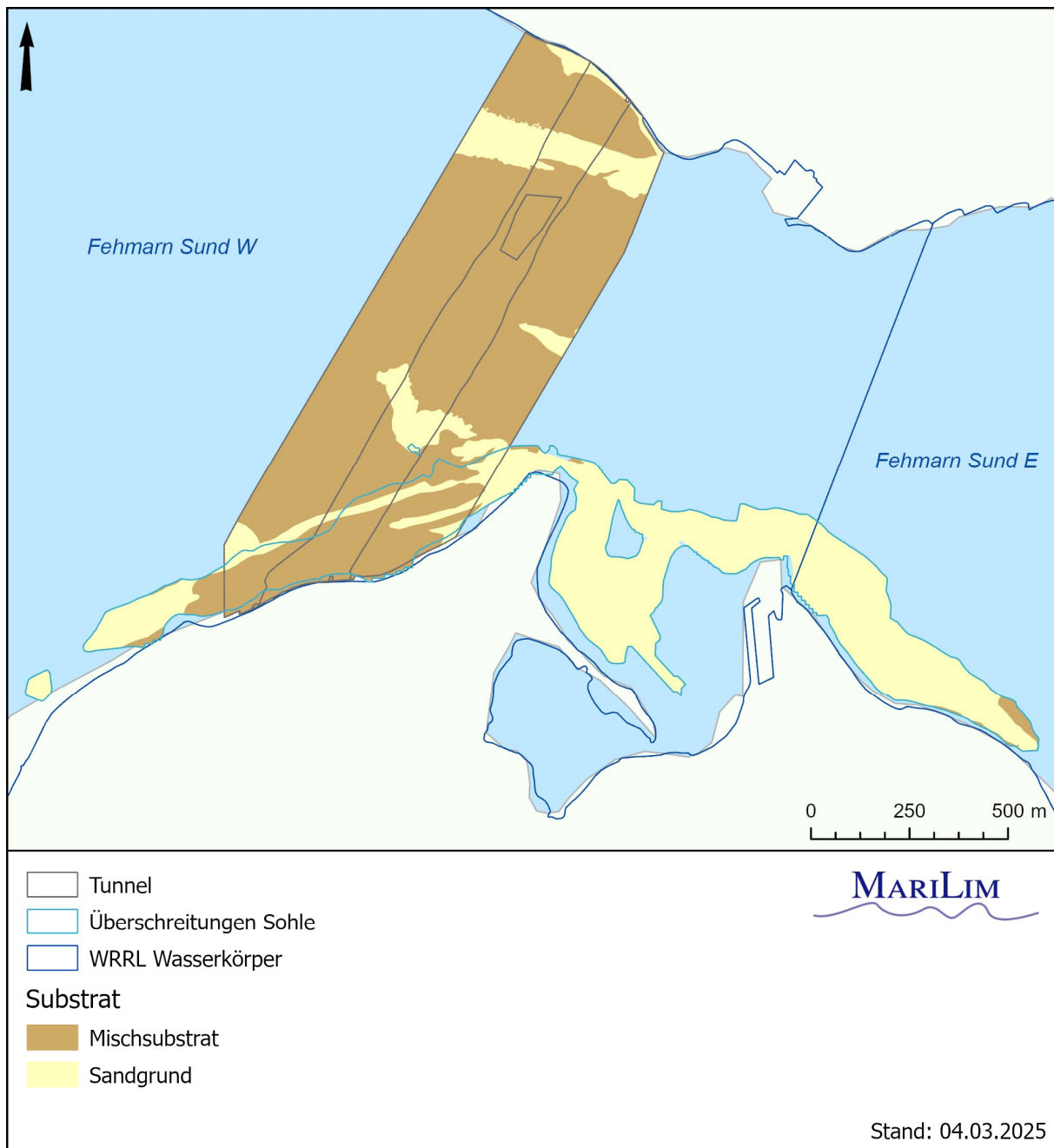


Abb. 38: Vom Vorhaben betroffene Flächen benthischer Biotopklassen

Sandböden des Infralitorals, hier Sandgrund (hellgelb) und Mischsedimente des Infralitorals, hier Mischsubstrat (braun) im grau umrahmten Bereich der Tunneltrasse (inklusive beidseitiger Ankerzonen) sowie im mittelblau umrahmten Bereich nördlich von Großenbrode, der sohnah eine Schwebstoff-Wirksamkeitswellenüberschreitung für die benthische Fauna und Flora aufweist. Datenquelle: Unterlage

47.01.001, Kapitel 3.2.3



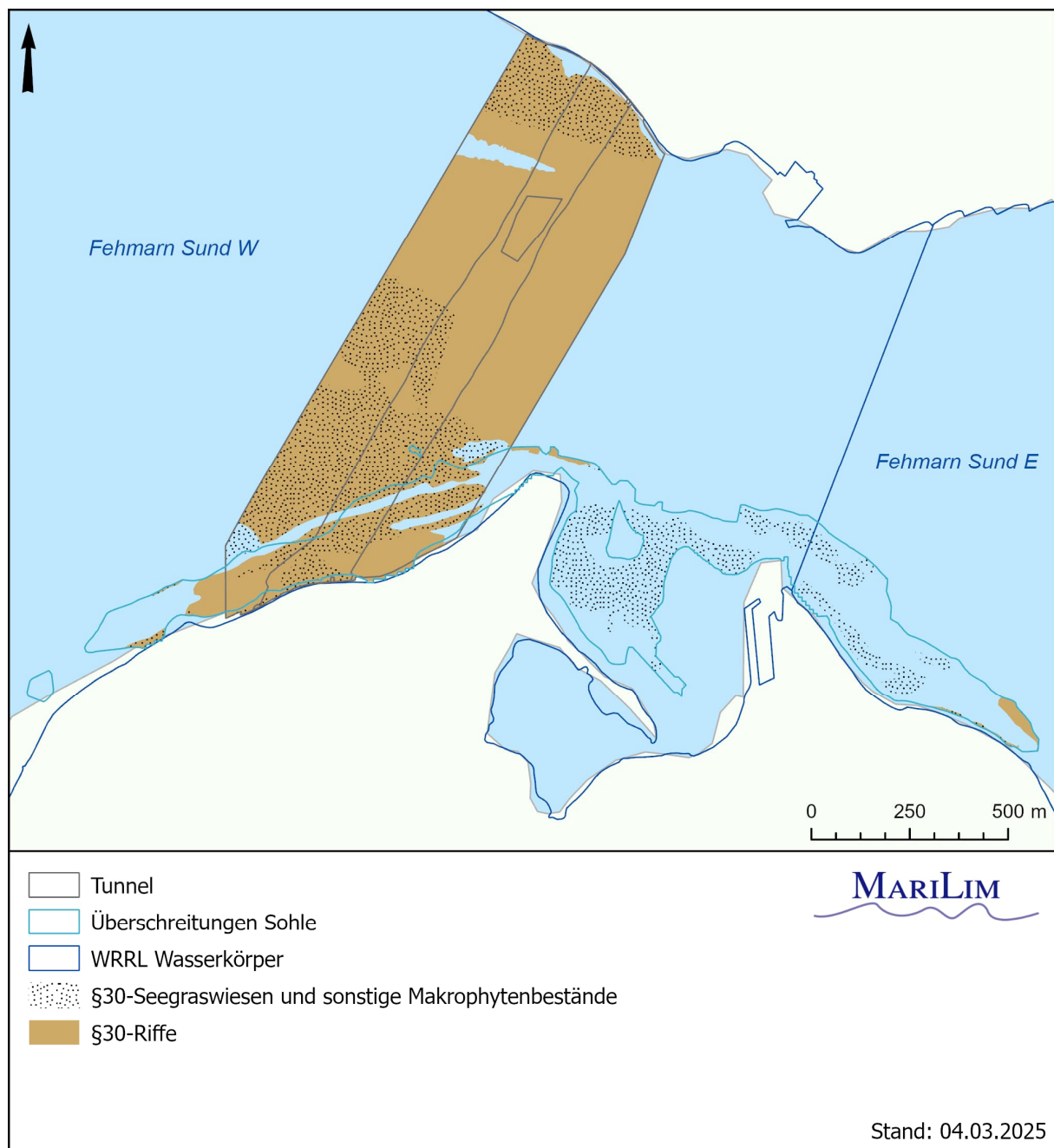


Abb. 39: Vom Vorhaben betroffene Flächen anderer Lebensraumtypen.

Riffe (braun) und §-30-Biotop „Seegraswiesen und sonstige marine Makrophytenbestände“ (schwarze Punkte) im grau umrahmten Bereich der Tunneltrasse (inklusive beidseitiger Ankerzonen) sowie im mittelblau umrahmten Bereich nördlich von Großenbrode, der sohnah eine Schwebstoff-Wirksamkeitsüberschreitung für die benthische Fauna und Flora aufweist. Datenquelle: Unterlage 47.01.001, Kapitel 3.2.3

8.2.5.1 D6C1 Räumliche Ausdehnung und Verteilung des physischen Verlusts

Das Kriterium D6C1 betrachtet die räumliche Ausdehnung und Verteilung des physischen Verlusts (dauerhafte Veränderung) des natürlichen Meeresbodens und berücksichtigt neben Überbauungen durch Strukturen auch z. B. das Ablagern von Materialien. Das Kriterium selbst wird nicht bewertet, stellt aber die Datengrundlage dar, mit der das Kriterium D6C4 bewertet wird.



Morphologische Verhältnisse

Mit der baubedingten Flächeninanspruchnahme im Rahmen der Bagger-, Absenk- und Verfüllungsarbeiten für die Herstellung des Absenktunnels im Fehmarnsund ist ein Verlust des Meeresbodens und eine Veränderung der morphologischen Verhältnisse verbunden. Der Verlust wird an dieser Stelle zunächst rein fachlich betrachtet. Eine Bewertung in Bezug auf die MSRL-Definition für Verlust erfolgt in Kapitel 8.2.5.4. Gemäß den Angaben im Landschaftspflegerischen Begleitplan ist im Fehmarnsund von einem Verlust von ca. 21,5 ha auszugehen (Tunnelgraben und Ankerzone, vgl. Unterlage 17.01.001, Kapitel 3.1.2.1, Tab. 71). Nach Beendigung der Bauarbeiten und der vollständigen Wiederverfüllung des Grabens im Rahmen der Wiederherstellungsmaßnahme soll die Morphologie und Oberflächenstruktur des Meeresbodens wieder so weit wie möglich dem Ausgangszustand vor der Herstellung des Tunnels entsprechen (vgl. Kapitel 4.4.1).

Der Aushub des Bodens aus dem Fehmarnsund wird auf eine Fläche von ca. 50 ha Größe östlich von Fehmarn verbracht. Durch diese Verbringung und der damit verbundenen projektbedingte Ablagerung des Sedimentes verändert sich lokal die Morphologie des Meeresbodens und der ursprünglich vorhandene Meeresboden geht durch die Überprägung verloren. Während des Absenkvorgangs ist mit einer projektbedingten Ablagerung von Sedimenten auch im direkt angrenzenden Bereich außerhalb der Verbringungsfläche zu rechnen. Der Bereich, in dem sich projektbedingte Ablagerungen von mehr als 10 cm um die Verbringungsstelle einstellen, wird gemäß der Modellierung von DMT (Unterlage 51.04) zusätzlich ca. 146 ha betragen (vgl. Abb. 31).

Nach Abschluss der Arbeiten verbleiben weniger als 0,02 % des Meeresbodens bezogen auf das gesamte Meeresgewässer der deutschen Ostsee (1.551.442,55 ha), die als Verlust gewertet werden. Zum Vergleich gingen während des Bewertungszeitraums des letzten Zustandsberichts (BMUV 2024) 0,34 % des Meeresbodens in der deutschen Ostsee durch Sand- und Kiesentnahme verloren.

Schwebstoffgehalt

Die Auswirkungen schwebstoffbedingter Trübungen sowie deren Folgewirkung Sedimentation führen nicht zu einem Verlust des Meeresbodens. Sie führen möglicherweise zu einer physikalischen Störung des Meeresbodens. Störungen des Meeresbodens durch Sedimentation werden folglich unter dem Kriterium D6C2 ermittelt und dessen Auswirkungen unter dem Kriterium D6C3 bewertet.

Nährstoffverhältnisse, Schadstoffgehalt

Die sehr kleinräumigen Wirkfaktoren sind chemischer Art und können daher zu keinem physischen Verlust des Meeresbodens führen.

8.2.5.2 D6C2 Räumliche Ausdehnung und Verteilung der physikalischen Störung

Das Kriterium D6C2 betrachtet die räumliche Ausdehnung der physikalischen Störung von Meeresboden und berücksichtigt neben der Grundschieppnetzfisherei, auch baubedingte Trübungsereignisse sowie trübungsbedingte Sedimentation, die durch das Ablagern von Materialien entsteht. Das Kriterium selbst wird nicht bewertet, stellt jedoch die Datengrundlage dar, mit der das Kriterium D6C3 bewertet wird.



Morphologische Verhältnisse

Die baubedingte Flächeninanspruchnahme und die morphologische Veränderung im Fehmarnsund sowie die der Nassbaggergutverbringung östlich Fehmarns werden als Verlust von Meeresboden unter den Kriterien D6C1 sowie D6C3 dargestellt bzw. bewertet. Die von Schwebstofftrübung sowie der Folgewirkung Sedimentation betroffenen angrenzenden Bereich werden unter dem Wirkfaktor Schwebstoffgehalt berücksichtigt.

Schwebstoffgehalt

Fehmarnsund

Im Rahmen der Bagger-, Absenk- und Verfüllungsarbeiten für die Herstellung des Absenktunnels sind mit der Bauzeit projektbedingte schwebstoffbedingte Trübungsereignisse verbunden, die zu einer physikalischen Störung des Meeresbodens im Fehmarnsund führen können. Durch geeignete technische Vermeidungsmaßnahmen wie Schlickvorhänge während der Nassbaggerarbeiten wird die projektbedingte Schwebstoffausbreitung um ca. 70 % reduziert (vgl. Kapitel 4.3.1, Maßnahme 032_V). Dadurch werden sowohl projektbedingte Trübungen in der Wassersäule als auch eine projektbedingte Sedimentation mit Überdeckung von marinen Biotopen im Nahbereich der Baustelle minimiert (Unterlage 17.01.001, Kapitel 3.3.2).

Das Ausmaß der physikalischen Störung durch erhöhte projektbedingte Schwebstoffgehalte wird anhand von Wirkschwellen für die benthische Fauna und benthische Flora des betroffenen Bereichs ermittelt. Für die benthische Flora und Fauna wird als Wirkschwelle einer Trübung mit negativen Auswirkungen eine projektbedingte Schwebstoffkonzentration von > 10 mg/l an mindestens 7 zusammenhängenden Tagen definiert. Liegen die modellierten Werte unterhalb der Wirkschwelle, werden die Auswirkungen auf die benthische wirbellose Fauna, sowie Großalgen und Angiospermen als unerheblich eingestuft (vgl. Unterlage 17.01.001, Kapitel 3.1.2.2). Diese Wirkschwelle wird im Fehmarnsund auf einer Gesamtfläche von 38,2 ha überschritten (Abb. 30).

Die Folgewirkung Sedimentation: maximale projektbedingte Sedimentationshöhen infolge Schwebstoffablagerungen liegen im Fehmarnsund am Ende der Bauzeit in wenigen Bereichen bei 1-2 cm (vgl. Abb. 30). Das Ausmaß der physikalischen Störung wird für die benthische Fauna und benthische Flora anhand einer Wirkschwelle für die Sedimentationsrate ermittelt. Eine wichtige charakteristische Art ist die Miesmuschel (*Mytilus edulis*), die als sessiler Filtrierer besonders empfindlich gegenüber dem Wirkfaktor ist und als Indikatorart herangezogen wird (Unterlage 18.04.001, Kapitel 4.8.2.1.2). Bei einer plötzlichen stattfindenden Überdeckung von > 2 cm innerhalb eines Tages ist von einer erhöhten Sterblichkeit der Art auszugehen (Unterlage 17.01.001, Kapitel 3.1.2.2). Bei einer „worst-case“ Annahme (z.B. in strömungsberuhigten Bereichen) entspricht die tägliche Überdeckungshöhe der täglichen Sedimentationsrate. Die maximalen täglichen projektbedingten Sedimentationsraten liegen deutlich darunter (vgl. Unterlage 51.02), so dass erhebliche Beeinträchtigungen für die benthische Fauna unter Berücksichtigung der Vermeidungsmaßnahme insgesamt auszuschließen sind (vgl. Unterlage 17.01.001, Kapitel 3.1.2.2). Für die Folgewirkung Sedimentation wird die Wirkschwelle während der Bauzeit nicht überschritten, sodass der Wirkfaktor im Bereich des Fehmarnsund nicht weiter berücksichtigt wird.

Nassbaggergutverbringung

Infolge der sukzessiv stattfindenden, sowie räumlich und zeitlich verteilten Nassbaggergutverbringung östlich von Fehmarn, sinken die projektbedingten Schwebstoffgehalte zwischenzeitlich immer



wieder schnell ab, sodass die Wirkschwelle für die benthische Fauna und Flora hinsichtlich Schwebstoffgehalte nicht überschritten wird (vgl. Unterlage 51.04, Kapitel 5.2). Folglich wird der Wirkfaktor Schwebstoffgehalt nicht als physikalische Störung für die vorliegende benthischen Lebensräume im Umkreis der Nassbaggergutverbringung gewertet und im Weiteren nicht mehr betrachtet.

Auf der unmittelbar angrenzenden Fläche der Nassbaggergutverbringfläche kommt es schwebstoffbedingt zur projektbedingten Sedimentation. Infolge der räumlich verteilten und sukzessiven Nassbaggergutverbringung setzen sich projektbedingte verdriftete Sedimente außerhalb des initialen Bereichs der Verbringung über einen längeren Zeitraum und nicht schlagartig ab. Es findet keine plötzliche Sedimentation statt (Unterlage 51.04, Kapitel 5.2). Bei einer sukzessiven Sedimentation von bis zu 10 cm kann das lebensraumtypische Makrozoobenthos fliehen oder sich freigraben (Unterlage 47.03.001, Kapitel 3.3.2). Demzufolge wird eine physikalische Störung für die angrenzende Fläche mit einer finalen projektbedingten Sedimentationshöhe von 1 bis zu 10 cm auf einer Fläche von 422 ha angenommen. Die von höheren projektbedingten Sedimentationshöhen betroffenen Flächen werden als „Verlust“ unter den Kriterien D6C1 und D6C4 bewertet.

Insgesamt ist projektbedingt ein Flächenanteil von 0,03 % des Meeresgewässers deutsche Ostsee durch physikalische Störung betroffen. Zum Vergleich gingen während des Bewertungszeitraums des letzten Zustandsberichts (BMUV 2024) 0,15 % der Meeresfläche durch Sedimentverbringung verloren.

Nährstoffverhältnisse, Schadstoffgehalte

Die Wirkfaktoren sind chemischer Art und können sich nicht auf die physikalische Störung auswirken.

8.2.5.3 D6C3 Räumliche Ausdehnung jedes durch physikalische Störung veränderten Lebensraumtyp

Eine benthische Biotopklasse befindet sich nach Kriterium D6C3 in einem guten Zustand, wenn mindestens 10 % der Fläche dauerhaft nicht beeinträchtigt wird (keine physikalische Belastung) und die stark beeinträchtigte Vorkommensfläche weniger als 25 % der gesamten Vorkommensfläche des Lebensraums beträgt (national festgelegter Schwellenwert). Die relevante räumliche Bewertungseinheit ist das Meeresgewässer Deutsche Ostsee.

Die Bewertung berücksichtigt Belastungen durch z.B. Grundschleppnetzfischerei und daraus entstehende Trübungsereignisse, aber auch das Ablagern von Materialien. Die Bewertung wird unter Anwendung des regional entwickelten HELCOM-Indikators *Cuml* („Cumulative impact from physical pressures on benthic biotopes“ – *Cuml*, (HELCOM 2023a)) durchgeführt. Der Grad der Auswirkungen wird im Indikator anhand von Kategorien (ohne: keine physikalischen Belastungen, gering, mäßig (drei Stufen: m1, m2, m3), hoch und sehr hoch) bestimmt. Ein bei HELCOM abgestimmter qualitativer Schwellenwert liegt vor, der eine starke Beeinträchtigung („adverse effects“) ab der Kategorie „mäßig“ des *Cuml* definiert.

Befindet sich der benthische Lebensraum in einem guten Zustand hinsichtlich des Kriteriums D6C3, kommt er in einen schlechten Zustand, wenn eine zusätzliche physikalische Störung Auswirkungen hat, die den Qualitätsschwellenwert überschreiten, den Bereich mit erheblichen Auswirkungen vergrößert und dadurch der räumliche Schwellenwert überschritten wird. Ist der räumliche



Schwellenwert bereits im Ist-Zustand überschritten, dann ist jede weitere messbare Verschlechterung unzulässig.

Alle benthischen Biotopklassen überschreiten derzeit den räumlichen Schwellenwert von 25 %. Dies betrifft im Vorhabenbereich die benthischen Biotopklassen „Sandböden des Infralitorals“, „Mischsedimente des Infralitorals“ und „Schlickböden des Circalitorals“. Von den anderen Lebensraumtypen sind nur das §-30-Biotop „Seegraswiesen und sonstige marine Makrophytenbestände“ sowie der HELCOM-Rote-Liste-Typ „Schlickige Substrate in der aphotischen Zone der Ostsee dominiert von *Arctica islandica*“ nach D6C3 ausgewertet, aber aufgrund fehlender abgestimmter Schwellenwerte nicht bewertet worden.

Morphologische Verhältnisse

Unter dem Wirkfaktor wird der Flächenverlust des Meeresbodens durch die Tunneltrassenarbeiten sowie der Nassbaggergutverbringung aufgeführt, der getrennt von der physikalischen Störung als physischer Verlust unter D6C1 erfasst wird und in die Bewertung des Kriteriums D6C4 einfließt.

Schwebstoffgehalt

Zusätzliche physikalische Belastungen in Form von erhöhten projektbedingten Schwebstoffgehalten sowie der Folgewirkung Sedimentation können einen Wechsel in die nächsthöhere Beeinträchtigungskategorie bewirken und somit potenziell die Verteilung der Beeinträchtigungs-Kategorien (gemäß *CumI*) innerhalb einer benthischen Biotopklasse verändern.

Benthische Biotopklassen

Baubedingt sind durch physikalische Störung 30,8 ha der Sandböden des Infralitorals, 7,11 ha der Mischsedimente des Infralitorals (vgl. Abb. 38), sowie 422 ha der Schlickböden des Circalitorals (Abb. 31) betroffen. Im Verhältnis zur gesamten Vorkommensfläche im Meeresgewässer deutsche Ostsee machen die betroffenen Bereiche 0,1 % der Schlickböden des Circalitorals und weniger als 0,01 % der Sandböden bzw. Mischsedimente des Infralitorals aus. Der räumliche Schwellenwert ist bereits überschritten. Eine weitere messbare Verschlechterung ist nicht zulässig.

Eine Verschlechterung ist dann messbar, wenn sie vom verwendeten Bewertungsmaßstab der Zustandsbewertung anhand des dort verwendeten Bewertungsverfahrens (*CumI*) abgebildet werden kann. Eine Verschlechterung ist demnach gegeben, wenn eine zusätzliche Belastung zu einem Wechsel in die nächsthöhere Auswirkungs-Kategorie des *CumI* führen würde.

Die Einstufung der vorhabenbedingten Belastung gemäß *CumI*-Methodik erfolgt anhand der Wirkintensität auf einer Skala von 0 (keine Belastung) bis 1 (kompletter Verlust des Biotops). Für die zusätzliche vorhabenbedingte Belastung ist ausgehend von den zu erwartenden Schwebstoffmengen und Sedimentationshöhen ein Wert von weniger als 0,5 anzusetzen (erst bei Werten darüber ist mit einer stärker erhöhten Sterblichkeit zu rechnen). Dies ist eine vorsorgliche Einstufung, da die schwebstoffbedingte Belastung inklusive ihrer Folgewirkung Sedimentation nicht zu erhöhten Mortalitäten führt (vgl. Kapitel 6.3). Selbst bei Verwendung dieser vorsorglichen Einstufung, welche der Intensitätskategorie der Belastung von „gering“ im *CumI* entspricht, kann die zusätzliche Belastung nicht zur Änderung der bereits vorhandenen Bewertung führen. Ein Wechsel in die nächsthöhere Auswirkungs-Kategorie des *CumI* kann durch eine zusätzliche Belastung nur erfolgen, wenn diese mindestens als „mäßig“ oder höher eingestuft wird (HELCOM 2023a, Table 8). Die



zusätzliche, vorhabenbedingte Belastung führt daher nicht zu einer Änderung der vorhandenen Bewertung für D6C3.

Die geringe sowie zeitlich begrenzte und kleinräumige physikalische Störung durch das Vorhaben führt nicht zu einer messbaren Veränderung des Zustands und ändert daher auch nicht die Zustandsbewertung der benthischen Biotopklassen hinsichtlich D6C3. Das Bewertungskriterium wird durch das Vorhaben nicht verändert.

Andere Lebensraumtypen

Zwei der anderen Lebensraumtypen, §-30-Biotop „Seegraswiesen und sonstige marine Makrophytenbestände“ und der HELCOM-Rote-Liste-Typ „Schlickige Substrate in der aphotischen Zone der Ostsee dominiert von *Arctica islandica*“, wurden wie im Zustandsbericht (BMUV 2024) gemäß Kriterium D6C3 ausgewertet. Aufgrund fehlender räumlicher Schwellenwerte wurde eine Bewertung der anderen Lebensraumtypen nicht vorgenommen (BMUV 2024). Die durch physikalische Störung betroffene Flächen für Schlickige Substrate in der aphotischen Zone entspricht weniger als 0,3 % (422 ha, Abb. 31) und die für „Seegraswiesen und sonstige marine Makrophytenbestände“ 0,05 % (20,6 ha, Abb. 30) der Gesamtvorkommen der Lebensraumtypen im Meeresgewässer deutsche Ostsee. Wie schon bei den benthischen Biotopklassen erläutert, ist eine Verschlechterung mit dem verwendeten Bewertungsmaßstab (*CumI*) nur dann möglich, wenn eine zusätzliche Belastung zu einem Wechsel in die nächsthöhere Beeinträchtigungs-Kategorie des *CumI* führen würde. Da die Wirkintensität der vorhabenbedingten Belastung zu gering ist, um einen Kategorie-wechsel zu bewirken, bleibt die Verteilung der Beeinträchtigungskategorien innerhalb eines Lebensraumtyps bestehen und es kann folglich auch nicht zu einem Wechsel dieser Kategorien kommen. Die Bereits vorhandene Bewertung bleibt unverändert. Nach fachlicher Einschätzung können sich für die „Seegraswiesen und sonstige marine Makrophytenbestände“ und „Schlickige Substrate in der aphotischen Zone der Ostsee dominiert von *Arctica islandica*“ diese geringfügigen Veränderungen nicht auf das Kriterium D6C3 im Sinne des Meeresgewässers Deutsche Ostsee auswirken.

Nährstoffverhältnisse, Schadstoffgehalte

Die Wirkfaktoren sind chemischer Art und können daher keine Änderung der physikalischen Störung bewirken. Sie können sich somit auch nicht auf das Kriterium D6C3 auswirken.

8.2.5.4 D6C4 Ausdehnung des Verlustes an Lebensraumtyp infolge anthropogener Belastungen

Eine benthische Biotopklasse befindet sich nach Kriterium D6C4 in einem guten Zustand, wenn die Ausdehnung des Verlustes an Lebensraumtyp infolge anthropogener Belastungen den EU-Schwellenwert von 2 % der Vorkommensfläche nicht überschreitet. Die relevante räumliche Bewertungseinheit ist das Meeresgewässer Deutsche Ostsee.

Der Begriff des „Verlusts“ beinhaltet den physikalischen Verlust, verursacht durch z.B. Überbauung oder Ausbaubaggerungen, aber auch den funktionalen Verlust, potenziell verursacht durch die Kumulierung von Belastungen wie Abrasion, aber auch Baggerguteintrag, die zu einem Verlust der benthischen Gemeinschaft führen kann, wenn die Ökosystemfunktion nicht aufrechterhalten werden kann. Die Bewertung erfolgt anhand der Verlustdaten des HELCOM-Indikators *CumI*.



Die vom Vorhaben betroffenen benthischen Biotopklassen „Sandböden des Infralitorals“, „Mischsedimente des Infralitorals“ und „Schlickböden des Circalitorals“ halten im aktuellen Zustandsbericht (BMUV 2024) mit < 0,5 % Verlust den Schwellenwert von 2 % ein und befinden sich hinsichtlich D6C4 in einem guten Zustand. In den anderen Lebensraumtypen, die mit Kriterium D6C4 ausgewertet wurden, traten Verluste in geringer Ausdehnung auf. Sie betragen 0,8 % (Seegraswiesen und Makrophyten) bzw. 0,1 % (Schlickige Substrate der aphotischen Zone) der Vorkommensfläche.

Morphologische Verhältnisse

Mit der Herstellung des Absenktunnels im Fehmarnsund ist während der Bauzeit ein Verlust des Meeresbodens für benthische Lebensraumtypen auf der Gesamtfläche der Tunneltrasse sowie auf 2,5 % der beidseitig liegenden Ankerzonen verbunden. Das Trassensediment wird auf der Nassbaggergutverbringfläche östlich Fehmarns auf einer Fläche von rund 50 ha kontrolliert und optimiert stufen- bzw. schichtweise abgelagert, um die Sedimentation gering zu halten (Kapitel 4.3.4). Im unmittelbar angrenzenden Bereich der Verbringfläche nehmen die projektbedingten Sedimentationshöhen mit zunehmender Entfernung schnell ab. Bei einer Bedeckung von über 10 cm können zwar einige Teile der benthischen wirbellosen Fauna fliehen bzw. sich freigraben, aber es ergibt sich trotzdem eine gewisse Mortalitätsrate und der benthische Lebensraum wird beeinträchtigt (LBP, Kapitel 3.2.3.2). Vorsorglich wird die Folgewirkung Sedimentation für die angrenzende Fläche mit einer finalen projektbedingten Überdeckung von über 10 cm (146 ha) als Verlust des Meeresbodens betrachtet.

Benthische Biotopklassen

Während des Tunnelbaus gehen 3,25 ha der Sandböden des Infralitorals sowie 18,1 ha der Mischsedimente des Infralitorals (vgl. Abb. 38) verloren. Durch die Nassbaggergutverbringung und angrenzende projektbedingte Sedimentation gehen 196 ha der Schlickböden des Circalitorals (Abb. 31) verloren. Im Verhältnis zur gesamten Vorkommensfläche im Meeresgewässer Deutsche Ostsee entsprechen die betroffenen Bereiche weniger als 0,05 % der Schlickböden des Circalitorals und deutlich weniger als 0,02 % der Sandböden bzw. Mischsedimente des Infralitorals. Die Meeresbodenverluste sind kleinräumig und führen nicht zur Überschreitung der aktuell eingehaltenen räumlichen Schwellenwerte (vgl. Kapitel 8.2.5.4, 2. Absatz). Folglich können die baubedingten Verluste nicht zu einer Verschlechterung der Zustandsbewertung der benthischen Biotopklassen hinsichtlich D6C4 führen.

Die zeitlich begrenzten lokalen Auswirkungen des Vorhabens führen nicht zu einer messbaren Veränderung des Zustands und schlagen sich daher auch nicht in einer veränderten Zustandsbewertung der benthischen Biotopklassen hinsichtlich D6C4 nieder. Das Bewertungskriterium wird durch das Vorhaben nicht verändert.

Nach Beschluss (EU) 2017/848 der Kommission sind Veränderungen des Meeresbodens dauerhaft und als physischer Verlust zu werten, wenn sie 12 Jahre oder länger anhalten. Im Fehmarnsund wird nach Abschluss der Tunnelbauarbeiten und der kompletten Wiederverfüllung des Tunnelgrabens im Rahmen der Wiederherstellungsmaßnahme des LRT 1160 die Meeresbodenmorphologie möglichst nah am Ausgangszustand wiederhergestellt (vgl. Kapitel 4.4.1). Um eine oberflächige Lagestabilität im gesamten wiederverfüllten Bereich zu gewährleisten, wird der Graben von den Ufern ausgehend mit Sand und daran angrenzend mit Feinkies verfüllt. Im Bereich mit höheren Strömungsgeschwindigkeiten zur Mitte des Fehmarnsunds hin wird Mittelkies



verwendet. Im Laufe der Zeit werden sich die künstlich eingebrachten und natürlich vorkommenden Oberflächensedimente strömungsbedingt mischen. Nur durch die im Bereich der Fahrrinne geringfügig über das heutige Bodenniveau hinausragende Ankerschutzschicht kommt es im Vergleich zum Ausgangszustand zu kleinräumigen dauerhaften morphologischen Veränderungen (Unterlage 17.01.001, Kapitel 3.2.2), die als Verlust gewertet wird. Die vorliegende Veränderung der Meeresbodenmorphologie ist mit $< 0,001\%$ im Vergleich zum Gesamtvorkommen sehr kleinräumig und kann nicht zu einer Überschreitung des Schwellenwerts führen. Die vom Tunnelbau betroffenen Flächen, auf denen Auswirkungen reversibel sind und nicht länger als 12 Jahre andauern werden, sind nicht als Verlust zu bewerten.

Der Schlickboden des Circalitorals im Bereich der Nassbaggergutverbringfläche, welcher nachweislich zu über 80 % aus einem hälftigen Gemisch aus Schluff ($< 0,063\text{ mm}$) und Feinsand ($> 0,063\text{--}0,2\text{ mm}$) besteht (vgl. Unterlage 47.03.001, Kapitel 3.2.3), bleibt dauerhaft überprägt. Während Mischsubstrate den Hauptteil des Oberflächensediment der Tunneltrasse ausmachen (Unterlage 47.01.001, Kapitel 3.2.3), besteht das gesamte zu verbringende Trassensediment aus überwiegend ($> 70\%$) bindige Böden (Mergel und Tarras-Tone und -Schluffe) und zu einem geringeren Anteil aus Sanden (Unterlage 18.04.001, Kapitel 3.2.1.4.2). Die veränderte Sedimentzusammensetzung und Meeresbodenstruktur wird zu einer Besiedlung mit einer anderen Makrozoobenthos-Gemeinschaft und anderen Biotoptypen führen. Da die Auswirkungen der Baggergutverbringung nicht reversibel sind und länger als 12 Jahre dauern werden, wird die Verbringungsfläche sowie die angrenzende Fläche mit mehr als 10 cm Bedeckung für die Schlickböden des Circalitorals als Verlust gewertet. Im Verhältnis zur gesamten Vorkommensfläche im Meeresgewässer Deutsche Ostsee ist der vorhabenbedingte Verlust kleinräumig und führt nicht zur Überschreitung des aktuell eingehaltenen räumlichen Schwellenwerts.

Andere Lebensraumtypen

Zwei der anderen Lebensraumtypen, §-30-Biotop „Seegraswiesen und sonstige marine Makrophytenbestände“ und der HELCOM-Rote-Liste-Typ „Schlickige Substrate in der aphotischen Zone der Ostsee dominiert von *Arctica islandica*“ wurden wie im Zustandsbericht (BMUV 2024) nach Kriterium D6C4 ausgewertet.

Auch hier sind die durch Verlust betroffenen Flächen mit $0,03\%$ für Seegraswiesen und Makrophytenbestände (10,1 ha, Abb. 30) und $< 0,2\%$ für Schlickige Substrate in der aphotischen Zone (196 ha, Abb. 31) der Gesamtvorkommen im Meeresgewässer deutsche Ostsee sehr kleinräumig und könnten nur bei knapper Einhaltung des räumlichen Schwellenwerts zu einer Überschreitung führen. Dies ist nicht der Fall (vgl. Kapitel 8.2.5.4, 2. Absatz). Ähnlich wie bei Kapitel 8.2.5.3 wurden auch hier aufgrund fehlender abgestimmter räumlicher Schwellenwerte die Lebensraumtypen nicht bewertet (BMUV 2024). Nach fachlicher Einschätzung können sich für die „Seegraswiesen und sonstige marine Makrophytenbestände“ und „Schlickige Substrate in der aphotischen Zone der Ostsee dominiert von *Arctica islandica*“ diese kleinräumigen Verluste nicht auf das Kriterium D6C4 im Sinne des Meeresgewässers Deutsche Ostsee auswirken.

Im Fehmarnsund sollen nach Abschluss der Tunnelarbeiten, der kompletten Wiederverfüllung des Tunnelgrabens sowie einer gezielten Initialbepflanzung von Seegras im Rahmen der Kompensationsmaßnahme zur Wiederherstellung des LRT 1160 die Biotope wiederhergestellt werden (Kapitel 4.4.1). Erfolgt eine Regeneration innerhalb von 12 Jahren, sind die vom Tunnelbau betroffenen Fläche gemäß Beschluss (EU) 2017/848 der Kommission nicht als Verlust zu werten.



Im Bereich der Nassbaggergutverbringung geht durch Überdeckung und Überprägung des projektbedingten Sediments Meeresboden für das HELCOM-Biotop „Schlickige Substrate der aphotischen Zone dominiert von *A. islandica*“ verloren. Das Trassensediment bietet nicht mehr die gleichen morphologischen Lebensbedingungen für die ursprünglich vorhandene Artengemeinschaft. Aufgrund der geänderten Sedimentzusammensetzung wird es nach Abschluss der Verbringung durch die Besiedelung aus der Umgebung zur Ausbildung einer anderen Artengemeinschaft kommen. Die Auswirkungen der Verbringung sind nicht reversibel und werden länger als 12 Jahre dauern. Demnach wird die Verbringungsfläche sowie die angrenzende Fläche mit mehr als 10 cm Bedeckung für das HELCOM-Biotop „Schlickige Substrate des Circalitorals mit Vorkommen von *A. islandica*“ als Verlust gewertet. Vorhabenbedingt wird die Verlustfläche des Biotops von 0,2 % (BMUV 2024) auf knapp 0,34 % erhöht. Da für die anderen Lebensraumtypen kein Bewertungskriterium vorhanden ist, steht auch kein Schwellenwert zur Verfügung, um zu überprüfen, ob durch den vorhabenbedingten Flächenverlust ein Statuswechsel bewirkt wird. Im aktuellen Zustandsbericht ist für D6C4 keine Bewertung vorhanden. Wird zur Einschätzung der Verlust-Auswirkungen auf den Maßstab benthischer Biotopklassen zurückgegriffen (Verlust unter 2%: keine Verschlechterung), wird der Schwellenwert vorhabenbedingt nicht überschritten und es kommt zu keiner Verschlechterung. Auch wenn ein strengerer Maßstab (z.B. 1%) angesetzt wird, kommt es nicht zu einer Schwellenwertüberschreitung (z.B. 1 %-Kriterium nach LAMBRECHT & TRAUTNER (2007): Der Verlust ist nicht größer als 1 % der Gesamtfläche des natürlichen Lebensraumes nach Anhang I FFH-Richtlinie).

Selbst bei Anwendung eines noch strengeren Maßstabs als der der benthischen Biotopklassen, kommt es für den anderen Lebensraumtyp zu keiner Verschlechterung hinsichtlich D6C4.

Schwebstoffgehalt

Die schwebstoffbedingte Trübung führt nicht zu einem physischen Verlust des Meeresbodens. Die Folgewirkung Sedimentation (angrenzender Bereich der Nassbaggergutverbringung mit projektbedingten Sedimentationshöhen von 1-10 cm) wird als physikalische Störung unter D6C2 erfasst und ist bereits in die Bewertung des Kriteriums D6C3 eingeflossen.

Nährstoffverhältnisse, Schadstoffgehalt

Die Wirkfaktoren sind chemischer Art. Sie stellen keine physikalische Belastung dar und können daher keine Änderung des physischen Verlusts bewirken. Sie können sich somit auch nicht auf das Kriterium D6C4 auswirken.

8.2.5.5 D6C5 Ausdehnung der Beeinträchtigung des Zustands des Lebensraumtyps

Ein benthischer Lebensraum befindet sich nach dem Kriterium D6C5 in einem guten Umweltzustand, wenn der Schwellenwert in weniger als 25 % der bewerteten Vorkommensfläche verfehlt wird. Die Bewertung für D6C5 setzt sich aus verschiedenen einzelnen Zustandsbewertungen zusammen. Bei räumlich überlappenden Bewertungen gilt das OOA-Prinzip („One out – All out“), d.h. der gute Zustand des Lebensraums ist nur dann erreicht, wenn für die betroffene Fläche die jeweiligen Schwellenwerte aus allen Bewertungsverfahren eingehalten werden.

Innerhalb der WRRL-Wasserkörper basiert die Bewertung auf den WRRL-Verfahren für die jeweiligen Sedimenttypen (entweder die Bewertung der Makrophyten oder des Makrozoobenthos). Sind bestimmte Flächen makrophytendominiert (gehören z. B. zum OHT „Seegraswiesen und sonstige



marine Makrophytenbestände“), hat die Bewertung der Makrophyten Vorrang. Außerhalb der WRRL-Wasserkörper beruht die Bewertung auf dem BQI mit nationalen Schwellenwerten. Der BQI wird nur auf Weichböden angewandt. Im gesamten Gebiet der deutschen Ostsee wird ferner die FFH-Bewertung berücksichtigt. Die relevante räumliche Bewertungseinheit ist das Meeresgewässer Deutsche Ostsee.

Von den durch das Vorhaben betroffenen benthischen Biotopklassen „Sandböden des Infralitorals“, „Mischsedimente des Infralitorals“ und „Schlickböden des Circalitorals“, wird der räumliche Schwellenwert verfehlt. Demnach werden auf mehr als 25 % der bewerteten Vorkommensflächen die Qualitätsschwellenwerte nicht eingehalten, sodass alle drei benthischen Biotopklassen hinsichtlich D6C5 nicht in einem guten Zustand sind. Jede weitere messbare Verschlechterung ist unzulässig.

Von den anderen Lebensraumtypen sind nur das §-30-Biotop „Seegraswiesen und sonstige marine Makrophytenbestände“ und der HELCOM-Rote-Liste-Biototyp „Schlickige Substrate in der aphotischen Zone der Ostsee dominiert von *Arctica islandica*“ nach D6C5 ausgewertet, aber aufgrund fehlender Schwellenwerte nicht bewertet worden (BMUV 2024). Die Auswertung zeigt, dass der Zustand der Seegraswiesen/Makrophyten auf der überwiegenden bewerteten Fläche auf der Stufe mäßig oder schlechter ist (Auswertung der Seegrastiefengrenze und der Opportunisten im Seegras). Für die schlickigen Substrate mit *Arctica* wurde die für die BHT durchgeführte BQI-Bewertung verwendet. Diese zeigt, dass der (nur für die BHT geltende) BQI-Schwellenwert auf mehr als 20 % der jeweils bewerteten Fläche überschritten ist. Eine Gesamtbewertung für die anderen Lebensraumtypen liegt aufgrund der fehlenden Schwellenwerte nicht vor.

Für die Bewertung des Gesamtzustands des anderen Lebensraumtyps „Riffe“ (EU-Code 1170) wurde die FFH-Bewertung von 2019 (Berichtsperiode 2013–2018) herangezogen. In der kontinentalen biogeografischen Region konnte kein günstiger Erhaltungszustand festgestellt werden. Der gute Umweltzustand wird daher auf ihrer gesamten Vorkommensfläche verfehlt.

Küstengewässer

Morphologische Verhältnisse, Schwebstoffgehalt, Nährstoffverhältnisse, Schadstoffgehalt

Von einem baubedingten Flächenverlust sowie Änderungen des Oberflächensediments nach der vollständigen Wiederverfüllung der Tunneltrasse ist nur der Küstenwasserkörper Fehmarn Sund W betroffen. Relevante erhöhte Schwebstoffgehalte aufgrund der Trassenarbeiten sind in den Küstenwasserkörpern Fehmarn Sund W sowie Fehmarn Sund E an der Küste von Großenbrode zu erwarten (Abb. 30). Erhöhte Schad- und Nährstoffkonzentrationen ergeben sich aufgrund der Mobilisierung von projektbedingten Sedimenten durch die Nassbaggerarbeiten lokal am Baggerstandort. Davon ist allein der Küstenwasserkörper Fehmarn Sund W betroffen. Erhöhte Schad- und Nährstoffkonzentrationen ergeben sich außerdem baubedingt durch die Entwässerung der Verkehrsflächen (Kapitel 5.1.7, 5.1.9, 5.3.3, 5.3.5) in die Küstenwasserkörper Fehmarn Sund E und Fehmarn Sund W. Von betriebsbedingten Stoffeinträgen ist nur der Küstenwasserkörper Fehmarn Sund W betroffen. Die Wirkradien um die Einleitungen liegen immer unter 100 m.

Die bau- und betriebsbedingten Auswirkungen sind kleinräumig sowie z. T. zeitlich begrenzt. Sie bewirken keine Biomasseverluste (vgl. Unterlage 18.04.001, Kapitel 6.3.1) und führen zu keiner Verschlechterung der biologischen Qualitätskomponenten nach WRRL-Bewertung in den Küstenwasserkörpern Fehmarn Sund W und Fehmarn Sund E (Unterlage 20.01.001, Kapitel 5.1.4.1,



5.1.4.3, 5.2.4.1, 5.2.4.3). Daher können die kleinräumigen Auswirkungen des Vorhabens auch nach dem Maßstab der MSRL nicht zu einer Verschlechterung der Zustandsbewertung der benthischen Biotopklassen „Sandböden des Infralitorals“, „Mischsedimente des Infralitorals“, oder des anderen Lebensraumtyps „Seegraswiesen und sonstige marine Makrophytenbestände“ hinsichtlich D6C5 führen, denn für das Kriterium D6C5 werden in der MSRL im Bereich der Küstengewässer ($< 1 \text{ m}$) die WRRL-Verfahren für die Bewertung verwendet.

Das Bewertungskriterium wird durch das Vorhaben nicht verändert.

Für die Prüfung des anderen Lebensraumtyps „Riffe“ (EU-Code 1170) wird das FFH-Bewertungsschema herangezogen, welches für die MSRL-Bewertung angewandt wird. Dieses enthält als Kriterien die Vollständigkeit der lebensraumtypischen Habitatstrukturen, die Vollständigkeit des lebensraumtypischen Arteninventars sowie etwaige vorhandene Belastungen.

Durch die Bauarbeiten der Tunneltrasse entsteht ein Verlust von weniger als 0,01 % der Vorkommensfläche der Riffe. Nach vollständiger Wiederverfüllung des Tunnelgrabens werden vor der Seegrasinitialbepflanzung die vorhabenbedingt entnommenen und bauzeitlich zwischengelagerten Steine wieder eingebracht, damit die wiederhergestellten Strukturen und Biotope dem ursprünglichen Ausgangszustand möglichst nahekommen (Unterlage 17.01.001, Kapitel 4.2.2) und eine schnelle Wiederbesiedlung erfolgen kann. Die Auswirkungen (vorübergehender Verlust der Habitatstruktur, Arten sowie Biomasse) sind bauzeitlich begrenzt und sehr kleinräumig. Weder das Arteninventar noch die Verbreitung der Arten werden verändert. Daher können sich die Auswirkungen nicht auf das dazugehörige FFH-Bewertungskriterium der „Vollständigkeit des lebensraumtypischen Arteninventars“ auswirken. Bezogen auf die Riffvorkommen innerhalb des Meeresgewässers Deutsche Ostsee kann es daher nicht zu Auswirkungen auf das Bewertungskriterium D6C5 kommen.

Durch die Trassenarbeiten entstehen projektbedingt erhöhte Schwebstoffgehalte. Da Riffe fast flächendeckend im Fehmarnsund vorkommen, gilt die Auswirkungsprognose für die benthische Fauna (Unterlage 20.01.001, Kapitel 5.1.1.2.1 und 5.2.1.2.1) in beiden Küstenwasserkörpern Fehmarn Sund E und Fehmarn Sund W als repräsentativ für die Fauna der Riffe. Gut 7,2 ha des Lebensraumtyps „Riffe“ sind von projektbedingten Schwebstoffkonzentrationen oberhalb der Wirkschwelle (Schwebstoffkonzentration von $> 10 \text{ mg/l}$ (bis 100 mg/l) an mindestens 7 zusammenhängenden Tagen, vgl. Kapitel 6.3) betroffen. Das sind $< 0,005 \%$ aller Riffbereiche innerhalb des Meeresgewässers Deutsche Ostsee (Gesamtfläche der Riffe etwa 218.390 ha). Durch eine Überschreitung der Wirkschwelle kann es nur zu einem vorübergehenden Verlust der Vitalität kommen, jedoch nicht zu einer erhöhten Sterblichkeit. Auch die Auswirkungsprognose für die benthische Flora zeigt, dass es bei einer Wirkschwellenüberschreitung maximal zu einer Wachstumsreduktionen, aber keinen Biomasseverlusten kommt (vgl. Auswirkungen auf „Großalgen und Angiospermen“ Unterlage 20.01.001, Kapitel 5.1.1.2.1.2.6). Die Wachstumseinbußen der benthischen Flora können nach Beendigung der Bauzeit in der folgenden Wachstumsphasen wieder ausgeglichen werden.

Für dieses Bewertungskriterium bedeutet das, dass sich vorübergehende Reduktionen von Biomasse oder Vitalität nicht im Bewertungsergebnis niederschlagen. Es kann nicht zu einer Veränderung der Bewertung kommen, da keine Arten verschwinden und die Auswirkungen Vitalitäts- oder Biomassereduktionen sein können, jedoch keine Verluste. Es kann daher nicht zu Auswirkungen auf das Bewertungskriterium D6C5 kommen.



Die Nähr- und Schadstoffeinträge sind zu kleinräumig und haben keine Auswirkungen auf den anderen Lebensraumtyp „Riffe“. Daher kann es nicht zu Veränderungen der Bewertungskriterien D6C5 kommen.

Der Zustand des anderen Lebensraumtyps „Riffe“ ist als „nicht gut“ eingestuft. Keines der maßgeblichen Bewertungskriterien erfährt eine Veränderung durch die Wirkfaktoren. Daraus folgt, dass sich der Zustand des Lebensraums innerhalb der nicht guten Zustandsklasse nicht verschlechtert. Es tritt keine Verschlechterung des Gesamtzustandes ein.

Tiefere Meeresgewässer offshore

Morphologische Verhältnisse, Schwebstoffgehalt (Folgewirkung Sedimentation), Nährstoffverhältnisse, Schadstoffgehalt

Durch die baubedingten Nassbaggergutverbringung in der Mecklenburger Bucht offshore entsteht ein Flächenverlust durch Überprägung des ursprünglichen Meeresbodens sowie eine Änderung der Morphologie. Nähr- und Schadstoffgehalte erhöhen sich nur kurzfristig um den Ort der Verbringung. Nach Beendigung des Baggerguteintrags wird durch die fortlaufende Verdünnung die Konzentrationen im Wasser weiter stark abnehmen. Die Konzentrationserhöhungen von Nähr- und Schadstoffen sind kurzzeitig und lokal begrenzt.

Neben der bauzeitlich begrenzten Auswirkung ist die betroffene Fläche, verglichen zum Gesamt-vorkommen der benthischen Biotopklasse „Schlickböden des Circalitorals“ im Meeresgewässer Deutsche Ostsee, ist die von Auswirkungen betroffene Fläche sehr kleinräumig (vgl. Kapitel D6C3 8.2.5.3 und D6C4 8.2.5.4). Das in diesem Meeresbereich für die MSRL angewandte Bewertungsverfahren BQI beruht auf einer größeren Anzahl von Probenahmestandorten, die in der gesamten Bewertungseinheit verteilt sind. Das 20. Perzentil der Einzelergebnisse wird mit dem Schwellenwert für den guten Zustand verglichen, um den Zustand der Bewertungseinheit festzustellen. Durch das Vorhaben gehen keine Arten gänzlich verloren, die betroffene Fläche ist klein im Vergleich zur Bewertungseinheit und daher wäre höchstens eine Mess-Station von den Änderungen betroffen, selbst wenn eine der Stationen mitten in der Fläche mit Auswirkungen läge. Dadurch ist es ausgeschlossen, dass sich der Wert des 20. Perzentils verschiebt. Es kann nicht zu einer Änderung der BQI-Bewertung der benthischen Fauna kommen. Die vorhabenbedingten Auswirkungen führen nicht zu einer messbaren Verschlechterung der Zustandsbewertung dieser benthischen Biotopklasse hinsichtlich D6C5.

Der relativ zum Gesamtvorkommen Der vorhabenbetroffene Bereich der schlickigen Substrate mit *Arctica* ist relativ zum Gesamtvorkommen dieses anderen Lebensraums ebenfalls sehr kleinräumig (vgl. Kapitel D6C3 8.2.5.3 und D6C4 8.2.5.4). Da dieser aufgrund fehlender räumlicher Schwellenwerte nicht bewertet wurde (BMUV 2024), kann es demnach für den HELCOM-Rote-Liste-Biotoptyp „Schlickige Substrate in der aphotischen Zone der Ostsee dominiert von *Arctica islandica*“ vorhabenbedingt nicht zu einer Verschlechterung hinsichtlich des Kriteriums D6C5 kommen.

Das Bewertungskriterium wird durch das Vorhaben nicht verändert.



8.2.5.6 Bewertung

Insgesamt befindet sich – bezogen auf die bewerteten Kriterien D6C3, D6C4 und D6C5 – keiner der vom Vorhaben betroffenen benthischen Lebensräume in einem guten Gesamtzustand. Keines der relevanten Bewertungskriterien wird durch das geplante Vorhaben verändert, weder in den betroffenen Küstengewässern Fehmarn Sund W oder Fehmarn Sund E noch in der Mecklenburger Bucht offshore.

Der Bewertung der einzelnen Kriterien D6C3, D6C4 und D6C5 für die jeweiligen benthischen Biotopklassen ist die Gesamtbewertung nachgeschaltet. Insgesamt befindet sich eine Biotopklasse gemäß Deskriptor D6 in einem guten Umweltzustand, wenn alle Schwellenwerte der betrachteten Einzelkriterien D6C3 bis D6D5 eingehalten werden. Für eine repräsentative Bewertung müssen mehr als 50 % der Vorkommensfläche des Lebensraums bewertet worden sein. Die relevante räumliche Bewertungseinheit ist das Meeresgewässer Deutsche Ostsee. Da sich die Bewertung der einzelnen Kriterien nicht ändert, ändert sich somit auch nichts an der Gesamtbewertung des Zustands der Benthischen Lebensräume im Meeresgewässer Deutsche Ostsee.

8.2.6 Zustand: Ökosysteme und Nahrungsnetze

Eine vollständige Zustandsbewertung der Ökosystemstrukturen und Nahrungsnetze ist nicht möglich, da sich entsprechende Bewertungsverfahren noch in der Entwicklung befinden und abgestimmte Indikatoren und Schwellenwerte für eine quantitative Bewertung fehlen. Aus den Bewertungsergebnissen der anderen Komponenten des Deskriptors 1 wird ersichtlich, dass der gute Umweltzustand der verschiedenen Komponenten des Nahrungsnetzes für die überwiegende Zahl der Artgruppen auf Basis ihrer individuellen Bewertung nicht erreicht ist. Insgesamt gesehen sind Ökosystem und Nahrungsnetz nicht in einem guten Zustand (vgl. Kapitel 7.1.6). Unter gemeinsamer Betrachtung von Aspekten der Biodiversität (Deskriptor 1) und des Nahrungsnetzes (Deskriptor 4), unter stärkerer Einbeziehung trophischer Gilden auf Basis verschiedener Organismengruppen, sind D4C1 (Diversität der trophischen Gilden) und D4C2 (Ausgewogenheit der Gesamthäufigkeit zwischen den trophischen Gilden) die maßgeblichen Bewertungskriterien. Die Kriterien D4C3 (Größenklassenverteilung innerhalb der trophischen Gilden) und D4C4 (Produktivität der trophischen Gilden) sind sekundäre Kriterien, die aktuell nicht bewertet wurden und zur Unterstützung der primären Kriterien D4C1 und D4C2 verwendet werden. Die relevante räumliche Bewertungseinheit ist das Meeresgewässer Deutsche Ostsee.

Die vorhabenbedingten Auswirkungen auf die Ökosystemkomponenten Fische, See- und Küstenvögel, Marine Säuger, Benthische Lebensräume, Pelagische Lebensräume (Aspekte der Biodiversität, Deskriptor 1) sind in den Kapiteln 8.2.1 bis 8.2.5 beschrieben. Eine Verschlechterung des Zustands der Fische, See- und Küstenvögel, Marine Säugetiere, benthischen Lebensräume, pelagischen Lebensräume durch das Vorhaben findet nicht statt (vgl. Kapitel 8.2.1.5, 8.2.2.5, 8.2.3.5, 8.2.4.2, 8.2.5.6).

Die einzelnen Teilaspekte, die als minimale Voraussetzungen zur Beschreibung der „Ökosysteme, einschließlich Nahrungsnetze“ dienen, werden durch die Wirkfaktoren des Vorhabens nicht verändert. Daher kann dies auch nicht auf die „Ökosysteme, einschließlich Nahrungsnetze“ zutreffen, insbesondere wenn auch alle anderen geprüften Aspekte, inkl. Belastungen, keine Auswirkungen haben.



8.2.6.1 D4C1 Diversität der trophischen Gilde

Fische

Das Vorhaben wirkt sich nicht auf die Zusammensetzung und relative Häufigkeit der Fische (pelagische und demersale sowie Küstenfische) aus, weil die Wirkfaktoren nicht auf dieses Kriterium wirken. Die vorhandene Diversität, d. h. biologische Vielfalt der Fische wird durch das Vorhaben nicht verändert (vgl. Kapitel 8.2.1.5).

See- und Küstenvögel

Das Vorhaben wirkt sich nicht auf die Zusammensetzung und relative Häufigkeit der See- und Küstenvögel (Watvögel, Oberflächen-, Wassersäulen- und Benthosfresser sowie herbivore Wasservögel) aus, weil die Wirkfaktoren nicht auf dieses Kriterium wirken. Die vorhandene Diversität, d. h. biologische Vielfalt der See- und Küstenvögel wird durch das Vorhaben nicht verändert (vgl. Kapitel 8.2.2.5).

Marine Säugetiere

Das Vorhaben wirkt sich nicht auf die Zusammensetzung und relative Häufigkeit der marinen Säugetiere (Robben und kleinen Zahnwale) aus, weil die Wirkfaktoren nicht auf dieses Kriterium wirken. Die vorhandene Diversität, d. h. biologische Vielfalt der marinen Säugetiere wird durch das Vorhaben nicht verändert (vgl. Kapitel 8.2.3.5).

Benthische Lebensräume

Das Vorhaben wirkt sich nicht auf die Ausgewogenheit der Gesamthäufigkeit zwischen den trophischen Gilden aus, da sich die Anzahl und Zusammensetzung der Großalgen und Angiospermen sowie In- und Epifauna nicht ändert. Die vorhandene Diversität, d. h. biologische Vielfalt der benthischen Lebensräume wird durch das Vorhaben nicht verändert (vgl. Kapitel 8.2.4.2).

Pelagische Lebensräume

Das Vorhaben wirkt sich nicht auf die Zusammensetzung und relative Häufigkeit der pelagischen Arten (Phyto- und Zooplankton) aus, weil die Wirkfaktoren nicht auf dieses Kriterium wirken. Die vorhandene Diversität, d. h. biologische Vielfalt der pelagischen Lebensräume wird durch das Vorhaben nicht verändert (vgl. Kapitel 8.2.5.6).

8.2.6.2 D4C2 Ausgewogenheit der Gesamthäufigkeit zwischen den trophischen Gilden

Fische

Das Vorhaben wirkt sich nicht auf die Ausgewogenheit der Gesamthäufigkeit zwischen den trophischen Gilden aus, da sich die Anzahl und Zusammensetzung der pelagischen, demersalen und Küstenfische nicht ändert. Die vorhandene Diversität, d. h. biologische Vielfalt der Fische wird durch das Vorhaben nicht verändert (vgl. Kapitel 8.2.1.5).

See- und Küstenvögel

Das Vorhaben wirkt sich nicht auf die Ausgewogenheit der Gesamthäufigkeit zwischen den trophischen Gilden aus, da sich die Anzahl und Zusammensetzung der Watvögel, Oberflächen-, Wassersäulen-, Benthosfresser und herbivoren Wasservögel nicht ändert. Die vorhandene Diversität, d.



h. biologische Vielfalt der See- und Küstenvögel wird durch das Vorhaben nicht verändert (vgl. Kapitel 8.2.2.5).

Marine Säugetiere

Das Vorhaben wirkt sich nicht auf die Ausgewogenheit der Gesamthäufigkeit zwischen den trophischen Gilden aus, da sich die Anzahl und Zusammensetzung der Robben und kleinen Zahnwale nicht ändert. Die vorhandene Diversität, d. h. biologische Vielfalt der marinen Säugetiere wird durch das Vorhaben nicht verändert (vgl. Kapitel 8.2.3.5).

Benthische Lebensräume

Das Vorhaben wirkt sich nicht auf die Ausgewogenheit der Gesamthäufigkeit zwischen den trophischen Gilden aus, da sich die Anzahl und Zusammensetzung der Großalgen und Angiospermen sowie In- und Epifauna nicht ändert. Die vorhandene Diversität, d. h. biologische Vielfalt der benthischen Lebensräume wird durch das Vorhaben nicht verändert (vgl. Kapitel 8.2.4.2).

Pelagische Lebensräume

Das Vorhaben wirkt sich nicht auf die Ausgewogenheit der Gesamthäufigkeit zwischen den trophischen Gilden aus, da sich die Anzahl und Zusammensetzung des Phyto- und Zooplanktons nicht ändert. Die vorhandene Diversität, d. h. biologische Vielfalt der pelagischen Lebensräume wird durch das Vorhaben nicht verändert (vgl. Kapitel 8.2.5.6).

8.2.6.3 D4C3, D4C4

Fische, See- und Küstenvögel, Marine Säugetiere, Benthische Lebensräume, Pelagische Lebensräume

Das Vorhaben wirkt sich nicht auf die Kriterien D4C3 (Größenverteilung von Exemplaren der trophischen Gilde) und D4C4 (Produktivität der trophischen Gilde) aus, da sich Merkmale wie Altersstruktur, Geschlechtsverhältnis, Fruchtbarkeit und Mortalität in den trophischen Gilden innerhalb der Fische, See- und Küstenvögel, marinen Säugetiere, des Makrophytobenthos und des Makrozoobenthos der benthischen Lebensräume sowie des Phyto- und Zooplanktons der pelagischen Lebensräume nicht verändert (vgl. Kapitel 8.2.1 bis 8.2.5). Die vorhandene Populationsdemographie in den Ökosystemkomponenten wird durch das Vorhaben nicht verändert (vgl. Kapitel 8.2.1.5, 8.2.2.5, 8.2.3.5, 8.2.4.2 8.2.5.6).

8.2.6.4 Bewertung

Die vorhandene Diversität der fünf Ökosystemkomponenten (Fische, See- und Küstenvögel, marine Säugetiere, benthische Lebensräume, pelagische Lebensräume) wird durch das Vorhaben nicht verschlechtert, weil sich die Bewertungskriterien D4C1 (Zusammensetzung und relative Häufigkeit der Arten) und D4C2 (Ausgewogenheit der Gesamthäufigkeit zwischen den trophischen Gilden) durch das Vorhaben nicht verändern. Die Auswirkungen des Vorhabens führen nicht dazu, dass sich der Umweltzustand der Artengruppen im Meeresgewässer Deutsche Ostsee verändert.

Daraus folgt, dass auch auf der Ebene des gesamten Ökosystems, einschließlich Nahrungsnetze keine Verschlechterung der Diversität durch das Vorhaben erfolgt. Auch die Gewässerfunktionen des Meeresgewässers Deutsche Ostsee wird nicht beeinträchtigt, da sich die Diversität des Ökosystems, einschließlich Nahrungsnetze durch das Vorhaben nicht verändert.



Die Auswirkungen des Vorhabens führen hinsichtlich der einzelnen Strukturen, Funktionen und Prozesse des Ökosystems nicht dazu, dass sich deren Zustand in der Bewertungseinheit verschlechtert. Die Wirkfaktoren wirken nicht nachteilig auf die Bewertungskriterien ein. Die Auswirkungen der Wirkfaktoren sind nicht in der Lage, die Funktionen, welche die einzelnen Strukturen, Funktionen und Prozesse des Ökosystems in der Bewertungseinheit erfüllen, zu beeinträchtigen.

Aggregation auf den Ökosystembestandteil

Weil das Vorhaben den Zustand der einzelnen Strukturen, Funktionen und Prozesse des Ökosystems, die den Ökosystembestandteil „Ökosysteme, einschließlich Nahrungsnetze“ im Sinne von Anhang III, Tabelle 1 der MSRL bilden, im Meeresgewässer Deutsche Ostsee nicht verändert, kommt die Prüfung seiner Auswirkungen zu dem Ergebnis, dass eine Veränderung des Ökosystembestandteils ausgeschlossen ist.

8.2.7 Belastung: Kommerziell genutzte Fisch- und Schalentierbestände

Der gute Zustand für die deutschen Ostseegewässer in Bezug auf kommerziell genutzte Fisch- und Schalentierbestände ist für den aktuellen Bewertungszeitraum nicht erreicht (vgl. Kapitel 7.2.2). Die maßgeblichen Bewertungskriterien sind D3C1 (fischereiliche Sterblichkeit), D3C2 (Biomasse des Laicherbestands) und D3C3 (Alters- und Größenverteilung). Da das Vorhaben in keinem Zusammenhang mit der Fischerei steht, können Auswirkungen auf die Kriterien D3C1 von vornherein ausgeschlossen werden. Die relevante räumliche Bewertungseinheit ist das Meeresgewässer Deutsche Ostsee.

Der Fischbestand in den Bereichen des Fehmarnsunds sowie der Verbringungsfläche für das Nassbaggergut wurde durch IfAÖ (Unterlage 47.01.001 und 47.03.001) untersucht. Demnach ist in den projektbedingt betroffenen Bereichen mit dem Vorkommen der in Tab. 33 genannten Fischarten aus den drei relevanten Fischartengruppen (Küstenfische, demersale und pelagische Schelffische) zu rechnen. Die nachgewiesenen kommerziellen Fischarten während der Kampagnen Herbst 2021 – Frühjahr 2023 (Unterlagen 47.01.001, Kapitel 4.2 und 47.03.001, Kapitel 4.2.2) sind in Tab. 33 aufgeführt. Von den nachgewiesenen Beständen sind 6 Bestände (Lachs, Sprotte, Hering, Scholle (West), Dorsch und dem europäischen Flusssaal) nicht in einem guten Zustand. Die verbleibenden 8 Bestände wurden aufgrund fehlender Indikatoren oder Bewertungsgrenzen nicht bewertet.

Tab. 33: Nachgewiesene kommerzielle Fischarten während der Kampagnen (Herbst 2021 – Frühjahr 2023)

Quellen: Unterlage 47.01.001, Tab. 30 und 47.03.001, Tab. 19 und Tab. 21

Artengruppe	Art	Vorkommen und Funktion
Küstenfische	Europäischer Flusssaal	Fehmarnsund (Nahrungs- und Durchzugsgebiet)
	Flussbarsch	Fehmarnsund (Laich-, Aufwuchs-, Nahrungsgebiet)
	Flunder	Fehmarnsund (Aufwuchs-, Nahrungsgebiet), Verbringungsfläche
Demersale Schelffische	Dorsch	Fehmarnsund (Aufwuchs-, Nahrungsgebiet), Verbringungsfläche



Artengruppe	Art	Vorkommen und Funktion
	Wittling	Fehmarnsund (Aufwuchs-, Nahrungsgebiet), Verbringungsfläche
	Scholle	Fehmarnsund (Aufwuchs-, Nahrungsgebiet), Verbringungsfläche
	Kliesche	Fehmarnsund (Aufwuchs-, Nahrungsgebiet), Verbringungsfläche
	Steinbutt	Fehmarnsund (Aufwuchs-, Nahrungsgebiet), Verbringungsfläche
	Glattbutt	Verbringungsfläche
Pelagische Schelffische	Hornhecht	Fehmarnsund (Laich-, Aufwuchs-, Nahrungsgebiet)
	Atlantischer Lachs	Fehmarnsund (Durchzugsgebiet)
	Meerforelle	Fehmarnsund (Nahrungs-, Durchzugsgebiet)
	Sprotte	Fehmarnsund (Aufwuchs-, Nahrungsgebiet), Verbringungsfläche
	Atlantischer Hering	Fehmarnsund (Aufwuchs-, Nahrungs-, Durchzugsgebiet), Verbringungsfläche

8.2.7.1 D3C1 Fischereiliche Sterblichkeit von Populationen kommerziell befischter Arten

Da das Vorhaben in keinem ursächlichen Zusammenhang mit der Fischerei und demnach auch nicht mit fischereilicher Sterblichkeit steht, können Auswirkungen auf die Kriterien D3C1 von vornherein ausgeschlossen werden. Die Belastung durch fischereiliche Sterblichkeit kann sich nicht aufgrund der vorhabenbedingten Wirkfaktoren verändern.

8.2.7.2 D3C2 Biomasse des Laicherbestands von Populationen kommerziell befischter Arten

Das Bewertungskriterium bezieht sich auf die Belastung kommerziell genutzter Fischbestände in Bezug auf die Laicherbestandsbiomasse, die den höchstmöglichen Dauerertrag erzielt. D3C2 ist ein zustandsbezogenes Bewertungskriterium (vgl. EU-Kommissionsbeschluss 2017/848: S. 52). Die Auswirkungen der Wirkfaktoren auf die Laicherbestandsbiomasse unterscheiden sich nicht von denen auf die Populationsgröße (D1C2). Daher wird für die diesbezügliche Bewertung der vorhabenbedingten Auswirkungen auf Kapitel 8.2.1.1 verwiesen.

8.2.7.3 D3C3 Alters- und Größenverteilung von Exemplaren innerhalb der Populationen kommerziell befischter Arten

Dieses Bewertungskriterium bezieht sich auf die Belastung kommerziell genutzter Fischbestände in Bezug auf deren Alters- und Größenverteilung innerhalb der Population. D3C3 ist ein zustandsbezogenes Bewertungskriterium (vgl. EU-Kommissionsbeschluss 2017/848: S. 52). Für das Bewertungskriterium wird erstmals ein neu entwickeltes Bewertungsverfahren angewendet. Für jeden bewerteten Bestand werden die Bewertungsergebnisse folgender zwei Indikatoren in einem Bewertungsschema integriert: die Bewertung der Rekrutierung (R) und des Quotienten



Laicherbestandsbiomasse/Rekrutierung (SSB/R), wobei R die Produktivität und SSB/R das Wachstumspotential eines Bestandes widerspiegelt. Das Kriterium D3C3 kann die integrierte Bewertung von D3C1 und D3C2 nicht verbessern, sondern nur bestätigen oder herabstufen.

Die Auswirkungen der Wirkfaktoren auf die Alters- und Größenverteilung kommerziell befischter Arten hinsichtlich Laicherbestandsbiomasse sowie Rekrutierung unterscheiden sich nicht von denen auf die Populationsgröße (D1C2) sowie der Populationsdemographischen Merkmale (D1C3) wie z.B. Fruchtbarkeit und Überlebensraten. Daher wird für die diesbezügliche Bewertung der Auswirkungen durch die Wirkfaktoren auf Kapitel 8.2.1.1 und 8.2.1.2 verwiesen.

8.2.7.4 Bewertung

Keines der relevanten Bewertungskriterien wird durch das geplante Vorhaben verändert. Somit wird sich auch der Zustand der kommerziell genutzten Fisch- und Schalentierbestände im Meeresgewässer Deutsche Ostsee nicht verändern.

8.2.8 Belastung: Eutrophierung

Der gute Zustand für die deutschen Ostseegewässer in Bezug auf Eutrophierung ist für den aktuellen Bewertungszeitraum nicht erreicht (vgl. Kapitel 7.2.3). Die maßgeblichen Bewertungskriterien sind D5C1 (Nährstoffkonzentrationen), D5C2 (Chlorophyll-a-Konzentrationen), D5C3 (Anzahl, Ausdehnung und Dauer schädlicher Algenblüten), D5C4 (Photische Grenze der Wassersäule), D5C5 (Konzentration an gelöstem Sauerstoff), D5C6 (Mengen der opportunistischen Makroalgen), D5C7 (Zusammensetzung und relative Häufigkeit der Arten oder die Tiefenverteilung der Makrophytengemeinschaften) und D5C8 (Zusammensetzung und relative Häufigkeit der Arten oder die Tiefenverteilung der Makrofaunagemeinschaften). Die relevanten räumlichen Bewertungseinheiten sind die Gesamtheit der Küstengewässer nach WRRL (< 1 sm). Die Kieler Bucht offshore und die Mecklenburger Bucht offshore sind nicht betroffen.

8.2.8.1 D5C1 Nährstoffkonzentrationen

Das Bewertungskriterium bezieht sich auf die Konzentrationen von gelöstem, anorganischen Stickstoff (DIN), Gesamtstickstoff (TN), gelöstem, anorganischen Phosphor (DIP) sowie Gesamtphosphor (TP). Diese Nährstoffkonzentrationen werden gemäß WRRL bewertet. Die Konzentrationen sollen keine Werte haben, die auf negative Eutrophierungswirkungen hindeuten.

Nährstoffverhältnisse

Aufgrund der Einleitung von sowohl bauzeitlichen als auch betriebszeitlichen Entwässerungen der Verkehrsflächen sowie aus der Einleitung von Spülwasser aus dem Spülfeld ergeben sich lokal erhöhte Nährstoffkonzentrationen. Innerhalb der Küstengewässer (< 1 sm) sind die Wasserkörper Fehmarn Sund W (Einleitstellen Gr3 und Gr5, Spülleitung) und Fehmarn Sund E (Einleitstelle Gr6) betroffen.

Durch die Einleitung von Spülwasser aus dem Spülfeld kommt es baubedingt zu einer lokalen Erhöhung der Konzentration von Gesamtphosphor und Gesamtstickstoff. Die berechneten Wirkradien, bis der Orientierungswert für einen guten Zustand betragen 56 m für Gesamtphosphor und 14 m für Gesamtstickstoff. An der repräsentativen Messstelle sind die Phosphor- sowie Stickstoffeinträge messtechnisch nicht mehr nachweisbar (Unterlage 20.01.001, Kapitel 5.1.1.1.8).



An den Einleitstellen Gr3 und Gr5 kommt es baubedingt durch Entwässerung der Verkehrsflächen zu einer lokalen Erhöhung der Konzentration von Gesamtphosphor. Die Einleitwässer haben jeweils eine durchschnittliche Konzentration von 500 µg/l Gesamtphosphor, der deutlich über dem Orientierungswert für den guten Zustand (13,60 µg/l) liegt. Die berechneten Wirkradien, bis der Orientierungswert für den guten Zustand unterschritten ist, betragen 25 m an Gr3 und 74 m an Gr5. Dies entspricht einem Wirkungsbereich von insgesamt 0,012 % an der Fläche des Wasserkörpers Fehmarn Sund W (Unterlage 20.01.001, Kapitel 5.1.1.2.2.3). Bezogen auf die gesamte Bewertungseinheit Küstengewässer ist der Anteil entsprechend noch geringer. An der repräsentativen Messstelle sind die einzelnen und summarischen Phosphoreinträge messtechnisch nicht nachweisbar (Unterlage 20.01.001, Kapitel 5.1.1.1.8).

An der Einleitstelle Gr5 kommt es baubedingt durch die Entwässerung der Verkehrsflächen zu einer lokalen Erhöhung der Konzentration von Gesamtstickstoff. Die Einleitwässer haben eine durchschnittliche Konzentration von 800 µg/l Gesamtstickstoff, die deutlich über dem Orientierungswert für den guten Zustand (200 µg/l) liegt. Der berechnete Wirkradius, bis der Orientierungswert für den guten Zustand unterschritten ist, beträgt 35 m. Dies entspricht einem Wirkungsbereich von anteilig 0,002 % an der Fläche des Wasserkörpers Fehmarn Sund W (Unterlage 20.01.001, Kapitel 5.1.1.2.2.2.2). Bezogen auf die gesamte Bewertungseinheit Küstengewässer ist der Anteil entsprechend noch geringer. An der repräsentativen Messstelle sind die einzelnen und summarischen Stickstoffeinträge messtechnisch nicht nachweisbar (Unterlage 20.01.001, Kapitel 5.1.1.1.8).

An der Einleitstelle Gr3 kommt es betriebsbedingt durch die Entwässerung der Verkehrsflächen zu einer lokalen Erhöhung der Konzentration von Gesamtphosphor. Die Einleitwässer haben eine durchschnittliche Konzentration von 500 µg/l Gesamtphosphor, die deutlich über dem Orientierungswert für den guten Zustand (13,60 µg/l) liegt. Der berechnete Wirkradius, bis der Orientierungswert für den guten Zustand unterschritten ist, beträgt 51 m. Dies entspricht einem Wirkungsbereich von anteilig 0,006 % an der Fläche des Wasserkörpers Fehmarn Sund W (Unterlage 20.01.001, Kapitel 5.1.3.2.2.3). Bezogen auf die gesamte Bewertungseinheit Küstengewässer ist der Anteil entsprechend noch geringer. An der repräsentativen Messstelle sind die einzelnen und summarischen Phosphoreinträge messtechnisch nicht nachweisbar (Unterlage 20.01.001, Kapitel 5.1.3.1.2).

An der Einleitstelle Gr6 kommt es sowohl baubedingt als auch betriebsbedingt durch die Entwässerung der Verkehrsflächen zu lokal erhöhten Konzentrationen von Gesamtphosphor. Die Einleitwässer haben jeweils eine durchschnittliche Konzentration von 500 µg/l Gesamtphosphor, die deutlich über dem Orientierungswert für den guten Zustand (13,60 µg/l) liegt. Die berechneten Wirkradien, bis der Orientierungswert für den guten Zustand unterschritten ist, betragen baubedingt 11 m und betriebsbedingt 38 m. Dies entspricht Wirkungsbereichen von anteilig 0,0001 % (baubedingt) und 0,0014 % (betriebsbedingt) an der Fläche des Wasserkörpers Fehmarn Sund E (Unterlage 20.01.001, Kapitel 5.2.1.2.2.2.3 und 5.2.3.2.2.2.3). Bezogen auf die gesamte Bewertungseinheit Küstengewässer sind die Anteile entsprechend noch geringer. An der repräsentativen Messstelle sind die einzelnen und summarischen Phosphoreinträge weder baubedingt noch betriebsbedingt messtechnisch nachweisbar (Unterlage 20.01.001, Kapitel 5.1.1.1.8 und 5.2.3.1.2).

Die Konzentrationsanstiege von Gesamtphosphor (TP) und Gesamtstickstoff (TN) durch die baubedingte Einleitung von Spülwässern und Verkehrsflächenentwässerung sowie der betriebsbedingten Entwässerung der Verkehrsflächen beschränken sich alle auf den Nahbereich der jeweiligen Einleitstelle und sind an den entsprechenden repräsentativen Messstellen messtechnisch nicht



nachweisbar (Unterlage 20.01.001, Kapitel 5.1.1.2.2.2.2, 5.1.1.2.2.2.3, 5.1.3.2.2.2.2, 5.1.3.2.2.2.3, 5.2.1.2.2.2.2, 5.2.1.2.2.2.3, 5.2.3.2.2.2.2 und 5.2.3.2.2.2.3). Eine Kumulation der Konzentration ist aufgrund der Lage der verschiedenen Einleitstellen nicht gegeben. Auch in der Summe der Flächen sind baubedingt insgesamt maximal 0,027 % des Wasserkörpers Fehmarn Sund W betroffen. Die Flächen sind sehr kleinräumig. Die aktuelle Bewertung der Nährstoffkonzentrationen in den betroffenen Küstenwasserkörpern kann durch die lokal begrenzten und kleinräumigen Konzentrationsanstiege nicht verändert werden. Das Bewertungskriterium wird durch das Vorhaben nicht verändert.

8.2.8.2 D5C2, D5C3, D5C4, D5C5, D5C6, D5C7

Das Bewertungskriterium D5C2 bezieht sich auf Chlorophyll-a-Konzentrationen im Wasser. Diese sollen keine Werte erreichen, die auf Beeinträchtigungen in Folge von Nährstoffanreicherung hindeuten.

Das Bewertungskriterium D5C3 bezieht sich auf Anzahl, Ausdehnung und Dauer schädlicher Algenblüten. Diese sollten sich nicht auf einem Niveau befinden, das auf Beeinträchtigung infolge von Nährstoffanreicherung hindeutet.

Das Bewertungskriterium D5C4 bezieht sich auf die photische Grenze (Durchlichtung) der Wassersäule. Diese sollte nicht aufgrund der Zunahme suspendierter Algen auf ein Niveau reduziert sein, das auf Beeinträchtigungen infolge der Nährstoffanreicherung hindeutet.

Das Bewertungskriterium D5C5 bezieht sich auf die Konzentration an gelöstem Sauerstoff in der untersten Schicht der Wassersäule. Die Konzentration soll nicht aufgrund der Nährstoffanreicherung auf ein Niveau reduziert sein, das auf Beeinträchtigungen benthischer Lebensräume (einschließlich der dort lebenden Biota und beweglichen Arten) oder andere Eutrophierungseffekte hindeutet.

Das Bewertungskriterium D5C6 bezieht sich auf opportunistische Makroalgen benthischer Lebensräume. Diese sollen nicht in Mengen vorhanden sein, die auf eine Beeinträchtigung der Nährstoffanreicherung hindeutet.

Das Bewertungskriterium D5C7 bezieht sich auf die Makrophytengemeinschaften benthischer Lebensräume. Deren Zusammensetzung und relative Häufigkeit der Arten oder deren Tiefenverteilung sollen Werte erreichen, die anzeigen, dass keine Beeinträchtigungen in Folge der Nährstoffanreicherung vorliegen, auch nicht in Form zunehmender Wassertrübung.

Nährstoffverhältnisse

Aufgrund der nur kleinräumig nachweisbaren Nährstoff erhöhungen durch baubedingte und betriebsbedingte Verkehrsflächenentwässerung wurde an den repräsentativen Messstellen eine messtechnisch nachweisbare Veränderung von Gesamtstickstoff (TN) und Gesamtphosphor (TP) ausgeschlossen (vgl. Kapitel 8.2.8.1).. Auswirkungen auf Phytoplankton sowie Makrophyten sind demnach lokal begrenzt und führen zu keiner Änderung in ihrer Biomasse, Artenzusammensetzung oder Artenhäufigkeit. Somit können Auswirkungen dieses Wirkfaktors auf die Bewertungskriterien D5C2, D5C3, D5C4, D5C5, D5C6 und D5C7 ausgeschlossen werden.

Die Bewertungskriterien werden durch das Vorhaben nicht verändert.



8.2.8.3 D5C8 Zusammensetzung und relative Häufigkeit der Arten oder die Tiefenverteilung der Makrofaunagemeinschaften

Das Kriterium bezieht sich auf die Makrofaunagemeinschaften benthischer Lebensräume. Deren Zusammensetzung und relative Häufigkeit der Arten oder deren Tiefenverteilung sollen Werte erreichen, die anzeigen, dass keine Beeinträchtigungen in Folge von Anreicherungen von Nährstoffen und organischem Material vorliegen.

Die Makrofaunagemeinschaften benthischer Lebensräume leben auf oder im Meeresboden und sind an die im Sediment vorhandenen Nährstoffkonzentrationen gewöhnt. Wie bereits in Kapitel 6.2.10 abgeschichtet, kommt es durch die Baggerarbeiten lediglich zu einer Umlagerung bestehender Nährstoffkonzentrationen und organischen Materials und nicht zu deren Anreicherung im Sediment. Es kommt auch nicht zu Auswirkungen auf die Kriterien D5C2, D5C3, D5C6 oder D5C7, welche eine Erhöhung des organischen Materials zu Folge hätten (Kapitel 8.2.9.2).

Eine Erhöhung der Nährstoffkonzentrationen im Wasser ist nicht relevant, da die benthischen Makrofaunagemeinschaften nicht direkt gelöste anorganische Nährstoffe aufnehmen können.

Das Bewertungskriterium wird durch das Vorhaben nicht verändert.

8.2.8.4 Bewertung

Keines der relevanten Bewertungskriterien wird durch das Vorhaben verändert. Somit wird sich der Zustand in Bezug auf Eutrophierung in den relevanten Bewertungseinheiten Küstengewässer, Kieler Bucht offshore und Mecklenburger Bucht offshore projektbedingt nicht verändern.

8.2.9 Belastung: Änderung der hydrografischen Bedingungen

Als relevante Belastungen werden im MSRL-Zustandsbericht der physische Verlust aufgrund der dauerhaften Veränderung des Substrats oder der Morphologie des Meeresbodens und des Abbaus von Meeresbodensubstrat sowie Veränderungen der hydrografischen Bedingungen genannt (BMUV 2024, S. 109 ff.). Eine eigenständige Bewertung und Aussage zum guten Zustand in Bezug auf hydrografische Bedingungen ist entsprechend EU-Bewertungsleitfaden nicht vorgesehen. Die Anforderungen beschränken sich auf zwei sekundäre Kriterien (D7C1 Räumliche Ausdehnung hydrographischer Veränderungen, D7C2 Räumliche Ausdehnung jedes infolge hydrographischer Veränderungen beeinträchtigter benthischer Lebensraum), die bei der Bewertung des Zustands der benthischen Lebensräume und der Ökosysteme herangezogen werden. Während beim Kriterium D7C1 die Gesamtfläche aller dauerhaften Veränderungen je Bewertungseinheit anzugeben ist, erfordert die Analyse des Kriteriums D7C2 anteilige Angaben zu den Belastungen je Lebensraumtyp und den Abgleich mit Schwellenwerten. Regional abgestimmte Schwellenwerte existieren noch nicht. Nach Beschluss (EU) 2017/848 der Kommission sind Veränderungen des Meeresbodens dauerhaft und als physischer Verlust zu werten, wenn sie 12 Jahre oder länger anhalten. Daher werden menschliche Aktivitäten, deren Auswirkungen reversibel sind und weniger als 12 Jahre dauern, nicht als Verlust berücksichtigt. Die relevanten räumlichen Bewertungseinheiten sind für D7C1 die Küstengewässer nach WRRL (< 1 sm) sowie die tieferen Meeresgewässer offshore (> 1 sm) der Deutschen Ostsee und für D7C2 das Meeresgewässer Deutsche Ostsee.



8.2.9.1 D7C1 Räumliche Ausdehnung und Verteilung der dauerhaften Veränderung der hydrographischen Bedingungen

Das Bewertungskriterium D7C1 beschreibt die räumliche Ausdehnung und Verteilung der dauerhaften Veränderung der hydrographischen Bedingungen (z.B. Veränderungen des Seegangs, der Strömungen, des Salzgehalts und der Temperatur) des Meeresbodens und der Wassersäule, insbesondere in Verbindung mit einem physischen Verlust des natürlichen Meeresgrundes, welche keine Werte erreichen sollen, die nachteilige Auswirkungen auf die Meeresökosysteme haben. Für das Kriterium D7C1 werden die Gesamtflächen aller dauerhaften Veränderungen für die Küstengewässer (< 1 sm) und die tieferen Meeresgewässer (> 1 sm) angegeben.

Küstengewässer

In den Küstengewässern des Fehmarnsunds kommt es im Umfeld des Tunneltrasse baubedingt zu Veränderungen der hydrographischen Bedingungen des Meeresbodens und der Wassersäule (vgl. Kapitel 5.1.1 bis 5.1.5), insbesondere in Verbindung mit dem physischen Verlust von ca. 21,5 ha Meeresboden (Unterlage Kapitel 3.1.2.1, Tab. 71). Diese sind anhand der Wirkfaktoren Morphologische Verhältnisse, Strömungsgeschwindigkeit, Durchgängigkeit, Seegang und Wasserspiegellage im Rahmen des wasserrechtlichen Fachbeitrags zur WRRL analysiert und bewertet worden (Unterlage 20.01.001, Kapitel 5.1 bis 5.6). Nach Abschluss der Arbeiten (ca. 5,5 Jahre, 4.2.2) wird im Rahmen der Wiederherstellungsmaßnahme die Tunneltrasse vollständig wiederverfüllt und der LRT 1160 wiederhergestellt (Kapitel 4.4.1). Innerhalb der Trasse können kurzzeitige Änderungen in den Geschwindigkeiten an der Gewässersohle gegenüber dem Ist-Zustand von maximal 0,39 m/s und minimal -0,42 m/s auftreten. Diese sind aber bauzeitlich begrenzt und nach vollständiger Wiederverfüllung des Tunnelgrabens im Rahmen einer Verminderungsmaßnahme, wird es im Fehmarnsund rechnerisch keine Änderungen in den Strömungsgeschwindigkeiten mehr geben (vgl. Kapitel 5.2.4).

Eine dauerhafte Veränderung von zwölf Jahren oder länger (EU 2017) wird sich im Küstengewässer-Wasserkörper Fehmarn Sund W im zentralen Bereich des Fehmarnsunds mit einer Größe von 1,21 ha ergeben. Da die Lücken der Schutzschicht aus Natursteinen auf dem Tunnel lediglich mit kiesigen Substraten verfüllt werden können, um damit nur eine möglichst große Annäherung an den Ausgangszustand erreicht werden kann (Kapitel 4.4.1), wird diese Fläche als physischen Verlust gewertet (Veränderung der Struktur und des Substrats des Meeresbodens auf < 0,0007 % der Gesamtausdehnung aller Lebensräume in der Bewertungseinheit). Dies ist bereits in den Verlustflächen unter D6C1 miterfasst (Kapitel 8.2.5.1). Außerhalb dieses Bereichs sind die baubedingten Veränderungen nicht dauerhaft, dauern also weniger als 12 Jahre. Demnach werden die Veränderung des Meeresbodens nach Beschluss (EU) 2017/848 der Kommission nicht als physischer Verlust gewertet. Nach Abschluss der Maßnahme liegen die Änderungen hinsichtlich Morphologischer Verhältnisse, Strömungsgeschwindigkeit, Seegang, sowie Wasserspiegellage im natürlichen Schwankungsbereich (Unterlage 20.01.001, Kapitel 3.4.3.1.5, Kapitel 3.4.2.1.1.4, Kapitel 5.1.1.2.2.1.1.2 sowie Kapitel 5.1.1.1.2).

In den zentralen Bereichen des Fehmarnsundes, in denen das ursprüngliche Niveau bereits durch die Schutzschicht aus Natursteinen wieder erreicht wird, werden mit den kiesigen Substraten lediglich die Lücken zwischen den großen Steinen verfüllt, um eine möglichst große Annäherung an den Ausgangszustand zu erreichen. Diese Fläche im Bereich der Fahrrinne ist ca. 1,21 ha groß.



Tiefere Meeresgewässer offshore

In den tieferen Meeresgewässern (> 1 sm) kommt es östlich von Fehmarn aufgrund der Nassbaggergutverbringung zu Veränderungen der hydrographischen Bedingungen des Meeresbodens und der Wassersäule (vgl. Kapitel 5.1.1 bis 5.1.5), sowie zur Überprägung des natürlich vorkommenden Meeresbodens und somit zum Verlust von ca. 196 ha (Kapitel 5.1.1). Der Verlust wurde bereits im Rahmen des Kriteriums D6C1 erfasst (Kapitel 8.2.5.1) und entspricht 0,017 % der tieferen Meeresgewässer. Vergleichsweise werden im Zustandsbericht von Meeresbodenverlust durch Windparks geprägten Flächen mit 53 ha ausgewiesen. Dies entspricht 0,005 % der tieferen Meeresgewässer (BMUV 2024).

Die Form der Verbringungsfläche wurde anhand der Hauptströmungsrichtung ausgerichtet. Die durch die Verbringung geschaffene Erhöhung verändert auf einer Fläche von 50 ha die Meeresbodenmorphologie, welche in der Mitte der Verbringungsfläche kurzzeitig zu Änderungen der Strömungsgeschwindigkeiten im Mittel um + 0,02 m/s (von + 0,13 m/s bis - 0,07 m/s) führen kann. Im Vergleich zu den mittleren, natürlich vorkommenden Strömungsgeschwindigkeiten von 0,14 m/s (Höchstwert 0,69 m/s) liegen die Änderungen bei 14 % (maximal 19 %) (Unterlage 51.04, Kapitel 6.3). Außerhalb der Verbringungsfläche liegen die Änderungen in einem vernachlässigbaren Bereich. Nordwestlich der Erhöhung – im Bereich des Strömungsschattens – reduziert sich die Strömungsgeschwindigkeit um maximal 0,01 m/s. Dies ist messtechnisch nicht nachweisbar und demnach ist dieser Bereich hinsichtlich des Kriteriums D7C1 zu vernachlässigen. Das verbrachte Material wird als annähernd lagestabil eingestuft (Unterlage 51.04, Kapitel 7), sodass angenommen wird, dass die Veränderungen dauerhaft sind und länger als 12 Jahre anhalten werden.

Die Veränderung des Seegangs im Bereich der Nassbaggergutverbringung ist unerheblich. Aufgrund der geschaffenen Erhöhung kommt es zu einer geringfügigen, aber messtechnisch schwer nachweisbaren Wellenerhöhung. *"Aufgrund der Wassertiefe lässt sich ausschließen, dass die Welle direkt in den Kontakt mit dem verbrachten Material in 14 m Wassertiefe kommt oder dadurch direkt beeinflusst wird. Dennoch können die o.g. sekundären Strömungen eine Beeinflussung erfahren. Dies kann zu einer geringen lokalen Erhöhung (wenige cm) der Wellenhöhe führen. [...] In der Natur wird sich der Effekt nicht oder nur schwer nachweisen lassen. Hier handelt es sich um rechnerische Änderungen, die messtechnisch nicht oder nur schwer zu erfassen wären."* (Angaben DMT vom 07.03.2025, E-Mail).

In den tieferen Meeresgewässern wird das Vorhaben aufgrund der Nassbaggergutverbringung dauerhafte Veränderungen der hydrographischen Bedingungen auf 50 ha im Sinne des Kriteriums D7C1 bewirken.



8.2.9.2 D7C2 Räumliche Ausdehnung des infolge dauerhafter Veränderungen der hydrographischen Bedingungen beeinträchtigten benthischen Lebensraumtyps

Das Bewertungskriterium D7C2 beschreibt die räumliche Ausdehnung jedes infolge dauerhafter Veränderungen der hydrographischen Bedingungen beeinträchtigten benthischen Lebensraumtyps (physikalische und hydrografische Merkmale und zugehörige biologische Gemeinschaften), die keine Werte erreichen sollen, die nachteilige Auswirkungen auf die Meeresökosysteme haben.

Fehmarnsund

Von baubedingten Veränderungen der hydrographischen Bedingungen durch den Wirkfaktor Morphologische Verhältnisse im Fehmarnsund sind von den benthischen Biotopklassen „Sandböden des Infralitorals“ und „Mischsedimente des Infralitorals“ und von den anderen Lebensraumtypen „Riffe“ sowie „Seegraswiesen und sonstige marine Makrophytenbestände“ betroffen (vgl. Kapitel 8.2.5.4 und 8.2.5.5). Da in weniger als 12 Jahren die Tunnelbauarbeiten und die vollständige Wiederverfüllung der Tunneltrasse abgeschlossen sein werden, sind die benthischen Lebensräume „Sandböden des Infralitorals“ sowie die „Seegraswiesen und sonstige marine Makrophytenbestände“ nicht von dauerhaften Veränderungen betroffen. Für die „Mischsedimente des Infralitorals“ und den anderen Lebensraumtyp „Riffe“ wird aufgrund der im zentralen Bereich des Fehmarnsunds herausragende Schutzschicht eine dauerhafte Veränderung der Struktur und des Substrats des Meeresbodens auf $< 0,0007\%$ der Gesamtausdehnung des jeweiligen benthischen Lebensraums bestehen bleiben. Die Änderungen hinsichtlich Morphologischer Verhältnisse, Strömungsgeschwindigkeit, Seegang, sowie Wasserspiegellage liegen im natürlichen Schwankungsbereich und die Auswirkungen wurden im wasserrechtlichen Fachbeitrag als geringfügig eingestuft (Unterlage 20.01.001, Kapitel 5.1 bis 5.6). Nach fachlicher Einschätzung können sich für die „Mischsedimente des Infralitorals“ und „Riffe“ diese kleinräumigen Verluste nicht auf das Kriterium D7C2 auf der maßgeblichen Skala des Meeresgewässers Deutsche Ostsee auswirken und schlagen sich auch nicht in einer veränderten Zustandsbewertung der benthischen Lebensräume hinsichtlich D6C4 nieder.

Nassbaggergutverbringstelle

Für die benthische Biotopklasse „Schlickboden des Circalitorals“ sowie den anderen Lebensraumtyp „Schlickige Substrate der aphotischen Zone dominiert von *Arctica islandica*“ ist die Verlustfläche von 196 ha mit $< 0,5\%$ bzw. $0,1\%$ im Verhältnis zum Gesamtvorkommen des benthischen Lebensraums im Meeresgewässer Deutsche Ostsee sehr kleinräumig und wurde bereits unter D6C4 berücksichtigt (Kapitel 8.2.5.4).

Die Auswirkungen der Strömungsänderungen sind auf die Fläche der Verbringung von 50 ha begrenzt. Die Strömungsänderungen im Bereich der Nassbaggergutverbringung von maximal $+ 0,13\text{ m/s}$ liegen im natürlichen Schwankungsbereich der dort vorherrschenden Strömungsgeschwindigkeiten (Mittel $0,14\text{ m/s}$, Maximum $0,69\text{ m/s}$).

Der von Strömungsänderungen betroffene Flächenanteil für die benthische Biotopklasse „Schlickboden des Circalitorals“ liegt bei $< 0,02\%$ bzw. für den anderen Lebensraumtyp „Schlickige Substrate der aphotischen Zone dominiert von *Arctica islandica*“ bei $< 0,04\%$ der Gesamtvorkommensfläche und sind sehr kleinräumig. Nach fachlicher Einschätzung können sich die lokalen Auswirkungen des Vorhabens auf die benthischen Lebensraumtypen „Mischsedimente des



Infralitorals“ und „Riffe“ nicht auf das Kriterium D7C2 auf der maßgeblichen Skala des Meeresgewässers Deutsche Ostsee auswirken. Die Auswirkungen schlagen sich daher auch nicht in einer veränderten Zustandsbewertung der benthischen Lebensräume hinsichtlich D6C4 nieder.

8.2.9.3 Bewertung

Eine eigenständige Bewertung, ob die Vorhabenauswirkungen den Umweltzustand verschlechtern, wie er mit Hilfe der Bewertungskriterien D7C1 und D7C2 dargestellt ist, wird nicht vorgenommen. Sie ist nach EU-Kommissionsbeschluss 2017/848/EU nicht vorgesehen. Die beschriebenen Änderungen finden aber Berücksichtigung bei der Bewertung des Kriteriums D6C5.

8.2.10 Belastung: Schadstoffe in der Umwelt

Der gute Umweltzustand in Bezug auf die Schadstoffbelastungen ist für die deutschen Ostseegewässer nicht erreicht. Die maßgeblichen Bewertungskriterien sind D8C1 (Schadstoffkonzentrationen), D8C2 (Schadstoffeffekte auf Gesundheit der Arten und Zustand der Lebensräume), D8C3 (Erhebliche akute Verschmutzung), sowie D8C4 (Schadwirkung akuter Verschmutzung). Da das Vorhaben in keinem Zusammenhang mit erheblichen akuten Verschmutzungen steht, können Auswirkungen auf die Kriterien D8C3 und D8C4 von vornherein ausgeschlossen werden. Die relevanten räumlichen Bewertungseinheiten um Gesamtzustand der deutschen Ostseegewässer bezüglich der Kriterien für den Deskriptor 8 zu bewerten sind die Küstengewässer (< 1 sm) gemäß WRRL, die Territorialgewässer (1-12 sm) und die ausschließliche Wirtschaftszone (> 12 sm).

8.2.10.1 D8C1 Schadstoffkonzentrationen

Das Bewertungskriterium D8C1 bezieht sich auf Schadstoffkonzentrationen in den Matrices Wasser, Sediment und Biota (Fische, Muscheln und Krustentiere). Der gute Zustand wird nicht erreicht. Hauptursächlich sind flächendeckende Überschreitungen der Schwellenwerte durch einige ubiquitäre Stoffe wie Quecksilber und polybromierte Diphenylether (PBDE). Auch die Elemente Blei, Cadmium und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) weisen Überschreitungen von Schwellenwerten auf (vgl. Tab. 26 und Tab. 27 in Kap. 7.2.5).

Durch Einleitungen aus Verkehrsflächenentwässerungen der geplanten FSQ kommt es zu bauzeitlichen Einträgen von Cadmium und Benzo[a]pyren in den Fehmarnsund. Nach Abschluss der Arbeiten verbleibt eine Einleitstelle im Küstengewässer-Wasserkörper Fehmarn Sund W, wodurch es zu einem betriebszeitlichen Eintrag von Benzo[a]pyren kommen wird (Kapitel 5.1.9 und 5.3.5). Während der Baggerarbeiten im Fehmarnsund (Küstengewässer) oder der Verbringung östlich von Fehmarn (Territorialgewässer) können außerdem Schadstoffe aus dem Sediment temporär mobilisiert werden (Kapitel 5.1.9). Hierbei handelt es sich um die Schwermetalle Blei und Nickel. Es kann zu Konzentrationserhöhungen im Wasser kommen. Die Konzentrationserhöhungen der Schadstoffe im Wasser sind lokal begrenzt und reichen nicht bis in die AWZ.

Die innerhalb der Küstengewässer vorhandenen Konzentrationen weiterer Stoffe, die für das Bewertungskriterium D8C1 als Indikator herangezogen werden, wie polychlorierte Dioxine/Furane, PFOS, PCBs, Biozide und Pharmazeutika sowie Radionukleide, werden durch die geplante FSQ nicht verändert. Eine Veränderung der Konzentration dieser Stoffe ist daher von vornherein ausgeschlossen, so dass eine nähere Bewertung im Folgenden entfallen kann.



Küstengewässer

Von den Stoffen, die über die **Einleitung aus Verkehrsflächenentwässerungen** in die Küstengewässer eingetragen werden, sind als Indikatoren für die Bewertung der Schadstoffkonzentrationen (D8C1) das Schwermetall Cadmium sowie Benzo[a]pyren als Vertreter der Stoffgruppe PAK relevant. Vorhabenbedingt überschreiten beide Schadstoffe die stoffspezifischen Schwellenwerte (vgl. Unterlage 20.01.001, Kapitel 5 1.1.1.10).

Im aktuellen Zustandsbericht (BMUV 2024) werden in den Küstengewässern die Schwellenwerte für Benzo[a]pyren von 0,00017 µg/l im Wasser und von 5 µg/kg Feuchtgewicht in Biota eingehalten (HELCOM 2023d). Für Cadmium ist der Schwellenwert von 160 µg/kg Feuchtgewicht in Biota überschritten, während die Schwellenwerte von 0,2 µg/l für Wasser und von 2,3 mg/kg Trockengewicht im Sediment eingehalten werden (HELCOM 2023c). Für die Bewertung der Schadstoffkonzentrationen im Wasser wurde auf die Bewertung im Rahmen der WRRL-Berichterstattung zurückgegriffen (BMUV 2024).

Nach der Bewertung der Schadstoffeinträge im Fachbeitrag WRRL (Unterlage 20.01.001, Kapitel 5), ist die eingeleiteten Benzo[a]pyren-Konzentration nach maximal 80 m, sowie die Cadmium-Konzentration nach 15 m soweit verdünnt, dass die Schwellenwerte im Wasser unterschritten werden. Die möglichen Zusatzbelastungen von Cadmium und Benzo[a]pyren durch die Einträge an den Einleitstellen führen nicht zu einer Überschreitung der Schwellenwerte an der nächstgelegenen repräsentativen Messstelle. Die Konzentrationserhöhungen sind dort messtechnisch nicht mehr nachweisbar (Unterlage 20.01.001, Kapitel 5.1.1.3). Die bau- und betriebszeitlichen Schadstoffeinträge sind lokal begrenzt und können nicht zu einer vorhabenbedingten Änderung des chemischen Zustands in den Küstengewässer-Wasserkörpern Fehmarn Sund W und Fehmarn Sund E führen (vgl. Unterlage 20.01.001, Kapitel 5.1.4.1, 5.1.4.3, 5.2.4.1, 5.2.4.3).

Die baubedingten Cadmiumeinträge können nur lokal begrenzt im direkten Einleitbereich zu kurzfristigen Konzentrationserhöhungen von Cadmium im Sediment führen. Diese sind aber sehr kleinräumig (vgl. Abb. 30) und bauzeitlich begrenzt, sodass diese nicht zu einer Überschreitung des Schwellenwerts an der nächstgelegenen Messstelle führt. Die möglichen Zusatzbelastungen von Cadmium können im Küstengewässer-Wasserkörper Fehmarn Sund W nicht zu einer Änderung des Indikators führen.

Durch die lokal begrenzten Schwellenwertüberschreitungen von Cadmium und Benzo[a]pyren (vgl. Abb. 30) können im Einleitbereich einige Individuen sessiler bzw. wenig mobiler Biota (Muscheln) von den Konzentrationserhöhungen betroffen sein. Der Bereich ist – bezogen auf die Küstenwasserkörper Fehmarn Sund W und Fehmarn Sund E – sehr kleinräumig, sodass es vorhabenbedingte nicht zu Konzentrationserhöhungen in sessiler Biota kommen kann. Fische müssten sich für eine messbare Anreicherung von Schadstoffen oder eine direkte toxische Wirkung länger in diesen Bereichen aufhalten bzw. ausschließlich Futter aus diesen Bereichen aufnehmen. Da Fische mobil sind und große Aktionsräume haben, kann dies vor dem Hintergrund der kleinräumigen Wirkradien ausgeschlossen werden (Kapitel 6.2.4).

Das Vorhaben wird keine entwässerungsbedingte Konzentrationserhöhungen auslösen, die im Sinne des Kriteriums D8C1, eine Änderung in der Schadstoffbelastung in Wasser, Sediment oder Biota in den Küstengewässern bewirken können. Das Bewertungskriterium wird durch das Vorhaben nicht verändert.



Durch die **Baggerarbeiten im Fehmarnsund** entsteht eine baubedingte Überschreitung der Schwellenwerte von Blei im Wasser im Umkreis von knapp 220 m um den Baggerstandort.

Im aktuellen MSRL-Zustandsbericht (BMUV 2024) wird in den Küstengewässern der Schwellenwert für Blei von 1,3 µg/l im Wasser eingehalten während die Schwellenwerte von 120 mg/kg im Sediment (Trockengewicht) sowie der von 110 µg/kg in Biota (Feuchtgewicht) überschritten werden (HELCOM 2023b). Für die Bewertung der Bleikonzentration im Wasser wurde auf die Bewertung im Rahmen der WRRL-Berichterstattung zurückgegriffen (BMUV 2024).

Die erhöhte Konzentration im Wasser ist nur unmittelbar nach der Freisetzung vorhanden und wird durch kontinuierlich ablaufende Vermischungsvorgänge im Wasser weiter verdünnt. An der repräsentativen Messstelle ist eine Konzentrationserhöhung messtechnisch nicht mehr nachweisbar (Unterlage 20.01.001, Kapitel 5.1.1.3). Aufgrund der starken Verdünnung und großräumigen Verteilung des Schwermetalls im Wasser, kann der im Wasser gelöste Anteil keine Erhöhung der Bleikonzentration im Sediment bewirken. Einzig durch Verlagerungen belasteter Sedimente infolge von Schwebstoffverdriftungen während der Baggerarbeiten könnte es zu Konzentrationsänderungen von zuvor geringer belasteten Sedimenten kommen. Während der Baggerarbeiten wird die Verdriftung von aufgewirbelten projektbedingten Sedimenten durch Schlickvorhänge eingedämmt (vgl. Kapitel 4.3.1), sodass es durch eine geringe Verlagerung des Sedimentes aus dem Tunnelgraben nicht zu einer Erhöhung der Konzentrationen an den Messstellen kommen kann, auch wenn der Schwellenwert von 120 mg/kg bereits überschritten ist. Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass das Trassensediment gering belastet ist (analysierte Höchstkonzentration: 32 mg/kg; Unterlage 20.01.001, Kapitel 5.1.1.1.10) und es dadurch selbst bei projektbedingter Sedimentverdriftungen nicht zu einer Erhöhung der Konzentrationen an den Messstellen kommen kann.

Im direkten Umfeld der Baggerarbeiten, in dem der Schwellenwert überschritten ist, werden sich keine Fische aufhalten. Durch die kontinuierlich ablaufende Vermischungsvorgänge im Fehmarnsund wird die Konzentration im Wasser weiter verdünnt, sodass eine Anreicherung von Blei in Fischen nicht stattfinden kann. Die zeitlich und lokal auf den Baggerstandort begrenzten Konzentrationserhöhungen kann in den angrenzenden Ankerzonen keine zusätzliche Anreicherung von Blei in sessiler Biota (Muscheln) bewirken.

Das Vorhaben wird durch die Baggerarbeiten keine Konzentrationserhöhungen auslösen, die im Sinne des Kriteriums D8C1, eine Änderung in der Schadstoffbelastung in Wasser, Sediment oder Biota in den Küstengewässern bewirken können. Das Bewertungskriterium wird durch das Vorhaben nicht verändert.

Territorialgewässer

Nach Auswertung der Schadstoffeinträge durch die Nassbaggergutverbringung in das Territorialgewässer sind die Schwermetalle Blei und Nickel relevant (Unterlage 20.01.001, Kapitel 5.6.1.1), da die stoffspezifischen Schwellenwerte im Umkreis des Baggerguteintrags überschritten werden.

Im aktuellen Zustandsbericht (BMUV 2024) wird in den Territorialgewässern der Schwellenwert für Blei von 1,3 µg/l im Wasser eingehalten während die Schwellenwerte von 120 mg/kg im Sediment (Trockengewicht) sowie der von 110 µg/kg in Biota (Feuchtgewicht) überschritten werden (HELCOM 2023b). Der Schwellenwert für Nickel von 8,5 µg/l im Wasser ist eingehalten. Für die Bewertung der Schwermetallkonzentrationen im Wasser wurde auf die Bewertung im Rahmen der WRRL-Berichterstattung zurückgegriffen (BMUV 2024).



Nach der Verbringung überschreitet Blei im Umkreis von 269 m und Nickel im Umkreis von 135 m den jeweiligen Schwellenwert. Die erhöhten Schadstoffkonzentrationen sind auf den Ort und den Zeitraum der Baggergutverbringung begrenzt. Durch die fortlaufende Verdünnung nimmt die Schadstoffkonzentration im Wasser in kurzer Zeit weiter ab. An der nächstgelegenen repräsentativen Messstelle ist eine Konzentrationserhöhung messtechnisch nicht nachweisbar (Unterlage 20.01.001, Kapitel 5.6.1.1).

Nach dem Eintrag ist durch die umgehende Konzentrationsverdünnung und die großräumige Verteilung der Schwermetalle im Wasser eine zusätzliche Schadstoffanreicherung im Sediment und in Biota ausgeschlossen.

Der Konzentrationsanstieg von Blei durch baubedingten Sedimenteintrag beschränkt sich auf den Nahbereich der Verbringung. Das Vorhaben wird keine Konzentrationserhöhung auslösen, die im Sinne des Kriteriums D8C1 eine Änderung in der Schadstoffbelastung in Wasser, Sediment oder Biota in den Territorialgewässern bewirken kann. Das Bewertungskriterium wird durch das Vorhaben nicht verändert.

8.2.10.2 D8C2 Gesundheit der Arten und der Zustand der Lebensräume durch Schadstoffe

Das Bewertungskriterium D8C2 bezieht sich auf Schadstoffeffekte. Die Gesundheit der Arten und der Zustand der Lebensräume sollen nicht durch Schadstoffe und ihre kumulativen und synergetischen Wirkungen beeinträchtigt werden. Als Indikator wird im aktuellen MSRL-Zustandsbericht der Bruterfolg des Seeadlers herangezogen (BMUV 2024). Der gute Umweltzustand in Bezug auf Schadstoffeffekte ist ausgehend vom Bruterfolg des Seeadlers erreicht (vgl. Tab. 25 in Kap. 7.2.5).

Die Schadstoffeinträge und Freisetzungen in den Küsten- und Territorialgewässern sind so gering, dass es nicht zu einer messbaren Erhöhung der Konzentrationen im Sediment, in der Wassersäule oder in Biota kommt (siehe Kapitel 8.2.10.1). Daher sind vorhabenbedingte Auswirkungen auf die Gesundheit der Arten und den Zustand der Lebensräume im Allgemeinen und speziell auf den Bruterfolg des Seeadlers ausgeschlossen.

Es kommt durch den Stoffeintrag nicht zu einer Veränderung des Bewertungskriteriums D8C2 (Schadstoffeffekte) innerhalb der Küsten- und Territorialgewässer.

8.2.10.3 D8C3 Ausdehnung und Dauer von erheblichen akuten Verschmutzungen

Das Bewertungskriterium D8C3 bezieht sich auf erhebliche akute Verschmutzung, dessen räumliche Ausdehnung und Dauer so gering wie möglich zu halten ist. Das Bewertungskriterium D8C4 betrifft die ggf. damit in Verbindung stehenden Schadwirkungen auf die Artengesundheit und den Zustand der Lebensräume. Beide Kriterien wurden bisher nicht bewertet, da regional oder subregional abgestimmte Bewertungsverfahren zur Feststellung der Kriterien D8C3 und D8C4 noch auf europäischer Ebene entwickelt werden (BMUV 2024).

Der Wirkfaktor Schadstoffgehalt ist nicht geeignet, erhebliche akute Verschmutzungen in den Küsten- und Territorialgewässern hervorzurufen. Dieses Bewertungskriterium (D8C3) befasst sich beispielsweise mit Verschmutzungen durch Rohöl und ähnliche Verbindungen in Folge von Unfällen. Der Wirkfaktor Schadstoffgehalt (vgl. Kapitel 5.1.9 und 5.3.5) kann solche Verschmutzungen nicht



hervorrufen und dementsprechend auch keine damit in Verbindung stehenden Schadwirkungen (D8C4) verursachen.

Zudem gilt: Die Sicherheit des Schiffsverkehrs im Fehmarnsund sowie im Küstenmeer wird durch die Baumaßnahmen nicht verschlechtert. Dementsprechend gering ist das Risiko einer Havarie und somit das Austreten von zum Beispiel Öl in der Bauphase. Generell greift bei Schiffsunfällen das gesetzliche Regime der technischen und organisatorischen Maßnahmen zur Bekämpfung unfallbedingter Ölverschmutzungen, die zentral beim Havariekommando gebündelt sind. Dem Havariekommando obliegt die Verantwortung für die Planung, Vorbereitung, Übung und Durchführung von Maßnahmen zur Verletztenversorgung, zur Schadstoffunfallbekämpfung, zur Brandbekämpfung, zur Hilfeleistung und zur Gefahrenabwehr bezogenen Bergung bei komplexen Schadenslagen auf See sowie einer strukturierten Öffentlichkeitsarbeit.

8.2.10.4 D8C4 Schadwirkungen erheblicher akuter Verschmutzungen auf die Artengesundheit und den Zustand der Lebensräume

Das Bewertungskriterium D8C4 betrifft die ggf. mit erheblicher akuter Verschmutzung in Verbindung stehenden Schadwirkungen auf die Artengesundheit und den Zustand der Lebensräume. Das Kriterium ist zusammen mit D8C3 Ausdehnung und Dauer von erheblichen akuten Verschmutzungen in Kapitel 8.2.10.3 bewertet worden.

8.2.10.5 Bewertung

Die vorhabenbedingten Konzentrationserhöhungen von Benzo[a]pyren, Cadmium, Blei und Nickel durch bau- und betriebsbedingte Entwässerung der Verkehrsflächen sowie durch baubedingte Sedimentumlagerungen beschränken sich alle auf den Nahbereich der jeweiligen Einleitstelle bzw. Sedimentbewegung im Küsten- und Territorialgewässer.

Die beiden Bewertungskriterien D8C1 bis D8C4 werden durch die Auswirkungen des Vorhabens nicht verändert. Das Vorhaben führt nicht zu einer Änderung der Belastungssituation der Schadstoffe in der Umwelt im Meeresgewässer Deutsche Ostsee.

8.2.11 Belastung: Schadstoffe in Lebensmitteln

Im aktuellen Zustandsbericht (BMUV 2024) ist eine Bewertung des guten Zustands für Deskriptor 9 nicht vollumfänglich durchgeführt worden, da die Datengrundlage nicht ausreicht, um den Zustand der deutschen Gewässer der Ostsee insgesamt für Deskriptor 9 zu bewerten. Das maßgeblichen Bewertungskriterium ist D9C1 (Schadstoffkonzentration in essbarem Gewebe von Meerestieren). In den relevanten räumlichen Bewertungseinheiten der Territorialgewässer (1-12 sm) sowie der AWZ (> 12 sm) ist der Zustand bezüglich des Kriteriums D9C1 mit „gut“ bewertet.

8.2.11.1 D9C1 Menge an Schadstoffen in essbarem Gewebe von Meeresorganismen

Das Bewertungskriterium D9C1 beschreibt die Menge an Schadstoffen in essbarem Gewebe (Muskeln bzw. andere Weichteile) von wild gefangenen und geernteten Meeresorganismen, die die festgelegten Höchstwerte nicht überschreiten dürfen. Im MSRL-Zustandsbericht (BMUV 2024) wurde noch keine Bewertung des Deskriptors D9 vorgenommen, die den Anforderungen des Beschlusses 2017/848/EU vollständig entspricht. Allerdings werden die wesentlichen Kriterien/Indikatoren und methodischen Standards, die Deutschland bisher zu Schadstoffen in Lebensmitteln gemeldet hat, auch im Kommissionsbeschluss benannt. Gemäß MSRL-Zustandsbericht lässt sich für



Miesmuscheln anhand der Untersuchungen auf polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (beinhaltet Benzo[a]pyren), sowie Blei, Cadmium und Quecksilber ein guter Zustand hinsichtlich der Schadstoffgehalte in Lebensmitteln für die Territorialgewässer ableiten. In Bezug auf die Schadstoffkonzentrationen in Hering, Aal und Aalmutter wird der gute Zustand in den Territorialgewässern ebenfalls erreicht, die Schwellenwerte (für den menschlichen Verzehr festgelegte Höchstgehalte) werden nicht überschritten. In der AWZ wird der Grenzwert für Quecksilber in Fischen (hier: Kliesche, Dorsch, Hering) ebenfalls eingehalten.

Durch die FSQ werden geringe Mengen Schadstoffe in die Territorialgewässer eingetragen. Die Einträge aus den Verkehrsflächenentwässerungen sowie aus der projektbedingten Sedimentfreisetzung während der Tunneltrassenarbeiten verursachen nur lokal begrenzte Konzentrationserhöhungen in den Küstengewässern, deren Wirkradien nicht bis in die Territorialgewässer reichen (vgl. Kapitel 8.2.10.1). Während der Nassbaggergutverbringung östlich von Fehmarn werden Schwermetalle aus dem Sediment freigesetzt und ins Territorialgewässer eingebracht. Im direkten Umfeld des Eintrags überschreiten Blei und Nickel zunächst die stoffspezifischen Schwellenwerte; durch die fortlaufende Verdünnung und die großräumige Umverteilung der Schadstoffe im Wasser wird die Konzentrationen im Wasser in kurzer Zeit weiter abnehmen. Die Wirkradien der Schwermetalleinträge reichen nicht bis in die AWZ hinein. Der Eintrag ist zeitlich und räumlich begrenzt, sodass eine vorhabenbedingte Konzentrationserhöhung in Biota in den Territorialgewässern ausgeschlossen ist (vgl. Kapitel 8.2.10.2).

Aufgrund der Verdünnung und großräumigen Umverteilung der freigesetzten Schwermetalle kann eine messbare Konzentrationserhöhung in Meeresfrüchten ausgeschlossen werden.

Es kommt durch den Wirkfaktor Schadstoffgehalte somit nicht zu einer Veränderung des Bewertungskriteriums D9C1 (Schadstoffkonzentrationen in Meeresfrüchten) in den Territorialgewässern und in der AWZ.

8.2.11.2 Bewertung

Die Bewertung des guten Umweltzustands für Deskriptor 9 ist nicht vollumfänglich möglich, in Bezug auf die Belastung durch Schadstoffe in Lebensmitteln (D9C1, Schadstoffkonzentrationen in Meeresfrüchten) ist der gute Zustand aber aktuell erreicht. Eine Verschlechterung aufgrund der geplanten FSQ kann ausgeschlossen werden, da der Wirkfaktor Schadstoffgehalt nicht zu einer Erhöhung der Belastung von Schadstoffgehalten in Lebensmitteln führt. Das maßgebliche Bewertungskriterium D9C1 erfährt keine vorhabenbedingte Verschlechterung. Es kommt nicht zu einer messtechnisch beobachtbaren und nachweisbaren Erhöhung der Schadstoffkonzentrationen in Meeresfrüchten.

Das Vorhaben führt nicht zu einer Veränderung der Belastungssituation hinsichtlich Schadstoffe in Lebensmitteln im Meeresgewässer Deutsche Ostsee.

8.2.12 Belastung: Einleitung von Energie

Als relevante Belastungen werden im MSRL-Zustandsbericht der Eintrag von anthropogen verursachtem Schall und der Eintrag anderer Formen von Energie genannt (BMUV 2024, S. 109 ff.). Derzeit ist noch keine abschließende Bewertung zum Umweltzustand möglich, da sich die Indikatoren noch in der Entwicklung befinden und Monitoringdaten fehlen. Eine beschreibende Darstellung liegt für Impulsschall und Dauerschall vor, auf die sich auch die Bewertungskriterien des Beschlusses (EU) 2017/848 der Kommission beziehen (D11C1 Impulsschall und D11C2 Dauerschall)



(s. Kap. 7.2.7). Die relevante räumliche Bewertungseinheit ist das Meeresgewässer Deutsche Ostsee.

8.2.12.1 D11C1 Impulsschall

Das Bewertungskriterium D11C1 beschreibt die räumliche Verteilung, die Dauer und die Intensität des Impulsschalls der keine Werte erreichen soll, die Populationen von Meerestieren beeinträchtigen. Die Bewertung der Belastung der deutschen Ostseegewässer durch Impulsschall, insbesondere durch Rammschall, wird im MSRL-Zustandsbericht in Anlehnung an das Schallschutzkonzept des BMU (2013) für den Schutz von Schweinswalen in der Nordsee durchgeführt (BMUV 2024, S. 109).

Während des Baus des Absenktunnels sind Rammarbeiten zur Herstellung der Spundwände für die Fangedämme und für den Einbau von etwa 12 Dalben im bzw. unmittelbar am Tunnelgraben geplant. Der vorhabenbedingte Rammschall kann eine Erhöhung des anthropogen verursachten Impulsschalls im Wasser bewirken. Die Auswirkungen des Wirkfaktors „akustische Emissionen“ können sich daher auf das Bewertungskriterium auswirken. Alle anderen Wirkfaktoren können sich nicht auf das Bewertungskriterium auswirken.

Rammarbeiten mit dem Impulsverfahren, die möglicherweise beim Einbringen von Dalben oder Spundwänden benötigt werden, verursachen baubedingte Schallimmissionen unter Wasser, die potenziell zu physischen Schädigungen und Störungen von Meerestieren führen. Schweinswale reagieren besonders sensibel auf anthropogen bedingten Unterwasserschall, da sie ihre Beute mit Hilfe von Ultraschall erkennen und jagen und somit die Wahrnehmung von Geräuschen für die Ernährung essenziell ist. Dabei beeinflussen verschiedene Faktoren, wie der Spitzendruck, die Signaldauer und die Frequenz des Schalls (Bandbreite) aber auch die emittierte Lautstärke und Entfernung eines betroffenen Individuums zur Schallquelle das Ausmaß der Schädigung (RICHARDSON *et al.* 1995). Der Schweinswal wird aufgrund seiner besonderen Empfindlichkeit als Indikatorart für die Bewertung der Belastung durch Impulsschall im MSRL-Zustandsbericht herangezogen. Die Grenze für störungsauslösenden Schall liegt in Anlehnung an das Schallschutzkonzept des BMU (2013) bei 140 dB (BMUV 2024, S. 112 f). Außerdem wird nach gegenwärtigem Wissensstand bei Schweinswalen eine Hörschwellenverschiebung durch impulshafte Schallereignisse mit einem breitbandigen Einzelereignis-Schalldruckpegel (LE) oberhalb von 164 dB re 1 μPa^2 s verbunden mit einem Spitzenpegel ($L_{\text{peak-peak}}$) von 199 dB re 1 μPa ausgelöst (LUCKE *et al.* 2009).

Auch wenn die Bewertung des Umweltzustands für das Kriterium D11C1 noch nicht abschließend erfolgen kann, ist festzustellen, dass das Vorhaben FSQ unter Berücksichtigung der aktuell in Entwicklung befindlichen Bewertungsansätze nicht zu einer Verschlechterung führt. Die Einbringung von Spundwänden und Dalben erfolgt im Regelfall durch Vibrationsrammungen, wodurch der Einsatz von Schlagrammen und der damit verbundene Impulsschall vermieden wird. Sollte im Ausnahmefall dennoch die notwendige Endtiefe nicht erreicht werden, muss die finale Einbringungstiefe mittels Impulsrammung erreicht werden. Dabei wird die Rammenergie auf 100 kJ beschränkt, um das dualen Schallschutzkriterium des BMU (2013) in 750 m Entfernung zur Schallquelle einzuhalten (d.h., dass für den Einzelereignispegel (SEL) ein Wert von 160 dB re 1 μPa^2 s und für den Spitzenschalldruckpegel ($L_{\text{p-peak}}$) der Grenzwert von 190 dB re 1 μPa nicht überschritten werden). Beim Einsatz von Rammenergien über 100 kJ soll eine entsprechende Schallprognose erstellt werden und für den Fall einer prognostizierten Überschreitung des dualen Schallschutzkriteriums sind weitere Vorsorgemaßnahmen zur Schallminderung bzw. zur Vermeidung der Exposition von



Schweinswalen mit hohen Schallpegeln notwendig. Dies umfasst ggf. geeignete Minderungsmaßnahmen wie z. B. Blasenschleivorhänge (vgl. Unterlage 17.01.001, Kap. 3.4.2.1, Maßnahme 028_Va_V). Durch diese artenschutzrechtlichen Vermeidungsmaßnahmen wird sichergestellt, dass es nicht zu Schädigungen des Hörvermögens von Schweinswalen kommt. Mit Hilfe von Vergrämnungsmaßnahmen wird für den Nahbereich der Schallquelle (< 750 m) sichergestellt, dass sich zum Zeitpunkt der Rammarbeiten dort keine Tiere aufhalten. Die Anforderungen des Schallschutzkonzeptes des BMU (2013) werden somit eingehalten (vgl. Unterlage 19.02, Kapitel 4.1.12).

Auch im Hinblick auf mögliche Störwirkungen durch Schallpegel von ≥ 140 dB, die während der Rammungen auftreten, werden die Anforderungen des Schallschutzkonzeptes eingehalten. Im Zuge der Genehmigungsplanung wurden Schallprognosen für Impulsrammarbeiten von Monopiles bzw. Dalben erstellt, welche die gegebenen Umweltbedingungen, wie Wassertiefe und Bodenbeschaffenheit, berücksichtigen sowie einen Pfahldurchmesser von 1,6 m und eine Rammenergien von 100 kJ bzw. 400 kJ (ITAP GMBH 2025a). Die Modellierung des Rammschalls ergab, dass mit einer Rammenergie von 100 kJ in etwa 227,41 ha der Meeresfläche ein SEL von ≥ 140 dB auftritt, was mit der Meeresfläche gleichzusetzen ist, in der es zu einer temporären Störung von Schweinswalen kommt. Im Vergleich zur Größe des Meeresgewässers Deutsche Ostsee (15.500 km²) sind dies ca. 0,015 %. Es kann davon ausgegangen werden, dass die projektbedingte Störwirkung durch ggf. baubedingt entstehenden Rammschall nicht zur Vertreibung einer populationswirksamen Zahl von Schweinswalen (1 % der Beltseepopulation) führt. Weiterhin handelt es sich um eine bauzeitlich begrenzte Störung, die jeweils nur lokal wirksam ist. Nach Abschluss der Baumaßnahmen ist die Beeinträchtigung nicht mehr gegeben. Darüber hinaus wird die mögliche Funktion des Bereiches als Ruhe- und Reproduktionsgebiet sowie für die Migration nicht beeinträchtigt. Eine Verschlechterung des Erhaltungszustandes der Beltseepopulation des Schweinswals ist somit ausgeschlossen (vgl. Unterlage 19.02, Kapitel 4.1.12.2).

Der zu erwartende Impulsschall führt unter Berücksichtigung der beschriebenen Vermeidungsmaßnahmen (Maßnahme 028_Va_V im LBP, Unterlage 17.01.001) auch nicht zu einer erheblichen Beeinträchtigung von Schweinswalen und den entsprechenden Erhaltungszielen im FFH-Gebiet DE-1631-392 „Meeresgebiet der östlichen Kieler Bucht“, in dem sich das Vorhaben befindet (vgl. Unterlage 18.04.001, Kapitel 5.2.2).

Das Vorhaben wird keine Impulsschallereignisse auslösen, die im Sinne des Kriteriums D11C1, die Populationen von Meerestieren beeinträchtigen können.

8.2.12.2 D11C2 Dauerschall

Das Bewertungskriterium D11C2 beschreibt die räumliche Verteilung, die Dauer und die Intensität von niederfrequentem Dauerschall, der keine Werte erreichen soll, die Meerestierpopulationen schädigen. Der vorhabenbedingte Unterwasserschall durch den baubedingten Schiffsverkehr, die Nassbaggerarbeiten und das Einvibrieren von Dalben und Spundwänden kann eine Veränderung des anthropogen ins Wasser eingeleiteten Dauerschalls bewirken. Die Auswirkungen des Wirkfaktors „akustische Emissionen“ können sich daher auf das Bewertungskriterium auswirken. Alle anderen Wirkfaktoren können sich nicht auf das Bewertungskriterium auswirken.

Die baubedingten Geräuschemissionen der Baggerarbeiten und der damit verbundene weitere Schiffsverkehr, inkl. der Transportschiffe zur Verbringungsfläche, sowie die Dauerschallimmissionen der weiteren mit dem Bau des Absenktunnels verbundenen Arbeiten können zu kleinräumigen Störungen von Schweinswalen und anderen Arten wie Robben und Fische führen. Während der



Bauarbeiten wird kein Saugbagger zum Einsatz kommen, womit bereits eine der lautesten möglichen Lärmquellen, die bei Aushubarbeiten bestehen kann, ausgeschlossen ist.

Ein Fluchtverhalten von Schweinswalen als Reaktion auf Schiffslärm wurde bereits in mehreren Studien nachgewiesen. Im Schallschutzkonzept für den Schweinswal wurde ein durch Lärmimmissionen verursachter Störradius von 8 km bei Einhaltung des Grenzwertes von 160 dB (SEL) in 750 m Entfernung zur Rammstelle und vorsorglich bei einer Reaktionsschwelle von etwa 140 dB (SEL) festgelegt (BMU 2013). Dieses Schutzkonzept basiert auf dem Eintrag von Impulsschall ins Wasser und bezieht sich speziell auf die Nordsee und deren AWZ. Da es bislang kein gleichwertiges Konzept für Dauerschalleinträge gibt, werden die Vorsorgewerte des Schallschutzkonzeptes gleichermaßen für eine Dauerschallbelastung im Fehmarnsund verwendet. Folglich wird angenommen, dass es bis zu einem Wert von 140 dB (SEL) von Dauerschall als auch Impulsschall zu einer Störung von Schweinswalen im Fehmarnsund kommt.

Laut Schallgutachten zum Baulärm durch Schiffsarbeiten während unterschiedlicher Phasen des Tunnelbaus im Fehmarnsund (ITAP GMBH 2025b), tritt auf einer Fläche von maximal 70,65 ha gleichzeitig ein Dauerschallpegel von ≥ 140 dB auf. Hierzu ist festzustellen, dass dies ein maximaler Wert ist, denn i.d.R. treten nicht alle zugrunde gelegten Arbeiten immer zeitgleich auf, und auch sind die Positionen der Schiffe in zugrunde gelegtem Szenario so ausgerichtet, dass es zu einer maximal beschallten Fläche kommt, was eher selten zutrifft. Im Vergleich zur Größe des Meeressgewässers Deutsche Ostsee (15.500 km²) sind dies ca. 0,005 % Habitatfläche, in der es zu baubedingten Störwirkungen auf Schweinswale kommt. Es wird davon ausgegangen, dass diese projektbedingte Störwirkung durch baubedingt entstehenden Dauerschall nicht zur Vertreibung einer populationswirksamen Zahl von Schweinswalen (1 % der Beltseepopulation) führt. Weiterhin handelt es sich um eine bauzeitlich begrenzte Störung, die jeweils nur lokal wirksam ist. Nach Abschluss der Baumaßnahmen ist die Beeinträchtigung nicht mehr gegeben. Darüber hinaus wird die mögliche Funktion des Bereiches als Ruhe- und Reproduktionsgebiet sowie für die Migration nicht dauerhaft beeinträchtigt. Eine Verschlechterung des Erhaltungszustandes der Beltseepopulation des Schweinswals ist somit ausgeschlossen (vgl. Unterlage 19.02, Kapitel 4.1.12.2).

Der zu erwartende Dauerschall führt auch nicht zu einer erheblichen Beeinträchtigung von Schweinswalen und den entsprechenden Erhaltungszielen im FFH-Gebiet DE-1631-392 „Meeresgebiet der östlichen Kieler Bucht“, in dem sich das Vorhaben befindet. In Bezug auf den Dauerschall wurden von ITAP GMBH (2025b) für die sechs modellierten Bauszenarien die Flächen des FFH-Gebietes ermittelt, welche eine Beschallung mit Dauerschallpegeln ≥ 140 dB SPL erfahren. In Summe ergibt sich für die verschiedenen Bauszenarien, dass weniger als 1 % der Fläche des FFH-Gebietes mit einem Schallpegel ≥ 140 dB beschallt wird. Die Grenzwerte hinsichtlich des Gebietsschutzes gemäß Schallschutzkonzept werden somit deutlich unterschritten, so dass erhebliche Beeinträchtigungen auszuschließen sind (vgl. Unterlage 18.04.001, Kapitel 4.8.7.1.2).

Auch im Hinblick auf die charakteristischen Fischarten des LRT 1160 (Flache große Meeresarme und Buchten) kommt die FFH-Verträglichkeitsprüfung zu dem Ergebnis, dass eine Beeinträchtigung der Habitatfunktion als Laich-, Aufwuchs- und Nahrungsgebiet nur im direkten Baustellenbereich zu erwarten ist und die Fische in ungestörte Bereiche ausweichen können. Erhebliche Beeinträchtigungen des Erhaltungszustandes der charakteristischen Fischarten werden ausgeschlossen (vgl. Unterlage 18.04.001, Kapitel 4.8.1.1.4). Entsprechendes gilt auch für die charakteristischen Arten Seehund und Kegelrobbe. Von möglichen Störungs- oder Meidungsreaktionen im FFH-Gebiet durch den Bauschall wären nur wenige Individuen betroffen. Im Umfeld der Insel Fehmarn



kommen Seehund und Kegelrobbe nur in geringer Anzahl vor (Liesenjohann & Höschle, 2019, zit. in IFAÖ 2024). Insgesamt können Störungen oder Vertreibungen einzelner Tiere durch den Unterwasserschall nicht ausgeschlossen werden. Die Tiere können jedoch auf umgebende, gleichartige Nahrungsgebiete in den bereits präferierten Bereichen, z. B. östlich des Fehmarnsunds, ausweichen. Wie die Sichtbeobachtungen zeigen, wird das FFH-Gebiet auch nur von wenigen Kegelrobben und Seehunden aufgesucht, so dass erhebliche Beeinträchtigungen des Erhaltungszustandes der Robben ausgeschlossen werden können (vgl. Unterlage 18.04.001, Kapitel 4.8.1.1.4).

Insgesamt kann festgestellt werden, dass das Vorhaben niederfrequentem Dauerschall nicht in einem Umfang verursacht, der im Sinne des Kriteriums D11C1, die Populationen von Meerestieren beeinträchtigen könnte oder die bereits vorhandene Hintergrundbelastung in signifikanter Weise erhöhen würde.

8.2.12.3 Bewertung

Die beiden Bewertungskriterien D11C1 und D11C2 werden durch die Auswirkungen des Vorhabens nicht verändert. Das Vorhaben führt nicht zu einer Verschlechterung der Belastungssituation durch die Einleitung von Energie im Meeresgewässer Deutsche Ostsee.

8.3 Auswirkungsprognose und Bewertung im Hinblick auf das Verbesserungsgebot

Die Auswirkungsprognose und Bewertung im Hinblick auf das Verbesserungsgebot erfolgt gemäß den Vorgaben des Verfahrensvorschlags des MELUND (2022) und dem dort enthaltenen Prüfschema MSRL-Zielerreichungsgebot (Verbesserungsgebot).

In Analogie zur Vorgehensweise im Leitfaden für den Umgang mit dem Verschlechterungsverbot nach WRRL in Schleswig-Holstein (MEKUN & LFU 2024), kann sich die Prüfung des Zielerreichungsgebots nach MSRL darauf stützen, ob ein Vorhaben die Maßnahmen des MSRL-Maßnahmenprogramms mit hinreichender Wahrscheinlichkeit wesentlich behindert oder unwirksam macht und dadurch zu einer Vereitelung der Bewirtschaftungsziele (Erreichung der Umweltziele nach § 45c WHG) führen kann (= allgemeiner ordnungsrechtlicher Wahrscheinlichkeitsmaßstab).

Das Prüfschema enthält die für die Prüfung relevanten Maßnahmen entsprechend dem aktuellen MSRL-Maßnahmenprogramm 2022–2027 (darin sind auch die Maßnahme des Programms 2016–2021 enthalten, die fortgeführt werden). Für die Erreichung der sieben Umweltziele werden im aktualisierten MSRL-Maßnahmenprogramm (BMUV 2022) die in Tab. 34 genannten Maßnahmen beschrieben. Im Folgenden wird geprüft, ob die Auswirkungen des Vorhabens die Umsetzung der Maßnahmen erschweren oder verhindern können.

Die Auswirkungen des Vorhabens führen nicht dazu, dass die Maßnahmen zur Erreichung der Umweltziele nicht mehr umgesetzt werden können. Ein Zusammenhang zwischen der Umsetzung der Maßnahmen und den Wirkfaktoren des Vorhabens ist nicht vorhanden (vgl. Tab. 34).



Tab. 34: Auswirkungen des Vorhabens auf die Maßnahmen zur Erreichung der Umweltziele in der Ostsee
Quelle: MELUND (2022), Prüfschema MSRL-Zielerreichungsgebot (Verbesserungsgebot), dargestellt sind nur die Maßnahmen im Geltungsbereich Ostsee

Maßnahme	Auswirkungen des Vorhabens	Wird die Umsetzung der Maßnahme erschwert oder verhindert?
1. Laufende MSRL-Maßnahmen des Programms 2016–2021, die im Programm 2022-2027 unverändert fortgeführt bzw. im Falle bereits erfolgter Umsetzung noch weiter mitgeführt werden.		
UZ1-04: Einrichtung eines Stickstoff-Emissions-Sondergebietes (NECA) in Nord- und Ostsee unterstützen	Keine Betroffenheit durch das Vorhaben. Die Umsetzung der Maßnahmen steht in keinem Zusammenhang mit den prognostizierten Wirkfaktoren. Bestehende rechtliche Vorgaben werden eingehalten.	nein
UZ2-02: Vorgaben zur Einleitung und Entsorgung von Abwässern aus Abgasreinigungsanlagen von Schiffen		nein
UZ2-03: Verhütung und Bekämpfung von Meeresverschmutzungen – Verbesserung der maritimen Notfallvorsorge und des Notfallmanagements	Im Rahmen des Baus der FSQ wird ein ordnungsgemäßer Umgang mit wassergefährdenden Stoffen sichergestellt. Einträge ins Meer werden vermieden (vgl. Kap. 4.3.6, Maßnahme 002_V). Das Vorhaben steht der Umsetzung der Maßnahme nicht entgegen.	nein
UZ3-01: Aufnahme von für das Ökosystem wertbestimmenden Arten und Biotoptypen in Schutzgebietsverordnungen	Keine Betroffenheit durch das Vorhaben. Die Umsetzung der Maßnahmen steht in keinem Zusammenhang mit den prognostizierten Wirkfaktoren.	nein
UZ3-02: Maßnahmen zum Schutz wandernder Arten im marinen Bereich	Das Vorhaben steht etwaigen Maßnahmen zum Schutz wandernder Arten nicht entgegen. In den Kapiteln 8.2.1 und 8.2.3 wurde dargelegt, dass die Durchwanderbarkeit des Fehmarnsund auch während der Bauzeit gegeben ist. Der Zustand wandernder Fischarten und mariner Säugetiere wird nicht verschlechtert.	nein
UZ4-01: Weitere Verankerung des Themas „nachhaltige ökosystemgerechte Fischerei“ im öffentlichen Bewusstsein	Keine Betroffenheit durch das Vorhaben. Die Umsetzung der Maßnahmen steht in keinem Zusammenhang mit den prognostizierten Wirkfaktoren.	nein
UZ2-04: Fischereimaßnahmen		nein
UZ4-05: Umweltgerechtes Management von marinen Sand- und Kiesressourcen für den Küstenschutz in Mecklenburg-Vorpommern (Ostsee)		nein
UZ5-01: Verankerung des Themas Meeresmüll in Lehrzielen, Lehrplänen und -material		nein
UZ5-06: Etablierung des „Fishing-for-Litter“-Konzepts		nein
UZ6-01: Ableitung und Anwendung von biologischen Grenzwerten für die	Das Vorhaben steht der Ableitung von Grenzwerten nicht entgegen. Die aktuell geltenden	nein



Maßnahme	Auswirkungen des Vorhabens	Wird die Umsetzung der Maßnahme erschwert oder verhindert?
Wirkung von Unterwasserlärm auf relevante Arten	Grenzwerte des BMU (2013) für den Schutz von Schweinswalen werden eingehalten (s. Kap. 8.2.3 und 8.2.12).	
UZ6-02: Aufbau eines Registers für relevante Schallquellen und Schockwellen und Etablierung standardisierter verbindlicher Berichtspflichten	Das Vorhaben steht dem Aufbau eines Schallregisters nicht entgegen. Berichtspflichten werden in der Zulassung des Vorhabens festgelegt und entsprechend umgesetzt.	nein
UZ6-03: Lärmkartierung der deutschen Meeresgewässer	Keine Betroffenheit durch das Vorhaben. Die Umsetzung der Maßnahme steht in keinem Zusammenhang mit den prognostizierten Wirkfaktoren.	nein
UZ6-05: Anwendung von Schwellenwerten für Wärmeeinträge	Keine Betroffenheit durch das Vorhaben. Die Temperaturverhältnisse werden nicht verändert (s. Kap. 5.1.10 und 6.2).	nein
UZ6-06: Entwicklung und Anwendung umweltverträglicher Beleuchtung von Offshore-Installationen und begleitende Maßnahmen	Die Entwicklung umweltverträglicher Beleuchtung wird durch das Vorhaben nicht verhindert. Es werden Maßnahmen zur Reduzierung der Lichtemissionen vorgenommen (s. Kap. 4.3.5, Maßnahme 017_Va).	nein
UZ7-01: Hydromorphologisches und sedimentologisches Informations- und Analysesystem für die Nord- und die Ostsee	Keine Betroffenheit durch das Vorhaben. Die Umsetzung der Maßnahme steht in keinem Zusammenhang mit den prognostizierten Wirkfaktoren.	nein
2. MSRL-Maßnahmen des Programms 2016–2021, die überarbeitet/angepasst wurden und im Programm 2022-2027 in veränderter Form fortgeführt werden		
UZ1-03: Förderung von NOX-Minderungsmaßnahmen bei Schiffen	Keine Betroffenheit durch das Vorhaben. Die Umsetzung der Maßnahmen steht in keinem Zusammenhang mit den prognostizierten Wirkfaktoren.	nein
UZ2-01: Kriterien und Anreizsysteme für umweltfreundliche Schiffe	Bestehende rechtliche Vorgaben werden eingehalten.	nein
UZ2-04: Umgang mit Munitionsaltlasten im Meer		nein
UZ5-02: Modifikation/Substitution von Produkten	Keine Betroffenheit durch das Vorhaben. Die Umsetzung der Maßnahmen steht in keinem Zusammenhang mit den prognostizierten Wirkfaktoren.	nein
UZ5-03 & UZ5-09: Vermeidung des Einsatzes von primären Mikroplastikpartikeln & Reduzierung der Emission und des Eintrags von Mikroplastikpartikeln		nein
UZ5-04: Reduktion der Einträge von Kunststoffmüll, z.B. Plastikverpackungen, in die Meeresumwelt		nein
UZ5-05: Müllbezogene Maßnahmen zu Fischereinetzen und -geräten		nein
UZ5-07: Reduzierung bereits vorhandenen Mülls im Meer		nein



Maßnahme	Auswirkungen des Vorhabens	Wird die Umsetzung der Maßnahme erschwert oder verhindert?
UZ5-08: Reduzierung des Plastikaufkommens durch kommunale Vorgaben		nein
UZ6-04: Entwicklung und Anwendung von Lärminderungsmaßnahmen für die Nord- und Ostsee	Das Vorhaben steht der Entwicklung entsprechender Maßnahmen nicht entgegen. Es werden geeignete Maßnahmen zur Minderung des Unterwasserlärms umgesetzt (s. Kap. 4.3.2, Maßnahme 028_Va_V).	nein
3. Maßnahmen, die im zweiten Zyklus 2022–2027 neu hinzugekommen sind		
UZ1-05: Meeresrelevante Revision des Göteborg-Protokolls des CLRTAP (Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigungen) insbesondere zur Minderung der atmosphärischen Einträge von NOX und Ammoniak	Das Vorhaben steht der Revision des Göteborg-Protokolls nicht entgegen. Bei Realisierung des beantragten Vorhabens ist bezüglich des Schienenverkehrs durch die Elektrifizierung der Strecke und der infolgedessen deutlich geringeren Anzahl von Dieselmotoren eine Verbesserung der lufthygienischen Situation für Stickstoffdioxid (NO ₂) zu erwarten. Das Meeresgewässer ist weder im terrestrischen noch im marinen Bereich von einer straßenverkehrsbedingten Zunahme der Belastung durch Luftschadstoffe betroffen. Im Nahbereich der Bestandsstrasse über die Fehmarnsundbrücke kommt es zu einer Abnahme der Luftbelastung (vgl. Unterlage 18.04.001, Kap. 3.2.3.7).	nein
UZ1-06: Meeresrelevante Umsetzung des nationalen Luftreinhalteprogramms der Bundesrepublik Deutschland	Das Vorhaben steht der Umsetzung des Luftreinhalteprogramms nicht entgegen. Die Luftschadstoffe und damit verbundene Depositionen im marinen Bereich werden sich durch den Bau des Tunnels verringern (vgl. Unterlage 18.04.001, Kap. 3.2.3.7).	nein
UZ1-07: Entwicklung von meeresrelevanten Zielwerten für die Minderung von Einträgen von Phosphor, Schadstoffen sowie Kunststoffen (inkl. Mikroplastik) am Übergabepunkt limnisch/marin, als Grundlage für die Bewirtschaftung der Flussgebietseinheiten gemäß WRRL	Das Vorhaben steht der Entwicklung entsprechender Zielwerte nicht entgegen.	nein
UZ1-9: Pilotstudien zu umweltfreundlichen Umschlagstechniken von Düngemitteln in Häfen	Keine Betroffenheit durch das Vorhaben. Die Umsetzung der Maßnahmen steht in keinem Zusammenhang mit den prognostizierten Wirkfaktoren.	nein
UZ1-10: Kriterien, Rahmenbedingungen und Verfahrensweisen für nachhaltige Aquakultursysteme		nein
UZ2-05: Infokampagne: Sachgerechte Entsorgung von Arzneimitteln – Schwerpunkt: Seeschiffe		nein
UZ2-06: Infokampagne: Bewusstseinsbildung zu Umweltauswirkungen von UV-Filtern in Sonnenschutzcreme		nein



Maßnahme	Auswirkungen des Vorhabens	Wird die Umsetzung der Maßnahme erschwert oder verhindert?
UZ2-07: Hinwirken auf eine Verringerung des Eintrags von Ladungsrückständen von festen Massengütern ins Meer		nein
UZ3-03: Rückzugs- und Ruheräume für benthische Lebensräume, Fische, marine Säugetiere und See- und Küstenvögel zum Schutz vor anthropogenen Störungen	Das Vorhaben steht der Einrichtung von Rückzugs- und Ruheräumen nicht entgegen. Nach Abschluss der Baumaßnahmen verbleiben auch im Eingriffsbereich keine Störungen der genannten Artengruppen.	nein
UZ3-05: Riffe rekonstruieren, Hartsedimentsubstrate wieder einbringen	Mit der vorgesehenen Anlage von geogenen Riffen auf einer externen Kompensationsfläche sowie der Wiederherstellung der Riffstrukturen im Bereich der Tunneltrasse wird die Maßnahme unterstützt (s. Kap. 4.4).	nein
UZ3-06: Maßnahmen zur Umsetzung der IMO-Biofouling-Empfehlungen	Keine Betroffenheit durch das Vorhaben. Die Umsetzung der Maßnahmen steht in keinem Zusammenhang mit den prognostizierten Wirkfaktoren.	nein
UZ3-07: Aufbau und Etablierung eines Neobiota-Frühwarnsystems und Entscheidungshilfe für Sofortmaßnahmen		nein
UZ4-06: Erarbeitung von Fachvorschlägen für Bedarfe, für die Zulassung von Bergbauvorhaben einschlägige Rechtsvorschriften an die Anforderungen der MSRL anzupassen		nein
UZ5-10: Vermeidung und Reduzierung des Eintrags von Mikroplastikpartikeln in die marine Umwelt		nein
UZ5-11: Müllbezogene Maßnahmen zur Berufs- und Freizeitschifffahrt		nein

9 Fazit

Die Prognose und Bewertung der Auswirkungen des Vorhabens „PFA Fehmarnsundquerung“ auf die wesentlichen Merkmale und Eigenschaften sowie Belastungen zeigt, dass das Vorhaben den aktuellen Umweltzustand des Meeresgewässers Deutsche Ostsee nicht verschlechtert (Kap. 8.2).

Das Vorhaben ist mit dem MSRL-Verbesserungsgebot vereinbar. Die Maßnahmen des MSRL-Maßnahmenprogramms, die zur Erreichung der Umweltziele festgelegt wurden, werden nicht beeinflusst und können weiterhin umgesetzt werden. Die Erreichung der Umweltziele und des guten Umweltzustands wird durch das Vorhaben nicht gefährdet (Kap. 8.3).



10 Literatur und Quellen

- BESCHLUSS (EU) 2017/848** *BESCHLUSS (EU) 2017/848 DER KOMMISSION vom 17. Mai 2017 zur Festlegung der Kriterien und methodischen Standards für die Beschreibung eines guten Umweltzustands von Meeresgewässern und von Spezifikationen und standardisierten Verfahren für die Überwachung und Bewertung sowie zur Aufhebung des Beschlusses 2010/477/EU*
- BFS -BUNDESAMT FÜR STRAHLENSCHUTZ (2025a)**: Bericht zum Workshop: Umwelteffekte elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder auf Flora und Fauna. (<https://www.bfs.de/DE/bfs/wissenschaft-forschung/emf/abgeschlossen/emf-umwelt.html>), abgerufen am 25.02.2025.
- BFS -BUNDESAMT FÜR STRAHLENSCHUTZ (2025b)**: Was sind statische und niederfrequente elektrische und magnetische Felder? (https://www.bfs.de/DE/themen/emf/nff/einfuehrung/einfuehrung_node.html), abgerufen am 25.02.2025.
- BMU -BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (2013)**: Konzept für den Schutz der Schweinswale vor Schallbelastungen bei der Errichtung von Offshore-Windparks in der deutschen Nordsee (Schallschutzkonzept)
- BMUV (2022)**: MSRL-Maßnahmenprogramm zum Schutz der deutschen Meeresgewässer in Nord- und Ostsee (einschließlich Umweltbericht). Aktualisiert für 2022–2027. Bericht über die Überprüfung und Aktualisierung des MSRL-Maßnahmenprogramms gemäß §§ 45j i.V.m. 45h Absatz 1 des Wasserhaushaltsgesetzes. Version 1.5, Stand: 30.06.2021
- BMUV -BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ, NUKLEARE SICHERHEIT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2024)**: Zustand der deutschen Ostseegewässer 2024. Aktualisierung der Anfangsbewertung nach § 45c, der Beschreibung des guten Zustands der Meeresgewässer nach § 45d und der Festlegung von Zielen nach § 45e des Wasserhaushaltsgesetzes zur Umsetzung der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie. Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Nord- und Ostsee (BLANO), 15. Oktober 2024. URL: https://mitglieder.meeresschutz.info/de/berichte/zustandsbewertungen-art8-10.html?file=files/meeresschutz/berichte/art8910/zyklus2024/Zustandsbericht_Ostsee_2024.pdf
- BRAUN, C.; GÄLLI, R.; KAMER, C. (2013)**: Belastung durch Gleisabwasser. Emissionen von Mikroverunreinigungen aus dem Bahnverkehr in Fließgewässer. In: AQUA & GAS (93: 40-49)
- BSH -BUNDESAMT FÜR SEESCHIFFFAHRT UND HYDROGRAPHIE (2011)**: Offshore-Windparks - Messvorschrift für Unterwasserschallmessungen. Aktuelle Vorgehensweise mit Anmerkungen (https://www.bsh.de/DE/PUBLIKATIONEN/Anlagen/Downloads_Suchausschluss/Offshore/Anlagen-DE/Ergaenzung-Messvorschrift-Unterwasserschallmessung.pdf?blob=publicationFile&v=4)
- BSH -BUNDESAMT FÜR SEESCHIFFFAHRT UND HYDROGRAPHIE (2018)**: Ballastwasser-Übereinkommen. (https://www.bsh.de/DE/THEMEN/Schifffahrt/Umwelt_und_Schifffahrt/Ballastwasser/Uebereinkommen_und_Umsetzung/Anlagen/Downloads/Ballastwasser_Umsetzung_Broschuere_DE_U.pdf?blob=publicationFile&v=2)
- BUWAL -BUNDESAMT FÜR UMWELT, WALD UND LANDSCHAFT (2005)**: Elektromog in der Umwelt.
- CORPORATION, J. S. (1978)**: An analysis of the functional capabilities and performance of silt curtains.
- DB SYSTEMTECHNIK GMBH (2023)**: FSQ Querung des Fehmarnsunds. 22.3 Elektromagnetische Felder. Fachtechnische Stellungnahme zur Umsetzung der 26. BImSchV
- DE ROBERTIS, A. & HANDEGARD, N. O. (2012)**: Fish avoidance of research vessels and the efficacy of noise-reduced vessels: A review. In: ICES J. MAR. SCI. (1)
- DMT (2024)**: Memo zu den Minderungsmaßnahmen während der Nassbaggerarbeiten
- DMT -DMT GMBH & Co. KG, (2025a)**: Fehmarnsundquerung: Hydronumerisches Modell - Verbringung von Nassaushub, Auswirkungsprognose auf Hydrografie, Wasserqualität und Sedimente des Meeresbodens
- DMT -DMT GMBH & Co. KG, (2025b)**: Fehmarnsundquerung: Hydronumerisches Modell, Auswirkungsprognose auf Hydrografie, Wasserqualität, Sedimente des Meeresbodens und Küstenmorphologie
- EMF-PORTAL (2025)**: Bahnstrom 16,7 Hz. (<https://www.emf-portal.org/de/cms/page/home/technology/low-frequency/traction-power-system>), abgerufen am 21.02.2025.
- FEMO (2023a)**: Baubegleitendes Monitoring 2021-2022. Nicht brütende Wasservögel. Sommer/Winter 2021-2022 (1 Juli 2021 – 30 April 2022)
- FEMO (2023b)**: Construction Monitoring 2021-2022: Marine Mammals. 1 September 2021 - 31 August 2022, Fehmarnbelt Fixed Link, Report No. FEMO-05TR0020-R1



- FEMO (2024a):** Baubegleitendes Monitoring 2022-2023. Nicht brütende Wasservögel. Sommer/Winter 2022-2023 (1. Mai 2022 – 30. April 2023). Feste Fehmarnbeltquerung
- FEMO (2024b):** Null Monitoring 2018-2019: Marine Mammals, Fehmarnbelt Fixed Link, Report No. FEMO-05TR0002 R3
- FGSV (2008):** Richtlinie für die Anlage von Autobahnen
- FGSV (2012):** Richtlinie für die Anlage von Landstraßen
- FGSV (2021):** M WRRL – Merkblatt zur Berücksichtigung der Wasserrahmenrichtlinie in der Straßenplanung R2
- FLIESSBACH, K. L.; BORKENHAGEN, K.; GUSE, N.; MARKONES, N.; SCHWEMMER, P.; GARTHE, S. (2019):** A Ship Traffic Disturbance Vulnerability Index for Northwest European Seabirds as a Tool for Marine Spatial Planning. In: FRONTIERS IN MARINE SCIENCE.
- FRANCINGUES, N. R. & PALERMO, M. R. (2005):** Silt curtains as a dredging project management practice.
- GALATIUS, A.; TEILMANN, J.; DÄHNE, M.; AHOLA, M.; WESTPHAL, L.; KYHN, L. A.; PAWLICZKA, I.; OLSEN, M. T.; DIETZ, R. (2020):** Grey seal *Halichoerus grypus* recolonisation of the southern Baltic Sea, Danish Straits and Kattegat. In: WILDL. BIOL. (4)
- GEOGROUP -GEO INGENIEURSERVICE NORD-OST GMBH & Co. KG (2024):** Statistiken zu Riffen im Fehmarnsund und auf dem Riffkompensationsgebiet, Kurzbericht
- HELCOM (2023a):** Cumulative impact from physical pressures on benthic biotopes (CumI). HELCOM core indicator report. . (https://indicators.helcom.fi/wp-content/uploads/2023/04/Cumulative-impact-indicator-report_2023-05-03_RevisedApproval_310523_PDF_July.pdf)
- HELCOM (2023b):** Lead. HELCOM Core Indicator Report. Online. (https://indicators.helcom.fi/wp-content/uploads/2023/04/Lead_Final_For_April_2023-1.pdf)
- HELCOM (2023c):** Metals (cadmium). HELCOM Core Indicator Report. Online. (https://indicators.helcom.fi/wp-content/uploads/2023/04/Cadmium_Final_July_2023.pdf)
- HELCOM (2023d):** PAH and metabolites. HELCOM Core Indicator Report. Online. (https://indicators.helcom.fi/wp-content/uploads/2023/04/Cadmium_Final_July_2023.pdf)
- IFAÖ -INSTITUT FÜR ANGEWANDTE ÖKOSYSTEMFORSCHUNG GMBH (2023):** Fehmarnsundquerung: Kartierung im marinen Bereich. Bericht zur Kartierung der Trauerente von Januar 2022 bis Januar 2023 im marinen Bereich.
- IFAÖ -INSTITUT FÜR ANGEWANDTE ÖKOSYSTEMFORSCHUNG GMBH (2024):** ABS/NBS Hamburg-Lübeck-Puttgarden (Hinterlandanbindung FBQ) Neubau der B 207. PFA Fehmarnsundquerung (FSQ). Kartierung im marinen Bereich, Ergebnisbericht des 1. und 2. Kartierjahres 2021 - 2023
- IFAÖ -INSTITUT FÜR ANGEWANDTE ÖKOSYSTEMFORSCHUNG GMBH (2025a):** ABS/NBS Hamburg-Lübeck-Puttgarden (Hinterlandanbindung FBQ). Neubau der B 207. PFA Fehmarnsundquerung (FSQ). Erfassung Benthos sowie Fische und Rundmäuler im Bereich des Nassbaggertgutverbringungsgebiets. Ergebnisbericht der Kampagnen Herbst 2022 und Frühjahr 2023
- IFAÖ -INSTITUT FÜR ANGEWANDTE ÖKOSYSTEMFORSCHUNG GMBH (2025b):** ABS/NBS Hamburg-Lübeck-Puttgarden (Hinterlandanbindung FBQ). Neubau der B 207. PFA Fehmarnsundquerung (FSQ). Erfassung des Benthos sowie der Fischfauna im Bereich der potenziellen Riffkompensationsfläche, Ergebnisbericht der Kampagnen Herbst 2023 und Frühjahr 2024
- IMP INGENIEURE GMBH & Co. KG (2024):** Fehmarnsundquerung - Physikalische Gewässergütemessung - Trübung
- ITAP GMBH (2023):** Feste Fehmarnsundquerung Hintergrundschallmessung Unterwasserschall Sommer 2022 / Winter 2023
- ITAP GMBH (2025a):** ABS/NBS Hamburg-Lübeck-Puttgarden (Hinterlandanbindung FBQ) Neubau der B 207 PFA Fehmarnsundquerung (FSQ). Unterwasserschallprognose für zu erwartenden Unterwasserschall während Rammarbeiten
- ITAP GMBH (2025b):** ABS/NBS Hamburg-Lübeck-Puttgarden (Hinterlandanbindung FBQ) Neubau der B 207. PFA Fehmarnsundquerung (FSQ). Unterwasserschallprognose für wasserseitige Arbeiten für die neue Fehmarnsundquerung
- JIN, J.-Y.; CHAE, J.-W.; SONG, W.-O.; PARK, J.-S.; KIM, S.-E.; JEONG, W.-M.; YUM, K.-D.; OH, J.-K. (2003):** Behavior of currents and suspended sediments around a silt screen. In: OCEAN POLAR RES. (spc3)
- LAMBRECHT, H. & TRAUTNER, J. (2007):** Fachinformationssystem und Fachkonventionen zur Bestimmung der Erheblichkeit im Rahmen der FFH-VP. ENDBERICHT ZUM TEIL FACHKONVENTIONEN. SCHLUSSSTAND JUNI 2007. (https://www.bfn.de/fileadmin/MDb/images/themen/eingriffsregelung/BfN-FuE_FFH-FKV_Bericht_und_Anhang_Juni_2007.pdf)
- LLUR -LANDESAMT FÜR LANDWIRTSCHAFT, UMWELT UND LÄNDLICHE RÄUME (2020):** Sauerstoffmangel im bodennahen Wasser der westlichen Ostsee



- LLUR; LKN; OAG -LANDESAMT FÜR LANDWIRTSCHAFT, UMWELT UND LÄNDLICHE RÄUME; LANDESBETRIEB FÜR KÜSTENSCHUTZ, NATIONALPARK UND MEERESSCHUTZ; ORNITHOLOGISCHE ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR SCHLESWIG-HOLSTEIN UND HAMBURG E.V. (2016):** Rastbestände von Wasser- und Watvögeln in Schleswig-Holstein. Stand 01.02.2016.
- LUCKE, K.; SIEBERT, U.; LEPPER, P. A.; BLANCHET, M.-A. (2009):** Temporary shift in masked hearing thresholds in a harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) after exposure to seismic airgun stimuli. In: JOURNAL OF THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA. (6)
- MARCUS, N.; LUTZ, R.; BURNETT, W.; CABLE, P. (1994):** Age, viability, and vertical distribution of zooplankton resting eggs from an anoxic basin: Evidence of an egg bank. . In: LIMNOL. OCEANOGR. (39): 154-158)
- MEKUN & LFU (2024):** Leitfaden für den Umgang mit dem Verschlechterungsverbot nach WRRL in Schleswig-Holstein
- MELUND (2022):** Verfahrensvorschlag für die Prüfung der Vereinbarkeit von Vorhaben mit den Zielen nach §§ 45 a-f WHG (Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie, MSRL)
- MENDEL, B.; SONNTAG, N.; WAHL, J.; SCHWEMMER, P.; DRIES, H.; GUSE, N.; MÜLLER, S.; GARTHE, S. (2008):** Artensteckbriefe von See- und Wasservögeln der deutschen Nord- und Ostsee. Verbreitung, Ökologie und Empfindlichkeiten gegenüber Eingriffen in ihren marinen Lebensraum. NATURSCHUTZ UND BIOLOGISCHE VIelfALT: NATURSCHUTZ, B. F. Bonn-Bad Godesberg
- MERCKER, M.; SCHWEMMER, P.; PESCHKO, V.; ENNERS, L.; GARTHE, S. (2021):** Analysis of local habitat selection and large-scale attraction/avoidance based on animal tracking data: is there a single best method? In: MOVEMENT ECOLOGY. (1)
- NEHLS, G.; MIRIAM J. BRANDT; ANSGAR DIEDERICH (2016):** Prognose zu den Auswirkungen einer seismischen Untersuchung im Gebiet Borkum Riffgrund auf Schweinswale und Kegelrobben
- PBU -PLANUNGSGEMEINSCHAFT BAHN UMWELT (2022a):** Ersatzneubau Fehmarnsundquerung (FSQ), Schleswig-Holstein - Brutvögel
- PBU -PLANUNGSGEMEINSCHAFT BAHN UMWELT (2022b):** Ersatzneubau Fehmarnsundquerung (FSQ), Schleswig-Holstein - Rastvögel
- PBU -PLANUNGSGEMEINSCHAFT BAHN UMWELT (2023):** Ersatzneubau Fehmarnsundquerung (FSQ), Schleswig-Holstein. Reiherenten Großenbroder Lagune 2021/2022.
- POPPER, A. N. (2003):** Effects of Anthropogenic Sounds on Fishes. In: FISHERIES. (10)
- RICHARDSON, W. J.; GREENE, C. R. J.; MALME, C. I.; THOMSON, D. H. (1995):** Marine mammals and noise. San Diego
- ROBERTS, L. & LAIDRE, M. E. (2019):** Finding a home in the noise: cross-modal impact of anthropogenic vibration on animal search behaviour. In: BIOLOGY OPEN. (7)
- TA LUFT (2021):** Neufassung der Ersten Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft) vom 18. August 2021 (GMBI. Nr. 48-54 vom 14.09.2021 S. 1050). (http://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwvbund_18082021_IGI25025005.htm)
- TEILMANN, J.; R. DIETZ, R.; CLERMONT EDRÉN, S. M.; HENRIKSEN, O. D.; CARSTENSEN, J. (2003):** Aerial surveys of seals at Rødsand seal sanctuary and adjacent haul-out sites. Research Notes from NERI Nr. 188. (<http://www.dmu.dk/Udgivelser/Arbejdsrapporter/Nr.+150-199>)
- VAN RIJN, L. (2018):** Turbidity due to dredging and dumping of sediments.
- WANG, S. V.; WREDE, A.; TREMBLAY, N.; BEERMANN, J. (2022):** Low-frequency noise pollution impairs burrowing activities of marine benthic invertebrates. In: ENVIRONMENTAL POLLUTION.
- WISNIEWSKA, D. M.; JOHNSON, M.; TEILMANN, J.; ROJANO-DONATE, L.; SCHEARER, J.; SVEEGAARD, S.; MILLER, L. A.; SIEBERT, U.; MADSEN, P. T. (2016):** Ultra-High Foraging Rates of Harbor Porpoises Make Them Vulnerable to Anthropogenic Disturbance. In: CURR. BIOL. (11)
- WU, Y.; NEO, E.; JAIN, M.; TAN, C. (2016):** Effectiveness of silt screen in front of industrial water intake. PROC., 21ST WORLD DREDGING CONGRESS AND EXHIBITION

