Untersuchung einer möglichst naturverträglichen Nutzung des NSG „Doggerbank“ durch die Offshore-Windkraft

Abschlussbericht

Version V2.0

19.12.2024

Im Auftrag des
Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz
und des
Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit
und Verbraucherschutz

BioConsult SH GmbH & Co. KG
Schobüller Str. 36
25813 Husum
Tel. 04841 77937-10
Fax 04841 77937-19
info@bioconsult-sh.de
www.bioconsult-sh.de

IBL Umweltplanung GmbH
Bahnhofstraße 14a
26122 Oldenburg
Tel. 0441 505017-10
Fax. 0441 505017-11
info@ibl-umweltplanung.de
www.ibl-umweltplanung.de

Deutsche WindGuard GmbH
Oldenburger Straße 65a
26316 Varel
Tel. 04451 9515-0
Fax 04451 9515-29
info@windguard.de
www.windguard.de

Prof. Dr. iur. Gerold Janssen
Koloniestraße 1
01219 Dresden
Gerold.janssen@gmx.net

Untersuchung einer möglichst naturverträglichen Nutzung des NSG „Doggerbank“ durch die Offshore-Windkraft

Abschlussbericht

Autoren:

BioConsult SH: Karolin Adorf, Marit Schütte, Sina Christoph, Stefan Bräger, Nanette Gries, Ansgar Diederichs
IBL Umweltplanung: Dr. Alexander Braasch, Dr. Lesley Szostek, Melissa Moick, Dr. Helmut Wendeln, Meike Bremenkamp
Deutsche WindGuard: Dr.-Ing. Dennis Kruse, Dorothee Ellerhorst, Keno Brüning
Prof. Dr. iur. Gerold Janssen

INHALTSVERZEICHNIS

1 ANLASS UND AUFGABENSTELLUNG 26

2 RECHTLICHE UND POLITISCHE RAHMENBEDINGUNGEN IN DER DEUTSCHEN AWZ 27

2.1 Vorbemerkung 27

2.2 Europäische und bundesweite Zielstellungen für den Ausbau der Offshore-Windenergie 29

2.2.1 Green Deal 29

2.2.2 EU-Offshore Strategie 30

2.2.3 Ausbauziele des Bundes 31

2.2.4 Ausbauziele der Nachbarländer und übergreifende Initiativen (Ostende-Erklärung) 31

2.3 Relevante rechtliche Grundlagen 32

2.3.1 Naturschutzrecht 32

2.3.2 Schutzgebietsverordnung für das NSG „Doggerbank“ 38

2.3.3 Bewirtschaftungsplan (Managementplan) 40

2.3.4 Wasserrecht 43

2.3.5 Windenergie-auf-See-Gesetz (WindSeeG) 44

2.3.6 Erneuerbare-Energien-Richtlinie 46

2.3.7 Bundesberggesetz (BBergG) 47

2.3.8 Umweltschadensgesetz (USchadG) 48

2.3.9 Internationale Übereinkommen (SRÜ, OSPAR, CBD, ESPOO-Ü) 49

2.4 Planerische Grundlagen und Zielstellungen 53

2.4.1 Meeresraumordnung 53

2.4.2 Flächenentwicklungsplan (FEP) 64

2.4.3 Zulassungsverfahren 69

2.4.4 Netzentwicklungsplan (NEP; EnWG) 75

2.4.5 Meeresstrategierahmenrichtlinie (RL 2008/56/EG) / Maßnahmenprogramm 76
2.4.6 Verordnung über die Wiederherstellung der Natur (EU 2024/1991) 77
2.4.7 EU-Biodiversitätsstrategie 2030 78
2.5 Fazit 79
3 SCREENING WEITERER TECHNOLOGIEENTWICKLUNG 81
3.1 Windenergieanlagen 82
3.1.1 Technische Funktionsweise 83
3.1.2 Stand der Technik 87
3.1.3 Entwicklungsprognose und Forschungsbedarf 88
3.1.4 Auswirkung der Technologie auf die Meeresumwelt 90
3.1.5 Technologien zur Vermeidung oder Verminderung der Umweltauswirkungen 90
3.1.6 Stärken-Schwächen-Analyse 92
3.1.7 Potenzial für das NSG „Doggerbank“ 93
3.2 Fundamente 94
3.2.1 Technische Funktionsweise 95
3.2.2 Stand der Technik 108
3.2.3 Entwicklungsprognose und Forschungsbedarf 109
3.2.4 Auswirkung der Technologie auf die Meeresumwelt 112
3.2.5 Technologien zur Vermeidung oder Verminderung der Umweltauswirkungen 112
3.2.6 Stärken-Schwächen-Analyse 124
3.2.7 Potenzial für das NSG „Doggerbank“ 127
3.3 Energiewandlungs- und Speicheroptionen 131
3.3.1 Technische Funktionsweise 131
3.3.2 Stand der Technik 135
3.3.3 Entwicklungsprognose und Forschungsbedarf 136

3.3.4 Auswirkung der Technologie auf die Meeresumwelt 136
3.3.5 Technologien zur Vermeidung oder Verminderung der Umweltauswirkungen 138
3.3.6 Stärken-Schwächen-Analyse 139
3.3.7 Potenzial für das NSG „Doggerbank“ 140
3.4 Anbindungstechnologien 141
3.4.1 Seekabel und Konverterplattformen 141
3.4.2 Pipelines für Wasserstoff oder Wasserstoff-Derivate 149
3.5 Fazit 158
4 GRUNDLAGEN ZUR ERMITTLUNG DER TRAGFÄHIGKEIT DER ÖKOSYSTEME DES NSG „DOGGERBANK“ 163
4.1 Definition Tragfähigkeit 163
4.2 Auswirkungen von OWP auf die Meeresumwelt 164
4.3 Nutzungsanalyse (anthropogene Nutzungen) 165
4.3.1 Schifffahrt 165
4.3.2 Fischerei 167
4.3.3 Aufsuchung und Gewinnung von Kohlenwasserstoffen 178
4.3.4 Aufsuchung und Gewinnung von Sand und Kies 180
4.3.5 Verlegung und Betrieb von Kabeln und Rohrleitungen 180
4.3.6 Energieerzeugung aus Wind 180
4.3.7 Sonstige Nutzungen 181
4.4 Schutzgut Pelagische Primärproduktion 183
4.4.1 Datengrundlage 183
4.4.2 Bestandsbeschreibung und Bewertung der Datengrundlage 183
4.4.3 Bedeutung des NSG „Doggerbank“ für das Schutzgut Pelagische Primärproduktion 183
4.4.4 Auswirkungen von OWP 183
4.4.5 Schutzgutbezogene Sensitivitätsanalyse 187

4.4.6 Relevante Vorbelastungen 189
4.4.7 Überlegungen zur Tragfähigkeit 189
4.5 Schutzgut Benthische Lebensräume und geschützte Biotope 189
4.5.1 Datengrundlage 189
4.5.2 Bestandsbeschreibung und Bewertung der Datengrundlage 189
4.5.3 Bedeutung des NSG „Doggerbank“ für das Schutzgut Benthische Lebensräume und geschützte Biotope 190
4.5.4 Auswirkungen von OWP 190
4.5.5 Schutzgutbezogene Sensitivitätsanalyse 193
4.5.6 Relevante Vorbelastungen 194
4.5.7 Überlegungen zur Tragfähigkeit 194
4.6 Schutzgut Fische 195
4.6.1 Datengrundlage 195
4.6.2 Bestandsbeschreibung und Bewertung der Datengrundlage 195
4.6.3 Bedeutung des NSG „Doggerbank“ für das Schutzgut Fische 196
4.6.4 Auswirkungen von OWP 196
4.6.5 Relevante Vorbelastungen 199
4.6.6 Schutzgutbezogene Sensitivitätsanalyse 199
4.6.7 Überlegungen zur Tragfähigkeit 201
4.7 Schutzgut Rastvögel 204
4.7.1 Datengrundlage 204
4.7.2 Bestandsbeschreibung und Bewertung der Datengrundlage 204
4.7.3 Bedeutung des NSG „Doggerbank“ für das Schutzgut Rastvögel 204
4.7.4 Auswirkungen von OWP 207
4.7.5 Schutzgutbezogene Sensitivitätsanalyse 209
4.7.6 Relevante Vorbelastungen 217

4.7.7 Überlegungen zur Tragfähigkeit 218
4.8 Schutzgut Zugvögel 219
4.8.1 Datengrundlage 219
4.8.2 Bestandsbeschreibung und Bewertung der Datengrundlage 219
4.8.3 Bedeutung des NSG „Doggerbank“ für das Schutzgut Zugvögel 220
4.8.4 Auswirkungen von OWP 220
4.8.5 Schutzgutbezogene Sensitivitätsanalyse 220
4.8.6 Relevante Vorbelastungen 222
4.8.7 Überlegungen zur Tragfähigkeit 222
4.9 Schutzgut Marine Säugetiere 223
4.9.1 Datengrundlage 223
4.9.2 Bestandsbeschreibung und Bewertung der Datengrundlage 223
4.9.3 Bedeutung des NSG „Doggerbank“ für marine Säugetiere 223
4.9.4 Auswirkungen von OWP 224
4.9.5 Schutzgutbezogene Sensitivitätsanalyse 227
4.9.6 Relevante Vorbelastungen 227
4.9.7 Überlegungen zur Tragfähigkeit 228
4.10 Schutzgut Fledermäuse 229
4.10.1 Datengrundlage 229
4.10.2 Bestandsbeschreibung und Bewertung der Datengrundlage 229
4.10.3 Bedeutung des NSG „Doggerbank“ für Fledermäuse 230
4.10.4 Auswirkungen von OWP 230
4.10.5 Schutzgutbezogene Sensitivitätsanalyse 231
4.10.6 Relevante Vorbelastungen 231
4.10.7 Überlegungen zur Tragfähigkeit 232
4.11 Schutzgutübergreifende Sensitivitätsanalyse 232

4.12 Ökosystemare Zusammenhänge 233

4.13 Fazit 238

5 MÖGLICHE SZENARIEN DES OFFSHORE-WINDENERGIE AUSBAUS IM NSG „DOGGERBANK“ 240

5.1 Methodik für die Ableitung geeigneter Szenarien 240

5.2 Vorstellung der Szenarien und Bewertung der Naturverträglichkeit 243

5.2.1 Szenario 1: Keine Bebauung des NSG „Doggerbank“ mit Windenergie 243

5.2.2 Szenario 2: Bebauung mit 4 GW Windenergieleistung 246

5.2.3 Szenario 3: Bebauung mit 4 GW Windenergieleistung 267

5.2.4 Szenario 4: Bebauung mit 6 GW Windenergieleistung 284

5.2.5 Ökosystemare Betrachtungen der möglichen Ausbau-Szenarien 302

5.3 Priorisierung der erarbeiteten Szenarien 304

5.3.1 Pelagische Primärproduktion 304

5.3.2 Benthische Lebensräume und geschützte Biotope 304

5.3.3 Fische 304

5.3.4 Rastvögel 305

5.3.5 Zugvögel 305

5.3.6 Marine Säugetiere 305

5.3.7 Fledermäuse 306

5.4 Fazit 306

6 ERFORDERNISSE UND HANDLUNGSBEDARFE FÜR EINE NATURVERTRÄGLICHEN NUTZUNG DES NSG „DOGGERBANK“ DURCH OFFSHORE-WINDENERGIE 308

6.1 Ableitung von Handlungsbedarfen 308

6.1.1 Kenntnislücken aus naturschutzfachlicher Sicht 308

6.1.2 Kenntnislücken aus technologischer Sicht 312

6.1.3 Handlungsbedarfe 315

6.2 Strategische, politische, gesetzliche und fachliche Erfordernisse 319
6.3 Fazit 323
7 AUSBLICK 327
8 LITERATUR 330
A ANHANG 354
A.1 Grundlagen zur Ermittlung der Tragfähigkeit der Ökosysteme 354
A.1.1 Pelagische Primärproduktion 354
A.1.1.1. Datengrundlage 354
A.1.1.2. Bestandsbeschreibung 354
A.1.1.3. Bewertung der Datengrundlage 354
A.1.2 Benthische Lebensräume und geschützte Biotope 355
A.1.2.1. Datengrundlage 355
A.1.2.2. Bestandsbeschreibung 356
A.1.2.3. Bewertung der Datengrundlage 370
A.1.3 Fische 371
A.1.3.1. Datengrundlage 371
A.1.3.2. Bestandsbeschreibung 372
A.1.3.3. Bewertung der Datengrundlage 384
A.1.4 Rastvögel 385
A.1.4.1. Datengrundlage 385
A.1.4.2. Bestandsbeschreibung 389
A.1.4.2.1. Artenspektrum und Verteilung im Raum 389
A.1.4.2.2. Seetaucher 396
A.1.4.2.3. Eissturmvogel 396
A.1.4.2.4. Basstölpel 403

A.1.4.2.5.Zwergmöwen 410
A.1.4.2.6.Larus-Möwen 411
A.1.4.2.7.Dreizehenmöwen 417
A.1.4.2.8.Seeschwalben 424
A.1.4.2.9.Alken 426
A.1.4.2.10. Übergeordnete Betrachtung: Seevögel in der Nordsee 440
A.1.4.3. Bewertung der Datengrundlage 443
A.1.5 Zugvögel 443
A.1.5.1. Datengrundlage 443
A.1.5.2. Bestandsbeschreibung 445
A.1.5.3. Bewertung der Datengrundlage 446
A.1.6 Marine Säuger 446
A.1.6.1. Datengrundlage 446
A.1.6.2. Bestandsbeschreibung 451
A.1.6.2.1.Schweinswal 453
A.1.6.2.2.Robben 476
A.1.6.2.3.Zwergwal 479
A.1.6.2.4.Weißschnauzendelfin 485
A.1.6.3. Bewertung der Datengrundlage 490
A.1.7 Fledermäuse 490
A.1.7.1. Datengrundlage 490
A.1.7.2. Bestandsbeschreibung 490
A.1.7.3. Bewertung der Datengrundlage 491
A.2 Anhangsabbildungen 492

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1 Raumordnungsplan für die deutsche ausschließliche Wirtschaftszone in der Nordsee (entnommen aus BSH 2023c) 56

Abb. 2.2 Raumordnerische Festlegungen für Naturschutz in der Nordsee, ROP 2021, Abb. 12 des Anhangs, S. 29. 60

Abb. 2.3 Festlegung der Gebiete innerhalb der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone in der Nordsee (entnommen aus FEP 2024-E, S. 109). 67

Abb. 2.4 Festgelegte Zonen innerhalb der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone in der Nord- und Ostsee. Doggerbank markiert als Zone 5 (lila) (entnommen aus FEP 2024-E, S. 116)..... 68

Abb. 3.1 Zeitstrahl mit möglichem Verlauf für Offshore-Windparks im Gebiet NSG „Doggerbank“. 82

Abb. 3.2 Schaubild eines Horizontalläufers mit Getriebe (Zeichnung selbst erstellt; Quelle: Deutsche WindGuard). 84

Abb. 3.3 Schaubild eines getriebelosen Horizontalläufers (Zeichnung selbst erstellt; Quelle: Deutsche WindGuard). 85

Abb. 3.4 Anlagenleistung, Rotordurchmesser und Nabenhöhe von Offshore-Windenergieanlagen in Deutschland von 2009 bis 2040. 88

Abb. 3.5 Entwicklungsprognose für Offshore-Windenergieanlagen..... 89

Abb. 3.6 Schematische Darstellung von Gründungsstrukturen (Quelle: Eigene Darstellung Deutsche WindGuard). 94

Abb. 3.7 Eingesetzte Fundamenttypen in der deutschen Nordsee bis zum Jahr 2023 (Deutsche WindGuard, 2024). 95

Abb. 3.8 Verladung der Monopiles für das Projekt Hornsea Two am Hafengelände von EEW SPC (EEW SPC, 2021). 96

Abb. 3.9 Suction Bucket System vor der Installation. 103

Abb. 3.10 Schematische Darstellung von Floating Offshore Foundations (Quelle: Eigene Darstellung Deutsche WindGuard). 106

Abb. 3.11 (Erwarteter) Gründungsdurchmesser von Monopiles in der deutschen Nord- und Ostsee (Deutsche WindGuard, 2024). 109

Abb. 3.12 Mittelwerte dB SEL aus MarinEARS (BSH) für Monopile Installationen in der Nordsee..... 120

Abb. 3.13 Bathymetrie und Tiefenlinien im NSG "Doggerbank" (Quelle: BSH GEOportal). 128

Abb. 3.14 Kernbohrungen (ca. 30 m) im NSG „Doggerbank“. 129

Abb. 3.15 Schematische Darstellung von Offshore-Netzanbindung des Übertragungsnetzbetreibers TenneT. 141

Abb. 3.16 Vorbehaltsgebiete Leitungen im NSG „Doggerbank“. 149

Abb. 3.17 Geplante Entwicklung des Wasserstoffverteilnetzes im Jahr 2030. 153

Abb. 3.18 Geplante Entwicklung des Wasserstoffverteilnetzes im Jahr 2030. 154

Abb. 4.1 Vergleich der Schifffahrtsrouten in der Doggerbank aktuell (nach Raumordnungsplan 2021) und erster Entwurf zur Änderung der Schifffahrtsrouten. 166

Abb. 4.2 AIS Dichte Karte im NSG „Doggerbank“ (Quelle: EMODnet Map Viewer). 167

Abb. 4.3 Fischereiaufwand in Stunden als Summe aller Fischereien für Fahrzeuge von 12 m Länge und mehr (2018-2021) in der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone (entnommen aus BSH 2023a)..... 169

Abb. 4.4 Räumliche Verteilung des durchschnittlichen jährlichen Fischereiaufwands in MW (Megawatt)-Fangstunden in der erweiterten deutschen Nordsee (Nordsee inklusive des Englischen Kanals, Skagerrak und Kattegat) für Baumkurren- und Scherbrettfischerei. Der Fischereiaufwand ist angegeben in Stunden für Fahrzeuge von 12 m Länge oder mehr für die Jahre 2018-2021 (modifiziert von ICES 2022a). 170

Abb. 4.5 Anlandungen in 1.000 t (Landings) in der erweiterten Nordsee (Nordsee inklusive des Englischen Kanals, Skagerrak und Kattegat) für den Zeitraum 1950 bis 2020. Die 10 Arten (mackerel = Makrele, sandeel = Sandaal, herring = Hering, sprat = Sprotte, Norway pout = Stintdorsch, saithe = Seelachs, plaice = Scholle, haddock = Schellfisch, cod = Kabeljau, whiting = Wittling) mit den höchsten Anlandungen sind separat aufgeführt. Alle weiteren Arten sind zusammengefasst und als „other“ gekennzeichnet (entnommen aus ICES 2022a). 171

Abb. 4.6 Auswertungen der Abriebbelastungen durch grundberührende Fangmethoden in den oberen Sedimentschichten (< 2 cm) im Jahr 2020 173

Abb. 4.7 Auswertungen der Abriebbelastungen durch grundberührende Fangmethoden in den tieferen Sedimentschichten (≥ 2 cm) im Jahr 2020 174

Abb. 4.8 Auswertungen der Belastungsfrequenz pro Gitterzelle (Anteil des vom Fanggerät abgedeckten Teils pro Jahr, Swept Area Ratio) in den oberen Sedimentschichten (< 2 cm) 175

Abb. 4.9 Auswertungen der Belastungsfrequenz pro Gitterzelle (Anteil des vom Fanggerät abgedeckten Teils pro Jahr, Swept Area Ratio) in den tieferen Sedimentschichten (≥ 2 cm) 176

Abb. 4.10 Auswertung von VMS-Daten der Nationen Großbritannien (GBR, oben links), Deutschland (DEU, oben mittig), der Niederlande (NLD, oben rechts), Dänemark (DNK, unten links), Belgien (BEL, unten mittig) und Schweden (SWE, unten rechts) im Jahr 2015 innerhalb und an den Randbereichen des Naturschutzgebietes „Doggerbank“. Der markierte Bereich zeigt das Gebiet des Fischereimanagements (DELEGIERTE VERORDNUNG (EU) 2023/340 DER KOMMISSION v. 8.12.2022) während des Planungsstadiums (entnommen und modifiziert von Schulz 2016)... 177

Abb. 4.11 Pipelines und Gewinnung von Erdgas im NSG „Doggerbank“ sowie ausgewiesene Gates für grenzüberschreitende Seekabelsysteme. Es bestehen gegenwärtig keine Erlaubnisflächen für die Exploration von Kohlenwasserstoffen. Das Feld „Deutsche Nordsee A6/B4“ ist ausgefördert, die Förderplattform befindet sich im Rückbau. Daten: LBEG, BSH. 179

Abb. 4.12 Im Bau bzw. in Planung befindliche Offshore-Windparks auf der britischen Doggerbank sowie deutsche Windenergiegebiete (Quelle: BSH & emodnet map). 181

Abb. 4.13 Karte der Nordsee mit der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) und den beiden Messgebieten der BGR-(Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe) Ausfahrten GeoHifi und GeoBasis3D (gelbe Linien) mit den zwei ausgewählten Modellgebieten (rote Umrandung) und vorhandenen Naturschutzgebieten (lila) Quelle: (BGR 2022)..... 182

Abb. 4.14: Langfristige, proportionale Änderungen in der horizontalen Geschwindigkeit u (Abb. A) und in der potenziellen Energie phi (Abb. B) gemittelt über die gesamte Wassersäule und die Jahre 2011-2015. Die mittlere Restgeschwindigkeit wird in Abb. A durch graue Pfeile angezeigt, wohingegen die Isolinien in Abb. B die mittlere Anomalie der potenziellen Energie [J/m³] darstellen. Schwarze Polygone zeigen die Windparks an. Wassertiefen von weniger als 5 m werden nicht dargestellt (entnommen aus Christiansen et al. 2023). 185

Abb. 4.15: **(a)** Die vertikale Verteilung benthischer und aufgewachsener Miesmuscheln wie beobachtet (links) und wie modelliert (rechts). Benthische Muscheln sind homogen verteilt in der untersten Modellebene, wohingegen aufgewachsene Muscheln gleichmäßig verteilt sind in allen Modellschichten der obersten 250 cm der Wassersäule. In dem Zwischenbereich wurden keine Mollusken beachtet. **(b)** Modellierte Miesmuscheldichten am Meeresboden, geschätzt nach Anwesenheit, Zähldaten und Sedimenthabitat-Kartierung. Muschelfelder mit Einheitsdichte von 170 Ind./m² werden als schwarze Punkte dargestellt. **(c)** Muscheldichten an Turbinenfundamenten, extrapoliert vom Monitoring einzelner Anlagen in das grobe Modellraster (entnommen aus Slavik et al. 2019). 186

Abb. 4.16: Modellierte relative Abnahme der jährlichen Nettoprimärproduktion 2003-2013 zwischen Modellierungen mit und ohne Muschelaufwuchs, berechnet als prozentuale Abweichung vom Referenzwert (entnommen aus Slavik et al. 2019). 187

Abb. 4.17 Barrierewirkung: GAMM-basierte Vorhersagen der Flughöhe [in Metern] im Frühjahr (rot) und im Herbst (blau) bei Tag (links) und Nacht (rechts) in Abhängigkeit von der Distanz zum nächsten Windpark [in Metern]. Die Schattenbereiche geben die 95 %-Vertrauensbereiche wieder (entnommen aus Schwemmer et al. 2023). Der Anstieg der Flughöhe in der Nähe von Windparks wird von den Autoren als vertikale Ausweichreaktion interpretiert, die mit energetischen Kosten verbunden ist, ohne dass diese jedoch von ihnen quantifiziert werden. 222

Abb. 4.18 Bedeutung des NSG „Doggerbank“ für die Schutzgüter Pelagische Primärproduktion, Benthische Lebensräume, Fische, Rastvögel, Zugvögel, Marine Säugetiere und Fledermäuse als Ergebnis der Sensitivitätsanalyse. 233

Abb. 5.1 Layout für Szenario 2.1 mit 22 MW OWEA. 246

Abb. 5.2 Layout für Szenario 2.2 mit 28 MW OWEA. 247

Abb. 5.3 Habitatverlust für Rastvögel unter Szenario 2 (hier: 28 MW Anlagen) im NSG „Doggerbank“ unter Annahme eines Meideradius von 2 km bzw. 10 km. 255

Abb. 5.4 Layout für Szenario 3.1 mit 22 MW OWEA. 267

Abb. 5.5 Layout für Szenario 3.2 mit 28 MW OWEA. 267

Abb. 5.6 Habitatverlust für Rastvögel unter Szenario 3 (hier: 28 MW Anlagen) im NSG „Doggerbank“ unter Annahme eines Meideradius von 2 km bzw. 10 km. 272

Abb. 5.7 Layout für Szenario 4.1 mit 22 MW OWEA. 284

Abb. 5.8: Layout für Szenario 4.2 mit 28 MW OWEA. 284

Abb. 5.9 Habitatverlust für Rastvögel unter Szenario 4 (hier: 28 MW Anlagen) im NSG „Doggerbank“ unter Annahme eines Meideradius von 2 km bzw. 10 km. 290

Abb. 8.1 Korngrößenverteilung im NSG „Doggerbank“ im Jahr 2013 (Bildstein et al. 2023), eigene Darstellung. 358

Abb. 8.2 Korngrößenverteilung im NSG „Doggerbank“ im Jahr 2014 (Bildstein et al. 2023), eigene Darstellung. 358

Abb. 8.3 Korngrößenverteilung im NSG „Doggerbank“ im Jahr 2015 (Bildstein et al. 2023), eigene Darstellung. 359

Abb. 8.4 Korngrößenverteilung im NSG „Doggerbank“ im Jahr 2016 (Bildstein et al. 2023), eigene Darstellung. 359

Abb. 8.5 Korngrößenverteilung im NSG „Doggerbank“ im Jahr 2017 (Bildstein et al. 2023), eigene Darstellung. 360

Abb. 8.6 Korngrößenverteilung im NSG „Doggerbank“ im Jahr 2019 (Bildstein et al. 2023), eigene Darstellung. 360

Abb. 8.7 Anteile der fünf häufigsten Infaunaarten je Untersuchungskampagne an der Gesamtabundanz des jeweiligen Jahres (Bildstein et al. 2023), eigene Darstellung. 361

Abb. 8.8 Verteilung der 5 dominanten Benthosarten (Infauna) pro Jahr (nach Abundanz) im NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2013 bis 2017 und 2019 (Bildstein et al. 2023), eigene Darstellung. 363

Abb. 8.9 Verteilung der Rote-Liste-Arten (Infauna) der Kategorien 2 und 3 im NSG „Doggerbank“ in 2013 (Bildstein et al. 2023), eigene Darstellung. 365

Abb. 8.10 Verteilung der Rote-Liste-Arten (Infauna) der Kategorien 2 und 3 im NSG „Doggerbank“ in 2014 (Bildstein et al. 2023), eigene Darstellung. 365

Abb. 8.11 Verteilung der Rote-Liste-Arten (Infauna) der Kategorien 2 und 3 im NSG „Doggerbank“ in 2015 (Bildstein et al. 2023), eigene Darstellung. 366

Abb. 8.12 Verteilung der Rote-Liste-Arten (Infauna) der Kategorien 2 und 3 im NSG „Doggerbank“ in 2016 (Bildstein et al. 2023), eigene Darstellung. 366

Abb. 8.13 Verteilung der Rote-Liste-Arten (Infauna) der Kategorien 2 und 3 im NSG „Doggerbank“ in 2017 (Bildstein et al. 2023), eigene Darstellung. 367

Abb. 8.14 Verteilung der Rote-Liste-Arten (Infauna) der Kategorien 2 und 3 im NSG „Doggerbank“ in 2019 (Bildstein et al. 2023), eigene Darstellung. 367

Abb. 8.15 Siedlungsgemeinschaften des Benthos im Bereich der deutschen AWZ und angrenzenden Gebieten (aus Rachor & Nehmer 2003). 369

Abb. 8.16 Verteilung der im Rahmen des International Bottom Trawl Survey (North Sea) erfolgten Datenerhebungen in den Jahren 2022 (links) und 2023 (rechts) in den ICES Rechtecken 39F4, 40F3 und 40F4 (entnommen aus ICES DataPortal). 371

Abb. 8.17 Artenreichtum auf der Doggerbank basierend auf 15 wissenschaftlichen Beprobungen zwischen 1991 und 2008. Die obere, gestrichelte Linie zeigt die Gesamtartenzahl pro Jahr, die untere, durchgezogene Linie zeigt die Gesamtartenzahl geteilt durch die Anzahl der beprobten Stationen. Die dünnen grauen Linien beschreiben die exponentielle Kurvenanpassung (entnommen aus Sonnewald & Türkay 2012a). 373

Abb. 8.18 Gesamtbiomasse in kg pro 1.000 m^2 bei Befischung mittels Grundschleppnetz im Jahr 2006 (entnommen aus Sell & Kröncke 2013). 374

Abb. 8.19 Verteilung der Art Eutrigla gurnardus in Individuen pro 1.000 m^2 bei Befischung mittels Grundschleppnetze im Jahr 2006 (entnommen aus Sell & Kröncke 2013). 378

Abb. 8.20 Mittlere jährliche Fangrate (Anzahl pro Fangstunde) für den Dornhai (S. acanthias) bei Erfassungen im Rahmen der IBTS-Surveys in den Jahren 1977-2005 (entnommen aus ICES FishMap). 383

Abb. 8.21 Mittlere jährliche Fangrate (Anzahl pro Fangstunde) für Nagelrochen (R. clavata) bei Erfassungen im Rahmen der IBTS-Surveys in den Jahren 1977-2005 (entnommen aus ICES FishMap). 384

Abb. 8.22 Positionen der Beobachter-basierten Flugtransekt-Erfassungen des BfN-Monitorings zwischen den Jahren 2010 und 2018. In rot eingezeichnet ist das NSG „Doggerbank“. 388

Abb. 8.23 Positionen der digitalen Flugtransekt-Erfassungen (HiDef) des BfN-Monitorings zwischen den Jahren 2018 und 2022 (nur Monate Mai und Juli). In rot eingezeichnet ist das NSG „Doggerbank“. 388

Abb. 8.24 Nachweise von Seevögeln während Schiffstransekt Erfassungen im Rahmen des ESAS Programmes aus den Jahren 2010 – 2016 (Quelle: https://www.ices.dk/data/data-portals/Pages/default.aspx). 389

Abb. 8.25 Artenspektrum nach Beobachter-basiertem BfN-Flugmonitoring in den Jahren 2010-2016: Prozentuale Anteile der häufigsten Arten bzw. Artgruppen an der Gesamtzahl aller erfassten Rastvögel (Anzahl der Individuen jeweils oberhalb des Balkens). Einzelne Arten sind grau dargestellt, Artgruppen schwarz. 390

Abb. 8.26 Artenspektrum nach digitalem BfN-Flugmonitoring (HiDef) im Frühjahr und Sommer 2018-2021: Prozentuale Anteile der häufigsten Arten bzw. Artgruppen an der Gesamtzahl aller erfassten Rastvögel (Anzahl der Individuen jeweils oberhalb des Balkens). Einzelne Arten sind grau dargestellt, Artgruppen schwarz. 391

Abb. 8.27 Artenspektrum nach ESAS-Schiffsmonitoring in den Jahren 2010-2016: Prozentuale Anteile der häufigsten Arten bzw. Artgruppen an der Gesamtzahl aller im Transektbereich erfassten Rastvögel (Anzahl der Individuen jeweils oberhalb des Balkens). Einzelne Arten sind grau dargestellt, Artgruppen schwarz. 392

Abb. 8.28 Räumliche Verteilung des Eissturmvogels im Januar und Juli im Nordost Atlantik (Individuen/km^2, 10 km Auflösung), aus: Waggit et al. (2020). 397

Abb. 8.29 Vorkommen des Eissturmvogels in 5x5 km^2 Grids in 2-Monatsperioden in den Saisons 1999/2000 – 2007/2008 in niederländischen Gewässern, basierend auf Flugerfassungen; rot: ungefähre Lage der niederländischen Doggerbank am Beispiel der Monate August/September (nach: Poot et al. 2010). 398

Abb. 8.30 Vorkommen des Eissturmvogels in der britischen Doggerbank Zone nach Burton et al. (2014). Links: Populationsschätzung in den Projektgebieten Teesside A und B (plus 2 km Puffer) in den Jahren 2010 bis 2012. Rechts: Darstellung der räumlichen Verteilung innerhalb eines Monats mit hohen Dichten (in Publikation sind Karten für jeden Monat vorhanden), blauer Kreis: ungefähre Lage der Doggerbank in der Deutschen AWZ. 399

Abb. 8.31 Vorkommen des Eissturmvogels in der Nordsee nach Skov et al (2018b) basierend auf ESAS-Daten (1980 – 2004). 399

Abb. 8.32 Verteilung des Eissturmvogels nach digitalen Flugtransekt-Erfassungen (HiDef) im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2018-2022. 400

Abb. 8.33 Verteilung des Eissturmvogels nach Beobachter-basierten Flugtransekt-Erfassungen im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2010-2018. 401

Abb. 8.34 Verteilung des Eissturmvogels nach ESAS-Schiffsmonitoring im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2010-2016. 402

Abb. 8.35 Räumliche Verteilung des Basstölpels im Januar und Juli im Nordost Atlantik (Individuen/km², 10 km Auflösung), aus: Waggit et al. (2020). 404

Abb. 8.36 Vorkommen des Basstölpels in 5x5 km² Grids in 2-Monatsperioden in den Saisons 1999/2000 – 2007/2008 in niederländischen Gewässern, basierend auf Flugerfassungen; rot: ungefähre Lage der niederländischen Doggerbank am Beispiel der Monate August/September (nach: Poot et al. 2010). 405

Abb. 8.37 Vorkommen des Basstölpels in der britischen Doggerbank Zone nach Burton et al. (2014). Links: Populationsschätzung in den Projektgebieten Teesside A und B (plus 2 km Puffer) in den Jahren 2010 bis 2012. Rechts: Darstellung der räumlichen Verteilung innerhalb von Monaten mit hohen Dichten (in Publikation sind Karten für jeden Monat vorhanden), blaue Kreise: ungefähre Lage der Doggerbank in der Deutschen AWZ. 406

Abb. 8.38 Vorkommen des Basstölpels in der Nordsee nach Skov et al (2018b) basierend auf ESAS-Daten (1980 – 2004). 407

Abb. 8.39 Verteilung des Basstölpels nach digitalen Flugtransekt-Erfassungen (HiDef) im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2018-2022. 408

Abb. 8.40 Verteilung des Basstölpels nach Beobachter-basierten Flugtransekt-Erfassungen im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2010-2018. 409

Abb. 8.41 Verteilung des Basstölpels nach ESAS-Schiffsmonitoring im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2010-2016. 410

Abb. 8.42 Vorkommen von Herings- (links) und Mantelmöwen in der Nordsee nach Skov et al (2018b) basierend auf ESAS-Daten (1980 – 2004). 412

Abb. 8.43 Verteilung der Heringsmöwe nach digitalen Flugtransekt-Erfassungen (HiDef) im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2018-2022. 414

Abb. 8.44 Verteilung der Heringsmöwe nach Beobachter-basierten Flugtransekt-Erfassungen im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2010-2018. 415

Abb. 8.45 Verteilung der Mantelmöwe nach digitalen Flugtransekt-Erfassungen (HiDef) im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2018-2022. 416

Abb. 8.46 Verteilung der Mantelmöwe nach Beobachter-basierten Flugtransekt-Erfassungen im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2010-2018. 417

Abb. 8.47 Räumliche Verteilung der Dreizehenmöwe im Januar und Juli im Nordost Atlantik (Individuen/km², 10 km Auflösung), aus: Waggit et al. (2020) 419

Abb. 8.48 Vorkommen der Dreizehenmöwe in 5x5 km² Grids in 2-Monatsperioden in den Saisons 1999/2000 – 2007/2008 in niederländischen Gewässern, basierend auf Flugerfassungen; rot: ungefähre Lage der niederländischen Doggerbank am Beispiel der Monate August/September (nach: Poot et al. 2010)..... 420

Abb. 8.49 Vorkommen der Dreizehenmöwe in der britischen Doggerbank Zone nach Burton et al. (2014). Links: Populationsschätzung in den Projektgebieten Teesside A und B (plus 2 km Puffer) in den Jahren 2010 bis 2012. Rechts: Darstellung der räumlichen Verteilung innerhalb eines Monats mit hohen Dichten (in Publikation sind Karten für jeden Monat vorhanden), blaue Kreise: ungefähre Lage der Doggerbank in der Deutschen AWZ. 421

Abb. 8.50 Vorkommen der Dreizehenmöwe in der Nordsee nach Skov et al (2018b) basierend auf ESAS-Daten (1980 – 2004). 421

Abb. 8.51 Verteilung der Dreizehenmöwe nach digitalen Flugtransekt-Erfassungen (HiDef) im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2018-2022. 422

Abb. 8.52 Verteilung der Dreizehenmöwe nach Beobachter-basierten Flugtransekt-Erfassungen im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2010-2018. 423

Abb. 8.53 Verteilung der Dreizehenmöwe nach ESAS-Schiffsmonitoring im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2010-2016. 424

Abb. 8.54 Verteilung der Fluss-/Küstenseeschwalbe nach digitalen Flugtransekt-Erfassungen (HiDef) im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2018-2022. 425

Abb. 8.55 Verteilung der Fluss-/Küstenseeschwalbe nach Beobachter-basierten Flugtransekt-Erfassungen im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2010-2018. 426

Abb. 8.56 Räumliche Verteilung von Trottellummen (links) und Trodalken (rechts) im Januar und Juli im Nordost Atlantik (Individuen/km², 10 km Auflösung), aus: Waggit et al. (2020). 428

Abb. 8.57 Vorkommen von Trottellummen/Tordalken in 5x5 km² Grids in 2-Monatsperioden in den Saisons 1999/2000 – 2007/2008 in niederländischen Gewässern, basierend auf Flugerfassungen; rot: ungefähre Lage der niederländischen Doggerbank am Beispiel der Monate August/September (nach: Poot et al. 2010)..... 429

Abb. 8.58 Vorkommen von Trottellummen in der britischen Doggerbank Zone nach Burton et al. (2014). Links: Populationsschätzung in den Projektgebieten Teesside A und B (plus 2 km Puffer) in den Jahren 2010 bis 2012. Rechts: Darstellung der räumlichen Verteilung innerhalb von Monaten mit hohen Dichten (in Publikation sind Karten für jeden Monat vorhanden), blaue Kreise: ungefähre Lage der Doggerbank in der Deutschen AWZ. 430

Abb. 8.59 Vorkommen von Trottellummen in der Nordsee nach Skov et al (2018b) basierend auf ESAS-Daten (1980 – 2004). 430

Abb. 8.60 Vorkommen von Tordalken in der Nordsee nach Skov et al (2018b) basierend auf ESAS-Daten (1980 – 2004). 431

Abb. 8.61 Verteilung der Trottellumme nach digitalen Flugtransekt-Erfassungen (HiDef) im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2018-2022. 432

Abb. 8.62 Verteilung der Trottellumme nach Beobachter-basierten Flugtransekt-Erfassungen im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2010-2018. 433

Abb. 8.63 Verteilung der Trottellumme nach ESAS-Schiffsmonitoring im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2010-2016. 434

Abb. 8.64 Verteilung des Tordalken nach digitalen Flugtransekt-Erfassungen (HiDef) im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2018-2022. 435

Abb. 8.65 Verteilung des Tordalken nach Beobachter-basierten Flugtransekt-Erfassungen im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2010-2018. 436

Abb. 8.66 Vorkommen von Papageitauchern in der Nordsee nach Skov et al (2018b) basierend auf ESAS-Daten (1980 – 2004). 437

Abb. 8.67 Verteilung des Papageitauchers nach digitalen Flugtransekt-Erfassungen (HiDef) im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2018-2022. 438

Abb. 8.68 Verteilung des Papageitauchers nach Beobachter-basierten Flugtransekt-Erfassungen im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2010-2018. 439

Abb. 8.69 Vorkommen von Krabbentauchern in der britischen Doggerbank Zone nach Burton et al. (2014). Links: Populationsschätzung in den Projektgebieten Teesside A und B (plus 2 km Puffer) in den Jahren 2010 bis 2012. Rechts: Darstellung der räumlichen Verteilung innerhalb von Monaten mit hohen Dichten (in Publikation sind Karten für jeden Monat vorhanden), blaue Kreise: ungefähre Lage der Doggerbank in der Deutschen AWZ. 440

Abb. 8.70 Räumliche Verteilung eines Wind-Sensitivitäts-Index (WSI), in den alle Seevögel berücksichtigt werden, in der südöstlichen Nordsee in den verschiedenen Jahreszeiten (Daten von 1993 – 2002); nach Garthe & Hüppop (2004). 441

Abb. 8.71 Vergleich von Sensitivitäts-Indices (WSI) auf Basis von Schiffserfassungen (Ship) und Flugerfassungen (Aerial) in niederländischen Gewässern (nach: Leopold & Dijkman 2010). Weiße Bereiche: keine Erfassungen; roter Kreis: rot: ungefähre Lage der niederländischen Doggerbank am Beispiel der Monate August/September. 442

Abb. 8.72 Der Verlauf von 259 Zugrouten von 143 besenderten Großen Brachvögeln während der Überquerung von Nord- und Ostsee im Frühjahr (grün) und im Herbst (blau) zwischen 2017 und 2022. Farbige Punkte stellen insgesamt 96 existierende Windparks dar, an denen die Brachvögel vorbeikommen können (entnommen aus Schwemmer et al. 2023). 445

Abb. 8.73 Untersuchungsgebiete und Transektdesign in der Nordsee bei Erfassungsflügen bis 2012. Das NSG „Doggerbank“ wird durch das Untersuchungsgebiet A (rosa) abgedeckt (Entnommen aus Gilles & Siebert 2010). 449

Abb. 8.74 Flugtransektdesign des Untersuchungsgebietes A bei Erfassungsflügen 2018/19 und 2020-2022 sowie das verwendete Raster zur Berechnung der Dichte von Schweinswalen für die Daten der digitalen Erfassungsflüge. 450

Abb. 8.75 Bayesische Trendanalyse für die Abundanz des Schweinswals im FFH-Gebiet „Doggerbank“ im Frühjahr (01.03.-31.05.) im Zeitraum 2002 – 2019 (Entnommen aus Nachtsheim et al. 2021b). Orangene Punkte zeigen die gebietsbezogenen Abundanzschätzungen mit zugehörigem 95%-Konfidenzintervall. Die rote Linie zeigt den Median der Posteriori-Verteilung der berechneten "wahren" Abundanzen aus dem Bayesischen Modell, der blau schattierte Bereich zeigt den entsprechenden 95%-Glaubwürdigkeitsintervall. 453

Abb. 8.76 Bayesische Trendanalyse für die Abundanz des Schweinswals im FFH-Gebiet „Doggerbank“ im Sommer (01.06.-31.08.) im Zeitraum 2002 – 2019 (Entnommen aus Nachtsheim et al. 2021b). Orangene Punkte zeigen die gebietsbezogenen Abundanzschätzungen mit zugehörigem 95%-Konfidenzintervall. Die rote Linie stellt den Median der Posteriori-Verteilung der berechneten "wahren" Abundanzen aus dem Bayesischen Modell dar, der blau schattierte Bereich zeigt den entsprechenden 95%-Glaubwürdigkeitsintervall. 454

Abb. 8.77 Dichte- und Abundanzschätzungen des Schweinswalbestands innerhalb des NSG „Doggerbank“ auf Grundlage digitaler Flugtransekt-Erfassungen im Zeitraum 2018-2022 im Frühjahr (März-Mai) und Sommer (Juni-August). 455

Abb. 8.78 Kälberanteil während Flugtransekt-Erfassungen des BfN-Monitorings zwischen 2009 und 2023 im Stratum A (Entenschnabel). Es wurden ausschließlich Mutter-Kalb-Paare bei Erfassungen von Mitte Mai bis September in der Darstellung berücksichtigt. (Datenquellen: Gilles & Siebert 2010, Gilles et al. 2011, 2013, Nachtsheim et al. 2019, 2020, 2021a, 2024a, 2024b sowie unveröff. digitale Daten des BfN-Monitorings). 456

Abb. 8.79 Schweinswalsichtungen im Bereich der Doggerbank im Sommer 2011. Die Befliegung des Stratum DB, in dem sich der deutsche Teil der Doggerbank befindet, fand am 12.08.2011 statt (Entnommen aus Gilles et al. 2011). 457

Abb. 8.80 Räumliche Verteilung der Schweinswaldichte (Individuen/km²) während Flugzeugsurveys der Doggerbank im Sommer 2011. Rasterzellengröße: 10x10 km (Entnommen aus Gilles et al. 2011). 457

Abb. 8.81 Schweinswalsichtungen im Bereich der Doggerbank im Sommer 2013. Die Befliegung des Stratum DB, in dem sich der deutsche Teil der Doggerbank befindet, fand am 05.09.2013 statt und musste aufgrund schlechter Wetterbedingungen abgebrochen werden. (Entnommen aus Geelhoed et al. 2014). 458

Abb. 8.82 Räumliche Verteilung der Schweinswaldichte (Individuen/km²) während Flugzeugsurveys der Doggerbank im Sommer 2013. Rasterzellengröße: 10x10 km Entnommen aus (Entnommen aus Geelhoed et al. 2014). 459

Abb. 8.83 Übersicht über die Ergebnisse der SCANS-Studien. Auf Flugtransekt-Daten beruhende modellierte Dichten von Schweinswalen während der SCANS-Erfassung 1994 (oben links), SCANS II-Erfassung 2005 (oben rechts) und SCANS III-Erfassung 2016 (unten links) sowie berechnete Dichten für die Untersuchungsblöcke der SCANS IV-Erfassung 2022, Erfassungen wurden jeweils im Sommer durchgeführt. (Entnommen aus Hammond 2006, Lacey et al. 2022, Gilles et al. 2023). 460

Abb. 8.84 Dichtemodell für den Schweinswal aus den Daten der SCANS III-Erfassung 2016 mit dem trilateralen Schutzgebiet auf der Doggerbank unterlegt (Datenbezug: https://scans3.wp.st-andrews.ac.uk/resources/). 461

Abb. 1.85 Dichte-, bzw. Punktsichtungskarten von gesichteten Schweinswalen während der SCANS-Befliegung 1994 (oben links), 2005 (oben rechts), 2016 (unten links) und 2022 (unten rechts), Erfassungen wurden jeweils im Sommer durchgeführt. (Entnommen aus Hammond et al. 2002, 2017, Hammond 2006, Gilles et al. 2023). 461

Abb. 8.86 Modellierte Schweinswaldichten in der Nordsee für Frühling (oben links), Sommer (oben rechts) und Herbst (unten links). Die schwarz-weiß gestrichelte Linie stellt die Abdeckung der beflogenen Gebiete für die jeweiligen Jahreszeiten dar (Entnommen aus Gilles et al. 2016). 462

Abb. 8.87 Gemittelte Schweinswaldichten und Mutter-Kalb-Sichtungen im Bereich des deutschen NSG „Doggerbank“ auf Grundlage der Ergebnisse der digitalen Flugtransekt-Erfassungen des BfN-Monitorings 2018-2022 (oben, 9 Flüge) sowie der visuellen Erfassungen im Zeitraum 2002-2018 (unten) (15 Flüge). (Daten: konventionelle Erfassungen: BfN, per Mail am 27.02.20024, digitale Erfassungen: unveröff. Daten des BfN-Monitorings, eigene Auswertung). 464

Abb. 8.88 Gemittelte Schweinswaldichten und Mutter-Kalb-Sichtungen getrennt nach Frühjahr und Sommer im Bereich des deutschen NSG „Doggerbank“ auf Grundlage der Ergebnisse der digitalen Flugtransekt-Erfassungen des BfN-Monitorings 2018-2022 (5 Flüge im Frühjahr, 4 Flüge im Sommer; unveröff. Daten des BfN-Monitorings, eigene Auswertung). 465

Abb. 8.89 Gemittelte Schweinswaldichten und Mutter-Kalb-Sichtungen getrennt nach Frühjahr, Sommer und Herbst im Bereich des deutschen NSG „Doggerbank“ auf Grundlage der Ergebnisse der visuellen Erfassungen des BfN-Schweinswalmonitorings im Zeitraum 2002-2020 (6 Flüge im Frühjahr, 8 Flüge im Sommer, 1 Flug im Herbst). Mutter-Kalb-Sichtungen lagen nicht für alle Erfassungen vor. (Daten: BfN, per Mail am 27.02.20024). 466

Abb. 8.90 Dichterasterkarten mit Mutter-Kalb-Sichtungen zu den einzelnen digitalen Erfassungsflügen 2018-2021. Pro Jahr wurde jeweils eine Frühjahrserfassung (linke Seite) und eine Sommererfassung (rechte Seite) durchgeführt. (Daten: digitale Erfassungsdaten des BfN-Monitorings, eigene Auswertung). 467

Abb. 8.91 Dichterasterkarte mit Mutter-Kalb-Sichtungen eines digitalen Erfassungsfluges im Frühjahr 2022. (Daten: digitale Erfassungsdaten des BfN-Monitorings, eigene Auswertung). 468

Abb. 8.92 Dichterasterkarten zu den einzelnen konventionellen Erfassungsflügen 2002-2009. Mutter-Kalb-Sichtungen werden dargestellt, sofern Daten vorlagen (Daten: BfN, per Mail am 27.02.20024). 469

Abb. 8.93 Dichterasterkarten zu den einzelnen konventionellen Erfassungsflügen 2012-2020. Mutter-Kalb-Sichtungen werden dargestellt. An zwei Erfassungstagen wurden keine Kälber gesichtet. (Daten: BfN, per Mail am 27.02.20024). 470

Abb. 8.94 Sichtungsdaten von Schweinswalen bei visuellen Erfassungsflügen im Sommer 2023. Die Erfassung des Stratums A (Doggerbank) erfolgte am 25.08.2023 (Entnommen aus Nachtsheim et al. 2024a). 471

Abb. 8.95 Schweinswalsichtungen bei einem schiffsgestützten Seevogelsurvey des Dachverbands Deutscher Avifaunisten (DDA) am 22.06.2024 (Entnommen aus Bange & Borkenhagen 2024). 472

Abb. 8.96 Sichtungen von Schweinswalen während einer Schiffserfassung (05.-10.05.2024) auf der Doggerbank im Rahmen des Projektes HABITATWal. BfN (2024), basierend auf Daten des Instituts für Terrestrische und Aquatische Wildtierforschung (ITAW). 473

Abb. 8.97 Auf Grundlage akustischer Daten modellierte Schweinswaldichten in der zentralen Nordsee im November 2011. Die schwarzen Linien bezeichnen die Doggerbankgebiete des Vereinigten Königreichs, der Niederlande und Deutschlands (von links nach rechts) (entnommen aus Cucknell et al. 2017). 474

Abb. 8.98 Abundanzschätzungen des Schweinswalbestands auf Grundlage von Basisdatenerhebungen mittels Flugtransekten für die OWP Dogger Bank Teesside A und B in UK-Gewässern (Entnommen aus Mackey & Keenan 2014). 475

Abb. 8.99 Sichtungen von Zahnwalen während des schiffsbasierten Monitorings Januar 2010 bis Juni 2012 in der für OWP untersuchten Dogger Bank Zone im britischen Teil der Doggerbank (Entnommen aus Mackey & Keenan 2014). 475

Abb. 8.100 Sichtungen von Robben (Seehunde, Kegelrobben und unbestimmte Robben) im oder in der Nähe des NSG „Doggerbank“ bei Erfassungsflügen des BfN-Monitorings im Zeitraum 2002 – 2022 sowie während des Schiffssurveys zum Projekt HABITATWal (hellblaue Punkte 2024). (Daten: BfN, per Mail am 27.02.20024, sowie unveröff. digitale Daten des BfN-Monitorings, eigene Auswertung; hellblaue Sichtungspunkte: BfN (2024) basierend auf Daten des Instituts für Terrestrische und Aquatische Wildtierforschung (ITAW)) 476

Abb. 8.101 Telemetriedaten von im niederländischen Wattenmeer besenderten Kegelrobben 2007-2015 (Entnommen aus Brasseur 2017). 477

Abb. 8.102 Modellierte Dichte von Robben (Kegelrobben und Seehunde) in der deutschen AWZ (Entnommen aus Herr et al. 2009). 478

Abb. 8.103 Mittlere relative Dichte von Kegelrobben (oben) und Seehunden (unten) in der Nordsee, die in Kolonien in UK und Irland besendert wurden (A) sowie jeweils unteres (B) und oberes (C) Konfidenzintervall. Das Modell berücksichtigt keine Robben, deren Liegeplätze sich in anderen Gebieten befinden (Entnommen aus Carter et al. 2022). 479

Abb. 8.104 Übersicht über die Ergebnisse der SCANS-Studien. Auf Flugtransekt-Daten beruhende modellierte Dichten von Zwergwalen während der SCANS-Erfassung 1994 (oben links), SCANS II-Erfassung 2005 (oben rechts) und SCANS III-Erfassung 2016 (unten links) sowie Sichtungen von Zwergwalen während der SCANS IV-Erfassung 2022. Erfassungen wurden jeweils im Sommer durchgeführt (Entnommen aus Hammond 2006, Lacey et al. 2022, Gilles et al. 2023). 481

Abb. 8.105 Dichtemodell für den Zwergwal aus den Daten der SCANS III-Erfassung 2016 mit dem trilateralen Schutzgebiet auf der Doggerbank unterlegt. Datenbezug: https://scans3.wp.st-andrews.ac.uk/resources/ 482

Abb. 8.106 Sichtungen von marinen Säugetieren (ohne Schweinswale) und großen Fischen bei einer flugzeuggestützten Doggerbankerfassung im Sommer 2011 (Entnommen aus Gilles et al. 2011). 483

Abb. 8.107 Sichtungen von Zwergwalen bei einer flugzeuggestützten Doggerbankerfassung im Sommer 2013 (Entnommen aus Geelhoed et al. 2014). 483

Abb. 8.108 Sichtungen von Zwergwalen im oder in der Nähe des NSG „Doggerbank“ im Zeitraum 1994 – 2024. (Daten: zusammengestellt durch das BfN, übermittelt per Mail am 23.02.2024, sowie unveröff. digitale Daten des BfN-Monitorings, eigene Auswertung; hellblaue Sichtungspunkte: BfN (2024) basierend auf Daten des Instituts für Terrestrische und Aquatische Wildtierforschung (ITAW)). 484

Abb. 8.109 Sichtungen von Bartenwalen während des schiffsbasierten Monitorings von Januar 2010 bis Juni 2012 zu den Windparks Dogger Bank Teesside A & B im britischen Teil der Doggerbank (Entnommen aus Mackey & Keenan 2014). 485

Abb. 8.110 Auf Flugtransekt-Daten beruhende modellierte Dichten von Weißschnauzendelfinen während der SCANS II-Erfassung 2005 (oben links) und SCANS III-Erfassung 2016 (oben rechts) sowie Sichtungen von Weißschnauzendelfinen (blaue Punkte) und Weißseitendelfinen (rote Punkte) während der SCANS IV-Erfassung 2022 (unten) (Entnommen aus Lacey et al. 2022, Gilles et al. 2023). 486

Abb. 8.111 Dichtemodell für den Weißschnauzendelfin aus den Daten der SCANS III-Erfassung 2016 mit dem trilateralen Schutzgebiet auf der Doggerbank unterlegt (Datenbezug: https://scans3.wp.st-andrews.ac.uk/resources/). 487

Abb. 8.112 Sichtungen von Weißschnauzendelfinen bei einer flugzeuggestützten Doggerbankerfassung im Sommer 2013 (Entnommen aus Geelhoed et al. 2014). 488

Abb. 8.113 Sichtungen von Delfinen (Weißschnauzendelfine, Weißseitendelfine und unbestimmte Delfine) im und in der Nähe des NSG „Doggerbank“ bei visuellen und digitalen Erfassungsflügen des BfN-Monitorings 2002 – 2022 sowie während des Schiffssurveys zum Projekt HABITATWal (hellblaue Punkte 2024). (Daten: BfN, übermittelt per Mail am 23.02.2024, sowie unveröff. digitale Daten des BfN-Monitorings eigene Auswertung; hellblaue Sichtungspunkte: BfN (2024) basierend auf Daten des Instituts für Terrestrische und Aquatische Wildtierforschung (ITAW)).....489

Abb. 8.114 Übersicht der im Rahmen des F+E Vorhabens „Batmove“ aufgeführten und analysierten Fledermausuntersuchungen in der Nordsee (entnommen aus Seebens-Hoyer et al. 2021).....490

Abb. 8.115 Bedeutung des NSG „Doggerbank“ für die Schutzgüter Benthische Lebensräume, Benthos und Fische als Ergebnis der Sensitivitätsanalyse. 492

Abb. 8.116 Bedeutung des NSG „Doggerbank“ für das Schutzgut Rastvögel als Ergebnis der Sensitivitätsanalyse. 493

Abb. 8.117 Bedeutung des NSG „Doggerbank“ für das Schutzgut Marine Säugetiere als Ergebnis der Sensitivitätsanalyse. 494

Tabellenverzeichnis

Tab. 3.1 Technologie-Reifegrade (TRL) nach HORIZON 2020 (inkl. eigener Ergänzungen). 81

Tab. 3.2 Windenergieanlagen – Übersicht der Auswirkungen auf die Meeresumwelt. 90

Tab. 3.3 Stärken-Schwächen-Analyse der Nutzung von Windenergieanlagen auf See im Vergleich zu anderen Formen der elektrischen Energiegewinnung. 92

Tab. 3.4 Störradien in Abhängigkeit der Schallbelastung in 750 m Entfernung. 99

Tab. 3.5 Fundamente – Übersicht der Auswirkungen auf die Meeresumwelt. 112

Tab. 3.6 Überblick primärer und sekundärer technischer Optionen zur Lärmminderung. 122

Tab. 3.7: Stärken-Schwächen-Analyse unterschiedlicher Fundamentarten im Vergleich zueinander 125

Tab. 3.8 Annahmen zur Berechnung einer Referenzmenge für Wasserstoff aus Offshore-Windenergie. 132

Tab. 3.9 Mengen der Prozesskomponenten bei der Elektrolyse von 1.000 MW Offshore-Windenergie. 133

Tab. 3.10 Stärken-Schwächen-Analyse der Wasserstoffproduktion auf See als Energieumwandlungs- und Speicheroption im Vergleich zu dem Betrieb eines OWP ohne Wasserstoffproduktion auf See. 139

Tab. 3.11 Seekabel – Übersicht der Auswirkungen auf die Meeresumwelt. 146

Tab. 3.12 Konverterplattform – Übersicht der Auswirkungen auf die Meeresumwelt. 147

Tab. 3.13 Pipelines – Übersicht der Auswirkungen auf die Meeresumwelt. 155

Tab. 3.14 Stärken-Schwächen-Analyse von Pipelines für Wasserstoff im Vergleich zur Nutzung von Seekabeln zur gleichen Energieübertragung. 157

Tab. 3.15 Übersicht der identifizierten Technologien zur Vermeidung oder Verminderung der Umweltauswirkungen. 160

Tab. 4.1 Zuordnung der Wirkfaktoren zu den betrachteten Schutzgütern. 165

Tab. 4.2 Orientierungswerte bei direktem Flächenentzug in Lebensraumtypen nach Anhang I FFH-RL als Teil des Fachkonventionsvorschlags zur Beurteilung der Erheblichkeit von Beeinträchtigungen (Auszug aus Lambrecht & Trautner 2007) 195

Tab. 4.3 Bewertungsmatrix der Sensitivität. 210

Tab. 4.4 Einordnung der Arten nach Schutzstatus und der Bedeutung des NSG „Doggerbank“. 210

Tab. 4.5 Ergebnis der Sensitivitätsanalyse für relevante Arten im NSG „Doggerbank“. 216

Tab. 4.6 Übersicht für voraussichtlich auftretende Wechselwirkungen zwischen OWP in Bau und Betrieb und den relevanten Schutzgütern (Experteneinschätzung). 236

Tab. 5.1 Angenommene Anlagenkonfiguration zur Szenarienerstellung. 240

Tab. 5.2 Ergebnisse der Jahresenergieertragsberechnungen für Szenario 2. 247

Tab. 5.3 Szenario 2 – Zusammenfassung der schutzgutspezifischen Bewertung der Naturverträglichkeit (grün = kein Konflikt mit dem Erhalt der (lokalen) Population zu erwarten; gelb = ein negativer Effekt auf den Erhalt der Populationsgröße, aber keine Überschreitung einer kritischen Grenze (dauerhafter Verlust oder Populationsrückgang) zu erwarten; rot = durch den Eingriff ist ein dauerhafter Rückgang der Population zu erwarten; grau = eine kritische Bewertung ist nicht ausgeschlossen, aber Kenntnislücken lassen keine Aussagen zu).....258

Tab. 5.4 Ergebnisse der Jahresenergieertragsberechnung für Szenario 3. 268

Tab. 5.5 Szenario 3 – Zusammenfassung der schutzgutspezifischen Bewertung der Naturverträglichkeit (grün = kein Konflikt mit dem Erhalt der (lokalen) Population zu erwarten; gelb = ein negativer Effekt auf den Erhalt der Populationsgröße, aber keine Überschreitung einer kritischen Grenze (dauerhafter Verlust oder Populationsrückgang) zu erwarten; rot = durch den Eingriff ist ein dauerhafter Rückgang der Population zu erwarten; grau = eine kritische Bewertung ist nicht ausgeschlossen, aber Kenntnislücken lassen keine Aussagen zu).....274

Tab. 5.6: Ergebnisse der Jahresenergieertragsberechnung für Szenario 4 285

Tab. 5.7 Szenario 4 – Zusammenfassung der schutzgutspezifischen Bewertung der Naturverträglichkeit (grün = kein Konflikt mit dem Erhalt der (lokalen) Population zu erwarten; gelb = ein negativer Effekt auf den Erhalt der Populationsgröße, aber keine Überschreitung einer kritischen Grenze (dauerhafter Verlust oder Populationsrückgang) zu erwarten; rot = durch den Eingriff ist ein dauerhafter Rückgang der Population zu erwarten; grau = eine kritische Bewertung ist nicht ausgeschlossen, aber Kenntnislücken lassen keine Aussagen zu).....292

Tab. 6.1 Übersicht über die Forschungsbedarfe aus technologischer Sicht und die beeinflussten Schutzgüter.....312

Tab. 6.2 Übersicht über die Kenntnislücken und Forschungsbedarfe der einzelnen Schutzgüter.....324

Tab. 8.1 Im FFH-Gebiet “Doggerbank“ vorkommende Lebensraumtypen und diesbezügliche Beurteilung des Gebietes. Entnommen aus dem Standarddatenbogen (BfN 2020a); Stand: 06.2015. 356

Tab. 8.2 Bewertung der Soll- und Ist-Zustände des Lebensraumtyps „Sandbänke“ nach BfN (2017). 357

Tab. 8.3 Schutzstatus der Arten im Untersuchungsgebiet Doggerbank bei Beobachter-basierten Flugtransekt-Erfassungen in 2010-2018, digitalen Flugtransekt-Erfassungen im Frühjahr und Sommer 2018-2021 und bei schiffsbasierten ESAS-Monitoring in den Jahren 2010-2016. 393

Tab. 8.4 Rastbestandszahlen des Eissturmvogels für die gesamte deutsche Nordsee sowie für das NSG „Doggerbank“ (nach: BfN 2017), * basierend auf Schiffstransektzählungen (Bezugsraum: 1993-2003; Garthe et al. 2007); nachrichtlich – FTZ unpubliziert). 396

Tab. 8.5 Rastbestandszahlen des Basstölpels für die gesamte deutsche Nordsee sowie für das NSG „Doggerbank“ (nach: BfN 2017) * basierend auf Schiffstransektzählungen (Bezugsraum: 1993-2003; Garthe et al. 2007); nachrichtlich – FTZ unpubliziert). 403

Tab. 8.6 Rastbestandszahlen der Dreizehenmöwe für die gesamte deutsche Nordsee sowie für das NSG „Doggerbank“ (nach: BfN 2017), * basierend auf Schiffstransektzählungen (Bezugsraum: 1993-2003; Garthe et al. 2007); nachrichtlich – FTZ unpubliziert). 418

Tab. 8.7 Rastbestandszahlen der Trottellumme für die gesamte deutsche Nordsee sowie für das NSG „Doggerbank“ (nach: BfN 2017), * basierend auf Schiffstransektzählungen (Bezugsraum: 1993-2003; Garthe et al. 2007); nachrichtlich – FTZ unpubliziert). 427

Tab. 8.8 Papageitaucher nach Erfassungen im Gebiet N-19 nördlich des NSG „Doggerbank“ (nachrichtlich – BSH unpubliziert). 437

Tab. 8.9 Krabbentaucher nach Erfassungen im Gebiet N-19 nördlich des NSG „Doggerbank“ (nachrichtlich – BSH unpubliziert). 440

Tab. 8.10 Flug- und Schiffstransekt-Erfassungen im Rahmen des BfN-Monitorings für Schweinswale und Seevögel im Bereich des NSG „Doggerbank“, die als GIS-Daten für diesem Bericht vorliegen. Seevogelerfassungen rosa unterlegt, konventionelle Schweinswalflüge hellblau unterlegt, digitale Schweinswalflüge hellgrün unterlegt. Verwendung: 1=Punktsichtungskarten von Zwergwalen, Robben, Delfinen; 2=Dichtekarten Schweinswal; 3=Kälberanteil Schweinswal. . 447

Tab. 8.11 Im FFH-Gebiet „Doggerbank“ vorkommende Arten des Anhangs II der FFH-Richtlinie und diesbezügliche Beurteilung des Gebietes. Entnommen aus dem Standarddatenbogen; Stand: 06.2015. 452

Tab. 8.12 Bewertung der Soll- und Ist-Zustände der Schutzgüter Schweinswal und Seehund nach BfN (2017). 452

Abkürzungsverzeichnis

ADD	Acoustic deterrent device
AHD	Acoustic harassment device
AWZ	Ausschließliche Wirtschaftszone
BfN	Bundesamt für Naturschutz
Bft	Beaufort
BMU	Bundesministerium für Umwelt
BNK	Bedarfsgerechte Nachtkennzeichnung
BSH	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
^{13}C	Kohlenstoff-Isotop mit 13 Neutronen
CBD	Convention on Biological Diversity
CTV	Crew Transfer Vessel
DDA	Dachverband Deutscher Avifaunisten
EEA	European Environment Agency
EEG	Erneuerbare-Energie-Gesetz
EEZ	Exclusive Economic Zone
EIA	Umweltverträglichkeitsstudie (Environmental Impact Assessment)
ESAS	European Seabirds-at-Sea (Forschungsprogramm)
FEP	Flächenentwicklungsplan
FFH-RL	Flora-Fauna-Habitat Richtlinie
FID	Final Investment Decision
FTZ	Forschungs- und Technologiezentrum Westküste
GW	Gigawatt
HPAI	Highly Pathogenic Avian Influenza (Vogelgrippe)
Ind.	Individuen
IUCN	Internationale Union zur Bewahrung der Natur (International Union for Conservation of Nature)
JNCC	Joint Nature Conservation Committee, UK
kHz	Kilohertz
km	Kilometer
Kn	Knoten
m	Meter
MED	Multi-Effekt-Destillation
MW	Megawatt
NSG	Naturschutzgebiet
OWEA	Offshore Windenergieanlage
OWP	Offshore-Windpark
PFV	Planfeststellungsverfahren
PTS	Permanent Threshold Shift

ROV	Remote Operated Vehicle
s	Sekunde
SEL	Schallereignispegel, Dauerschallpegel gemittelt auf 1 s
SOV	Service Operation Vessel
SPL	Spitzenschalldruckpegel
SPEC	Species of European Conservation Concern
TCM	Transmission Capacity Management
TLP	Tension-Leg-Plattform
TRL	Technologie-Reifegrad
TTS	Temporary Threshold Shift
UG	Untersuchungsgebiet
WEA	Windenergieanlage
WindSeeG	Windenergie-auf-See-Gesetz
WSI	Wind-Sensitivitäts-Index

1 ANLASS UND AUFGABENSTELLUNG

Nach dem Bundes-Klimaschutzgesetz und den Zielen im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) ist eine nahezu vollständige Dekarbonisierung der Energieversorgung bis 2045 für den Klimaschutz notwendig. Dazu soll auch der Ausbau erneuerbarer Energien, v. a. der Offshore-Windenergie, in der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) einen Beitrag leisten. Das Windenergie-auf-See-Gesetz (WindSeeG) sieht vor, die Kapazitäten für Windenergie auf See bis 2030 auf mindestens 30 GW, bis 2035 auf mindestens 40 GW und bis 2045 auf mindestens 70 GW zu steigern. Gemäß Koalitionsvertrag soll die Energiewende dabei ohne den Abbau von ökologischen Schutzstandards forciert werden. Zugleich erfordern u. a. die UN-Biodiversitätskonvention, die EU-Biodiversitätsstrategie und die Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie, das Oslo-Paris-Abkommen sowie nationales Recht Schutz und Verbesserung des ökologischen Zustands der Meeresumwelt. Der weitere Ausbau der Offshore-Windenergie soll daher möglichst naturverträglich erfolgen.

Der Raumordnungsplan (ROP) für die deutsche AWZ der Nordsee und Ostsee (BSH 2021a) stellt fest, dass die Doggerbank für die Windenergienutzung gut geeignet ist und ein zusätzliches Potenzial von 4 – 6 GW liefern soll, sofern dies „naturverträglich" möglich ist. Im Plan ist dazu festgelegt, dass die Bundesregierung Studien zur Windkraftnutzung auf der Doggerbank im Einklang mit den Zielen des Naturschutzes in Auftrag geben wird und die für Wirtschaft, Umwelt und Energie zuständigen Ministerien bis zum 31.12.2024 dem Kabinett einen Bericht vorlegen werden.

Die „Doggerbank-Studie" soll durch die Darstellung von Handlungsoptionen die Erstellung des Kabinettberichtes zur Entscheidung des potenziellen Ausbaus der Offshore-Windenergie im Naturschutzgebiet (NSG) „Doggerbank" vorbereiten und somit einen Beitrag zur Erreichung der Zielsetzungen im Klima- und Biodiversitätsschutz der Bundesregierung leisten. Mit der Durchführung des Vorhabens werden vornehmlich drei Zielstellungen verfolgt. Zum einen dient das Vorhaben der Beantwortung der Frage, unter welchen Rahmenbedingungen eine Nutzung des NSG „Doggerbank" für die Offshore-Windenergie naturverträglich möglich ist, zum anderen der Ermittlung der Grenzen der Naturverträglichkeit eines solchen Ausbaus. Des Weiteren umfasst das Vorhaben die Ermittlung der Möglichkeiten der Reduktion von Belastungen durch Offshore-Windenergieanlagen einschließlich perspektivischer Entwicklungsmöglichkeiten, sowie die Konzeption von Maßnahmen und deren Kombinationen für ihre kurz-, mittel- und langfristige rechtliche und planerische Umsetzung. Maßgebliche Kriterien für die Adressierung dieser Zielstellungen sind die interdisziplinäre und wissenschaftlich fundierte Bearbeitung und darüber hinaus ein integrativer Ansatz unter Einbezug relevanter Stakeholder und Organisationen.

Die Erstellung der vorliegenden Studie erfolgte mit einem Kenntnisstand vom 31.07.2024.

2 RECHTLICHE UND POLITISCHE RAHMENBEDINGUNGEN IN DER DEUTSCHEN AWZ

2.1 Vorbemerkung

Die nationalen Klimaschutzziele gemäß Klimaschutzgesetz[1] (KSG) sehen vor, dass bis zum Jahr 2045 die Treibhausgasemissionen so weit gemindert werden, dass Netto-Treibhausgasneutralität erreicht wird (§ 3 Abs. 2 KSG). Gemäß dem Gesetz zur Entwicklung und Förderung der Windenergie auf See (Windenergie-auf-See-Gesetz – WindSeeG[2]) sollen in der AWZ der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahr 2045 insgesamt mindestens 70 GW installierter Leistung von Windenergieanlagen auf See (WEA) erreicht werden. Durch das auf 2045 vorgezogene Ziel der Klimaneutralität in Deutschland wird ein deutlich erhöhter Zubau an erneuerbaren Energien in der AWZ erforderlich. Im aktuellen Raumordnungsplan (ROP 2021) für die deutsche AWZ in der Nordsee und Ostsee[3] werden die Flächen für die Nutzung durch Offshore-Windenergie räumlich gesichert. Das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) schätzt eine durchschnittliche Nichtverfügbarkeit von etwa 10 % der Flächen der AWZ, so dass insgesamt Standorte für Offshorewindparks und Netzanbindungssysteme, Trassenkorridore und Grenzkorridore mit einem Potenzial von etwa 78 GW für die langfristige Sicherung des Ausbauziels erforderlich werden (Entwurf des Flächenentwicklungsplans 2024[4], FEP 2024-E, S. 2). Die Doggerbank, welche als FFH-Gebiet (Natura 2000) zum überwiegenden Teil als Naturschutzgebiet (NSG) ausgewiesen und raumordnungsrechtlich als Vorranggebiet Naturschutz (Plansatz 2.4 Abs. 1 Satz 1 ROP 2021) festgelegt ist, wird in der Begründung zum ROP 2021 als für die Windenergienutzung „gut geeignet“ angesehen und „soll ein zusätzliches Potenzial von 4 bis 6 GW liefern, wenn dies naturverträglich möglich ist“ (ROP 2021, S. 18). Diese raumordnungsrechtlichen Vorgaben sind für die Zulässigkeit eines Offshore-Windparks (OWP) neben zahlreichen anderen Regelungen als zwingende öffentlich-rechtliche Bestimmungen maßgeblich.[5]

Aus ökologischer Sicht sind bei der Beantwortung der Frage der Naturverträglichkeit zunächst zahlreiche Schutzgüter wie Seevögel, Benthos und Marine Säugetiere zu berücksichtigen. Zu betrachtende naturschutzrechtliche Regelungen sind des Weiteren die Verträglichkeitsprüfung nach § 34

[1] Bundes-Klimaschutzgesetz vom 12.12.2019 (BGBl. I S. 2513), zuletzt geändert durch Art. 1 des Gesetzes vom 15.7.2024 (BGBl. 2024 I Nr. 235).

[2] Windenergie-auf-See-Gesetz vom 13.10.2016 (BGBl. I S. 2258, 2310), zuletzt geändert durch Art. 10 des Gesetzes zur Änderung des EEG und weiterer energiewirtschaftsrechtlicher Vorschriften vom 8.5.2024 (BGBl. 2024 I Nr. 151).

[3] Raumordnungsplan für die deutsche ausschließliche Wirtschaftszone in der Nordsee und in der Ostsee, Anlage zur Verordnung über die Raumordnung in der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone in der Nordsee und der Ostsee vom 19.8.2021, Anlagenband zum BGBl Teil I Nr. 58 vom 26.8.2021, G 5702.

[4] Entwurf des Flächenentwicklungsplans (FEP) vom 7.6.2024, abrufbar: https://www.bsh.de/DE/THEMEN/ Offshore/Meeresfachplanung/Laufende_Fortschreibung_Flaechenentwicklungsplan/Anlagen/Downloads_Entwurf_FEP/Entwurf_ FEP.pdf?_blob=publicationFile&v=3

[5] Es ist (abhängig von der Leistung der WEA) bei 4 GW von ca. 144 bzw. 180 Anlagen und bei 6 GW von 216 bzw. 270 Anlagen mit unten in AP2 genannten Parametern auszugehen (inkl. der Fläche für Kolkschutz mit Fundament mit einem Flächenverbrauch von ca. 2000 m² (pro Pfahl)).

des Bundesnaturschutzgesetzes[6] (BNatSchG), die Eingriffsermittlung nach § 15 BNatSchG (Vermeidungsmaßnahmen und Kompensation gemäß Bundeskompensationsverordnung (BKompV) inkl. des Landschaftsbildes), die artenschutzrechtliche Prüfung nach § 44 BNatSchG, der Biotopschutz nach § 30 BNatSchG sowie das Verschlechterungsverbot nach § 45a Abs. 1 des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG; Art. 1 Abs. 2 lit. a MSRL), insbesondere hinsichtlich Schall und Emissionen.

Bei allen Installationen der WEA ist zeitlich zwischen Bau, Betrieb (inkl. Befeuerung) und Rückbau, begleitet durch ein Monitoring, zu unterscheiden. Von der Zulassung erfasst sind neben den WEA die parkinterne Verkabelung, Konverterplattformen, die Leitungen (Kabeltrassen, Kabelanbindung, Leitungsanbindung an das Festland), die Versorgungsschifffahrt[7], ggf. ein Hubschrauberlandedeck[8] und die Rettungssysteme. Belastungen gehen mithin nicht allein von den WEA aus und sind ebenfalls auf ihre Naturverträglichkeit hin zu untersuchen, wenngleich nach dem Entwurf des Flächenentwicklungsplans 2024[9] bei der Verlegung von Seekabelsystemen mögliche Beeinträchtigungen der Meeresumwelt minimiert werden sollen. Dazu sollten sie möglichst außerhalb von Naturschutzgebieten verlegt werden (FEP 2024-E, S. 68).

Aus raumordnungsrechtlicher Sicht ist neben dem Vorranggebiet Doggerbank immer auch der Gesamtraum der deutschen AWZ (und teils darüber hinaus) in den Blick zu nehmen. Denn die Nutzung der Doggerbank zur Energiegewinnung muss aus „raumordnungsrechtlichen Gesichtspunkten“ (arg. e § 6 Abs. 2 ROG) raumverträglich sein (arg. e § 15 ROG). Die Grundzüge der Planung dürfen nicht berührt werden. Daraus folgt, dass die Auswirkungen der Windenergienutzung nicht nur in der Doggerbank, sondern die Auswirkungen auch außerhalb des Gebietes auf den Gesamtraum zu betrachten sind. Gleichwohl liegt der Fokus der Betrachtung auf dem Vorranggebiet „Naturschutz“ der Doggerbank selbst.

Zu unterscheiden ist räumlich des Weiteren zwischen Gewässer, Meeresgrund und Meeresuntergrund (Art. 3 Abs. 4 MRO-RL) sowie dem Luftraum. Auch hier erstreckt sich die Prüfung zum einen auf das Vorhabengebiet selbst und zum anderen auf die (ökologischen) Auswirkungen auf benachbarte Naturräume der Nachbarstaaten sowie ggf. national auf das Küstenmeer.

All diese Aspekte sind bei der Beantwortung der Frage nach der Naturverträglichkeit der Windenergienutzung aus rechtlicher und planerischer Sicht einzubeziehen. Bewertungsmaßstab für die Naturverträglichkeit ist laut Begründung, dass der Ausbau „im Einklang mit den Zielen des Naturschutzes“ erfolgen kann (ROP 2021, S. 18). Hier zählen zuvörderst die Schutzzwecke nach § 3 Abs. 3 bis 5 der Verordnung über die Festsetzung des Naturschutzgebietes „Doggerbank“ (NSGDgbV), worauf

[6] Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz - BNatSchG) vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), zuletzt geändert durch Art. 3 des Gesetzes vom 8. Dezember 2022 (BGBl. I S. 2240).

[7] Gem. Plansatz 2.1 Abs. 4 ROP 2021 soll Schifffahrt soll unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten erfolgen. So sollen Belastungen der Meeresumwelt durch die Schifffahrt reduziert werden. Neben den zu beachtenden Regelungen der IMO sollen die beste Umweltpraxis gemäß internationalen Übereinkommen zum Meeresschutz und der Stand von Wissenschaft und Technik berücksichtigt werden. (G)

[8] Sofern eine Turmanstrahlung für den Betrieb des Hubschrauberlandedecks (HSLD) erforderlich ist, ist deren Installation und Betrieb zu ermöglichen.

[9] Siehe dazu unten Kapitel 2.4.2.

in Plansatz 2.4 Abs. 1 Satz 1 ROP 2021 hingewiesen wird und welche insbesondere den günstigen Erhaltungszustand für den Lebensraumtyp Sandbänke, Schweinswale und Seehunde statuieren.

Diese und weitere rechtliche Rahmenbedingungen, flankiert aus politischer Sicht durch einschlägige Strategien (u. a. EU-Biodiversitätsstrategie, künftig auch die Nationale Meeresstrategie), sind bei den Untersuchungen zur Technologieentwicklung (s. u.) und zur ökologischen Tragfähigkeit (s. u.) im Zuge der Entwicklung integrativer Ansätze zur Vereinbarkeit von Meeresnaturschutz mit Offshore-Windenergienutzung in kurz-, mittel- und langfristiger Perspektive im Folgenden zu berücksichtigten.

2.2 Europäische und bundesweite Zielstellungen für den Ausbau der Offshore-Windenergie

2.2.1 Green Deal

Im Zusammenhang mit dem Green Deal, der in der Mitteilung der Kommission vom 11.12.2019 („Der europäische Grüne Deal“) dargelegt ist, wurde mit der Verordnung (EU) 2021/1119 das Ziel der Klimaneutralität in der Europäischen Union bis 2050 und ein Zwischenziel einer Verringerung der Nettotreibhausgasemissionen (THG-Emissionen) um mindestens 55 % gegenüber dem Stand von 1990 bis 2030 festgelegt.[10] Das Ziel der Klimaneutralität der EU erfordert eine gerechte Energiewende, bei der „kein Gebiet und kein Bürger zurückgelassen wird“, Energieeffizienz und einen wesentlich höheren Anteil von Energie aus erneuerbaren Quellen in einem integrierten Energiesystem.[11]

Der Green Deal enthält ambitionierte Klimaziele. Bis zum Jahr 2030 sollen die Treibhausgasemissionen um mindestens 50 % gegenüber 1990 gesenkt werden, zugleich soll der Anteil von Energie aus erneuerbaren Quellen auf mindestens 32 % erhöht werden. Bis zum Jahr 2050 soll Klimaneutralität erreicht werden. Um diese Ziele zu erreichen, wird dem Ausbau der erneuerbaren Offshore-Energie eine erhebliche Bedeutung zukommen.

In dem Programm der deutschen EU-Ratspräsidentschaft vom 30. Juni 2020 heißt es hierzu: „Dem zügigen Ausbau von Offshore-Windenergie kommt eine Schlüsselrolle zu, um die ambitionierten Ziele der Europäischen Union im Bereich der Erneuerbaren Energien zu erreichen und Versorgungssicherheit zu gewährleisten.“

Um einen gesteigerten Offshore-Windenergiezubau zu erreichen, ist eine grenzüberschreitende zielgerichtete marine Raum- und Flächenplanung von großer Bedeutung. Dadurch können die für die Erzeugung der Offshore-Windenergie dringend notwendigen Flächen bereitgestellt und effektiv

[10] Verordnung (EU) 2021/1119 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30.6.2021 zur Schaffung des Rahmens für die Verwirklichung der Klimaneutralität und zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 401/2009 und (EU) 2018/1999 („Europäisches Klimagesetz“) (ABl. vom 9.7.2021 L 243, S. 1).

[11] Erwägungsgrund 1 der Richtlinie (EU) 2023/2413 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18.10.2023 zur Änderung der Richtlinie (EU) 2018/2001, der Verordnung (EU) 2018/1999 und der Richtlinie 98/70/EG im Hinblick auf die Förderung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Aufhebung der Richtlinie (EU) 2015/652 des Rates (ABl. L vom 31.10.2023, S. 1/77).

genutzt werden. Dies ist in Deutschland mit dem AWZ-Raumordnungsplan 2021 und dem Flächenentwicklungsplan (FEP), welcher sich gerade in der Fortschreibung befindet, geschehen. Am 30. Juni 2024 waren in Deutschland 1.602 Offshore-Windenergieanlagen aus 29 Offshore-Windparks mit einer Leistung von insgesamt knapp 8,9 GW in Betrieb.[12]

2.2.2 EU-Offshore Strategie

Die EU-Strategie zur Nutzung des Potenzials der erneuerbaren Offshore-Energie für eine klimaneutrale Zukunft[13] (kurz: EU-Offshore Strategie) sieht in der Offshore-Windkraftnutzung eine der aussichtsreichsten Möglichkeiten, um die künftige Stromerzeugung in den kommenden Jahren so zu steigern, dass die Ziele der Dekarbonisierung Europas erreicht werden und die voraussichtlich steigende Stromnachfrage gedeckt werden kann. Die Ozeane und Meeresgebiete in Europa verfügen über das erforderliche Potenzial, das auf nachhaltige und umweltverträgliche Weise und in Ergänzung anderer wirtschaftlicher und gesellschaftlich relevanter Tätigkeiten genutzt werden soll. Mit der EU-Offshore Strategie werden der Ausbau der erneuerbaren Offshore-Energie und ihre Nutzung als Priorität der EU festgelegt.

Ausgehend von der heutigen installierten Offshore-Windenergieleistung schätzt die EU-Kommission, dass das Ziel, bis 2030 eine Offshore-Windenergieleistung von 60 GW zu installieren – wobei bis 2050 eine installierte Leistung von 300 GW angestrebt wird – realistisch und erreichbar ist.[14] Um die Offshore-Windenergieleistung bis 2050 auf 300 GW installierte Leistung zu steigern, muss die Leistung der erneuerbaren Offshore-Energie bis 2050 fast um das 30-fache gesteigert werden.[15]

Die Herausforderungen speziell in Bezug auf bodenfeste und schwimmende Offshore-Windkraftanlagen werden darin gesehen, ein optimales Umfeld zu schaffen, um den Austausch an Erfahrungen und Verfahren zu nutzen, so dass in den verschiedenen Meeresgebieten (wie der Nordsee) die Ausbaudynamik aufrechterhalten und beschleunigt werden kann.[16] Im Hinblick auf andere Technologien sind dabei ausreichende und zielgerichtete Finanzmittel für Forschung und Demonstration zu mobilisieren, die Kosten zu senken und diese Technologien rechtzeitig auf den Markt zu bringen, um tatsächlich etwas zu bewirken.

[12] BWE (2024): https://www.wind-energie.de/fileadmin/redaktion/dokumente/publikationen-oeffentlich/themen/06-zahlen-und-fakten/20240715_Status_des_Offshore-Windenergieausbaus_Halbjahr_2024.pdf

[13] Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, dem Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen vom 19.11.2020. Eine EU-Strategie zur Nutzung des Potenzials der erneuerbaren Offshore-Energie für eine klimaneutrale Zukunft (COM/2020/741 final).

[14] Mitteilung der Kommission vom 19.11.2020 (COM/2020/741 final), S. 2

[15] Ebenda.

[16] Mitteilung der Kommission vom 19.11.2020 (COM/2020/741 final), S. 31

Folgende „Schlüsselmaßnahmen“ werden zur Erreichung der Ziele genannt:

- Förderung der grenzübergreifenden Zusammenarbeit und Aufforderung an die Mitgliedstaaten, in ihre nationalen maritimen Raumordnungspläne auch Entwicklungsziele für erneuerbare Offshore-Energie unter Berücksichtigung der jeweiligen nationalen Energie- und Klimapläne (NEKP) mit einzubeziehen.
  - Erstellung eines Berichts über die Umsetzung der Richtlinie über die maritime Raumplanung unter Berücksichtigung der langfristigen Entwicklung erneuerbarer Offshore-Energien.
  - Entwicklung eines gemeinsamen Konzepts und Pilotprojekte mit den Mitgliedstaaten und regionalen Organisationen für die maritime Raumplanung auf Ebene der einzelnen „Meeresbecken“, in denen die Risiken auf See und die Vereinbarkeit mit dem Schutz und der Wiederherstellung der Natur untersucht werden (2021-2025).
  - Erstellung eines Leitfadens zum Ausbau der Windenergie und zu den EU-Naturschutzvorschriften.
  - Förderung eines Dialogs zwischen Behörden, Interessenträgern und Wissenschaftlern in Form einer „Gemeinschaft der Praxis“ über erneuerbare Offshore-Energien.
  - Unterstützung von auf Mehrfachnutzung des Meeresraums ausgerichtete Projekte mit Mitgliedstaaten und regionalen Organisationen (2021-2025).

Die Vorgaben der EU-Offshore Strategie werden im Flächenentwicklungsplan umgesetzt,[17] der sich derzeit in der Fortschreibung befindet (siehe dazu Kapitel 2.4.2).

2.2.3 Ausbauziele des Bundes

Für die Erreichung der Klimaschutzziele gemäß KSG ist eine nahezu vollständige Dekarbonisierung der Energieversorgung bis 2045 für den Klimaschutz notwendig. Dazu soll auch der Ausbau erneuerbarer Energien, v. a. der Offshore-Windenergie, in der deutschen AWZ einen Beitrag leisten. Das Windenergie-auf-See-Gesetz (WindSeeG) sieht vor, die Kapazitäten für Windenergie auf See auf mindestens 30 GW im Jahr 2030, 40 GW in 2035 und 70 GW in 2045 zu steigern. Gemäß Koalitionsvertrag[18] soll die Energiewende dabei ohne den Abbau von ökologischen Schutzstandards forciert werden.

2.2.4 Ausbauziele der Nachbarländer und übergreifende Initiativen (Ostende-Erklärung)

Im Rahmen des Ministertreffens der Nordsee-Energiekooperation (NSEC) am 6. Juli 2020 unter deutschem Vorsitz haben die zuständigen europäischen Minister für Energie sowie die EU-Kommissarin für Energie eine gemeinsame Erklärung abgegeben. Nach dieser sollen bestehende

[17] https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2024/06/20240607-60-gigawatt-offshore-windenergie-bis-2037.html

[18] Koalitionsvertrag 2021-2025 zwischen der Sozialdemokratischen Partei Deutschlands (SPD), Bündnis 90/Die Grünen und den Freien Demokraten (FDP), S. 30.

Hindernisse abgebaut werden, um die beschleunigte Umsetzung von multinationalen hybriden Offshore-Windenergieprojekten zu erleichtern.

Vereinbart wurde zudem eine verbesserte Koordinierung der Netzplanung auf See mit der Netzanbindung zu Land sowie die Optimierung der gemeinsamen marinen Raumplanung und das Vorantreiben gemeinsamer Bestrebungen zum Ausbau von Offshore-Windenergie in der fraglichen Region.

Die Übertragungsnetzbetreiber der Nordsee-Region erarbeiten derzeit neue internationale Offshore-Vernetzungsmaßnahmen. Für die deutsche Nordsee sind bereits Offshore-Vernetzungsprojekte nach Dänemark und in die Niederlande in der planerischen Vorentwicklung.[19] Verbindungen nach Norwegen und dem Vereinigten Königreich werden ebenfalls geprüft. Die deutschen Übertragungsnetzbetreiber planen ihre Offshore-Plattformen „multi-terminal-ready“, d. h. die Offshore-Plattformen werden für zukünftige nationale und internationale Vernetzungen vorbereitet, indem beispielweise weitere Gleichstrom-Kabelabgänge auf den Offshore-Plattformen für Verbindungen untereinander gemäß den standardisierten Technikgrundsätzen des FEP eingeplant werden.[20]

In der Ostende-Erklärung[21] vom 24. März 2023 wird festgelegt, in der Nordsee unter Beteiligung der Anrainerstaaten ein sog. Green Power Plant of Europe (Grünes Kraftwerk Europas) zu errichten, wonach bis 2030 ca. 120 GW aus Offshore-Windenergie gewonnen werden soll; es wird beabsichtigt, die Gesamtkapazität der Offshore-Windenergie bis 2050 auf mindestens 300 GW auszubauen.

2.3 Relevante rechtliche Grundlagen

Der Meeresraum „Doggerbank“, für den im Folgenden die relevanten rechtlichen Grundlagen darzustellen sind, ist mit einer Fläche von rund 18.000 km² die größte Sandbank im deutschen Teil der Nordsee. Sie gehört zu einer eiszeitlichen Moräne, die sich über 320 km vom Festlandsockel Großbritanniens bis in die dänische AWZ zieht. Der deutsche Teil ist ca. 250 km vom Festland entfernt und umfasst eine Größe von 1.692 km² (zugleich die Größe des Naturschutz- bzw. Vorranggebietes).[22]

2.3.1 Naturschutzrecht

Zur Prüfung, unter welchen Bedingungen eine Nutzung des (Meeres-)Naturschutzgebietes „Doggerbank“ durch Windenergie auf See „naturverträglich“ und „im Einklang mit den Zielen des Naturschutzes“ erfolgen kann, sind zunächst die naturschutzrechtlichen Regelungen heranzuziehen. Hier

[19] BMWK – BM Habeck beim North Sea Summit in Ostende: „Vernetzung von Offshore-Windparks in der Nordsee schreitet voran. Wichtige Kooperationsprojekte wurden unterzeichnet”; BMWK – BMWK und ÜNB veröffentlichen Pläne zur Vernetzung von Offshore-Windparks in der Nordsee.

[20] Netzentwicklungsplan Strom 2037 / 2045, Version 2023, 2. Entwurf, S. 184. Die Kernergebnisse der Studie sind in einem separaten Bericht (Executive Summary) veröffentlicht und unter www.netzentwicklungsplan.de/ZwV abrufbar.

[21] BMWK (2023): https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/ostend-declaration-energy-ministers-north-seas-europes-green-power-plant.pdf?__blob=publicationFile&v=4

[22] Vgl. Verordnung über die Festsetzung des Naturschutzgebietes „Doggerbank“ vom 22. September 2017 (BGBl. I S. 3400).

sind insbesondere die Vorschriften des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG), der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-RL) und der Bundeskompensationsverordnung (BKompV) zu nennen.

2.3.1.1 Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG)

Die Ziele des Naturschutzes sind in § 1 Abs. 1 BNatSchG niedergelegt. Danach sind Natur und Landschaft auf Grund ihres eigenen Wertes und als Grundlage für Leben und Gesundheit des Menschen, auch in Verantwortung für die künftigen Generationen, im besiedelten und unbesiedelten Bereich (nach Maßgabe näherer Vorschriften) so zu schützen, dass die biologische Vielfalt (Nr. 1 der Norm), die Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts, einschließlich der Regenerationsfähigkeit und nachhaltigen Nutzungsfähigkeit der Naturgüter (Nr. 2 der Norm), sowie die Vielfalt, Eigenart und Schönheit sowie der Erholungswert von Natur und Landschaft (Nr. 3 der Norm) auf Dauer gesichert sind. Der Schutz umfasst dabei auch die Pflege, die Entwicklung und, soweit erforderlich, die Wiederherstellung von Natur und Landschaft (§ 1 Abs. 1 HS 2).

Zu beachten sind neben den Vorschriften des allgemeinen Naturschutzrechts die Regelungen des Gebietsschutzes, zur Vermeidung und Kompensation von Eingriffen[23] (§§ 13 ff. BNatSchG) sowie zum gesetzlichen Biotopschutz (§ 30 BNatSchG) und Artenschutz (§§ 39 ff. BNatSchG).

Gebietsschutz

Gemäß § 33 Abs. 1 Satz 1 BNatSchG sind in einem Naturschutzgebiet (NSG) aufgrund des Status als Natura 2000-Gebiet alle Veränderungen und Störungen unzulässig, die zu einer erheblichen Beeinträchtigung des Gebiets in seinen für die Erhaltungsziele oder den Schutzzweck maßgeblichen Bestandteilen führen können. Tätigkeiten, die geeignet sind, das Gebiet erheblich zu beeinträchtigen, sind gemäß § 34 Abs. 1 und 6 BNatSchG von den zuständigen Behörden auf ihre (Natur-)Verträglichkeit zu überprüfen. Kann ein Projekt zu erheblichen Beeinträchtigungen des Gebiets führen, ist es unzulässig. Ausnahmen oder Befreiungen können nur unter den Voraussetzungen des § 34 Abs. 3 bis 5 BNatSchG bzw. nach Maßgabe des § 67 BNatSchG erteilt werden.

Nach § 34 Abs. 1 BNatSchG sind Projekte vor ihrer Zulassung auf ihre Verträglichkeit mit den Erhaltungszielen eines Gebiets von gemeinschaftlicher Bedeutung zu überprüfen. Soweit ein Natura 2000-Gebiet ein geschützter Teil von Natur und Landschaft im Sinne des § 20 Absatz 2 BNatSchG ist, ergeben sich die Maßstäbe für die Verträglichkeit aus dem Schutzzweck und den dazu erlassenen Vorschriften, wenn hierbei die jeweiligen Erhaltungsziele bereits berücksichtigt wurden (§ 34 Abs. 1 Satz 2 BNatSchG; siehe dazu Kapitel 2.3.2). Die Prüfung erfolgt mithin anhand der Schutzzwecke und Erhaltungsziele des Naturschutzgebietes „Doggerbank“.[24]

Von den Geboten und Verboten des BNatSchG sowie der Schutzgebietsverordnung für die Doggerbank kann gemäß § 67 Abs. 1 BNatSchG auf Antrag Befreiung gewährt werden, wenn dies aus Gründen des „überwiegenden öffentlichen Interesses“, einschließlich solcher sozialer und wirtschaftlicher Art, notwendig ist (Nr. 1 der Norm) oder die Durchführung der Vorschriften im Einzelfall

[23] Siehe dazu Kapitel 2.3.1.3 zur Bundeskompensationsverordnung (BKompV).

[24] Zum Erfordernis der (vorherigen) Durchführung einer SUP und FFH-Verträglichkeitsprüfung für den Erlass der Schutzgebietsverordnung siehe Heß, F./Wulff, J. (2023): Deutsches NATURA-2000-Schutzregime erneut auf den EuGH-Prüfstand, NuR 2023, 821-825.

zu einer unzumutbaren Belastung führen würde und die Abweichung mit den Belangen von Naturschutz und Landschaftspflege vereinbar ist (Nr. 2 der Norm). Die Befreiung kann mit Nebenbestimmungen versehen werden (§ 67 Abs. 3 BNatSchG).

Gemessen an den Gang und das Ergebnis einer FFH-Verträglichkeitsprüfung gilt, dass ohne Rückgriff auf eine Abweichungsentscheidung die Behörde ein Vorhaben nur dann zulassen darf, wenn sie zuvor Gewissheit darüber erlangt hat, dass dieses sich nicht nachteilig auf das Gebiet auswirkt.[25] Die zu fordernde Gewissheit liegt nur dann vor, wenn „aus wissenschaftlicher Sicht kein vernünftiger Zweifel“ daran besteht, dass solche Auswirkungen nicht auftreten werden.[26] In diesem Sinne ist die FFH-Verträglichkeitsprüfung nicht auf ein „Nullrisiko“ auszurichten.[27] Wissenschaftlichen Erkenntnislücken kann im Einzelfall mit der ergänzenden Berücksichtigung von Prognosewahrscheinlichkeiten oder Analogieschlüssen begegnet werden.[28] Als Form der wissenschaftlichen Schätzung gängig ist ebenso eine Worst-Case-Betrachtung, die im Zweifelsfall verbleibende negative Auswirkungen des Vorhabens unterstellt.[29]

Ein Projekt ist unzulässig, wenn die Prüfung seiner Verträglichkeit ergibt, dass es zu einer erheblichen Beeinträchtigung eines solchen Gebietes in seinen für die Erhaltungsziele oder den Schutzzweck maßgeblichen Bestandteilen führen kann. Erheblich ist eine Beeinträchtigung, wenn hierdurch eine Gefährdung der für dieses Gebiet festgelegten Erhaltungsziele (§ 7 Abs. 1 Nr. 9 BNatSchG) droht. Pläne (oder Projekte) können das Gebiet erheblich beeinträchtigen, „wenn sie drohen, die für dieses Gebiet festgelegten Erhaltungsziele zu gefährden“.[30]

In einer durchzuführenden FFH-Verträglichkeitsprüfung hat die Prüfung der Verträglichkeit des Vorhabens mit den allgemeinen und speziellen Erhaltungszielen der im Plangebiet vorkommenden, vom Vorhaben voraussichtlich betroffenen Lebensraumtypen und Arten der Anhänge I und II der FFH-Richtlinie zu erfolgen. Es dürfen weder durch die Wirkungen des Vorhabens allein noch in Kumulation mit Wirkungen anderer Vorhaben erhebliche Beeinträchtigungen gemäß § 34 BNatSchG von Schutz- und Erhaltungszielen zu erwarten sein.

Gemäß § 34 Abs. 7 BNatSchG sind § 34 Absätze 1 bis 6 BNatSchG (FFH-Verträglichkeitsprüfung) insoweit anzuwenden, als die Schutzvorschriften, einschließlich der Vorschriften über Ausnahmen und Befreiungen, keine strengeren Regelungen für die Zulässigkeit von Projekten enthalten. Den Verpflichtungen zur Beteiligung der Kommission und zur Unterrichtung der Kommission ist dabei gleichwohl nachzukommen. Im Ergebnis regelt die Norm, dass strengere Vorschriften über Schutzgebiete und Biotope vorgehen.[31]

---

[25] BVerwG, Urteil vom 17.1.2007 - 9 A 20.05, BVerwGE 128, 1 = NVwZ 2007, 1054

[26] vgl. EuGH, Urteil vom 7.9.2004 - C - 127/02 -, Slg. 2004, I 7405, EuGH EuZW 2004, 730.

[27] BVerwG, Urteil vom 17.1.2007 - 9 A 20.05, BVerwGE 128, 1 = NVwZ 2007, 1054.

[28] Ebenda.

[29] vgl. BVerwG NVwZ 2008, 1115; BVerwGE 126, 166 = NVwZ 2006, 1161; BVerwGE 125, 116 = BeckRS 2006, 23694; BeckOK UmweltR/Lüttgau/Kockler, 63. Ed. 1.1.2022, BNatSchG § 34 Rn. 13

[30] vgl. BVerwG, Urteil vom 17.1.2007 - 9 A 20.05 -, BVerwGE 128, 1 unter Bezug auf EuGH, Urteil vom 7.9.2004 - C - 127/02 -, Slg. 2004, I 7405; OVG Münster Urt. v. 24.7.2009 – 7 D 130/08, BeckRS 2009, 37423, beck-online)

[31] Ewer, in: Lütkes/Ewer, BNatSchG, Kommentar, § 34 Rn. 81.

Das Bundesamt für Naturschutz (BfN) ist gemäß des BNatSchG für den gesamten Bereich der deutschen AWZ und des Festlandssockels als zuständige Naturschutzbehörde gemäß § 58 BNatSchG bestimmt und mit den notwendigen Anordnungsbefugnissen ausgestattet. Für die Umsetzung von Natura 2000 im Bereich der deutschen AWZ sind das BfN und das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) zuständig (§ 57 ff. BNatSchG).

Gesetzlich geschützte Biotope (§ 30 Abs. 2 BNatSchG)

Schutzgegenstand des gesetzlichen Biotopschutzes nach § 30 BNatSchG sind bestimmte Teile von Natur und Landschaft, die eine besondere Bedeutung als Lebensraum für eine bestimmte Lebensgemeinschaft wild lebender Tiere und Pflanze haben. In § 30 Abs. 2 Nr. 6 BNatSchG werden die gesetzlich geschützten Küsten- und Meeresbiotope genannt.[32] Für die deutsche AWZ relevant sind Riffe, sublitorale Sandbänke, artenreiche Kies-, Grobsand- und Schillgründe sowie Schlickgründe mit bohrender Bodenmegafauna. Letztere wurden aufgrund des Fehlens der für das Biotop charakteristischen Art, der Seefeder, bisher nicht in der deutschen AWZ nachgewiesen.[33]

In Hinblick auf den gesetzlichen Biotopschutz ist auf das Beeinträchtigungsverbot des § 30 Abs. 2 Satz 1 BNatSchG hinzuweisen, wonach die Zerstörung oder sonstige erhebliche Beeinträchtigung der Biotope verboten ist. Sie können nur im Wege der Ausnahme oder Befreiung erlaubt werden. Zum Teil müssen wiederholt Prüfungen aller gesetzlich geschützten Biotope im Vorhabengebiet durchgeführt werden, sofern Anpassungen der WEA-Standorte oder parkinterner Verkabelungen vorgenommen werden.

Artenschutzrecht

Nach §§ 44 ff. BNatSchG gelten besondere Vorschriften mit Verboten für Tiere der besonders und der streng geschützten Arten, wie z. B. dem Schweinswal. Die besonders geschützten Arten werden in § 7 Abs. 2 Nr. 13 BNatSchG legal definiert, die streng geschützten Arten in § 7 Abs. 2 Nr. 14 BNatSchG. Die in § 44 Abs. 1 BNatSchG geregelten Verbotstatbestände stellen absolute Zulassungsschranken dar. Ein Vorhaben darf nicht zugelassen werden, wenn es gegen eines der in § 44 Abs. 1 BNatSchG genannten Verbotstatbestände verstößt und die Voraussetzungen für die Ausnahmeerteilung nach §§ 44, 45 BNatSchG nicht vorliegen.

Weder mit dem Bau und Betrieb der Windenergieanlagen noch durch die Verlegung und den Betrieb der parkinternen Verkabelung dürfen erhebliche negative Auswirkungen z. B. auf marine Säuger verbunden sein, die den Tötungs- und Verletzungstatbestand nach § 44 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG erfüllen. In Bezug auf Zugvögel dürfen keine Kollisionsrisiken entstehen, die eine Verwirklichung des artenschutzrechtlichen Tötungs- und Verletzungsverbots bewirken würden.

Ein Verstoß gegen einen der Verbotstatbestände aus § 44 Abs. 1 BNatSchG kann durch geeignete Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen abgewendet werden. Denn unterhalb der Signifikanzschwelle im Sinne des § 44 Abs. 5 Nr. 1 BNatSchG besteht nach einem „Maßstab praktischer

[32] Erläuterungen und Definitionen zu den einzelnen Biotoptypen finden sich in der Gesetzesbegründung des Bundesnaturschutzgesetzes (BT-Drs. 14/6378, S. 66 ff.; BT-Drs. 16/12 274, S. 63).

[33] Vgl. Planfeststellungsbeschluss Offshore-Windenergiepark „EnBW He Dreiht“ vom 20.12.2022, Internet: https://gdi.bsh.de/Planfeststellung/Offshore-Vorhaben/129163/01_Planfeststellungsbeschluss.pdf, S. 144.

Vernunft“ keine weitergehende artenschutzrechtliche Verantwortlichkeit (Lau in: Frenz/Müggenborg, 3. Aufl. 2021, § 44 Rn. 70 mit Hinweis auf OVG Lüneburg, Urt. v. 27.08.2019, Az.: 7 KS 24/17; siehe auch BVerwG, Urteil vom 08.01.2014, Az. 9 A 4.13, juris).

Gemäß § 44 Abs. 1 Nr. 3 BNatSchG ist es ferner verboten, Fortpflanzungs- oder Ruhestätten wild lebender Tiere der besonders geschützten Arten aus der Natur zu entnehmen, zu beschädigen oder zu zerstören. Fortpflanzungsstätten sind all diejenigen Stätten, die – begonnen bei der Paarung bis hin zum Abschluss der Aufzucht der Jungtiere, soweit sie ortsgebunden ist – für eine erfolgreiche Fortpflanzung vonnöten sind. Ruhestätten sind diejenigen Bereiche, in die sich die Tiere zur Wärmeregulierung, zur Rast, zum Schlaf oder zur sonstigen Erholung, als Versteck oder zum Schutz zurückziehen. Auch Rast- und Sonnplätze gelten als Ruhestätte im Sinne des § 44 Abs. 1 Nr. 3 BNatSchG (Lau in: Frenz/Müggenborg, Bundesnaturschutzgesetz, 2. Aufl. 2016, § 44, Rn. 21). Es muss daher ausgeschlossen sein, dass im NSG „Doggerbank“ Fortpflanzungs- oder Ruhestätten liegen, um die Verwirklichung dieses Tatbestands vorliegend ausschließen zu können (siehe dazu Kapitel 4.8.6 und 4.11).

Wenn die Prüfung des Artenschutzes ergibt, dass von dem Ausbau keine Verletzung der artenschutzrechtlichen Tötungs-, Verletzungs-, Störungs- und sonstiger Schutztatbestände des § 44 BNatSchG droht, kann zum Beispiel davon ausgegangen werden, dass keine Beeinträchtigungen des Vogelzugs im Sinne des § 69 Abs. 3 Nr. 1 lit. b WindSeeG vorliegt.

2.3.1.2 Regelungen der FFH-RL

Ausschlaggebend für die Auswahl der Natura 2000-Gebiete im Meer sind das Vorkommen und die Verbreitung bestimmter Arten von Seevögeln, Meeressäugetieren und Fischen sowie der besonders schützenswerten, international bedeutsamen Lebensraumtypen „Sandbänke“ und „Riffe“, die in der FFH-RL[34] und Vogelschutz-Richtlinie[35] (VS-RL) in Anhängen aufgelistet sind. Ziel der Ausweisung ist der Schutz dieser besonderen und gefährdeten Lebensräume und Arten. Am 25. Mai 2004 hat Deutschland der Europäischen Kommission zehn Natura 2000-Gebiete in der deutschen AWZ von Nordsee und Ostsee gemeldet. Zwei der Gebiete zum Schutz von Seevögeln sind seit September 2005 als nationales Naturschutzgebiet (NSG) bzw. als Vogelschutzgebiet (Special Protected Area - SPA) ausgewiesen. Die acht FFH-Gebiete wurden im November 2007 von der EU als Gebiete gemeinschaftlicher Bedeutung (Site of Community Importance - SCI) anerkannt und sind mit Veröffentlichung im Amtsblatt der Europäischen Union im Januar 2008 rechtskräftig geworden. Den Status „FFH-Gebiet“ trägt auch das Schutzgebiet „Doggerbank“.

Im September 2017 wurden die insgesamt zehn Gebiete durch sechs Schutzgebietsverordnungen national unter Schutz gestellt. Sie schließen die zur Umsetzung der VS-RL bereits ausgewiesenen NSGe mit ein. Die acht SCI wurden mit der nationalen Unterschutzstellung durch Deutschland zu einem „Special Area of Conservation“ (SAC, besonderes Schutzgebiet).[36] Das NSG „Doggerbank“ ist

[34] Richtlinie 92/43/EWG v. 21.5.1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen, ABl. L 206 v. 22.7.1992, S. 7.

[35] Richtlinie 79/409/EWG vom 02.04.1979, ABl. EG Nr. L 103 vom 25.04.1979, S. 1, mehrfach geändert; Anhang I in der Fassung der Richtlinie 94/24/EG vom 08.06.1994, ABl. EG Nr. L 164 vom 30.06.1994, S. 9 ff.

[36] Zur FFH-Verträglichkeitsprüfung siehe oben Kapitel 2.3.1.2.

Bestandteil des europäischen Schutzgebietsnetzwerkes Natura 2000 (siehe dazu auch Kapitel 2.3.2).

2.3.1.3 Eingriffsregelung / Bundeskompensationsverordnung (BKompV)

Die Vorgaben der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung gemäß §§ 13 ff. BNatSchG i.V.m. den Regelungen der Bundeskompensationsverordnung (BKompV)[37] tragen ebenfalls zur Naturverträglichkeit bei (siehe § 56 Abs. 1 BNatSchG und § 1 Abs. 2 BKompV).

Grundsätzlich findet die naturschutzrechtliche Eingriffsregelung auch für Windenergieanlagen auf See (somit in der Doggerbank) Anwendung (siehe § 56 Abs. 1, Abs. 3 BNatSchG). Zu beachten sind aber die Sonderregelungen für den Ersatz der Eingriffe in das Landschaftsbild und für die Kompensation in Sicherheitszonen mit Fischereiausschluss.

Gemäß § 13 BNatSchG sind erhebliche Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft (Eingriffe) vorrangig zu vermeiden. Eingriffe in Natur und Landschaft sind Veränderungen der Gestalt oder Nutzung von Grundflächen oder Veränderungen des mit der belebten Bodenschicht in Verbindung stehenden Grundwasserspiegels, die die Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts oder das Landschaftsbild erheblich beeinträchtigen können (§ 14 Abs. 1 BNatSchG). Beeinträchtigungen sind vermeidbar, wenn zumutbare Alternativen gegeben sind, um den mit dem Eingriff verfolgten Zweck am gleichen Ort ohne oder mit geringeren Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft zu erreichen. Soweit Beeinträchtigungen nicht vermieden werden können, ist dies zu begründen. Bei der Prüfung, ob zumutbare Alternativen nach § 15 Abs. 1 Satz 2 BNatSchG gegeben sind, soll auch berücksichtigt werden, inwieweit die Alternativen dazu beitragen, die Inanspruchnahme von Flächen, insbesondere die Versiegelung von Böden, durch den Eingriff zu verringern (§ 2 Abs. 3 BKompV). Unvermeidbare erhebliche Beeinträchtigungen sind durch Maßnahmen des Naturschutzes auszugleichen oder zu ersetzen (§ 13 BNatSchG). Wird ein Eingriff nach Abwägung mit den Belangen des Naturschutzes zugelassen oder durchgeführt, obwohl die Beeinträchtigungen nicht zu vermeiden oder nicht in angemessener Frist auszugleichen oder zu ersetzen sind, hat der Verursacher des Eingriffs Ersatz in Geld zu leisten (§ 15 Abs. 5, Abs. 6 BNatSchG).[38]

Für die Kompensation von Eingriffen durch die Errichtung und den Betrieb von Windenergieanlagen in der deutschen AWZ enthält die BKompV in § 15 eine Sonderregelung. Danach gelten die Beeinträchtigungen der Schutzgüter Biotope und Boden, einschließlich der darin vorkommenden Pflanzen und Tiere sowie der Schutzgüter Wasser und Luft für die Errichtung und den Betrieb von Windenergieanlagen im Bereich der AWZ und des Festlandsockels als kompensiert, wenn eine Sicherheitszone nach § 74 WindSeeG eingerichtet wird, in der die Fischerei während der gesamten Betriebsdauer ausgeschlossen ist (§ 15 Abs. 1 Satz 1 Nr. 1 BKompV). Diese Regelung erstreckt sich auch auf die erforderlichen Nebeneinrichtungen von WEA, des Weiteren für Beeinträchtigungen

[37] Verordnung über die Vermeidung und die Kompensation von Eingriffen in Natur und Landschaft im Zuständigkeitsbereich der Bundesverwaltung (Bundeskompensationsverordnung - BKompV) vom 14. Mai 2020 (BGBl. I S. 1088).

[38] Planfeststellungsbeschluss Offshore-Windenergiepark „NC 1“ vom 14.6.2024, S. 138, 139.

der genannten Schutzgüter durch Konverter, deren Sicherheitszone eine Schnittmenge mit den erfassten Sicherheitszonen aufweist. Die Erlaubnis passiver Fischerei mit Reusen und Körben außerhalb des Bereichs der Sicherheitszone, in dem sich die Anlagen selbst befinden, bleibt zulässig.

Die vorgenannte Regelung der BKompV wird im AWZ-ROP 2021 wie folgt aufgegriffen: Gemäß Plansatz 2.2.2 Abs. 4 ROP sollen Fischereifahrzeuge OWP auf dem Weg zu ihren Fanggründen durchfahren können (raumordnerischer Grundsatz). Die passive Fischerei mit Reusen und Körben soll in den Sicherheitszonen der OWP möglich sein; dies gilt jedoch nicht für den Bereich, „der von den äußeren Anlagen des OWP umgrenzt wird, und nicht für den unmittelbaren Nahbereich der äußeren Anlagen“.[39] Die Sätze 1 und 2 des Plansatzes gelten, soweit Bau, Betrieb und Wartung der OWP so wenig wie möglich beeinträchtigt werden und vorbehaltlich entgegenstehender fachrechtlicher Regelungen.

Nach der Wertung des § 15 Abs. 1 Nr. 3 BKompV ist trotz der Distanz von Offshore-Windparks zur Küste und zu den Inseln grundsätzlich von einer Beeinträchtigung des Schutzgutes Landschaft auszugehen. Bei der Bemessung des Ersatzgeldes nach § 14 Abs. 2 Nr. 1 BKompV ist für das beeinträchtigte Landschaftsbild die Wertstufe 2 nach § 14 Abs. 2 Nr. 1 lit. a BKompV (je Meter Anlagenhöhe 100 Euro) zugrunde zu legen. Dies wird damit begründet, dass dieser Landschaftsraum insbesondere aufgrund der großen Entfernung zur Küste und zu Inseln weitgehend dem Auge eines „durchschnittlichen“ Betrachters entzogen ist.[40]

§ 15 Abs. 1 bis 4 und Abs. 6 sowie § 17 Abs. 5 und 7 BNatSchG finden auch dann Anwendung, wenn kein Eingriff in Natur und Landschaft im Sinne des § 14 BNatSchG vorliegt.

2.3.2 Schutzgebietsverordnung für das NSG „Doggerbank“

Der gesetzliche Schutz des Gebiets wird konkretisiert durch die Verordnung[41] über die Festsetzung des NSG „Doggerbank“ (NSGDgbV). Das NSG „Doggerbank“ ist, wie oben erwähnt, Bestandteil des Schutzgebietsnetzwerkes Natura 2000 mit hoher Artenvielfalt. Dieses Netzwerk dient der Erhaltung bzw. Wiederherstellung eines günstigen Erhaltungszustandes der nach der europäischen FFH-RL und der VS-RL geschützten Arten und Lebensräume in den jeweiligen biogeographischen Regionen.

Um diesen europäischen Vorgaben zu entsprechen, wurden naturschutzfachliche Ziele für das NSG „Doggerbank“ im Schutzzweck der Schutzgebietsverordnung festgelegt. Im Managementplan (siehe Kapitel 2.3.3) werden die Maßnahmen, die zur Erreichung des Schutzzwecks des Meeresschutzgebietes erforderlich sind, dargestellt und deren Begründung und Herleitung erläutert.

---

[39] Nach § 15 Abs. 1 Nr. 1 BKompV gelten die Beeinträchtigungen der Schutzgüter Biotope und Boden einschließlich der darin vorkommenden Pflanzen und Tiere als auch der Schutzgüter Wasser und Luft als kompensiert, soweit eine Sicherheitszone nach § 53 WindSeeG eingerichtet wird, in der die Fischerei während der gesamten Betriebsdauer ausgeschlossen ist. Dies gilt gleichermaßen auch für Beeinträchtigungen der genannten Schutzgüter durch Konverter, deren Sicherheitszone eine Schnittmenge der vorgenannten Sicherheitszonen aufweist. Die Erlaubnis passiver Fischerei mit Reusen und Körben außerhalb des Bereichs der Sicherheitszone, in dem sich die Anlagen selbst befinden, bleibt von dieser Regelung unberührt.

[40] BSH (2024): Umweltbericht zum Entwurf des Flächenentwicklungsplans für die deutsche ausschließliche Wirtschaftszone der Nordsee vom 7.6.2024; BT Drs. 19/17344, S. 172.

[41] Verordnung über die Festsetzung des Naturschutzgebietes „Doggerbank“ vom 22. September 2017 (BGBl. I S. 3400)

Das NSG „Doggerbank“ umfasst den deutschen Teil der größten Sandbank der Nordsee, die sich vom Festlandsockel des Vereinigten Königreichs bis in die AWZ Dänemarks erstreckt. „Sandbänke“ (EU-Code 1110) sind ein Lebensraumtyp, der nach der FFH-Richtlinie besonders geschützt ist. Eine arten- und individuenreiche Bodenfauna bietet Nahrung für eine diverse Fischfauna, die wiederum als Nahrungsgrundlage für die FFH-Arten Schweinswal (*Phocoena phocoena*, EU-Code 1351) und Seehund (*Phoca vitulina*, EU-Code 1365) dient. Die Erhaltung bzw. Wiederherstellung des günstigen Erhaltungsgrades des Lebensraumtyp „Sandbänke“ sowie von Schweinswal und Seehund (der Schutzgüter des NSG) steht im Mittelpunkt des ausgearbeiteten Gebietsmanagements. Die im Managementplan beschriebenen Maßnahmen dienen der Verbesserung der Erhaltungsgrade des Lebensraumtyps „Sandbänke“ und des Schweinswals im Gebiet, die gemäß der Nomenklatur „mittlere Defizite” aufweisen. Außerdem dienen die Maßnahmen der Vermeidung einer Verschlechterung der Erhaltungsgrade aller Schutzgüter – auch des Seehunds, dessen Erhaltungsgrad aktuell dem Soll-Zustand (Zielzustand) entspricht.

Die Verordnung über die Festsetzung des Naturschutzgebietes „Doggerbank“ bestimmt u. a. den Schutzzweck (§ 3 NSGDgbV), aus dem sich nach § 34 Abs. 1 Satz 2 BNatSchG auch die Maßstäbe der Verträglichkeitsprüfung ergeben. Zudem enthält die Verordnung sachlich differenzierte Verbotstatbestände (§ 4 NSGDgbV) sowie Sonderregelungen für bestimmte Pläne und Projekte (§ 5 NSGDgbV) wie z. B. OWP und eröffnet die Möglichkeit einzelfallbezogener Ausnahmen und Befreiungen (§ 6 NSGDgbV).

Projekte zur Energieerzeugung (OWP) sind nach § 5 Abs. 1 Nr. 1 NSGDgbV zu prüfen. Gemäß § 5 Abs. 2 NSGDgbV sind solche Projekte zulässig, wenn sie nach § 34 Abs. 2 BNatSchG nicht zu erheblichen Beeinträchtigungen der für den Schutzzweck nach § 3 Abs. 3 bis 5 NSGDgbV maßgeblichen Bestandteile des Gebietes führen können oder die Anforderungen nach § 34 Abs. 3 bis 5 BNatSchG erfüllen.[42]

Die Schutz- und Erhaltungsziele für die Doggerbank ergeben sich aus § 3 NSGDgbV. Dazu gehören insbesondere die Erhaltung und Wiederherstellung

- der spezifischen ökologischen Funktionen, der biologischen Vielfalt und der natürlichen Hydro- und Morphodynamik des überregional bedeutenden Gebietes;
- eines günstigen Erhaltungszustandes des Lebensraumtyps „Sandbänke mit nur schwacher ständiger Überspülung durch Meerwasser“ mit seinen charakteristischen und gefährdeten Lebensgemeinschaften und Arten;
- eines günstigen Erhaltungszustandes der FFH-Arten “Schweinswal” und “Seehund” und ihrer Habitate sowie
- der Funktion als besonders artenreiches biogeographisches Grenzgebiet zwischen der nördlichen und südlichen Nordsee.

Gemäß § 3 Abs. 2 NSGDgbV umfasst der Schutz die Erhaltung oder, soweit erforderlich, die Wiederherstellung der spezifischen ökologischen Werte und Funktionen des Gebietes, insbesondere seiner

[42] Für OWP an den Grenzen des Schutzgebiets gilt: Für Projekte im Sinne des Absatzes 1 außerhalb des NSG, die einzeln oder im Zusammenwirken mit anderen Projekten oder Plänen geeignet sind, den Schutzzweck nach § 3 Absatz 3 bis 5 NSGDgbV erheblich zu beeinträchtigen, gelten die Absätze 1 bis 3 entsprechend (§ 5 Abs. 4 NSGDgbV). Die prüffähigen Unterlagen gem. § 5 Abs. 1 und 2 NSGDgbV sind vom Projektträger beizubringen (§ 5 Abs. 3 NSGDgbV).

überregional bedeutenden, weitgehend natürlichen hydromorphologischen Bedingungen (Nr. 1 der Norm) sowie der Bestände von Schweinswal und Seehund sowie ihrer Lebensräume und der natürlichen Populationsdynamik (Nr. 2 der Norm).

Zu den im NSG verfolgten Schutzzwecken gehören gemäß § 3 Abs. 3 NSGDgbV auch die Erhaltung oder, soweit erforderlich, die Wiederherstellung eines günstigen Erhaltungszustands des das Gebiet prägenden Lebensraumtyps nach Anhang I der Richtlinie 92/43/EWG „Sandbänke mit nur schwacher ständiger Überspülung durch Meerwasser“ (Nr. 1 der Norm) sowie der Arten nach Anhang II der Richtlinie 92/43/EWG Schweinswal und Seehund (Nr. 2 der Norm).

Gemäß § 3 Abs. 4 NSGDgbV ist zum Schutz des in Abs. 3 Nr. 1 NSGDgbV genannten Lebensraumtyps einschließlich seiner charakteristischen Arten insbesondere erforderlich die Erhaltung oder, soweit erforderlich, die Wiederherstellung der ökologischen Qualität der Habitatstrukturen und deren flächenmäßige Ausdehnung (Nr. 1 der Norm), der natürlichen Qualität des Lebensraums mit weitgehend natürlicher Verbreitung, Bestandsdichte und Dynamik der Populationen der charakteristischen Arten und der natürlichen Ausprägung ihrer Lebensgemeinschaften (Nr. 2 der Norm), der Unzerschnittenheit des Lebensraums sowie seiner Funktion als Regenerationsraum insbesondere für die benthische Fauna (Nr. 3 der Norm), der hohen autochthonen biologischen Produktivität (Nr. 4 der Norm) sowie der Funktion als Startpunkt und Ausbreitungskorridor für benthische Arten in die gesamte Nordsee sowie seiner Funktion als besonders artenreiches biogeographisches Grenzgebiet zwischen nördlicher und südlicher Nordsee (Nr. 5 der Norm).

§ 3 Abs. 5 NSGDgbV ist zum Schutz der genannten Arten insbesondere erforderlich die Erhaltung oder, soweit erforderlich, die Wiederherstellung der natürlichen Bestandsdichten dieser Arten mit dem Ziel der Erreichung eines günstigen Erhaltungszustands, ihrer natürlichen räumlichen und zeitlichen Verbreitung, ihres Gesundheitszustands und ihrer reproduktiven Fitness unter Berücksichtigung der natürlichen Populationsdynamik sowie der genetischen Austauschmöglichkeiten mit Beständen außerhalb des Gebietes (Nr. 1 der Norm), die Erhaltung oder Wiederherstellung des Gebietes als weitgehend störungsfreies und von lokalen Verschmutzungen unbeeinträchtigtes Habitat der Schweinswale und Seehunde und insbesondere als bedeutsames Nahrungs-, Migrations-, Fortpflanzungs- und Aufzuchthabitat für Schweinswale im Bereich der zentralen Nordsee (Nr. 2 der Norm), die Erhaltung oder Wiederherstellung unzerschnittener Habitate und der Möglichkeit der Migration der Schweinswale und Seehunde innerhalb der deutschen Nordsee und in niederländische, britische und dänische Gewässer (Nr. 3 der Norm) sowie die Erhaltung oder Wiederherstellung der wesentlichen Nahrungsgrundlagen der Schweinswale und Seehunde, insbesondere der natürlichen Bestandsdichten, Altersklassenverteilungen und Verbreitungsmuster der den Schweinswalen und Seehunden als Nahrungsgrundlage dienenden Organismen (Nr. 4 der Norm).

2.3.3 Bewirtschaftungsplan (Managementplan)

Die Erhaltungs- und Wiederherstellungsmaßnahmen, die zur Erreichung der Schutzzwecke erforderlich sind, werden in sog. Bewirtschaftungsplänen (oder auch Managementplänen, siehe § 7 Abs. 4 NSGDgbV) festgelegt. Das BfN ist als zuständige Behörde für den Meeresnaturschutz in der AWZ verantwortlich für das Management der Schutzgebiete und setzt zusammen mit allen Akteuren konkrete Schutzmaßnahmen um. Hierbei werden die zuständigen Behörden und Interessenverbände, sowie die interessierte Öffentlichkeit mit eingebunden.

Um die nötige Verbesserung der Erhaltungsgrade der Schutzgüter zu erzielen bzw. deren Verschlechterung zu vermeiden, enthält der Managementplan für das NSG „Doggerbank“[43] Maßnahmen, die die negativen Auswirkungen solcher Nutzungen reduzieren sollen, die ursächlich für Defizite und Gefährdungen der Schutzgüter im NSG sind. Dies geschieht in den Grenzen der internationalen, europäischen und nationalen Vorgaben im Hinblick auf die Regulierung bestimmter Nutzungen. Für einige dieser Nutzungen sind Maßnahmen teilweise nur unter Einschaltung der zuständigen internationalen oder europäischen Stellen möglich. Das Maßnahmenprogramm setzt vor diesem Hintergrund auch auf eine Intensivierung von Kooperationen und Kommunikation mit den verantwortlichen Stellen und Interessengruppen, um gemeinsam Möglichkeiten zu identifizieren, die Kompatibilität der Nutzungen mit dem Schutzzweck des Gebiets so weit wie nötig zu verbessern.[44]

Die ökologische Ausstattung in der Doggerbank konnte sich u. a. auch deshalb entwickeln, weil hier die Belastungen durch menschliche Aktivitäten in der Vergangenheit geringer waren als in der Umgebung. Damit die Doggerbank ihre Funktion weiterhin erfüllen kann, ist es besonders wichtig und Kernaufgabe des FFH-Gebietsmanagements, dass es zu keiner Verschlechterung der Zustände der Schutzgüter in den Schutzgebieten kommt und bestehende Defizite behoben werden (Managementplan für das Naturschutzgebiet „Doggerbank“, S. 14).

Im Managementplan werden die Nutzungen identifiziert und bewertet. Hierzu gehört neben der Aufsuchung und Gewinnung von Kohlenwasserstoffen insbesondere die mobile grundberührende Fischerei mit Baumkurren, Waden- und Grundschleppnetzen. Es wurden Beeinträchtigungen der Bodenstruktur und des Makrozoobenthos sowie der Gemeinschaft der bodenlebenden Fische (insbesondere Sandaale, Scholle, Seezunge und andere Plattfische) festgestellt. Letztere sind eine bedeutende Nahrungsgrundlage für Seevögel und Schweinswale. Die Offshore-Windenergie findet hier (noch) keine Erwähnung, so dass von hier keine Maßnahmen in Verbindung mit dieser Nutzung vorgesehen sind.

Regelungen

Die zur Erreichung des Schutzzwecks nach § 3 Abs. 3 bis 5 NSGDgbV notwendigen Maßnahmen einschließlich der erforderlichen Wiederherstellungsmaßnahmen werden ebenfalls im Managementplan dargestellt (§ 7 NSGDgbV). Der Plan enthält des Weiteren ausgewählte, zur Erreichung des Schutzzwecks nach § 3 Abs. 1 und 2 NSGDgbV notwendige Maßnahmen. Er bestimmt ferner die Kontrolle des Maßnahmenerfolgs.[45] Die Maßnahmen werden, wie oben dargestellt, von den zuständigen Behörden durchgeführt (§ 7 Abs. 5 NSGDgbV).

Schifffahrt: Maßnahme M 6.3 soll den Dialog zwischen dem BfN, dem BSH und der Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt (GDWS) fördern. Maßnahmen M 7.1 und M 7.2 betreffen u. a. die

[43] Managementplan für das Naturschutzgebiet „Doggerbank“, Bekanntmachung vom 13. Mai 2020 (BAnz AT 13.05.2020 B10).

[44] Managementplan für das Naturschutzgebiet „Doggerbank“, Fn 41, S. 7.

[45] Der Bewirtschaftungsplan ist jeweils im Nachgang zu dem Bericht nach Artikel 17 Absatz 1 der Richtlinie 92/43/EWG zu überprüfen und, soweit erforderlich, vom BfN fortzuschreiben unter Beteiligung u. a. von NGOs. (§ 7 Abs. 2, 3 NSGDgbV).

Auswertung von AIS-Daten zur Bewertung von Auswirkungen und zur Überwachung des Schiffsverkehrs.

Militär: Wenngleich es im NSG keine militärischen Übungsgebiete gibt, kann das Gebiet militärisch genutzt werden. Von militärischen Aktivitäten gehen verschiedene Wirkfaktoren aus, die Auswirkungen auf die Schutzgüter im Gebiet haben können. Im Hinblick auf die nach internationalem Recht erlaubte militärische Nutzung zielt M 6.3 auf die Entwicklung von Maßnahmen im Rahmen eines Dialogs zwischen dem BfN und der Bundeswehr ab.

Wissenschaft und Forschung: Wissenschaftliche Forschung im NSG ist ausdrücklich erwünscht und wird bereits u. a. vom BfN durchgeführt, veranlasst bzw. gefördert, unterliegt aber, wie auch andere Tätigkeiten im NSG, in bestimmten Fällen dem Vorbehalt einer Verträglichkeitsprüfung. Die in Maßnahme M 3.3 auch vorgesehene Erarbeitung von Lärmorientierungs- und Lärmgrenzwerten für verschiedene Nutzungen könnte allerdings auch bestimmte wissenschaftliche Forschungsmethoden betreffen. Untersuchungen zu Auswirkungen von im Umkreis von 5 km außerhalb des NSG erfolgenden, in das Gebiet hineinwirkenden bestimmten Forschungsaktivitäten, insbesondere zum Einsatz von Luftpulsern, sollen im Rahmen einer freiwilligen Kooperation zwischen dem Bundesumweltministerium und dem Bundesforschungsministerium durchgeführt werden.

Infrastruktur und Energiegewinnung: Durch das NSG „Doggerbank“ verlaufen fünf Erdgaspipelines: Norpipe, Europipe1, zwei von der Plattform A6-A abführende Pipelines, eine Pipeline zwischen der Plattform A6-A und der dänischen RAVN-Plattform (Managementplan für das Naturschutzgebiet „Doggerbank“, S. 26).

Weitergehende Vorschriften des BNatSchG, wie § 30 und die Artenschutzvorschriften gemäß §§ 44 ff. BNatSchG, einschließlich der Bestimmungen über Ausnahmen und Befreiungen**,** die Regelungen der Internationalen Seeschifffahrtsorganisation zur Schiffswegeführung, insbesondere in Bezug auf zu meidende Gebiete, sowie die Rechtsakte der EU auf dem Gebiet der Gemeinsamen Fischereipolitik (GFP) sind ergänzend einzubeziehen (§ 8 NSGDgbV).

Die nächste Überprüfung des Plans ist für 2024 vorgesehen (Managementplan für das Naturschutzgebiet „Doggerbank“, S. 72).

Delegierte Verordnung (EU) 2023/340 (zum grundberührenden Fanggerät)

Notwendige Regulierungen der europäischen Fischerei können nicht von den Mitgliedstaaten selbst, sondern nur von der Europäischen Kommission im Rahmen der GFP erlassen werden. In 2023 wurden seitens der EU-Maßnahmen zur Regulierung der Fischerei in den AWZ-Schutzgebieten erarbeitet. Diese haben ein langanhaltendes Verfahren durchlaufen und wurden unter anderem mit den Nachbarstaaten bzw. der sog. Scheveningen-Gruppe abgestimmt und mündeten in der Delegierten Verordnung (EU)[46] 2023/340 der Kommission vom 8. Dezember 2022 in Bezug auf Erhaltungsmaßnahmen. Die Verordnung enthält u. a. Bestandsbewirtschaftungsmaßnahmen zum

[46] Delegierten Verordnung (EU) 2023/340 der Kommission vom 8. Dezember 2022 zur Änderung der Delegierten Verordnung (EU) 2017/118 in Bezug auf Erhaltungsmaßnahmen in den Gebieten „Sylter Außenriff“, „Borkum-Riffgrund“, „Doggerbank“ und „Östliche Deutsche Bucht“ sowie „Klaverbank“, „Friese Front“ und „Centrale Oestergronden“ (ABl. L 48 vom 16.2.2023, S. 1).

Schutz von Schweinswalen im Gebiet Doggerbank. Es soll verhindert werden, dass sich Tiere in Kiemen- und Verwickelnetzen verfangen und/oder darin umkommen. Damit wurde den Verpflichtungen gemäß Art. 6 der FFH-RL nachgekommen. Des Weiteren sind Beschränkung der Fangtätigkeiten mit Kiemen- und Verwickelnetzen (Gillnet (GN), Set anchored Gillnet (GNS), Driftnet (GND), Encircling Gillnet (GNC), Trammel net (GTR) und Combined Trammel and Gillnet (GTN)) in der Doggerbank zum Schutz von Schweinswalen enthalten.

2.3.4 Wasserrecht

Ergänzend ist das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) heranzuziehen, das ebenfalls naturschützende Regelungen enthält. Gemäß § 45a Abs. 1 WHG sind Meeresgewässer so zu bewirtschaften, dass eine Verschlechterung ihres Zustands vermieden wird (Nr. 1 der Norm, Verschlechterungsverbot) und ein guter Zustand erhalten oder spätestens bis zum 31. Dezember 2020 erreicht wird (Nr. 2 der Norm).

Damit die Bewirtschaftungsziele erreicht werden können, sind gemäß § 45 a Abs. 2 WHG insbesondere Meeresökosysteme zu schützen und zu erhalten und in Gebieten, in denen sie geschädigt wurden, wiederherzustellen (Nr. 1 der Norm), 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 (Nr. 2 der Norm) und bestehende und künftige Möglichkeiten der nachhaltigen Meeresnutzung zu erhalten oder zu schaffen (Nr. 3 der Norm).

Des Weiteren ist der Zustand der Meeresgewässer gemäß § 45b Abs. 1 WHG jener der Umwelt in Meeresgewässern unter Berücksichtigung von Struktur, Funktion und Prozessen der einzelnen Meeresökosysteme (Nr. 1 der Norm), der natürlichen physiografischen, geografischen, biologischen, geologischen und klimatischen Faktoren (Nr. 2 der Norm) sowie der physikalischen, akustischen und chemischen Bedingungen, einschließlich der Bedingungen, die als Folge menschlichen Handelns in dem betreffenden Gebiet und außerhalb davon entstehen (Nr. 3 der Norm).

Guter Zustand der Meeresgewässer bedeutet gemäß § 45b Abs. 2 WHG einen Zustand der Umwelt in Meeresgewässern, die unter Berücksichtigung ihrer jeweiligen Besonderheiten ökologisch vielfältig, dynamisch, nicht verschmutzt, gesund und produktiv sind und die nachhaltig genutzt werden, wobei die einzelnen Meeresökosysteme ohne Einschränkungen funktionieren und widerstandsfähig gegen vom Menschen verursachte Umweltveränderungen sind und sich die unterschiedlichen biologischen Komponenten der Meeresökosysteme im Gleichgewicht befinden (Nr. 1 der Norm). Die im Meer lebenden Arten und ihre Lebensräume müssen geschützt sein und ein vom Menschen verursachter Rückgang der biologischen Vielfalt ist zu verhindern (Nr. 2 der Norm). Schließlich dürfen die vom Menschen verursachten Einträge von Stoffen und Energie, einschließlich Lärm, in die Meeresumwelt keine nachteiligen Auswirkungen auf die Meeresökosysteme, die biologische Vielfalt, die menschliche Gesundheit und die zulässige Nutzung des Meeres haben (Nr. 3 der Norm).

Aus den genannten Regelungen folgt u. a., dass während der Errichtungs- und Betriebsphase Ölrückstände der Maschinenanlagen, Fäkalien, Verpackungen, Abfälle sowie Abwässer nicht in das Meer eingebracht werden dürfen. Ferner ist auch die Zuführung von möglicherweise wassergefähr-

denden Stoffen und Gegenständen in den Wasserkörper zu vermeiden, soweit diese nicht zur ordnungsgemäßen Einrichtung der Anlagen gehören. Kommt es zu einer Gewässerverunreinigung, sind unverzüglich sämtliche zur Verfügung stehenden möglichen Gegenmaßnahmen zu ergreifen, um die Gewässerverunreinigung einzudämmen und einen weiteren Austritt in die Meeresumwelt zu verhindern. Des Weiteren dürfen durch Bau, Betrieb und Wartung der Offshore-Bauwerke keine Stoffe in das Meer eingebracht werden. Insbesondere dürfen keine schadstoffhaltigen Abwässer unbehandelt in das Meer gelangen, soweit dies nicht aufgrund sicherheitsrelevanter Vorgaben ausnahmsweise zulässig ist.[47]

2.3.5 Windenergie-auf-See-Gesetz (WindSeeG)

Regelungen

Zweck und Ziel des Windenergie-auf-See-Gesetzes (WindSeeG) sind gemäß § 1 Abs. 1 die Nutzung der Windenergie auf See „unter Berücksichtigung des Naturschutzes“ (sowie der Schifffahrt und von Offshore-Anbindungsleitungen). Dabei ist auf einen räumlich geordneten und flächensparsamen Ausbau zu achten (§ 4 Abs. 2 Nr. 2 WindSeeG) und es ist eine geordnete und effiziente Nutzung und Auslastung der Leitungen im Gleichlauf mit den Windenergieanlagen zu planen, zu errichten, in Betrieb zu nehmen und zu nutzen (§ 4 Abs. 2 Nr. 3 WindSeeG). Die gesetzlich definierten Ausbauziele dürfen gleichwohl überschritten werden (§ 4 Abs. 2 Nr. 1 WindSeeG).

Speziell für die Windenergienutzung im Meeresbereich existiert ein Fachplan, der Flächenentwicklungsplan (FEP),[48] der die fachplanerischen Festlegungen für die AWZ enthält (§ 4 Abs. 1 WindSeeG).[49] Das Gesetz regelt in § 5 WindSeeG sowohl die Gegenstände des Plans als auch unzulässige Festlegungen. Diese sind in § 5 Abs. 3 WindSeeG niedergelegt. Danach sind Festlegungen unzulässig, wenn überwiegende öffentliche oder private Belange entgegenstehen. Diese liegen u. a. vor, wenn sie mit den Erfordernissen der Raumordnung nach § 17 Abs. 1 ROG nicht übereinstimmen (Nr. 1 der Norm), die Meeresumwelt gefährden (Nr. 2 der Norm), die Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs beeinträchtigen (Nr. 3 der Norm), die Sicherheit der Landes- und Bündnisverteidigung (insb. die Deutsche Marine und Luftwaffe) beeinträchtigen (Nr. 4 der Norm) oder gemäß § 5 Abs. 3 Nr. 5 WindSeeG das Gebiet, die Fläche oder der sonstige Energiegewinnungsbereich nicht mit dem Schutzzweck einer nach § 57 BNatSchG erlassenen Schutzgebietsverordnung vereinbar sind; dabei sind Festlegungen wiederum zulässig, wenn sie nach § 34 Abs. 2 BNatSchG nicht zu erheblichen Beeinträchtigungen der für den Schutzzweck der jeweiligen Schutzgebietsverordnung (hier: NSGDgbV) maßgeblichen Bestandteile des Gebietes führen können oder wenn sie die Anforderungen nach § 34 Abs. 3 bis 5 BNatSchG erfüllen (siehe dazu Kapitel 2.3.1.1).

[47] Vgl. Planfeststellungsbeschluss Offshore-Windenergiepark „EnBW He Dreiht“ vom 20.12.2022, Internet: https://gdi.bsh.de/Planfeststellung/Offshore-Vorhaben/129163/01_Planfeststellungsbeschluss.pdf, S. 36.

[48] Siehe dazu näher Kapitel 2.4.2.

[49] Zum Planfeststellungs- bzw. Plangenehmigungsverfahren gemäß §§ 66 ff. WindSeeG siehe Kapitel 2.4.3.

In der Abwägung des FEP ist das „überragende öffentliche Interesse“ (ÜÖI)[50] an der Errichtung von Windenergieanlagen auf See und Offshore-Anbindungsleitungen und deren Bedeutung für die öffentliche Sicherheit zu berücksichtigen (§ 5 Abs. 3 Satz 3 WindSeeG). In der Gesetzesbegründung zum Entwurf eines Zweiten Gesetzes zur Änderung des Windenergie-auf-See-Gesetzes[51] wird in der Frage der öffentlichen Sicherheit mit der Versorgungssicherheit argumentiert. Eine Versorgungsunterbrechung und die sich daraus für die Existenz eines Staates ergebenden Gefahren könne seine öffentliche Sicherheit schwer beeinträchtigen.[52] Die Europäische Kommission hat dazu festgestellt, dass Windparks im Interesse der Volksgesundheit oder öffentlichen Sicherheit stehen und deshalb Ausnahmen vom Artenschutz möglich sind.[53] Gefahren für die Meeresumwelt und damit einhergehende Gefahren für die öffentliche Gesundheit aufgrund von Meeresverschmutzungen finden indes keine Erwähnung; es wird lediglich die Stromversorgung des Gesundheitssystems in Bezug genommen.

§ 5 Abs. 4 WindSeeG enthält Regelungen zur Reihenfolge der Ausschreibungen. Danach soll sich die zeitliche Reihenfolge u. a. an vorhandene Offshore-Anbindungsleitungen orientieren, um diese effizient zu nutzen und auszulasten (§ 5 Abs. 4 Satz 1 WindSeeG). Weitere Kriterien sind gemäß § 5 Abs. 4 Satz 2 Nr. 1 bis 4 WindSeeG die Leitungsabhängigkeit, die räumliche Nähe zur Küste (Nr. 3 der Norm) und die installierte Leistung auf einer Fläche. Zu beachten ist des Weiteren die Regelung in § 5 Abs. 6 WindSeeG, wonach NSGe (wie z. B. die Doggerbank) nachrangig zu bebauen sind: *„Eine Festlegung von Gebieten oder Flächen in einem nach § 57 des Bundesnaturschutzgesetzes ausgewiesenen Schutzgebiet darf erst erfolgen, wenn die Ziele nach § 1 Absatz 2 Satz 1 ohne diese Gebiete oder Flächen nicht erreicht werden können.“*

Gegenstand und Umfang von Voruntersuchungen gemäß § 10 Abs. 1 Nr. 1 WindSeeG sind Bestandsuntersuchungen, Vorbelastungen, Baugrund, Windverhältnisse, ozeanische Verhältnisse und die Schifffahrt (siehe „Standard Untersuchung der Auswirkungen von OWEA auf die Meeresumwelt“[54]).

Gemäß § 57 Abs. 1 Satz 1 WindSeeG werden die Einnahmen aus den gebotenen Zahlungen der Flächenversteigerungen nach § 53 Abs. 1 Satz 1 Nr. 1 WindSeeG der Windparkbetreiber anteilig für Maßnahmen des Meeresnaturschutzes sowie zur umweltschonenden Fischerei einschließlich Fischereistrukturmaßnahmen sowie zur Senkung der Offshore-Netzumlage gemäß § 17f des Energiewirtschaftsgesetzes verwendet. Die Zahlungen für die Meeresnaturschutzkomponente sind zweckgebunden und sollen möglichst im betroffenen Naturraum, für die nicht nach anderen Vorschriften

[50] Zum unbestimmten Rechtsbegriff “überragendes öffentliches Interesse” vgl. Appel, I., in: Säcker, F. J. (Hrsg.), Berliner Kommentar zum Energierecht, Stand 2019, Band 1 Halbband 2, § 1 NABEG Rn. 14 ff mwN, Rn 16; BT – Wissenschaftlicher Dienst (2022): Kurzinformation „Überragendes öffentliches Interesse“ als unbestimmter Rechtsbegriff im Netzausbaubeschleunigungsgesetz. Internet: https://www.bundestag.de/resource/blob/916756/b4b3ce30a8d47f8260cae2cfd1020de3/WD-5-074-22-pdf-data.pdf

[51] Entwurf eines Zweiten Gesetzes zur Änderung des Windenergie-auf-See-Gesetzes und anderer Vorschriften vom 2.5.2022, BT-Drs. 20/1634, S. 70.

[52] Vgl. EuGH, Urteil v. 10.07.1984, 72/83, Rn. 34.

[53] EU-Kommission, Leitfaden „Entwicklung der Windenergie und Natura 2000“, Dezember 2012, S. 20.

[54] BSH (2013): Standard-Untersuchung der Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf die Meeresumwelt (StUK4). Stand: Oktober 2013, https://www.bsh.de/DE/PUBLIKATIONEN/_Anlagen/Downloads/Offshore/Standards/Standard-Auswirkungen-Offshore-Windenergieanlagen-Meeresumwelt.pdf;jsessionid=4B49B93035632870273 8B40C8805F440. live21324?__blob=publicationFile&v=25

eine rechtliche Verpflichtung für Naturschutzmaßnahmen bestehen, eingesetzt werden (§ 58 Abs. 1 Satz 2 WindSeeG). Die Verpflichtungen nach § 15 BNatSchG bleiben von diesen Regelungen unberührt (§ 58 Abs. 1 Satz 4 WindSeeG).

Verordnungen zur Durchführung des Windenergie-auf-See-Gesetzes (WindSeeV)

Die Verordnungen[55] zur Durchführung des WindSeeG enthalten jeweils die technischen Regelungen, so z. B. zur umweltgerechten Verlegung und Dimensionierung von parkinternen Seekabelsystemen (Vermeidung der Sedimenterwärmung, siehe § 5 Abs. 2 3. WindSeeV) und zur Vermeidung oder Verminderung von Emissionen (siehe § 6 3. WindSeeV) von Windenergieanlagen auf den Flächen N-6.6 und N-6.7 des FEP. Gemäß § 6 Abs. 2 Nr. 1 3. WindSeeV hat der Träger des Vorhabens insbesondere die Anlagen in einer Weise zu planen und umzusetzen, dass weder bei der Errichtung noch bei dem Betrieb nach dem Stand der Technik vermeidbare Emissionen verursacht werden oder, soweit die Verursachung von Emissionen durch die zur Erfüllung der Sicherheitsanforderungen des Schiffs- und Luftverkehrs zwingend gebotenen Handlungen unvermeidlich ist, möglichst geringe Beeinträchtigungen der Meeresumwelt hervorgerufen werden. Des Weiteren ist gemäß § 7 3. WindSeeV auf die Vermeidung von Schallemissionen bei der Gründung, der Installation und dem Betrieb von Anlagen zu achten.

Die auf der Fläche zu errichtenden Windenergieanlagen müssen einen Abstand von mindestens dem Fünffachen des jeweils größeren Rotordurchmessers zu Windenergieanlagen jeder benachbarten Fläche einhalten (siehe § 33 Satz 1 3. WindseeV). Die Planfeststellungsbehörde (zum Planfeststellungsverfahren (PFV) siehe Kapitel 3.4.3) kann auf Antrag des Trägers des Vorhabens der jeweiligen Fläche einen geringeren Abstand zulassen, wenn der Träger des Vorhabens der benachbarten Fläche zustimmt und die Standsicherheit der Anlagen gewährleistet ist (siehe § 33 3. WindSeeV).

2.3.6 Erneuerbare-Energien-Richtlinie

Regelungen zur Raumplanung

Gemäß der Richtlinie zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen (Erneuerbare-Energien-RL)[56] sind die Mitgliedstaaten gefordert, die Meeresgebiete zu identifizieren, die für die Errichtung von Anlagen zur Erzeugung von Energie aus erneuerbaren Quellen und der damit zusammenhängenden Infrastruktur benötigt werden, um (zumindest) ihre nationalen Beiträge zum überarbeiteten Gesamtziel für Energie aus erneuerbaren Quellen für 2030 gemäß Art. 3 Abs. 1 der EE-RL zu erreichen und Unterstützung im Hinblick auf die Verwirklichung des Ziels der Klimaneutralität bis spätestens 2050 im Einklang mit der Verordnung (EU) 2021/1119 zu leisten. Die Mitglied-

[55] Vgl. Dritte Verordnung zur Durchführung des Windenergie-auf-See-Gesetzes (Dritte Windenergie-auf-See-Verordnung – 3. WindSeeV) vom 5. Januar 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 8 vom 11.01.2023).

[56] Richtlinie (EU) 2018/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen, geändert durch Richtlinie (EU) 2023/2413 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Oktober 2023 zur Änderung der Richtlinie (EU) 2018/2001, der Verordnung (EU) 2018/1999 und der Richtlinie 98/70/EG im Hinblick auf die Förderung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Aufhebung der Richtlinie (EU) 2015/652 des Rates (ABl. L vom 31.10.2023, S. 1).

staaten haben die Möglichkeit, bestehende Raumplanungsdokumente (gemeint sind hier aus deutscher Sicht v. a. der ROP 2021 und der FEP 2023, nach erfolgter Fortschreibung der FEP 2024) zu verwenden, um diese Gebiete zu identifizieren (EG 25 EE-RL). Hierbei ist der Grundsatz der Schadensvermeidung des europäischen Grünen Deals zu berücksichtigen (EG 22 EE-RL).

EU-Notfallverordnung Erneuerbare Energie

Hervorzuheben ist des Weiteren die am 22. Dezember 2022 vom Rat der EU erlassene Verordnung (EU)2022/2577 zur Festlegung eines Rahmens für einen beschleunigten Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien.[57] Diese sog. Notfallverordnung erging auf der Grundlage von Art. 122 Abs. 1 des Vertrags über die Arbeitsweise der Europäischen Union (AEUV), welcher Rechtsetzung ohne eine Beteiligung des Europäischen Parlaments ermöglicht. Die Verordnung sieht vorübergehende Sofortmaßnahmen vor, um den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energiequellen zu beschleunigen (EG 3), und nahm damit – zeitlich befristet für 18 Monate (Art. 10) – einige Bausteine aus der EEG-Änderungsrichtlinie bereits vorweg. Diese Verordnung wird allerdings mit Fristablauf für den künftigen Ausbau der Offshore-Windenergie keine Rolle spielen.

2.3.7 Bundesberggesetz (BBergG)

Das NSG „Doggerbank“ wird von zwei Erlaubnisfeldern für die Aufsuchung von Kohlenwasserstoffen insgesamt vollständig umfasst, in denen bereits zahlreiche seismische Aufsuchungen auf der Grundlage des Bundesberggesetzes[58] (BBergG) durchgeführt wurden. Im Nordosten des NSGs befindet sich die einzige Erdgas-Förderplattform der deutschen AWZ der Nordsee. Da die Kohlenwasserstoffgewinnung und -aufsuchung Auswirkungen auf die Schutzgüter des NSGs hat, sieht Maßnahme M 3.4 des FFH-Managementplans (siehe Kapitel 3.3.3) die Erarbeitung naturschutzfachlicher Anforderungen an diese Nutzung vor (Managementplan für das NSG „Doggerbank“, S. 51).

Maßnahme M 6.3 des Managementplans soll die Zusammenarbeit u. a. zwischen dem BfN und dem Landesbergamt fördern. In Maßnahme M 3.3 ist die Erarbeitung von Lärmorientierungs - und Lärmgrenzwerten für verschiedene Nutzungen vorgesehen, die auch für bergbauliche Aktivitäten relevant werden könnten.

Da das NSG „Doggerbank“ vollständig von Erlaubnisfeldern für die Aufsuchung von Kohlenwasserstoffen umfasst ist, können künftig weitere Aufsuchungstätigkeiten und Kohlenwasserstoffgewinnung im Schutzgebiet und seinem nahen Umfeld (auch in den benachbarten dänischen und niederländischen AWZ) nicht gänzlich ausgeschlossen werden (Managementplan für das NSG „Doggerbank“, S. 27).

Um eine Lärmreduzierung im NSG zu erreichen, ist neben Maßnahmen, die sich auf konkrete schallintensive Nutzungen beziehen, ein schutzgutbezogenes Lärmmanagement im Naturschutzgebiet

[57] Verordnung (EU)2022/2577) vom 22. Dezember 2022 zur Festlegung eines Rahmens für einen beschleunigten Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien (ABl. L 335 vom 29.12.2022, S. 36).

[58] Bundesberggesetz vom 13. August 1980 (BGBl. I S. 1310), das zuletzt geändert durch Art. 4 des Gesetzes vom 22. März 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 88).

(M 3.3) erforderlich, das alle schallemittierenden Nutzungen und alle Schutzgüter berücksichtigt.[59] Dieses ist eine wichtige Grundlage für andere, auf konkrete Nutzungen bezogene Maßnahmen und daher von besonderer Bedeutung (Managementplan für das NSG „Doggerbank“, S. 35).

Um eine Verbesserung der Verträglichkeit verschiedener Nutzungen mit dem Schutzzweck des Naturschutzgebiets erreichen zu können, wird die Einrichtung einer Facharbeitsgruppe mit Vertretern des BfN und weiterer in ihren Zuständigkeiten betroffener Behörden (M 6.3) als eine notwendige Voraussetzung angesehen.[60] Diese Maßnahme stellt eine Grundlage für eine Reihe weiterer Maßnahmen dar und soll damit indirekt maßgeblich zur Reduzierung der Auswirkungen der im NSG „Doggerbank“ stattfindenden Nutzungen beitragen (Managementplan für das NSG „Doggerbank“, S. 37).

2.3.8 Umweltschadensgesetz (USchadG)

Offshore-Projekte sind einem hohen Haftungsrisiko ausgesetzt. Bei Eintritt oder unmittelbarer Gefahr eines Umweltschadens[61] mit erheblichen nachteiligen Auswirkungen auf den Erhaltungszustand der nach § 3 Abs. 3 bis 5 NSGDgbV geschützten Lebensraum- und Biotoptypen und Arten bestehen Handlungspflichten nach dem Umweltschadensgesetz[62] (USchadG). Nach der Legaldefinition in § 19 Abs. 1 Satz 1 BNatSchG ist eine „Schädigung von Arten und natürlichen Lebensräumen im Sinne des Umweltschadensgesetzes […] jeder Schaden, der erhebliche nachteilige Auswirkungen auf die Erreichung oder Beibehaltung des günstigen Erhaltungszustands dieser Lebensräume oder Arten hat“. Der Verantwortliche, der den Schaden oder die Gefahr durch eine berufliche Tätigkeit unmittelbar verursacht hat, ist verpflichtet, das BfN und andere zuständige Behörden unverzüglich zu unterrichten und die erforderlichen Vermeidungs-, Schadensbegrenzungs- oder Sanierungsmaßnahmen zu ergreifen (§§ 4 bis 6 USchadG, § 19 Abs. 1 BNatSchG).[63] Als Beispiel können Messungen des Unterwasserschalls und der Einsatz von speziellen Schweinswaldetektoren angeordnet werden. Die Behörde kann die Effizienz dieser schadensverhütenden Maßnahmen laufend überprüfen (lassen) und gegenüber dem Betreiber bei Bedarf Anpassungen anordnen.[64]

Dem Umwelthaftungsrecht liegt eine eigenständige Begrifflichkeit und ein eigenständiger Anwendungsbereich zu Grunde, der vor allem räumlich über das Natura-2000-Regime hinausgeht, somit

[59] Managementplan für das Naturschutzgebiet „Doggerbank“, S. 48.

[60] Managementplan für das Naturschutzgebiet „Doggerbank“, S. 56.

[61] Zum Begriff des Umweltschadens vgl. BVerwG, Urteil vom 27.4.2023 – 10 C 3.23 - BVerwGE 178, 265, Rn. 32 ff. Zur Abgrenzung von Gefahrenabwehr und Sanierungspflichten und der geteilten Zuständigkeit zwischen BfN und BSH siehe Niederstadt/Schumacher, Umweltschaden durch Offshore-Windkraftanlagen, NuR 2023, 649-558 (652).

[62] Gesetz über die Vermeidung und Sanierung von Umweltschäden (Umweltschadensgesetz - USchadG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 5. März 2021 (BGBl. I S. 346).

[63] Niederstadt/Schumacher, Umweltschaden durch Offshore-Windkraftanlagen, NuR 2023, 652.

[64] Planfeststellungsbeschluss Offshore-Windenergiepark „NC 1“ (ehemals OWP N-3.7) vom 14.6.2024 –Aktenzeichen: 5111/NC 1/PFV. Internet: https://www.bsh.de/SharedDocs/Meldungen_Oeffentl_Bekanntmachungen/_Meldungen/2024/Bekanntmachung-Auslegung-Planfeststellungsbeschlusses-Errichtung-Offshore-Windpark-NC2.html?nn=1939528, S. 176

weit auszulegen ist.[65] Eine „Enthaftung“ tritt allerdings ein, wenn die zuvor ermittelten nachteiligen Auswirkungen von Tätigkeiten von der zuständigen Behörde nach den §§ 34, 35, 45 Abs. 7 oder § 67 Abs. 2 BNatSchG genehmigt wurden oder zulässig sind (§ 19 Abs. 1 Satz 2 BNatSchG i.V.m. Art. 2 Nr. 1a Abs. 2 Umwelthaftungsrichtlinie).

2.3.9 Internationale Übereinkommen (SRÜ, OSPAR, CBD, ESPOO-Ü)

UN-Seerechtsübereinkommen

Der Küstenstaat genießt in der AWZ gemäß dem UN-Seerechtsübereinkommen[66] (SRÜ) souveräne Rechte hinsichtlich der wirtschaftlichen Erforschung und Ausbeutung sowie der Energiegewinnung aus Wasser, Strömung und Wind (Art. 56 Abs. 1 lit. a SRÜ) und somit zur Nutzung der Windkraft. Diesen Rechten entsprechend gewährt ihm das Übereinkommen Hoheitsbefugnisse in Bezug auf die Errichtung und Nutzung von künstlichen Inseln, Anlagen und Bauwerken (Art. 56 Abs. 1 lit. b SRÜ). Darunter fallen u. a. Offshore-Windenergieanlagen. Gemäß Art. 60 Abs. 1 SRÜ ist fremden Staaten die Errichtung von Anlagen und Bauwerken verwehrt. Gesondert erwähnt ist in Art. 60 Abs. 2 SRÜ, dass der Küstenstaat ausschließliche Hoheitsbefugnisse (*exclusive jurisdiction*) über solche Inseln, Anlagen und Einrichtungen hat. Es handelt sich dabei nicht etwa um eine neue Kategorie von Hoheitsrechten, sondern nur um klar formulierte Exklusivrechte des Küstenstaates.

Gemäß Art. 60 Abs. 4 SRÜ kann der Küstenstaat Sicherheitszonen (maximale Ausdehnung 500 m, Art. 60 Abs. 5 SRÜ) zum Schutze der Schifffahrt errichten. In diesen Zonen dürfen geeignete Maßnahmen ergriffen werden, um die Sicherheit der Schifffahrt sowie der künstlichen Inseln, Anlagen und Bauwerke zu gewährleisten. Die Maßnahmen sind von allen Schiffen zu beachten (Art. 60 Abs. 6 SRÜ).

In räumlicher Hinsicht steht es dem Küstenstaat frei, Anlagen überall in seiner AWZ aufzustellen, mit der einzigen Ausnahme des Art. 60 Abs. 7 SRÜ, der Anlagen dort verbietet, wo dies die Benutzung anerkannter und für die internationale Schifffahrt wichtiger (nicht aller!) Schifffahrtswege behindern kann. Privilegiert ist demnach gegenüber der Nutzung durch Windenergieanlagen nur die Schifffahrt, der Umweltschutz genießt keinen Vorrang.

Der Verschmutzung durch Meeresbodenaktivitäten gleichgestellt ist die Verschmutzung durch künstliche Inseln, Installationen und Anlagen, die gemäß Art. 208 Abs. 1, 2. Alt. SRÜ unter die Hoheitsbefugnisse (*jurisdiction*) des Küstenstaates fallen. Erfasst sind davon alle Einrichtungen im Sinne der Art. 60 und 80 SRÜ. Gemäß Art. 60 Abs. 1 lit. b SRÜ gehören dazu u. a. Anlagen und Bauwerke, die der Küstenstaat gemäß Art. 56 SRÜ zur Wahrnehmung seiner Rechte in der AWZ errichtet sowie sonstige Installationen und Anlagen zu wirtschaftlichen Zwecken. Welche Gesetze und Vorschriften der Küstenstaat erlassen kann, wird in Art. 20G8 Abs. 2 SRÜ nicht ausdrücklich festgelegt. Der Küstenstaat hat somit einen weiten Ermessensspielraum. Die von ihm erlassenen

[65] BVerwG, Urteil vom 27.4.2023 – 10 C 3.23 - BVerwGE 178, 265, Rn. 32; OVG Münster, Urt. Vom 11.3.2021 – 21 A 49/17, NVwZ-RR 2021, 568, Rn. 208.

[66] Verabschiedet am 30.04.1982 in New York. Es ist am 16.11.1994 gemäß Art. 308 Abs. 1 SRÜ nach der 60. Ratifikation zusammen mit dem Übereinkommen vom 28.07.1994 zur Durchsetzung des Teils XI des Seerechtsübereinkommens in Kraft getreten. Der Bundestag hat dem Vertragsgesetz zum Seerechtsübereinkommen am 29.06.1994 gemäß Art. 59 Abs. 2 S. 1 GG zugestimmt (BGBl. II S.1798 ff.).

Vorschriften können gesetzgeberischer und/oder administrativer Art sein. Sie können präventiver oder repressiver Natur sein, d. h. auf die Verhütung künftiger und die Beseitigung bestehender Verschmutzungen gerichtet sein. Sie können Verhaltenspflichten normieren, aber auch Anforderungen an Ausrüstungen, wie beispielsweise bestimmte Konstruktionen oder Sicherheitsvorkehrungen für künstliche Anlagen vorschreiben. Gemäß Art. 208 Abs. 3 SRÜ dürfen dabei internationale Standards nicht unterschritten werden, welche von der Internationalen Seeschifffahrtsbehörde (International Maritime Organization - IMO) für den Bau und die Ausrüstung mobiler Bohranlagen verbindlich vorgegeben sind.[67]

Aufgegebene oder nicht mehr benutzte Anlagen und Bauwerke sind aus schiffssicherheitstechnischen Gründen zu beseitigen. Daraus resultiert eine Beseitigungspflicht, es sei denn, die bestehenden Anlagen bilden kein Hindernis für die Schifffahrt oder andere Nutzungsformen. Bei der Beseitigung ist der Schutz der Meeresumwelt „gebührend zu berücksichtigen" (Art. 60 Abs. 3 SRÜ).

Oslo-Paris-Abkommen

Das Oslo-Paris-Übereinkommen[68] (OSPAR) erfordert Schutz und Verbesserung des ökologischen Zustands der Meeresumwelt. Gemäß § 45a WHG sind die beste Umweltpraxis („best environmental practice")[69] gemäß OSPAR-Übereinkommen sowie der jeweilige Stand der Technik zu berücksichtigen und im Einzelverfahren zu konkretisieren.[70]

Des Weiteren hat die OSPAR-Kommission (gemeinsam mit HELCOM) im Juni 2003 folgende Definition für den Ökosystemansatz verabschiedet:

> *"The ecosystem approach can therefore be defined as ´the comprehensive integrated management of human activities based on the best available scientific knowledge about the ecosystem and its dynamics, in order to identify and take action on influences which are critical to the health of marine ecosystems, thereby achieving sustainable use of ecosystem goods and services and maintenance of ecosystem integrity´. The application of the precautionary principle is equally a central part of the ecosystem approach."*

Diese und weiter zu betrachtende Vorgaben sind beim – naturverträglichen – Ausbau der Offshore-Windenergie in der Doggerbank zu berücksichtigen.

[67] Code for the Construction and Equipment of Mobile Offshore Drilling Units (MODUS-Code), IMO Assembly, Resolution A. 414 (IX), 1979.

[68] Übereinkommen zum Schutz der Meeressumwelt des Nordostatlantiks vom 22.9.1992 (BGBl. 1994 II, S. 1360)

[69] OSPAR List of Substances / Preparations Used and Discharged Offshore which are Considered to Pose Little or No Risk to the Environment (PLONOR) – Update 2021: http://www.ospar.org/documents?d=32939; aufgerufen am 19.12.2023.

[70] OSPAR (2007): Guidance to assess the effectiveness of management of OSPAR MPAs: a self-assessment scorecard (Reference number: 2007-5E).

Übereinkommen über die biologische Vielfalt

Die Biodiversitätskonvention[71] (Convention on Biological Diversity 1992, CBD) enthält grundlegende Vorgaben zum Schutzgebietssystem und zur Anwendung des Ökosystemansatzes (siehe dazu die Konkretisierung in der Raumordnung, Kapitel 2.4.1).

Grundsätzlich lassen sich beim Naturschutz zwei gegenläufige Konzepte unterscheiden. Nach dem Konzept des segregativen Naturschutzes wird eine räumliche Trennung von Schutz- und Nutzflächen vorgenommen. Für einen wirkungsvollen Naturschutz wird dabei ein Flächenanteil von mindestens 10 bis 15 % für erforderlich gehalten. Diese Größenordnung resultiert aus dem Flächenbedarf der anspruchsvollsten Arten und aus dem Ausbreitungsvermögen von Individuen. Auch im Rahmen der CBD wird dieser Ansatz verfolgt. So besagt das „Aichi Biodiversity Target 11", dass bis 2020 10 % der Meeresfläche unter Schutz gestellt sein sollten.[72]

Den Gegensatz dazu bildet der integrative Naturschutz, bei dem die Kombination von Schutzbestrebungen des Naturschutzes mit Interessen wirtschaftlicher Nutzung durch den Menschen ermöglicht werden soll. Ziel des integrativen Ansatzes ist es, auf 100 % der Fläche Naturschutz zu realisieren, indem auf die Art und Intensität der anthropogenen Flächennutzung Einfluss genommen wird. Integrativer Naturschutz kann unterteilt werden in das Kombinationsprinzip (Naturschutz und Nutzung auf gemeinsamer Fläche) und das Vernetzungsprinzip (eng benachbart nebeneinander existierender Schutz und Nutzung).

Beide Konzepte müssen nicht zwingend als Alternativen in Opposition stehen, sondern können auch als Ergänzung betrachtet werden. Je nach den speziellen Gegebenheiten in einem Gebiet können Elemente beider Konzepte genutzt werden, sodass sich der Meeresnaturschutz optimal gestalten lässt.

Im Rahmen der CBD wurden die 12 Malawi-Prinzipien (1998) entwickelt. Die Definition in der CBD zum Ökosystemansatz *(ecosystem approach)* wurde wie folgt gefasst:

> *"The ecosystem approach is a strategy for the integrated management of land, water and living resources that promotes conservation and sustainable use in an equitable way. Thus, the application of the ecosystem approach will help to reach a balance of the three objectives of the Convention: conservation; sustainable use and the fair and equitable sharing of the benefits arising out of the utilization of genetic resources. An ecosystem approach is based on the application of appropriate scientific methodologies focused on levels of biological organization, which encompass the essential structure, processes, functions and interactions among organisms and their environment. It recognizes that humans, with their cultural diversity, are an integral component of many ecosystems."*

[71] Übereinkommen über die biologische Vielfalt vom 5.6.1992 (BGBl. II 1993, S. 1741).

[72] Aichi Biodiversity Target 11: "By 2020, at least 17 per cent of terrestrial and inland water, and 10 per cent of coastal and marine areas, especially areas of particular importance for biodiversity and ecosystem services, are conserved through effectively and equitably managed, ecologically representative and well-connected systems of protected areas and other effective area-based conservation measures, and integrated into the wider landscapes and seascapes."

Der Ökosystemansatz wird hier somit als strategischer, ganzheitlicher Ansatz für ein integratives Management zum Schutz der Meeresumwelt und Nutzung der Ressourcen verstanden (Managementprinzip).[73]

Die biologische Vielfalt umfasst die Vielfalt an Lebensräumen und Lebensgemeinschaften, die Vielfalt an Arten sowie die genetische Vielfalt innerhalb der Arten (Art. 2 CBD). Hinsichtlich des derzeitigen Zustandes der biologischen Vielfalt in der südlichen Nordsee ist festzustellen, dass es zahllose Hinweise auf Veränderungen der Biodiversität und des Artengefüges in allen systematischen und trophischen Niveaus der Nordsee gibt. Die Veränderungen der biologischen Vielfalt gehen im Wesentlichen auf menschliche Aktivitäten, wie Fischerei und Meeresverschmutzung sowie auf Klimaveränderungen zurück. Rote Listen gefährdeter Tier- und Pflanzenarten besitzen in diesem Zusammenhang eine wichtige Kontroll- und Warnfunktion, da sie den Zustand der Bestände von Arten und Biotopen in einer Region aufzeigen. Anhand der Roten Listen ist festzustellen, dass 32,2 % aller aktuell bewerteten Makrozoobenthosarten in der Nordsee und Ostsee (Rachor et al. 2013) und 27,1 % der in der Nordsee etablierten Fische und Neunaugen (Thiel et al. 2013, Freyhof 2009) einer Rote-Liste-Kategorie zugeordnet werden. Die marinen Säugetiere bilden eine Artengruppe, in der aktuell alle Vertreter gefährdet sind, wobei der Große Tümmler sogar bereits aus dem Gebiet der deutschen Nordsee verschwunden ist (von Nordheim et al. 2003). Von den 19 regelmäßig vorkommenden See- und Rastvogelarten sind drei Arten im Anhang I der V-RL gelistet. Allgemein sind gemäß Vogelschutzrichtlinie alle wildlebenden heimischen Vogelarten zu erhalten und damit zu schützen.

Espoo-Konvention

Die Espoo-Konvention (Übereinkommen über die Umweltverträglichkeitsprüfung im grenzüberschreitenden Rahmen[74]) aus dem Jahr 1991 ist ein Instrument zur Beteiligung betroffener Staaten und deren Öffentlichkeit an UVP-Verfahren in anderen Staaten für Vorhaben, die erhebliche grenzüberschreitenden Auswirkungen haben können. Deutschland ist Vertragspartei des Abkommens sowie von dessen zwei späteren Änderungen. Danach sind die Behörden und die Öffentlichkeit anderer möglicherweise betroffener Nachbarstaaten vor der Zulassung des Projekts im Rahmen einer grenzüberschreitenden Umweltverträglichkeitsprüfung zu beteiligen, wenn dieses Projekt grenzüberschreitende Umweltauswirkungen haben kann. Die Vorgaben der Espoo-Konvention wurden in Deutschland durch das UVP-Gesetz umgesetzt.

Gem. § 54 Abs. 1 UVPG hat die zuständige deutsche Behörde (hier: das BSH) frühzeitig die von dem anderen Staat benannte Behörde durch Übersendung geeigneter Unterlagen über das Vorhaben zu benachrichtigen, wenn das Vorhaben, für das eine UVP-Pflicht besteht, erhebliche grenzüberschreitende Umweltauswirkungen haben kann. Für die grenzüberschreitende Behördenbeteiligung bei Strategischen Umweltprüfungen gelten die Vorschriften über die Benachrichtigung eines anderen

[73] Vgl. dazu die Definition dieses Ansatzes im Meeresraumplanungsrecht der MSRL, MRO-RL und die Umsetzung im ROG (§ 2 Abs. 2 Nr.

[74] Übereinkommen über die Umweltverträglichkeitsprüfung im grenzüberschreitenden Rahmen vom 25. Februar 1991, in Deutschland ratifiziert mit dem Espoo-Vertragsgesetz vom 7. Juni 2002, abrufbar unter: http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl&jumpTo=bgbl202s1406.pdf.

Staates nach § 54 und für die grenzüberschreitende Behördenbeteiligung nach § 55 entsprechend (§ 60 Abs. 1 UVPG).

Deutschland wendet das Beteiligungsverfahren gegenüber allen seinen Nachbarn an. Zur besseren praktischen Handhabung sind konkrete Absprachen getroffen worden – beispielsweise in Bezug auf den Meeresbereich mit den Niederlanden.[75] Unabhängig vom Ergebnis, ob sich Anhaltspunkte für grenzüberschreitende Umweltauswirkungen eines Offshore-Windparks ergeben, werden in der Regel die Nachbarstaaten vorsorglich im Wege der guten nachbarschaftlichen Zusammenarbeit über das Vorhaben benachrichtigt und um Rückmeldung bei Beteiligungswunsch gebeten.

2.4 Planerische Grundlagen und Zielstellungen

2.4.1 Meeresraumordnung

EU-Meeresraumplanungsrichtlinie (RL 2014/89/EU)

Auf europäischer Ebene ist den beiden Richtlinien zur Meeresraumplanung (Marine Raumordnungsrichtlinie – MRO-RL) und der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) eine besondere Bedeutung für den räumlichen Meeresschutz beizumessen. Die Richtlinie zur Schaffung eines Rahmens für die maritime Raumplanung[76] (MRO-RL) begründet Raumplanungspflichten für den Meeresraum für alle Mitgliedsstaaten mit Meereszugang. Sie liefert einen Katalog mit fakultativen Planinhalten, der das gesamte momentane Spektrum der Nutzungs- und Schutzansprüche abbildet, aber dennoch nicht als abschließend zu werten ist. Verbindlich vorgegeben ist, dass die Aufstellung der Pläne unter der Anwendung des Ökosystemansatzes zu erfolgen hat (Art. 5 Abs. 1 MRO-RL). Die MRO-RL wurde im Raumordnungsgesetz[77] (ROG) umgesetzt (siehe Kapitel 2.4.1).

Der Ökosystemansatz wurde durch EU-Richtlinien ebenfalls in die nationale Rechtsordnung eingeführt; im Meeresbereich durch die MRO-RL und MSRL. Im Kontext der Meeresraumordnung hat er sich damit von einem naturwissenschaftlichen Konstrukt hin zu einem rechtlich verbindlichen Instrument entwickelt und ist, zumindest im Unionsgebiet der EU, einheitlich anzuwenden. Nach dem ROG soll er das Postulat der nachhaltigen Entwicklung gemäß § 1 Abs. 2 ROG „unterstützen“ (§ 2 Abs. 2 Nr. 6 Satz 12 ROG). Damit hat der Gesetzgeber eine sog. 1:1-Umsetzung vorgenommen. Zudem wird dynamisch auf die Regelungen der MSRL verwiesen. Demnach ist der Ökosystemansatz in der Raumordnungsplanung nach Unionsrecht (MRO-RL) i. V. m. Seevölkerrecht (SRÜ) und anhand regionaler Abkommen (Helsinki-Übereinkommen und Oslo-Paris-Übereinkommen) definiert. Er enthält formelle wie materielle Aspekte. In formeller Hinsicht geht es dabei u. a. um Verfahrensvorschriften (z. B. Partizipation, Datenmanagement, Monitoring), während in materieller Hinsicht

[75] BMUV (2024): https://www.bmuv.de/gesetz/gesetz-zu-dem-uebereinkommen-vom-25-februar-1991-ueber-die-umweltvertraeglichkeitspruefung-im-grenzueberschreitenden-rahmen-sowie-zu-der-auf-der-zweiten-konferenz-der-parteien-in-sofia-am-27-februar-2001-beschlossenen-aenderung-des-uebereinkommens

[76] Richtlinie 2014/89/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23.7.2014 zur Schaffung eines Rahmens für die maritime Raumplanung, ABl. EU L 257/135 vom 28.8.2014.

[77] Raumordnungsgesetz vom 22. Dezember 2008 (BGBl. I S. 2986), zuletzt geändert durch Art. 1 des Gesetzes vom 22. März 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 88).

Inhalte von Raumordnungsplänen vorgegeben werden (Einhalten von Belastungsgrenzen, Naturraumansatz, Alternativenprüfung).[78]

Raumordnungsgesetz

Bei der Aufstellung von Raumordnungsplänen bilden die Grundsätze der Raumordnung gemäß § 2 Raumordnungsgesetz (ROG) die zentralen Abwägungsgegenstände. Im Rahmen der Novellierung des ROG im Jahr 2017 wurden die Grundsätze der Raumordnung in Deutschland zwar nicht wesentlich geändert, es erfolgte aber die vorgenannte Aufnahme des Ökosystemansatzes in § 2 Abs. 2 Nr. 6 Satz 12 ROG. Das ROG hebt den Ökosystemansatz damit in die Qualität eines raumordnerischen Grundsatzes und nimmt mittels dynamischen Verweises direkt Bezug auf die MRO-RL bzw. MSRL. Generell gelten alle anderen Grundsätze der Raumordnung sinngemäß auch für den Meeresraum.

Die marine Raumordnung koordiniert nicht nur unterschiedliche Nutzungsansprüche und Schutzfunktionen (Ordnungsfunktion), sondern sichert die Nutzungen und Funktionen (Sicherungsfunktion) und entwickelt den Raum weiter (Entwicklungsfunktion) (§ 1 Abs. 1 Satz 1 ROG).

Insbesondere leistet sie entsprechend § 17 Abs. 1 Satz 2 ROG unter Berücksichtigung des Klimaschutzes einen Beitrag zum Schutz und zur Verbesserung der Meeresumwelt, einschließlich der Erreichung eines guten Zustands der Meeresgewässer durch entsprechende räumliche Festlegungen für die Meeresumwelt und Festlegungen zur Vermeidung oder Verminderung von Störungen und Verschmutzungen bei den Nutzungen (§ 17 Abs. 1 Satz 2 Nr. 4 ROG). Nach § 2 Abs. 2 Nr. 6 ROG ist der Raum u. a. in seiner Bedeutung für die Funktionsfähigkeit der Böden, des Wasserhaushalts, der Tier- und Pflanzenwelt sowie des Klimas, einschließlich der jeweiligen Wechselwirkungen, zu entwickeln, zu sichern oder, soweit erforderlich, möglich und angemessen, wiederherzustellen.

Der Raumordnungsplan (ROP 2021) für die AWZ der Nordsee und Ostsee legt Ziele und Grundsätze der Raumordnung fest. Vorranggebiete haben den Rechtscharakter von Zielen der Raumordnung, Vorbehaltsgebiete den von Grundsätzen der Raumordnung.

Mit der Implementierung des Ökosystemansatzes im ROG soll die nachhaltige Entwicklung im Meeresbereich „unterstützt“ werden.[79] Es handelt sich hierbei um eine sog. 1:1-Umsetzung der MRO-RL, sofern gemäß § 5 Abs. 1 MRO-RL „wirtschaftliche, soziale und ökologische Aspekte in Erwägung (gezogen werden sollen), um die nachhaltige Entwicklung und das nachhaltige Wachstum im Meeresbereich unter Anwendung eines Ökosystem-Ansatzes zu unterstützen“. Sie ist in ihrer rechtlichen Wirkung gegenüber dem Vorgängerentwurf im Gesetzgebungsverfahrens weniger streng, denn „anwenden“, wie es dort noch lautete, setzt offenkundig eine andere, neue Herangehensweise im Planungsverfahren voraus, während „unterstützen“ nur eine Ergänzung des Bestehenden impliziert. Ob diese Formulierung Sinn und Zweck der MRO-RL gerecht wird, ist fraglich.[80]

[78] Janssen et al. (2022): Integration mariner Naturschutzbelange in die zukünftige deutsche Meeresraumordnung, BfN-Skripten 601, 2022, S. 141.

[79] Siehe dazu ausführlich Janssen et al. (2022), S. 126 ff,

[80] Janssen et al, 2022, S. 126; siehe auch Czybulka/Janssen, 2023, EurUP 2023, S. 161 ff.

Der Ökosystemgedanke orientiert sich am Maß der Gesamtbelastung durch alle Tätigkeiten (Belastungsgrenzen), dass mit der Erreichung eines guten Umweltzustands gemäß der MSRL vereinbar ist (EG 14 MRO-RL). Der „Einklang" ist somit nicht beliebig herstellbar, sondern orientiert sich an den Grenzen der Belastbarkeit der Meeresumwelt. Eine nähere Konkretisierung des Ökosystemansatzes findet sich im ROG nicht. Was konkret aus der unionsrechtlichen Regelung, einen Ökosystemansatz anzuwenden, folgt, hätte gesetzlich im Zuge der Umsetzung der MSRL beantwortet werden müssen, denn dort findet sich der Ansatz in Art. 3 Abs. 1 MSRL erstmalig unionsrechtlich im Kontext des Meeresumweltschutzes, welche ebenfalls räumliche Bezüge beinhaltet, verankert. Eine Erwähnung, geschweige denn Ausdifferenzierung ist im Raumordnungsgesetz aber unterblieben.[81]

Der unionsrechtliche Ökosystemansatz enthält formelle wie materielle Aspekte. In formeller Hinsicht geht es dabei u. a. um Verfahrensvorschriften (z. B. Partizipation, Datenmanagement, Monitoring) während in materieller Hinsicht Inhalte von Raumordnungsplänen vorgegeben werden (Einhalten von Belastungsgrenzen, Naturraumansatz, Alternativenprüfung).

Gemäß § 1 Absatz 2 ROG kennzeichnet die Leitvorstellung der Raumordnung eine nachhaltige Raumentwicklung, die die sozialen und wirtschaftlichen Ansprüche an den Raum mit seiner ökologischen Funktion in Einklang bringt. Die „Unterstützung" ist insbesondere in der Bewahrung der „ökologischen Funktionen" des Raumes bzw. der Meeresökosysteme zu erkennen, so dass das Leistungsvermögen des Meeresnaturhaushalts gewährleistet ist, damit eine umweltverträgliche Nutzung von Gütern und Dienstleistungen des Meeres durch heutige wie künftige Generationen ermöglicht wird, wie der Ökosystemansatz es fordert. Unter der weiteren Voraussetzung, dass Belastungsgrenzen eingehalten werden, lassen sich menschliche Ansprüche damit auch „in Einklang" bringen (Janssen et al. 2022, S. 141).

Raumordnungsplan für die deutsche ausschließliche Wirtschaftszone 2021

Um die dargestellten meeresnaturschutzfachlichen Belange in die marine Raumordnung integrieren zu können und somit eine „ökosystemgerechte" Raumordnung zu etablieren, kommen im Raumordnungsplan[82] für die deutsche AWZ verschiedene Möglichkeiten naturschutzbezogener raumordnerischer Festlegungen zum Einsatz. Die Ausweisung von Vorranggebieten für den Meeresnaturschutz, als das stringenteste raumordnerische Instrument mit Zielqualität, führt zugunsten der vorrangigen Funktion zu einer Beachtenspflicht (§ 7 Abs. 3 Nr. 1 i. V. m. § 3 Abs. 1 Nr. 2 ROG). Die Ausweisung von Vorbehaltsgebieten räumt der jeweiligen raumbedeutsamen Funktion oder Nutzung hingegen lediglich ein besonderes Gewicht bei der Abwägung mit konkurrienden raumbedeutsamen Funktionen oder Nutzungen ein (siehe § 7 Abs. 3 Nr. 2 i. V. m. § 3 Abs. 1 Nr. 3 ROG).

[81] Janssen et al., 2022, 126.

[82] Raumordnungsplan für die deutsche ausschließliche Wirtschaftszone in der Nordsee und in der Ostsee, Anlage zur Verordnung über die Raumordnung in der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone in der Nordsee und der Ostsee vom 19.8.2021, Anlagenband zum BGBl Teil I Nr. 58 vom 26.8.2021, G 5702.

Raumordnerische Festlegungen

Für die Doggerbank sind vor allem folgende *gebietsbezogene* Festlegungen relevant (siehe Abb. 2.1):

- Vorranggebiet Naturschutz „Doggerbank“ / Vorranggebiet gemäß § 7 Abs. 3 Nr. 1 ROG/ rechtlich unmittelbar bindend
- Vorranggebiet „Schifffahrt“ / SN 18 / südöstlich: Vorranggebiet „Schifffahrt“ / SN 16
- Vorbehaltsgebiet „Kohlenwasserstoffe“[83] / KWN1 Raumordnungsgebiet gemäß § 7 Abs. 3 Nr. 2 ROG (nur zum Teil im NSG) / abwägungsrelevant
- Angrenzend zwei Vorbehaltsgebiete „Windenergie auf See“ / EN17 mit EN20 (südöstlich) und EN 19 (nordwestlich)
- Vorbehaltsgebiete „Leitungen“ / LN1, LN14

Das Vorranggebiet „Doggerbank“ hat zwei Außengrenzen, die an die AWZ zweier Staaten stoßen: südwestlich an die niederländische AWZ, nordöstlich an die dänische AWZ.

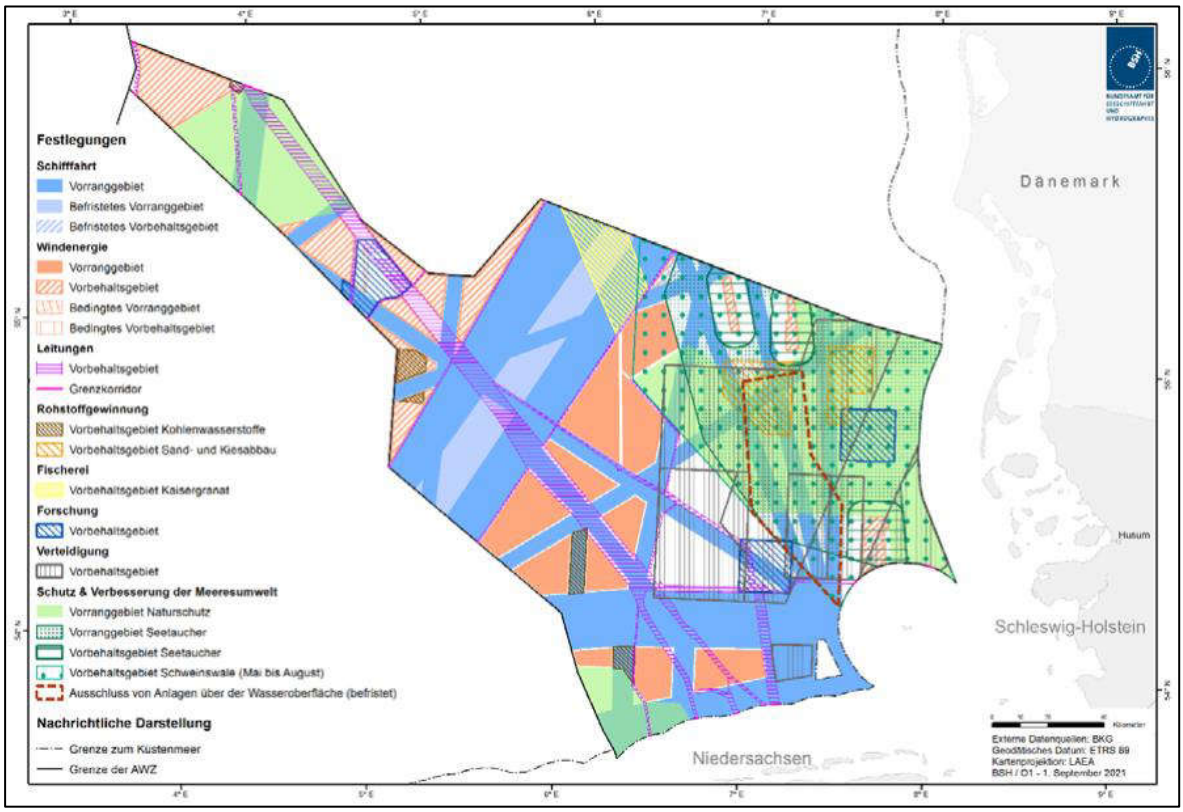


Abb. 2.1 Raumordnungsplan für die deutsche ausschließliche Wirtschaftszone in der Nordsee (entnommen aus BSH 2023c)

[83] Plansatz 2.2.4 ROP 2021. Grundlage für die Festlegung der Vorbehaltsgebiete Kohlenwasserstoffe sind die Erlaubnisfelder NE3-0002-01, NE3-0001-01 und NE3-0005-01 nach § 7 BBergG. Grundlage für die Festlegung KWN1 ist die Bewilligung Deutsche Nordsee A6/B4 nach § 8 BBergG (Begründung zum ROP 2021, S. 18, Abbildung 7, S. 41).

Die Vorranggebiete für den Naturschutz und für die Schifffahrt in der Doggerbank genießen somit den Rechtscharakter von Zielen der Raumordnung i. S. v. § 3 Abs. 1 Nr. 2 ROG als verbindliche Vorgabe.[84] Für eine evtl. Abweichung von den Festlegungen des Raumordnungplans als Vorranggebiet und/oder Ziel der Raumordnung ist ein Zielabweichungsverfahren nach § 19 Satz 1 ROG i. V. m. § 6 Abs. 2 ROG erforderlich. Charakteristisch für das Zielabweichungsverfahren ist, dass die Bindungswirkung der Zielfestlegung nicht generell in Frage gestellt wird, sondern von ihm lediglich im Rahmen eines begrenzten Einzelfalles abgewichen wird. Dies ist im Zulassungsverfahren zu prüfen und hängt u. a. vom Standort und vom Umfang der Flächeninanspruchnahme ab (siehe FEP-E 2024, S. 102, siehe dazu Kapitel 5.4).

Die Prüfung der meeresnaturschutzfachlichen Belange bezieht sich neben den *gebietsbezogenen*, räumlich-zeichnerischen Festlegungen auch auf sämtliche *gebietsunabhängige*, räumlich-sachliche (rein textliche) Ziel- und Grundsatzfestlegungen des ROP 2021 (arg. e. § 3 Abs. 1 Nr. 2 ROG).

Gemäß Plansatz 2.4 Abs. 7 ROP 2021 (Grundsatz der Raumordnung) soll die AWZ „als Naturraum in ihren jeweils typischen, natürlichen Ausprägungen und mit ihren Austauschbeziehungen und Wechselwirkungen zur Erhaltung der biologischen Vielfalt dauerhaft gesichert und entwickelt werden. Die Naturgüter sollen dabei entsprechend der raumordnerischen Leitvorstellung der Nachhaltigkeit sparsam und schonend in Anspruch genommen werden. Beeinträchtigungen des Naturhaushalts sollen unter Berücksichtigung der Ziele des BNatSchG, des Vorsorgeprinzips sowie des Ökosystemansatzes so weit wie möglich vermieden und vermindert werden."

Gemäß den Plansätzen 2.4 Abs. 8 und 9 ROP 2021 (Grundsätze der Raumordnung) sollen die Durchlässigkeit des Meeresraums für wandernde Arten und die Meereslandschaft in ihrer natürlichen Eigenart und ihrer charakteristischen großflächigen Freiraumstruktur erhalten werden. Die Meereslandschaft soll als ökologisch intakter Freiraum entwickelt und in ihrer Bedeutung für funktionsfähige Meeresböden, den Wasserhaushalt, die Tier- und Pflanzenwelt (Biodiversität) und das Klima gesichert werden.

Für den Rückbau enthält der ROP 2021 ebenfalls ergänzende Regelungen. Plansatz 2.2.1 Abs. 2 ROP 2021 (Ziel der Raumordnung) besagt, dass nach Ende der Nutzung feste Anlagen zurückzubauen sind, so dass die Fläche nach dem Ende der Nutzung etwaigen nachfolgenden Nutzungen und Schutzfunktionen wieder zur Verfügung steht. Dieser Grundgedanke findet bereits in anderen fachgesetzlichen Regelungen sowie im SRÜ seinen Ausdruck. Fachgesetzliche Regelungen und ihre Belange bleiben von dieser Festlegung indes unberührt.

Als weitere *gebietsunabhängige* Grundsätze der Raumordnung sind folgende Plansätze zu nennen:

- 2.2.1 Abs. 1: Wirtschaftliche Nutzungen sollen nachhaltig und möglichst flächensparend erfolgen. (G)

[84] Im Falle der Überlagerung von Vorranggebieten Schifffahrt mit Vorranggebieten Naturschutz regelt der Raumordnungsplan, dass die Schifffahrt im Rahmen der völkerrechtlichen Vorgaben des Seerechtsübereinkommens Vorrang genießt (vgl. Plansatz 2.1 Abs. 1 ROP 2021). In der Begründung wird dazu ausgeführt, dass nach § 57 Abs. 3 Nr. 1 BNatSchG in Naturschutzgebieten Beschränkungen der Schifffahrt nicht zulässig sind (ROP 2021, S. 19).

- 2.2.1 Abs. 4.1: Eine Gefährdung der Meeresumwelt durch wirtschaftliche Nutzungen, insbesondere nachteilige Auswirkungen auf die natürlichen Funktionen des Ökosystems Meer, soll so weit wie möglich vermieden werden. Hierzu gehört auch die Berücksichtigung von artspezifisch besonders störanfälligen Zeiträumen und von ökologischen Wechselbeziehungen von Tier- und Pflanzenarten. (G)

  Die beste Umweltpraxis gemäß den internationalen Übereinkommen zum Meeresschutz und der Stand von Wissenschaft und Technik sollen berücksichtigt werden. Dies soll im Sinne des Vorsorgeprinzips eine Entwicklung anstoßen. Dabei werden keine Maßnahmen gefordert, deren Anwendung technisch nicht umsetzbar oder unter Berücksichtigung von Kosten-Nutzen-Verhältnissen nicht vertretbar ist. Vom Stand der Wissenschaft und Technik abweichende fachrechtliche Klauseln bleiben unberührt. (G)

- 2.2.2 Abs. 6: Der Eintrag von Schall in die Meeresumwelt bei der Errichtung von Anlagen zur Energiegewinnung soll entsprechend dem Stand von Wissenschaft und Technik so weit wie möglich vermieden werden. (G) Es soll eine zeitliche Gesamtkoordination der Errichtungsarbeiten von Anlagen zur Energiegewinnung und damit in räumlichem Zusammenhang stehender Anlagen erfolgen. (G)

Raumordnerischer Prüfauftrag

Im ROP 2021 findet sich in der Begründung der Hinweis, dass die Doggerbank, die als Vorranggebiet für Naturschutz ausgewiesen wurde, für die Windenergienutzung „gut geeignet“ ist und ein zusätzliches Potential von 4 – 6 GW liefern soll, wenn dies naturverträglich möglich sei (ROP 2021, S. 18). In erster Linie bringt der Plangeber damit zum Ausdruck, dass die geologischen, meteorologischen (v. a. Windhöffigkeit) und technischen Voraussetzungen sowie weiterer fachlicher Aspekte für die Windenergienutzung des Gebiets als gegeben gelten können (aus wasserrechtlicher Sicht siehe Kapitel 2.3.4). Die Vereinbarkeit der Windenergienutzung mit anderen Nutzungen kann aus raumordnungsrechtlicher Sicht als gegeben angesehen werden. Eine Überprüfung der Eignung in Bezug auf andere Nutzungen und Schutzerfordernisse ist nicht Gegenstand dieser Studie. Vor dem Hintergrund, dass der weitere Ausbau der Offshore-Windenergie naturverträglich zu erfolgen hat, wird im Folgenden nur der Frage nachgegangen, unter welchen Rahmenbedingungen eine Flächenausweitung für den Ausbau von Offshore-Windenergie unter Berücksichtigung der Anforderungen des Meeresnaturschutzes möglich ist.

Die Frage der Naturverträglichkeit wird gemäß Gutachtenauftrag insofern weiter präzisiert bzw. ergänzt, als dass die Frage der „ökologischen Tragfähigkeit betroffener mariner Ökosysteme“ (siehe unten AP 3, Leistungsbeschreibung, S. 2) im Raum steht. Aus rechtlicher und planerischer Sicht wird dem in erster Hinsicht in der Betrachtung der Berücksichtigung des raumordnungsrechtlich vorgeschriebenen Ökosystemansatzes gemäß § 2 Abs. 2 Nr. 6 Satz 12 ROG nachgegangen. Bei den Untersuchungen zur Vereinbarkeit des Meeresnaturschutzes mit der Offshore-Windenergie werden aus diesem Grund innovative, zukunftsgerichtete technische Maßnahmen und Möglichkeiten in Betracht gezogen (siehe AP 2).

Für die kurzfristige (bis 5 Jahre) rechtliche und planerische Umsetzung müsste bspw. das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) angepasst werden, da zunächst die küstennahen Gebiete auszubauen

sind, während die Doggerbank am weitesten von der deutschen Küste (250 km) entfernt ist (siehe dazu Kapitel 2.3.6).

Für die mittelfristige rechtliche und planerische Umsetzung (10 bis 15 Jahre) ist die Laufzeit des ROP 2021 als Maßstab heranzuziehen (§ 7 Abs. 1 Satz 1, Abs. 8 ROG). Die Ergebnisse der Studie könnten dann in der Fortschreibung des ROP 2021 berücksichtigt werden, wofür in 2031 eine Überprüfung ansteht.[85]

Für eine langfristige Umsetzung ist die Zeit 2040 bis 2045 anzusetzen und entspricht den aktuellen zeitlichen Vorgaben des WindSeeG.

Im Folgenden werden die gesetzlichen und raumplanerischen Erfordernisse einer möglichst naturverträglichen Nutzung des NSG „Doggerbank“ durch die Offshore-Windenergie vertiefend raumordnungsrechtlich analysiert. Bei der Formulierung der rechtlichen Maßstäbe sowie der politischen und planerischen Erfordernisse werden die o. g. Ergebnisse herangezogen.

Raumordnungsrechtliche Einordnung des Windenergieausbaus auf der Doggerbank

Die Frage der „Naturverträglichkeit“ von Nutzungen im Meer richtet sich nicht allein nach dem Naturschutzrecht im engeren Sinne (v. a. Bundesnaturschutzgesetz), wenngleich dieses den Kernrechtsbereich des Naturschutzes bildet. Weitere Fachgesetze enthalten ebenfalls (sog. dezentrale) Vorschriften für den Naturschutz im Sinne des integrativen Umweltrechts.

Einen wichtigen Rechtsbereich stellt die Raumordnung selbst dar.[86] Auf Grund des überörtlichen, zusammenfassenden Auftrags und der Querschnittsorientierung enthält die Raumordnung zu fast allen Rechts- und Lebensbereichen Regelungen. In diesem Zusammenhang sei auf den Katalog der Grundsätze in § 2 Abs. 2 ROG verwiesen, wo unter der Nr. 6 eine Reihe von Umweltvorschriften und insbesondere der Naturschutz zu finden ist. Somit richtet sich die Frage der Zulässigkeit und der Naturverträglichkeit auch nach den Vorschriften des Raumordnungsrechts und des auf diesem Gesetz basierenden ROP 2021.

Zudem ist auf eine Besonderheit hinzuweisen: In der deutschen AWZ, wozu die Doggerbank gehört, fehlt die Landschaftsplanung. Nicht zuletzt aus diesem Grunde kommt der Raumordnung eine besondere Verantwortung für den Meeresnaturschutz zu.[87]

[85] Unabhängig davon soll der ROP 2021 darüber hinaus bereits in 2026 überprüft werden. (siehe BSH (2021): Raumplanung in der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ). Begleitdokument zum Raumordnungsplan AWZ 2021. Hamburg, S. 27)

[86] Vgl. Planfeststellungsbeschluss Offshore-Windenergiepark „NC 1“, Fn. 62, S. 145f.

[87] So auch der Plangeber, ROP 2021, S. 18

Raumordnungsrechtlich handelt es sich bei der Doggerbank im Umfang des Naturschutzgebietes (siehe Abb. 2.2) um ein Vorranggebiet („Vorranggebiet Naturschutz“) nach § 7 Abs. 3 Nr. 1 ROG (Plansatz 2.4 Abs. 1 ROP 2021).[88] Der Plansatz 2.4. Abs. 1 Satz 1 lautet wie folgt:

> *„Die in Abbildung 12 und Abbildung 13 im Anhang dargestellten nationalen Meeresschutzgebiete in der AWZ …Doggerbank, … in der Nordsee … werden als Vorranggebiete Naturschutz entsprechend ihrer Schutzzwecke festgelegt.“*

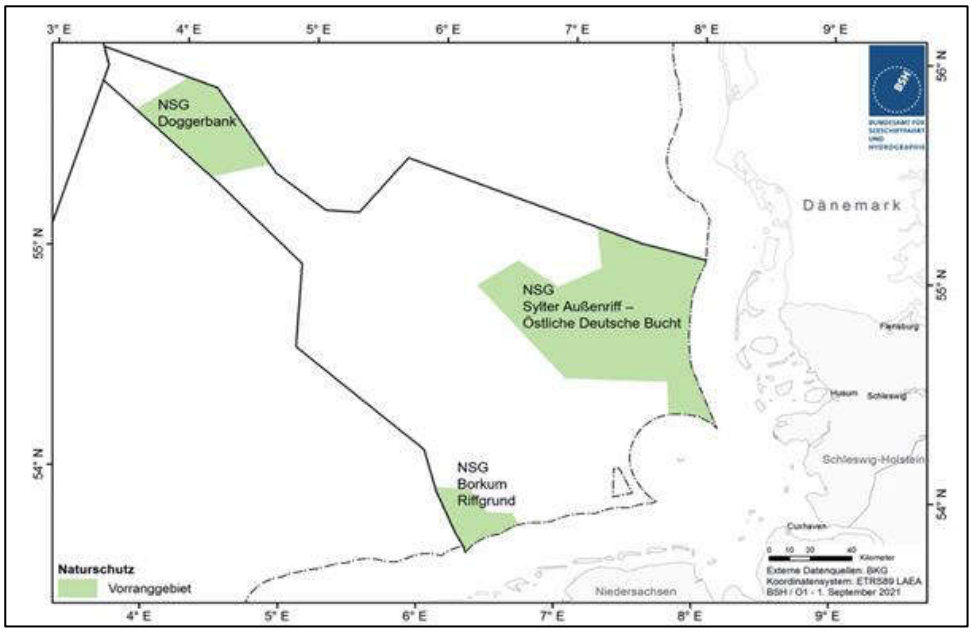


Abb. 2.2 Raumordnerische Festlegungen für Naturschutz in der Nordsee, ROP 2021, Abb. 12 des Anhangs, S. 29.

Im Plansatz findet sich weiterhin folgendes festgelegt: „In den Vorranggebieten Naturschutz … sind Rohstoffgewinnung und militärische Nutzungen aus raumordnerischer Sicht dort nicht ausgeschlossen, …“ (Plansatz 2.4 Abs. 1 Satz 4 ROP 2021). Hierbei handelt es sich um eine zulässige Ausnahme im Sinne von § 6 Abs. 1 ROG, wonach von Zielen der Raumordnung im ROP Ausnahmen festgelegt werden können. Die Windenergienutzung wird hier nicht erwähnt. Es fragt sich daher, ob diese Nutzung bereits deshalb unzulässig (weil nicht naturverträglich) wäre. Allerdings kann auf Grund der Nichterwähnung eines Belangs nicht ohne weiteres gefolgert werden, dass diese deshalb mit dem Vorrang als unvereinbar zu gelten hat. Ein Ausschluss wäre erst dann gegeben, wenn die Nutzung mit dem Vorrang konfligiert, was noch zu prüfen ist. Hier würde, wie oben erwähnt, bei negativem Ergebnis eine Zielabweichung im Sinne des § 6 Abs. 2 ROG in Betracht gezogen werden können.

Was gilt für Vorranggebiete?

Nach der Legaldefinition gemäß § 7 Abs. 3 ROG handelt es sich bei Vorranggebieten um Gebiete *„(...) die für bestimmte raumbedeutsame Funktionen oder Nutzungen vorgesehen sind und andere*

[88] Der Plansatz ist mit dem Titel überschrieben: „Schutz und Verbesserung der Meeresumwelt (§ 17 Absatz 1 Satz 2 Nr. 4 ROG) Naturschutz / Meereslandschaft / Freiraum“.

raumbedeutsame Funktionen oder Nutzungen in diesem Gebiet ausschließen, soweit diese mit den vorrangigen Funktionen oder Nutzungen nicht vereinbar sind (Vorranggebiete), (...).“ Zu prüfen ist die Vereinbarkeit von Funktion und Nutzung im Gebiet. Die raumbedeutsame *Funktion* im Gebiet der Doggerbank ist der Naturschutz (gemäß den jeweiligen „Schutzzwecken“). Die dieser Funktion hier gegenüberstehende raumbedeutsame *Nutzung* ist die Windenergie. Ergo stellt sich die Frage, ob die Windenergie mit dem Naturschutz in diesem Gebiet vereinbar ist (so lautet auch der Prüfauftrag des Plangebers, ROP 2021, S. 18).

Dabei ist zunächst festzustellen, dass der Plangeber offensichtlich von einer grundsätzlichen raumordnerischen Unvereinbarkeit der Windenergienutzung mit der Funktion Naturschutz ausgeht. Das ist aus der Begründung zu folgern (ROP 2021, S. 19):

> *„Für die anderen Naturschutzgebiete ist seitens der Raumordnung festzustellen, dass die Windenergienutzung mit dem Schutzzweck der Vorranggebiete Naturschutz generell nicht vereinbar sein dürfte. Diese Einschätzung findet sich auch in den fachrechtlichen Vorgaben: Gemäß WindSeeG sind Festlegungen von Gebieten und Flächen für Windenergie auf See im Flächenentwicklungsplan unzulässig, wenn diese in einem nach § 57 BNatSchG ausgewiesenen Schutzgebiet liegen.“*

Im Plan finden sich weitere Hinweise zur Bedeutung der Meeresnatur und zum Ökosystem, welche Aufschluss zum Verhältnis des Naturschutzes zur Windenergie geben. So sind die Umweltziele einschlägiger internationaler Abkommen und Richtlinien sowie nationaler Vorschriften Grundlage für die Festlegung und Umsetzung der Erfordernisse der Raumordnung gemäß dem ROP 2021. Im Sinne einer Minimierung negativer Auswirkungen auf die Umwelt sollen bei wirtschaftlicher Nutzung, wozu auch die Offshore-Windenergie zählt, die bestehende beste Umweltpraxis gemäß OSPAR- und Helsinki-Übereinkommen, weiterer maßgeblicher internationaler Übereinkommen und der Stand von Wissenschaft und Technik berücksichtigt werden (siehe Plansatz 2.2.1 Abs. 4.1 ROP 2021). Die konkrete Umsetzung, etwa die Berücksichtigung von artspezifisch besonders störanfälligen Zeiträumen, ist, soweit vorhanden, in nachgelagerten Planungsebenen, insbesondere Einzelzulassungsverfahren unter Berücksichtigung der Besonderheiten des Vorhabengebietes, zu regeln. Dabei werden keine Maßnahmen gefordert, deren Anwendung technisch nicht umsetzbar oder unter Berücksichtigung von Kosten-Nutzen-Verhältnissen nicht vertretbar ist (ROP 2021, S. 11).

Darüber hinaus werden die Festlegungen im ROP vom europarechtlichen Rahmen zum Meeresumwelt- und Naturschutz (u. a. MRO-RL, MSRL) getragen.[89]

Im ROP 2021 wird für die Doggerbank ihre „herausragende naturschutzfachliche“ Bedeutung hervorgehoben (wie bei allen anderen Vorranggebieten Naturschutz auch), insbesondere zum Schutz von Meeressäugetieren, Seevögeln und FFH-Lebensraumtypen (ROP 2021, S. 18). Betont wird im ROP 2021 weiterhin der grenzüberschreitende Charakter der Meeresnatur. Daraus leiten sich generelle Aspekte für den Naturschutz ab, die auf eine ökosystemare Betrachtung rekurrieren.

[89] Siehe dazu BSH (2021): Umweltbericht zum Raumordnungsplan für die ausschließliche Wirtschaftszone, Internet: https://www.bsh.de/DE/THEMEN/Offshore/Meeresraumplanung/Raumordnungsplan_2021/_Anlagen/Downloads/Umweltbericht_Nordsee_Endfassung.pdf;jsessionid=556647CCBF82CA6EEDBDFCAE7A587CB6.live11313?__blob=publicationFile&v=6

Auf Grund ihrer exponierten Lage in unmittelbarer Nachbarschaft zu den Nachbarstaaten ergeben sich für die Doggerbank weitere räumliche Besonderheiten. Aus diesem Grund ist die Bedeutung insbesondere der dänischen, britischen und niederländischen Teilräume der Doggerbank (und ggf. darüber hinaus) in die Untersuchung einzubeziehen.

Diese und weitere Festlegungen sind bei der Beantwortung der Frage der Vereinbarkeit unter systematischer Auslegung der Festlegungen des Plans in Bezug auf den Naturschutz zu berücksichtigen. Die Einhaltung der Ziele der Raumordnung sind ggf. durch Nebenbestimmungen im Planfeststellungsbeschluss sicherzustellen.[90]

Naturverträglichkeit: „im Einklang mit den Zielen des Naturschutzes“

Wie oben bereits zitiert, soll gemäß der Begründung des ROP 2021 die „Windkraftnutzung auf der Doggerbank im Einklang mit den Zielen des Naturschutzes“ stehen (ROP 2021, S. 18). Die Ziele des Naturschutzes sind in § 1 Abs. 1 BNatSchG niedergelegt. Getragen vom Gedanken des Schutzes des Eigenwertes der Natur und als Lebensgrundlage des Menschen in intergenerationeller Perspektive gehören dazu die biologische Vielfalt (Nr. 1 der Norm), die Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts einschließlich der Regenerationsfähigkeit und nachhaltigen Nutzungsfähigkeit der Naturgüter (Nr. 2 der Norm) sowie die Vielfalt, Eigenart und Schönheit sowie der Erholungswert (Nr. 3 der Norm). Der Schutz umfasst auch die Pflege, die Entwicklung und, soweit erforderlich, die Wiederherstellung von Natur und Landschaft (§ 1 Abs. 1 2. HS BNatSchG). Diese (und weitere) Voraussetzungen bilden den rechtlichen Hintergrund für die Untersuchungen in den nachstehenden Kapiteln dieser Studie, insbesondere im Hinblick auf Minderungs- und Ausgleichsmaßnahmen (siehe dazu schon Kapitel 2.3.1).

Naturverträglichkeit: „im Einklang mit den Zielen des Naturschutzes“, hier: Schutzzwecke (gemäß NSG „Doggerbank“)

Wie oben erwähnt, nimmt der ROP 2021 in seinem Plansatz 2.4 für das Vorranggebiet Naturschutz auf die „Schutzzwecke“ (gemeint sind hier die Schutzzwecke gemäß der Schutzgebietsverordnung zum NSG „Doggerbank“) Bezug.[91]

Im Kontext der hier in Frage stehenden Vereinbarkeit von Windenergie und Naturschutz enthält die NSG-Verordnung (NSGDgbV) folgende Regelungen:

Zulässig gemäß § 5 Abs. 1 Nr. 1 und 4 NSGDgbV sind u. a.

> *„Projekte zur Energieerzeugung aus Wasser, Strömung und Wind … und zur Verlegung und zum Betrieb von unterseeischen Kabeln …“*

[90] Vgl. Planfeststellungsbeschluss Offshore-Windenergiepark „NC 1“, Fn. 62, S. 146.

[91] ROP 2021, S. 18; Verordnung über die Festsetzung des Naturschutzgebietes „Doggerbank“ (NSGDgbV) vom 22. September 2017 (BGBl. I S. 3400).

Voraussetzung ist eine Prüfung auf Verträglichkeit der Nutzung mit dem Schutzzweck nach § 3 Abs. 3 bis 5 NSGDgbV. Dieser umfasst insbesondere den günstigen Erhaltungszustand für Sandbänke, Schweinswale, Seehunde.

Ergänzend zur NSGDgbV ist der Managementplan[92] für das NSG heranzuziehen. Damit die Doggerbank ihre Naturschutzfunktion erfüllen kann, ist es besonders wichtig und Kernaufgabe des FFH-Gebietsmanagements, dass es zu keiner Verschlechterung der Zustände der Schutzgüter in den Schutzgebieten kommt und bestehende Defizite behoben werden.[93] Bodenlebende Fische sind eine bedeutende Nahrungsgrundlage für Seevögel und Schweinswale. Wie die Windenergienutzung zu „managen" ist, wird nicht erwähnt.

Prüfung des Ökosystemansatzes

Planung und nachhaltige Nutzung der Meere sollen gemäß dem Ökosystemansatz integrativ (nicht sektorspezifisch) und auf der Basis möglichst umfassender wissenschaftlicher Kenntnisse über das Ökosystem, seiner Funktionen („Leistungen") und Belastungsgrenzen, erfolgen.[94] Der Ökosystemansatz „ermöglicht"[95] nicht nur eine ganzheitliche Betrachtung der Meeresumwelt, sondern er *verlangt* sie. Dazu bedarf es umfassender Anstrengungen, die u. a. geschultes Personal und erhebliche Sachmittel erfordern.[96] Der Ökosystemansatz schützt die Strukturen und Funktionen des marinen Ökosystems unter Berücksichtigung aller unmittelbaren und mittelbaren Wirkungen der anthropogenen Eingriffe in die Meeresumwelt.[97] Dabei ist die planvolle Einbeziehung von vernetzten, gut gemanagten und kontrollierten, teilweise völlig nutzungsfreien Meeresschutzgebieten von Beginn an ein maßgebliches Element des Ökosystemansatzes gewesen. Strenger Schutz von mindestens einem Drittel der Schutzgebiete der EU, die 30 % der Landfläche und 30 % der Meeresgebiete umfassen sollen, und die Integration ökologischer Korridore sind auch die zentralen Naturschutzverpflichtungen der Mitgliedstaaten nach der EU-Biodiversitätsstrategie 2030.[98] Dies entspricht dem Ökosystemansatz, der mit einem Kombinationsmodell arbeitet, das aus vernetzten repräsentativen Schutzgebieten und anderen wirksamen gebiets- oder artbezogenen Erhaltungsmaßnahmen auf der einen Seite, und einem flächendeckenden Managementkonzept, das nachhaltige Bewirtschaftung sichern soll, auf der anderen Seite besteht.[99]

---

[92] Managementplan für das Naturschutzgebiet „Doggerbank", Bekanntmachung vom 13. Mai 2020 (BAnz AT 13.05.2020 B10).

[93] Managementplan für das NSG „Doggerbank", (FN 83), S. 14

[94] Czybulka/Janssen, EurUP 2023, S. 161, 178.

[95] ROP 2021, S. 5

[96] EU-Kommission, Abschlussbericht zur MSRL (Fn. 21), S. 36 f.; *Czybulka*, Der Ökosystemansatz als Managementprinzip des Naturschutzes, in Knopp/Wolff (Hrsg.), FS für Franz-Joseph Peine zum 70.- Geburtstag, Berlin 2016, S. 21 ff., 25.

[97] SRU, Meeresumweltschutz für Nord- und Ostsee, Sondergutachten, 2004, S. 208 Tz. 497.

[98] EU-Biodiversitätsstrategie für 2030. Mehr Raum für die Natur in unserem Leben. Mitteilung der Kommission an das EP, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen vom20.5 2020, COM (2020) 380 final.

[99] Czybulka , Ökosystemansatz, in FS Peine (Fn.145), S. 25.

Naturschutzfachlicher Planungsbeitrag

Die Integration naturschutzfachlicher Belange in die Meeresraumordnung in der AWZ erfolgt in Ermangelung einer gesetzlichen Landschaftsplanung mittels eines naturschutzfachlichen Planungsbeitrags des BfN.[100] Dieser wurde in 2020 fortgeschrieben und enthält die wichtigsten für den Naturschutz relevanten räumlichen Anforderungen. Zudem übernehmen die MSRL-Maßnahmenprogramme gemäß § 45h WHG in gewissem Umfang diese Funktion.

Besondere Bedeutung kommt hier wiederum dem Ökosystemansatz zu, welcher wie oben gezeigt, seevölkerrechtlich anhand regionaler Abkommen und unionsrechtlich definiert wird und formelle wie materielle Aspekte beinhaltet. Im Planungsbeitrag spielen die materiellen Inhalte eine wesentliche Rolle. Die Möglichkeiten zur Integration meeresschutzfachlicher Belange in die Raumordnung liefern vielfältige und umfassende Ansätze für eine Umsetzung des Ökosystemansatzes, insbesondere im Hinblick auf die Planinhalte.

2.4.2 Flächenentwicklungsplan (FEP)

Der Flächenentwicklungsplan (FEP) gemäß §§ 4 ff. WindSeeG ist der räumliche sektorale Fachplan für den geordneten Ausbau von Windenergie auf See und den entsprechenden Netzanbindungen in der deutschen AWZ der Nordsee und Ostsee und – unter bestimmten Voraussetzungen – im Küstenmeer. Im Gesetz wird zwischen den Begriffen „Gebiet" und „Fläche" unterschieden: Der Begriff „Gebiet" umfasst gemäß § 3 Nr. 3 WindSeeG „Bereiche in der ausschließlichen Wirtschaftszone oder im Küstenmeer für die Errichtung und den Betrieb von Windenergieanlagen auf See, die an das Netz angeschlossen werden"; „Flächen" sind gemäß § 3 Nr. 4 WindSeeG „Bereiche innerhalb von Gebieten, auf denen Windenergieanlagen auf See, die an das Netz angeschlossen werden, in räumlichem Zusammenhang errichtet werden sollen und für die deshalb eine gemeinsame Ausschreibung erfolgt."

Flächenentwicklungsplan 2023

Während der Raumordnungsplan gemäß § 17 Abs. 1 ROG auf einer übergeordneten Planungsebene die Gebietskategorien (Vorrang- und Vorbehaltsgebiete) sowie weitere Ziele und Grundsätze für verschiedene Nutzungen regelt, besteht für den Bereich der Windenergie daneben ein gestufter Planungs- und Zulassungsprozess. Die Energiefachplanung umfasst hier die Flächenentwicklungsplanung, die Eignungsfeststellung und die konkrete Zulassung von Windenergieanlagen.

[100] BfN (2020): Naturschutzfachlicher Planungsbeitrag des Bundesamtes für Naturschutz zur Fortschreibung der Raumordnungspläne für die deutsche Ausschließliche Wirtschaftszone in der Nord- und Ostsee Erarbeitet von den Fachgebieten II 3.3 (FF), I 2.1, II 3.2, II 4.2, II 4.3 Unter Verwendung von Ergebnissen des F+E-Vorhabens „Fachbeitrag Naturschutz zur maritimen Raumordnung (FABENA)" (FKZ: 3515 82 600). August 2020. Internet: file:///C:/Users/user/Downloads/2020-08-14_naturschutzfachlicher-planungbeitrag-fortschreibung.pdf

Der Flächenentwicklungsplan[101] nach § 4 WindSeeG enthält daher die fachplanerischen Festlegungen für den Ausbau von Windenergieanlagen auf See und der hierfür erforderlichen Offshore-Anbindungsleitungen in der ausschließlichen Wirtschaftszone. Darüber hinaus legt er Trassen, Trassenkorridore, Standorte sowie Planungs- und Technikgrundsätze fest.

Im FEP 2023 sind die Gebiete und Flächen im Sinne von § 3 Nr. 3 und 4 WindSeeG a.F. rechtsverbindlich festgelegt. Er setzt das (zwischenzeitlich überholte) Ausbauziel für Windenergie auf See in Höhe von mindestens 20 GW bis 2030 auf insgesamt mindestens 40 GW bis zum Jahr 2040 gem. § 4 Abs. 2 Nr. 1 i. V. m. § 1 Abs. 2 Satz 1 WindSeeG a.F. um. Für die Doggerbank wurden im FEP 2023 keine Gebiete oder Flächen festgelegt (zur Fortschreibung des FEP siehe unten Ausführungen zum FEP 2024).

Gemäß § 5 Abs. 3 Nr. 1 WindSeeG sind Festlegungen des FEP unzulässig, wenn sie u. a. mit den Erfordernissen der Raumordnung nach § 17 Abs. 1 ROG nicht übereinstimmen. Insofern bedarf es eines Austausches und Abgleiches der Festlegungen in Fach- und Gesamtplanung. Zwar ist die Doggerbank als Vorranggebiet Naturschutz ausgewiesen, ein genereller Ausschluss der Windenergienutzung ist damit, wie oben dargelegt, allerdings nicht verbunden.

Zur Festlegung der Flächen im FEP sowie der zeitlichen Reihenfolge ihrer Ausschreibung gibt § 5 Abs. 4 WindSeeG anzulegende Kriterien vor. Übergeordnetes Ziel der Festlegungen ist es, dass der Ausbau der Windenergieanlagen auf See und der zugehörigen Anbindungssysteme auf diesen Flächen im Gleichlauf erfolgt und zudem die bestehenden Anbindungsleitungen effizient genutzt und ausgelastet werden. Dadurch wird sichergestellt, dass alle Windenergieanlagen auf See rechtzeitig angeschlossen werden und Leerstand auf den Anbindungsleitungen vermieden wird. Auf diese Weise soll der Ausbau der Nutzung der Windenergie möglichst kosteneffizient erfolgen. Bei der Anwendung der in § 5 Abs. 4 Satz 2 WindSeeG genannten Kriterien ist stets dieses Ziel sowie das allgemeine Ziel des Gesetzes, einen stetigen und kosteneffizienten Ausbau der Nutzung der Windenergie auf See zu gewährleisten, zu beachten. Die Aufzählung in § 5 Abs. 4 Satz 2 WindSeeG ist nicht abschließend (FEP 2023, S. 53). Beispielsweise könnte die fristgemäße Flächenverfügbarkeit ein Kriterium sein.

Grundlage für die Festlegung der zeitlichen Reihenfolge der Flächen und Netzanbindungen ist zunächst die Erreichung der Ausbauziele gemäß § 1 Abs. 2 Satz 1 WindSeeG. Darüber hinaus gibt § 2a Abs. 1 WindSeeG vor, wie hoch das Ausschreibungsvolumen in den einzelnen Kalenderjahren sein soll (FEP 2023, S. 53).

[101] BSH (2023): Flächenentwicklungsplan 2023 für die deutsche Nordsee und Ostsee vom 20.01.2023. Internet: https://www.bsh.de/DE/THEMEN/Offshore/Meeresfachplanung/Flaechenentwicklungsplan/_Anlagen/ Downloads/ FEP_2023_1/Flaechenentwicklungsplan_2023.pdf.

Entwurf Flächenentwicklungsplan 2024

Der FEP 2023 wird derzeit fortgeschrieben. Die Einleitung der Fortschreibung des Flächenentwicklungsplans[102] 2024 (FEP 2024-E) wurde am 1.9.2023 bekanntgemacht und der Entwurf am 7.6.2024 veröffentlicht bekanntgemacht.

Gegenstand ist die räumliche Festlegung von zusätzlichen Gebieten und Flächen zur Erreichung des neuen gesetzlichen Ausbauziels installierter Leistung von Windenergieanlagen auf See, die an das Netz angeschlossen werden, gem. § 1 Abs. 2 Satz 1 WindSeeG n.F. von insgesamt mindestens 30 GW bis zum Jahr 2030 auf mindestens 40 GW bis 2035 und mindestens 70 GW bis 2045 (siehe Abb. 3.3). Dies umfasst Offshore-Anbindungsleitungen und Plattformen, grenzüberschreitende Stromleitungen, Verbindungen untereinander, Anpassung von Planungsgrundsätzen, Anpassung von räumlichen Festlegungen und die Ausweisung zugehöriger Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen.

Mit der Fortschreibung sollen weitere Flächen für den Ausbau der Windenergie auf See entsprechend den Zielen des WindSeeG und im Einklang mit dem Netzentwicklungsplan 2037-2045 voraussichtlich für Inbetriebnahmen bis mindestens 2037 festgelegt werden (FEP 2024-E, S. 1, 2).

Auch in der Fortschreibung 2024 werden für die Doggerbank keine Gebiete oder Flächen für Windenergieanlagen festgelegt (siehe Abb. 2.3).

[102] BSH (2024): Entwurf Flächenentwicklungsplan vom 7. Juni 2024. Internet: https://www.bsh.de/DE/THEMEN/ Offshore/Meeresfachplanung/Laufende_Fortschreibung_Flaechenentwicklungsplan/Anlagen/Downloads_Entwurf_FEP/Entwurf_FEP.pdf?__blob=publicationFile&v=3

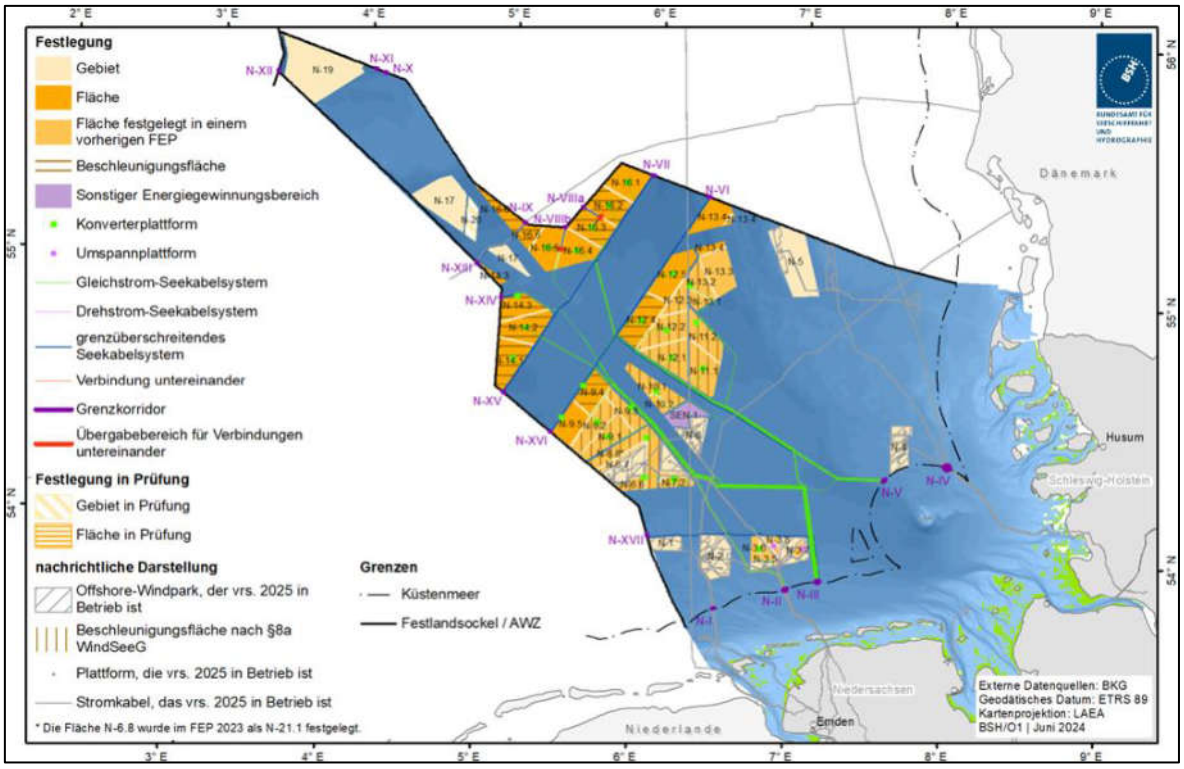


Abb. 2.3 Festlegung der Gebiete innerhalb der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone in der Nordsee (entnommen aus FEP 2024-E, S. 109).

Ziel dieser Fortschreibung ist unter anderem, Gebiete und Flächen in der im ROP 2021 festgelegten Schifffahrtsroute SN10 (Transit-Schifffahrtsweg Den Helder/NL – Skagen/DK, siehe Abb. 2.1) sowie westlich davon festzulegen und die installierte Leistung auf insgesamt mindestens 70 GW bis zum Jahre 2045 zu steigern. Dabei ist geplant, das gesetzliche Ausbauziel von mindestens 40 GW bis zum Jahr 2035 zu übertreffen. Im Jahr 2035 sollen bereits 50 GW installiert sein (FEP 2024-E, S. 1).

Bei der Fortschreibung sollen umwelt- und naturschutzfachliche Planungsgrundsätze dafür Sorge tragen, dass die Meeresumwelt nicht gefährdet wird (§ 5 Abs. 3 Satz 2 Nr. 2 WindSeeG) und Belange des Umwelt- und Naturschutzes konkretisiert und gewahrt werden. Sie stellen daher grundsätzlich Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen im Sinne von § 40 Abs. 2 Satz 1 Nr. 6 UVPG dar (FEP 2024-E, S. 67, 68).

Des Weiteren soll eine erhebliche Beeinträchtigung von gesetzlich geschützten Biotopen im Sinne des § 30 Abs. 2 Satz 1 BNatSchG bei der Errichtung von WEA und sonstigen Energiegewinnungsanlagen so weit wie möglich vermieden werden (FEP 2024-E, S. 68). Diese Festlegung nimmt Bezug auf § 72 Abs. 2 WindSeeG und steht im Einklang mit der Begründung zum Plansatz 2.2.1 Abs. 4.1 ROP. Danach soll die Beeinträchtigung von Vorkommen gesetzlich geschützter Biotope nach § 30 BNatSchG bei der Planung, der Errichtung und dem Betrieb von Anlagen zur Energiegewinnung und von Leitungen vermieden werden. Zur Vermeidung von negativen Auswirkungen auf sensible Lebensräume sollten die Leitungen möglichst außerhalb von Naturschutzgebieten geplant und verlegt werden.

Im Entwurf wird explizit darauf hingewiesen, dass die identifizierten Gebiete, Flächen und sonstige Energiegewinnungsbereiche mit dem Schutzzweck einer nach § 57 BNatSchG erlassenen Schutzgebietsverordnung vereinbar sein müssen (FEP 2024-E, S. 68). Dabei sind Festlegungen zulässig, wenn sie nach § 34 Abs. 2 BNatSchG nicht zu erheblichen Beeinträchtigungen der für den Schutzzweck der jeweiligen Schutzgebietsverordnung maßgeblichen Bestandteile des Gebietes führen können oder wenn sie die Anforderungen nach § 34 Abs. 3 bis 5 BNatSchG erfüllen (FEP 2024-E, S. 68).

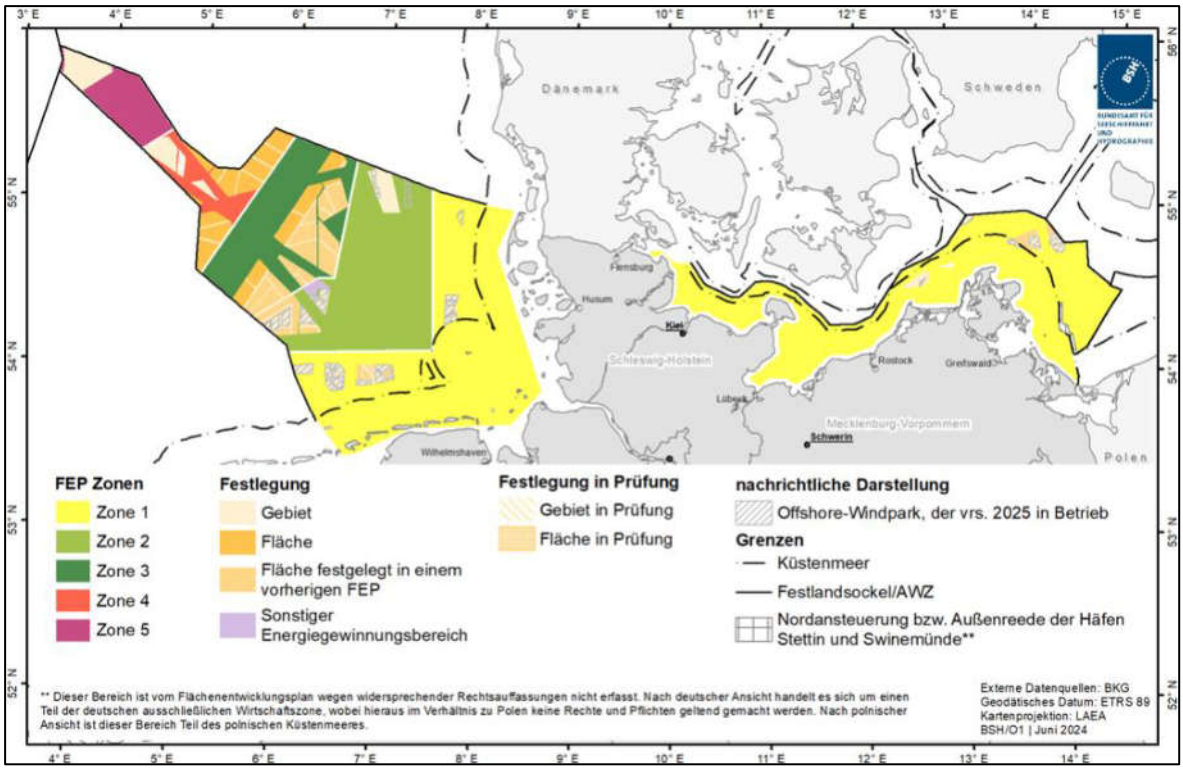


Abb. 2.4 Festgelegte Zonen innerhalb der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone in der Nord- und Ostsee. Doggerbank markiert als Zone 5 (lila) (entnommen aus FEP 2024-E, S. 116)

Die Bedeutung des Raums für die Funktionsfähigkeit der Böden, des Wasserhaushalts, der Tier- und Pflanzenwelt sowie des Klimas, einschließlich der jeweiligen Wechselwirkungen mit den Erfordernissen des Biotopverbundsystems, ist zu erhalten (FEP 2024-E, S. 68). So soll sichergestellt werden, dass die Ausbreitungsvorgänge und weiträumigen ökologischen Wechselbeziehungen der Arten und ihrer Lebensräume berücksichtigt werden. Bei der Verlegung von Seekabelsystemen sollen mögliche Beeinträchtigungen der Meeresumwelt minimiert werden. Dazu sollten die Seekabelsysteme möglichst außerhalb von Naturschutzgebieten verlegt werden (FEP 2024-E, S. 68). Bekannte Vorkommen gesetzlich geschützter Biotope nach § 30 BNatSchG sind bei der Verlegung von Seekabelsystemen möglichst zu umgehen.

Zur Sicherstellung gebietsschutzrechtlicher Vorgaben können bei der Planung und Errichtung von Windenergieanlagen und sonstigen Energiegewinnungsanlagen auf See in räumlicher Nähe zu Naturschutzgebieten projektspezifisch Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen erforderlich werden. Diese Maßnahmen, z. B. Schallminderungsmaßnahmen zum Schutz lärmempfindlicher Meeressäuger, werden auf Vorhabenebene unter Berücksichtigung der Besonderheiten des Projektgebiets und der Umstände des Einzelfalls projektbezogen festgelegt.

Je nach Standort und Gründungskonstruktion der Windenergieanlagen und sonstigen Energiegewinnungsanlagen sowie je nach Schutzzweck des NSGs können im Einzelfall zusätzliche oder spezifische Schutzmaßnahmen erforderlich werden. Sollten Vorkommen von in § 30 BNatSchG genannten Strukturen bei näheren Untersuchungen im konkreten Zulassungsverfahren aufgefunden werden, sind diese zu analysieren und bei der Entscheidungsfindung zu berücksichtigen.

Die Verlegung von Seekabelsystemen sowie deren Betreiben, Instandhalten und deren etwaiger Verbleib nach Aufgabe des Betriebes oder Rückbau können zu Beeinträchtigungen sensibler Lebensräume führen. Um potenzielle negative Auswirkungen auf sensible Lebensräume zu begrenzen und die Schutzzwecke der Naturschutzgebiete zu wahren, sollen Seekabelsysteme innerhalb der AWZ vorrangig außerhalb von Naturschutzgebieten geführt werden. Sollte dies nicht möglich sein, sind Auswirkungen auf die Schutz- und Erhaltungsziele der NSG im Einzelzulassungsverfahren (Planfeststellung/Plangenehmigung) zu prüfen.

Der Betrieb von Windenergieanlagen soll, in einem angemessenen Rahmen, so „naturverträglich“[103] wie möglich erfolgen (FEP 2024-E, S. 69). In Bezug auf das Kollisionsrisiko von Vögeln mit WEA benennt der Plan hierzu das Erfordernis von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen (als Beispiel wird die die Abschaltung der Anlagen bei Massenzugereignissen erwähnt).[104] Im Rahmen des umweltrechtlichen Vorsorgeprinzips soll zum Schutz von Zugvögeln bezüglich möglicher Kollisionen mit WEA grundsätzlich ein Vogelkollisionsmonitoring erfolgen. Es besteht die Möglichkeit gemäß § 79 Abs. 3 i. V. m. § 69 Abs. 3 Satz 1 Nr. 1 b WindSeeG Überwachungsmaßnahmen vorzuschreiben. Um dafür zu sorgen, dass ein fachlich abgestimmtes Vogelkollisionsmonitoring durchgeführt wird, ist eine frühzeitige Einreichung eines Monitoringkonzeptes notwendig. Das Konzept ist von Fachexperten zu erstellen und vor dem Abschluss von Verträgen zur Anschaffung von Erfassungsgeräten mit dem BSH abzustimmen. Ziel der Erfassung ist, das standortspezifische Kollisionsrisiko in Relation zur standortbezogenen Zugintensität zu interpretieren und hinsichtlich der Auswirkungen von Wetterbedingungen und Betriebszustand der Windenergieanlagen in Beziehung zu setzen bzw. auszuwerten.

Eine weitere Betrachtung möglicher Wirkfaktoren der Offshore-Windenergie auf relevante Schutzgüter sowie eine Erörterung geeigneter Meidungs- und Minderungsmaßnahmen erfolgt im Rahmen der Untersuchungen zu den Grundlagen zur Ermittlung der Tragfähigkeit der Ökosysteme des NSG „Doggerbank“ in Kapitel 4 der Studie.

2.4.3 Zulassungsverfahren

Offshore-Windenergieanlagen und die dazugehörige parkinterne Verkabelung (und ggf. Umspannplattformen) stellen Einrichtungen bzw. Nebeneinrichtungen im Sinne des § 65 WindSeeG dar und bedürfen für ihre Zulassung der Planfeststellung bzw. der Plangenehmigung nach § 69 WindSeeG. Planfeststellung und Plangenehmigungen von OWP sind ein komplexe, fachplanerische Zulassungs-

[103] Hier wird der Begriff der Naturverträglichkeit namentlich erwähnt.

[104] BSH (2024): Entwurf Flächenentwicklungsplan vom 7. Juni 2024, FN 93, S. 69.

verfahren, in dessen Verlauf von den Zulassungsbehörden (BSH) zahlreiche Gesetze und Verordnungen aus den Bereichen See- und Schifffahrtsrecht sowie Umwelt- und Naturschutzrecht sowie dem Technikrecht zu prüfen sind.[105]

Der Anlagenbetreiber hat sicherzustellen, dass von der Anlage während der Errichtung, des Betriebs und nach einer Betriebseinstellung keine Gefahren für die Meeresumwelt ausgehen (§ 77 Abs. 1 Nr. 1 WindSeeG). Führt eine Anlage, ihre Errichtung oder ihr Betrieb zu einer Gefahr für die Meeresumwelt, kann das BSH die Errichtung oder den Betrieb ganz oder teilweise bis zur Herstellung des ordnungsgemäßen Zustands untersagen (§ 78 Abs. 5 WindSeeG). Die Anlagen werden laufend kontrolliert (§ 79 Abs. 1 WindSeeG).

Im Verhältnis zur Raumordnung ist von Interesse, welche Aspekte der Planfeststellung bzw. Plangenehmigung erfasst und welche von der übergeordneten Raumplanung vorgegeben werden. Aus diesem Grunde ist zu skizzieren, welche Aspekte Gegenstand des Verfahrens sind.

Regelungen

Gemäß § 69 Abs. 3 WindSeeG setzt die Planfeststellung oder Plangenehmigung voraus, dass

- die Meeresumwelt nicht gefährdet wird, insbesondere eine Verschmutzung der Meeresumwelt im Sinn des Art. 1 Abs. 1 Nr. 4 SRÜ nicht zu besorgen ist (lit. a) und kein nachgewiesenes signifikant erhöhtes Kollisionsrisiko von Vögeln mit Windenergieanlagen besteht, das nicht durch Schutzmaßnahmen gemindert werden kann (lit. b) (Nr. 1 der Norm),
- die Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs nicht beeinträchtigt wird (Nr. 2 der Norm),
- die Sicherheit der Landes- und Bündnisverteidigung nicht beeinträchtigt wird (Nr. 3 der Norm),
- der Plan oder die Plangenehmigung mit vorrangigen bergrechtlichen Aktivitäten vereinbar ist (Nr. 4 der Norm),
- der Plan oder die Plangenehmigung mit bestehenden und geplanten Kabel-, Offshore-Anbindungs-, Rohr- und sonstigen Leitungen vereinbar ist (Nr. 5 der Norm),
- der Plan oder die Plangenehmigung mit bestehenden und geplanten Standorten von Konverterplattformen oder Umspannanlagen vereinbar ist (Nr. 6 der Norm),

[105] BMWK 2023, Informationsportal Erneuerbare Energien, www.erneuerbare-energien.de, Zugriff: 17.09.2023. Die Kommission hat einen einschlägigen Leitfaden zum Ausbau der Windenergie und zu den EU-Naturschutzvorschriften herausgegeben. https://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/natura_2000_and_renewable_energy_developments_en.htm Leitfaden der Kommission zum Ausbau der Windenergie und zu den EU-Naturschutzvorschriften (C (2020) 7730 final).

- die Verpflichtung nach § 90 Abs. 2 WindSeeG (Anm.: Herausgabeverpflichtung von Informationen und Unterlagen) wirksam erklärt wurde, wenn sich der Plan oder die Plangenehmigung auf Windenergieanlagen auf See oder auf sonstige Energiegewinnungsanlagen bezieht (Nr. 7 der Norm), und

- andere Anforderungen nach diesem Gesetz und sonstige zwingende öffentlich-rechtliche Bestimmungen eingehalten werden (Nr. 8 der Norm).

Bei alledem ist das überragende öffentliche Interesse an der Errichtung von Windenergieanlagen auf See und Offshore-Anbindungsleitungen und deren Bedeutung für die öffentliche Sicherheit nach § 1 Absatz 3 zu berücksichtigen (§ 69 Abs. 3 Satz 2 WindSeeG). Sonstige Belange sind ggf. nur auf zusätzliche oder andere Aspekte zu prüfen, die nicht bereits in der Voruntersuchung geprüft worden sind, sofern diese vorgeschrieben ist (im Einzelnen ist dies eine Frage der Ausgestaltung des konkreten Vorhabens).

Belange der Meeresumwelt

Der Begriff der Meeresumwelt ist nach der Rechtsprechung des Bundesverwaltungsgerichts[106] weit auszulegen. Das SRÜ verleiht dem Küstenstaat im Bereich der ausschließlichen Wirtschaftszone neben souveränen Rechten hinsichtlich von Tätigkeiten zur wirtschaftlichen Ausbeutung der Zone wie der Energieerzeugung aus Wasser, Strom und Wind (Art. 56 Abs. 1 lit. a, Art. 60 SRÜ) auch Hoheitsbefugnisse, wie in den diesbezüglichen Bestimmungen des Übereinkommens vorgesehen, in Bezug auf den Schutz und die Bewahrung der Meeresumwelt (Art. 56 Abs. 1 lit. b iii SRÜ). Dabei beziehen sich die Vorschriften im insoweit einschlägigen Teil XII des SRÜ nicht nur gemäß Art. 194 Abs. 1 bis 4 SRÜ auf Maßnahmen zur Verhütung, Verringerung und Überwachung der Verschmutzung der Meeresumwelt im Sinne der (engen) Begriffsbestimmung des Art. 1 Abs. 1 Nr. 4 SRÜ, die lediglich die unmittelbare oder mittelbare Zuführung von Stoffen oder Energie in die Meeresumwelt in den Blick nimmt.[107] Vielmehr verleiht Art. 194 Abs. 5 SRÜ, nach dem auch die erforderlichen Maßnahmen zum Schutz und zur Bewahrung seltener oder empfindlicher Ökosysteme sowie des Lebensraumes gefährdeter, bedrohter oder vom Aussterben bedrohter Arten oder anderer Formen der Tier- und Pflanzenwelt des Meeres zu den in Übereinstimmung mit Teil XII ergriffenen Maßnahmen gehören, den Vorschriften als Öffnungsklausel ein naturschutzrechtliches Gepräge.[108] Hiernach umfasst die Meeresumwelt neben den grundlegenden Umweltelementen, wie der Qualität des Meerwassers, der Hydrographie und den Sedimentverhältnissen, insbesondere die Tier- und Pflanzenwelt des Meeres.[109]

Eine Gefährdung der Meeresumwelt hinsichtlich der Tier- und Pflanzenwelt, auch im Hinblick auf die biologische Vielfalt, der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts, einschließlich der

[106] BVerwG, Urt. v. 29.4.2021 – 4 C 2/19, Rn. 27, NVwZ 2021, 1630.

[107] S. Brandt/Gaßner, Seeanlagenverordnung, 2003, § 3 Rn. 38 ff.

[108] Vgl. Proelß, in: Graf Vitzthum, Hdb. d. Seerechts, 2006, Kapitel 3 Rn. 265 f.; Hafner, in: Graf Vitzthum, Hdb. d. Seerechts, 2006, Kapitel 5 Rn. 29 ff.; GK-BNatSchG/Kieß, 2. Aufl. 2017, § 56 Rn. 15; Heselhaus, in: Frenz/Müggenborg, BNatSchG, 3. Aufl. 2021, § 56 Rn. 31; Schubert, Maritimes Infrastrukturrecht, 2015, 43 ff., Janssen, Meeresschutzgebiete 2002, S. 69)

[109] Vgl. Brandt/Gaßner, Seeanlagenverordnung, 2003, § 3 Rn. 27; Spieth in Spieth/Lutz-Bachmann, Offshore-Windenergierecht, 2018, § 48 WindSeeG Rn. 57.

Regenerationsfähigkeit und nachhaltigen Nutzungsfähigkeit der Naturgüter, sowie der Vielfalt, Eigenart und Schönheit sowie des Erholungswerts von Natur und Landschaft (§ 1 BNatSchG) muss jedenfalls dann ausgeschlossen werden, wenn die im Verhältnis zum UN-Seerechtsübereinkommen und dem Raumordnungsgesetz insoweit ergänzenden Vorschriften des Bundesnaturschutzgesetzes erfüllt sind.[110]

Im Folgenden werden die Schutzgüter gemäß den Schutzzwecken der NSGDgbV näher betrachtet.

Schutzgut Boden/Fläche

Das Schutzgut Fläche umfasst den Aspekt des (quantitativen) Flächenbedarfs während der Bau- und Betriebsphase eines Vorhabens. Dieser wird als Planungsgrundsatz bei der Errichtung von Offshore-Bauwerken im Flächenentwicklungsplan sowie auf Ebene der Raumordnung realisiert und legt eine möglichst sparsame Flächeninanspruchnahme bei Offshore-Vorhaben fest.

Die Intensität und räumliche Dimension der möglichen Auswirkungen der Kabelinstallation und den resultierenden Beeinträchtigungen auf die Schutzgüter Fläche und Boden sind abhängig von den eingesetzten Verlegeverfahren und den erforderlichen bauvorbereitenden Maßnahmen. Die Kabel sind jeweils unter Einhaltung des 2-K-Kriteriums mit einer minimalen bis maximalen Verlegetiefe in den Meeresboden einzuspülen.[111] Sie müssen so im Meeresboden verlegt werden, dass eine Temperaturerhöhung von mehr als 2 Kelvin in einer Tiefe von 20 cm unterhalb der Meeresbodenoberfläche ausgeschlossen werden kann (2-K-Kriterium).[112] Ggf. kann eine tiefere Einbringung der parkinternen Verkabelung angeordnet werden, soweit dies für die Wahrung des 2K-Kriteriums erforderlich ist. Die Kabel sind gegen Auftrieb zu sichern. Freileitungen sind nicht zulässig. Bei der Wahl der konkreten Verlegemethode ist das möglichst umweltschonendste Verfahren anzuwenden.

Hinsichtlich der Zustandsbeschreibung zum Seegang, Temperatur, Salzgehalt und saisonale Schichtung, Eisverhältnisse, Fronten, Schwebstoffe und Trübung wird auf die Ausführungen im Umweltbericht Nordsee zum Raumordnungsplan für die ausschließliche Wirtschaftszone in der Nordsee und in der Ostsee verwiesen.[113]

Bei Kolk- und Kabelschutzmaßnahmen ist das Einbringen von Hartsubstrat auf das zur Herstellung des zum Schutz der jeweiligen Anlage erforderliche Mindestmaß zu reduzieren. Als Kolkschutz sind ausschließlich Schüttungen aus Natursteinen oder biologisch inerte und natürliche Materialien einzusetzen.[114]

[110] Vgl. BVerwG, Urt. v. 29.4.2021 – 4 C 2/19, Rn. 28, NVwZ 2021, 1630 (1633).

[111] Planfeststellungsbeschluss Offshore-Windenergiepark „NC 1“, Fn. 62, S. 19

[112] Planfeststellungsbeschluss Offshore-Windenergiepark „NC 1“, Fn. 62, S. 21.

[113] BSH (2021): Umweltbericht zum Raumordnungsplan für die ausschließliche Wirtschaftszone, S. 61 – 65.

[114] Planfeststellungsbeschluss Offshore-Windenergiepark „NC 1“, Fn. 62, S. 20.

Die potenziell erheblichen baubedingten, anlagebedingten und betriebsbedingten Auswirkungen von Offshore-Windparks auf das Schutzgut Benthos sind im Umweltbericht zum FEP-E 2024 detailliert aufgeführt.[115]

Zum Schutz des Meeresbodens sind die eingebrachten Bestandteile der Gründung entsprechend dem dann geltenden Stand der Technik zurückzubauen, mindestens aber so tief unter Oberkante Meeresboden abzutrennen, dass der im Boden verbleibende Teil auch nach möglichen Sedimentumlagerungen keine Gefahr für Schifffahrt und Fischereifahrzeuge darstellt. Der Erfüllung dieser Verpflichtung dient die zu erbringende Sicherheitsleistung des Vorhabenträgers.

Schutzgut Marine Säugetiere

In der deutschen AWZ der Nordsee kommen regelmäßig drei Arten[116] mariner Säugetiere vor: Schweinswale (*Phocoena phocoena*), Kegelrobben *(Halichoerus grypus*) und Seehunde (*Phoca vitulina*). Alle drei Arten zeichnen sich durch eine hohe Mobilität aus. Wanderungen, insbesondere auf Nahrungssuche, beschränken sich nicht nur auf die AWZ, sondern schließen auch das Küstenmeer und weite Gebiete der Nordsee grenzübergreifend ein. Die beiden Robbenarten haben ihre Liege- und Wurfplätze vornehmlich auf Inseln und Sandbänken im Bereich des Küstenmeeres, aber auch auf küstenferneren Plätzen, wie z. B. die Insel Helgoland. Zur Nahrungssuche unternehmen sie von den Liegeplätzen aus ausgedehnte Wanderungen im offenen Meer. Aufgrund der hohen Mobilität der marinen Säugetiere und der Nutzung von sehr ausgedehnten Gebieten ist es erforderlich, das Vorkommen nicht nur in der deutschen AWZ, sondern im gesamten Bereich der südlichen Nordsee zu betrachten.

Schweinswale sind nach mehreren internationalen Schutzabkommen geschützt. Sie fallen unter den Schutzauftrag der europäischen FFH-RL (Richtlinie 92/43/EWG) zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen, nach der spezielle Gebiete zum Schutz der Art ausgewiesen werden. Der Schweinswal wird sowohl im Anhang II als auch im Anhang IV der FFH-RL aufgeführt. Er genießt als Anhang-IV-Art einen generellen strengen Artenschutz gemäß Art. 12 und 16 der FFH-RL. Weiterhin ist der Schweinswal im Anhang II des Übereinkommens zum Schutz wandernder wildlebender Tierarten (Bonner Konvention) aufgeführt. Unter der Schirmherrschaft von der Bonner Konvention wurde ferner das Schutzabkommen ASCOBANS (Agreement on the Conservation of Small Cetaceans of the Baltic, North East Atlantic, Irish and North Seas) beschlossen. Zusätzlich ist das Übereinkommen über die Erhaltung der europäischen wildlebenden Pflanzen und Tiere und ihrer natürlichen Lebensräume (Berner Konvention) zu erwähnen, in deren Anhang II der Schweinswal gelistet ist. In Deutschland wird der Schweinswal in der Roten Liste gefährdeter

[115] Umweltbericht zum Entwurf des Flächenentwicklungsplans für die deutsche ausschließliche Wirtschaftszone der Nordsee vom 7.6.2024, Internet: https://www.bsh.de/DE/THEMEN/Offshore/Meeresfachplanung/ Laufende_Fortschreibung_Flaechenentwicklungsplan/Anlagen/Downloads_Entwurf_FEP/Umweltbericht_Nordsee.pdf?__blob=publicationFile&v=3, S. 65

[116] Gelegentlich werden in der deutschen AWZ der Nordsee auch andere marine Säugetiere, wie Weißseitendelfine (Lagenorhynchus acutus), Weißschnauzendelfine (Lagenorhynchus albirostris), Große Tümmler (Tursiops truncatus) und Zwergwale (Balaenoptera acutorostrata) beobachtet (Umweltbericht Nordsee zum ROP 2021, S. 111).

Tiere aufgeführt.[117] Hier wird er in die Gefährdungskategorie 2 (stark gefährdet) eingestuft. Die Autoren weisen darauf hin, dass sich die Gefährdungseinstufung für Deutschland aus der gemeinsamen Betrachtung von Gefährdungen in Nord- und Ostsee ergibt. Das Vorkommen in der Nordsee wird dabei durch schiffs- und flugzeuggestützte Untersuchungen erfasst und wird als stabil bezeichnet.

Aufgrund der anhaltenden Gefährdung durch Beifang in Stellnetzen, Umweltgifte und Lärm sind jedoch die Autoren zum Schluss gekommen den Status trotz des insgesamt stabilen kurzfristigen Bestandstrends als „Gefährdet“ einzustufen.[118]

Im den Umweltberichten für den ROP 2021 und den FEP 2024-E werden eine Reihe von Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen dargestellt, die dem Schutz der marinen Umwelt dienen.[119] Insbesondere sind Maßnahmen dargestellt, die die Auswirkungen des Impulsschalls, welcher während der Gründungsarbeiten der Fundamente mittels Rammverfahren entsteht, auf die Schlüsselart Schweinswal vermeiden bzw. vermindern.[120]

Die Habitatnutzung durch Kleinwale ist gemäß den Vorgaben des StUK während der Bauphase und während des Betriebes durch den Einsatz von Porpoise Detectors (PODs) zu erfassen.

Schutzgut Vogelzug/Fledermauszug

Da sich der Vogelzug über der Nordsee im Rahmen eines Breitfrontenzugs mit Tendenz zur Küstenorientierung abspielt, liegt die Doggerbank aus Sicht der Raumordnung außerhalb von Gebieten mit hoher Bedeutung für den Vogelzug (siehe dazu aber Kapitel 4).

Wenn Vogelzug mit sehr hoher Zugintensität das Gebiet vorhersehbar passiert, ist das Zugereignis, insbesondere etwaiger Vogelschlag, zu erfassen. Die Standorte der Erfassungsgeräte sind im Vorwege begründet darzulegen und mit der Behörde (BSH) abzustimmen (siehe die Möglichkeiten der Überwachungsanordnungen nach § 79 Abs. 2 und 3 WindSeeG).

Da der Fledermauszug im Bereich der deutschen Nordsee vornehmlich über Land bzw. mit stark ausgeprägter Küstenorientierung verläuft,[121] liegt das Gebiet auch in einem Bereich mit geringer Bedeutung für den Fledermauszug. Hinsichtlich der Fledermäuse ist davon auszugehen, dass etwaige negative Auswirkungen durch dieselben Maßnahmen vermieden und vermindert werden können, die zum Schutz des Vogelzuges eingesetzt werden.

[117] H. Meinig, P. Boye, M. Dähne, R. Hutterer, J. Lang (2020): Rote Liste und Gesamtartenliste der Säugetiere (Mammalia) Deutschlands. – Naturschutz und Biologische Vielfalt 170 (2).

[118] Meinig et al., 2020.

[119] Umweltbericht Nordsee zum ROP 2021, S. 187 ff.

[120] Umweltbericht Nordsee zum ROP 2021, S. 187 ff.

[121] Siehe Seebens-Hoyer, A., Bach, L., Bach, P., Pommeranz, H., Göttsche, M., Voigt, Ch., Hill, R., Vardeh, S., Göttsche, Mat., Matthes, H. (2022): Fledermausmigration über der Nord- und Ostsee. BfN-Skripten 631,

Exkurs: Schutzgut Fische

Durch die Errichtung der Fundamente der Offshore-WEA (OWEA) werden Lebensräume überbaut und für die Fische nicht mehr zur Verfügung stehen. Es kommt zum dauerhaften Lebensraumverlust für demersale Fischarten und deren Nahrungsgrundlage, dem Makrozoobenthos, durch die lokale Überbauung.[122] Dieser Lebensraumverlust ist jedoch auf den unmittelbaren, jeweils kleinräumigen Standort der einzelnen OWEA begrenzt. Die permanente Flächeninanspruchnahme am Meeresboden liegt für die OWEA inklusive Kolkschutz und Kreuzungsbauwerken (voraussichtlich überbaute Flächenanteil) liegt bei deutlich unter 1 % der jeweiligen Windparkfläche.[123] Auswirkungsmindernde Merkmale ergeben sich aus der Wahl des Standorts und dem Design des Vorhabens für das Schutzgut Fische nicht.

2.4.4 Netzentwicklungsplan (NEP; EnWG)

Die früher im Offshore-Netzentwicklungsplan getroffenen Festlegungen werden seit 2018 im Netzentwicklungsplan (NEP) und im FEP dargestellt. Damit bilden NEP und FEP ein zusammenhängendes und miteinander verzahntes Planungssystem. Im NEP findet sich der Ausbaubedarf des deutschen Stromnetzes für 10-15 Jahre abgebildet, einschließlich einer Fortschreibung für weitere 15-20 Jahre (siehe § 12a Abs. 1 Energiewirtschaftsgesetz[124] – EnWG). Die Planungen obliegen den Übertragungsnetzbetreibern und werden von der Bundesnetzagentur bestätigt. Für die Netzanbindungssysteme ab dem Jahr der Inbetriebnahme 2032 liegen noch keine gesicherten Informationen für voraussichtliche Netzverknüpfungspunkte (NVP) vor. Entsprechende Erkenntnisse aus dem laufenden Verfahren des NEP können sich damit auf die zeitliche Reihenfolge der Flächen und Netzanbindungssysteme auswirken. Darüber hinaus kann der FEP wesentliche Zwischenschritte für den gemeinsamen Realisierungsfahrplan nach § 17d Abs. 2 EnWG vorgeben (FEP 2023, S. 54).

Die Integration der Darstellung der Offshore-Maßnahmen im NEP ist in § 12b Abs. 1 Satz 4 Nr. 7 EnWG geregelt. Danach enthält der NEP alle wirksamen Maßnahmen zur bedarfsgerechten Optimierung, Verstärkung und zum Ausbau der Offshore-Netzanbindungssysteme in der ausschließlichen Wirtschaftszone und im Küstenmeer einschließlich der NVP an Land. Dies betrifft die Maßnahmen, die bis zum Ende der jeweiligen Betrachtungszeiträume nach § 12a Abs. 1 EnWG für einen schrittweisen, bedarfsgerechten und wirtschaftlichen Ausbau sowie einen sicheren und zuverlässigen Betrieb der Offshore-Netzanbindungssysteme sowie zum Weitertransport des auf See erzeugten Stroms oder für eine Anbindung von Testfeldern im Sinne des § 3 Nr. 9 WindSeeG erforderlich sind. Für diese Maßnahmen werden Angaben zum geplanten Zeitpunkt der Fertigstellung vorgese-

[122] Umweltbericht zum Entwurf des Flächenentwicklungsplans für die deutsche ausschließliche Wirtschaftszone der Nordsee, 2024, S. 200

[123] Umweltbericht zum Entwurf des Flächenentwicklungsplans für die deutsche ausschließliche Wirtschaftszone der Nordsee, 2024, S. 20.

[124] Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz – EnWG) vom 7. Juli 2005 (BGBl. I S. 1970, 3621), zuletzt geändert durch Art. 2 des Gesetzes vom 22. Dezember 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 406).

hen. Hierbei müssen die Festlegungen des zuletzt bekannt gemachten FEP nach den §§ 4 bis 8 WindSeeG zugrunde gelegt werden. Die jüngsten Novellierungen des WindSeeG vom 1.1.2023 und 29.03.2023 wurden soweit möglich bereits im ersten und zweiten NEP-Entwurf berücksichtigt.[125]

2.4.5 Meeresstrategierahmenrichtlinie (RL 2008/56/EG) / Maßnahmenprogramm

Die oben dargestellten Verpflichtungen zum Gebietsmanagement gemäß FFH-RL stehen neben den allgemeinen Zielen und Verpflichtungen der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie 2008/56/EG (MSRL), ohne dass einer der beiden Richtlinien ein Vorrang zukäme. Das gemäß § 45h WHG erstellte MSRL-Maßnahmenprogramm[126] enthält u. a. den Schutz von Natura 2000-Gebieten sowie geschützten Meeresgebieten, die von der Bundesrepublik Deutschland oder der EU im Rahmen internationaler oder regionaler Übereinkommen vereinbart wurden (§ 45h Abs. 1 Satz 3 Nr. 1, Abs. 3, § 56 Abs. 2 BNatSchG und Art. 13 Abs. 4 MSRL).

Die Einbindung der Maßnahmen in die Gesamtstrategie ist sicherzustellen (EG 21 MSRL), wobei der Managementplan die naturschutzspezifischen MSRL-Verpflichtungen im Bereich der Biodiversitätsziele zwar teilweise, aber nicht vollständig erfüllt.[127]

Das MSRL-Maßnahmenprogramm zum Meeresschutz der deutschen Nordsee und Ostsee, welches am 24. Juni 2022 vom Bund/Länder-Ausschuss Nord- und Ostsee (BLANO) verabschiedet wurde, hat die Qualität einer Fachplanung. Es wird durch die Anlage 1 (Maßnahmenkennblätter) ergänzt und umfasst den Zeitraum 2022 bis 2027. Da gemäß § 45a Abs. 3 WHG die deutschen Gewässer der Nordsee und Ostsee gesondert bewirtschaftet werden, wurde für die Nordsee und die Ostsee je ein gesondertes Maßnahmenprogramm erstellt. Die dort getroffenen Festlegungen sind aus Sicht des Naturschutzes insofern zu berücksichtigen, als verbindlich getroffene Regelungen nicht beeinträchtigt werden dürfen.

Im MSRL-Maßnahmenprogramm wird darauf hingewiesen, dass die im Raumordnungsplan festgelegten Ziele und Grundsätze der Raumordnung für die AWZ mit den darin ausgewiesenen Vorrang- und Vorbehaltsgebieten zu berücksichtigen sind. Im Rahmen der Raumordnung sind die Vorgaben und Ziele der MSRL zur Erreichung für einen guten Umweltzustand zu beachten und es ist ein Ökosystem-Ansatz im Sinne von Art. 1 Abs. 3 MSRL anzuwenden.[128]

Perspektivisch werden Maßnahmen zum Schutz wandernder Arten im marinen Bereich (UZ3-02 MSRL-Maßnahmenprogramm) geprüft. Dies betrifft Wanderkorridore, die raumordnungsrechtlich als Vorrang- bzw. Vorbehaltsgebiete im fortzuschreibenden AWZ-Raumordnungsplan ausgewiesen

---

[125] Netzentwicklungsplan Strom 2037 / 2045, Version 2023, 2. Entwurf, Internet: https://www.netzentwicklungsplan.de/sites/default/files/2023-07/NEP_2037_2045_V2023_2_Entwurf_Teil1_1.pdf, Zugriff: 29.12.2023; zum Offshore-Netz siehe ausführlich S. 94-129.

[126] 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 Abs. 1 WHG, Internet: file:///C:/Users/user/Downloads/MSRL_Art13_Aktualisierung_Massnahmenprogramm_2022_Rahmentext-3.pdf.

[127] Managementplan für das Naturschutzgebiet „Doggerbank“, Fn. 41, S. 17.

[128] MSRL-Maßnahmenprogramm 2022-2027, Fn. 117, S. 10.

werden können. Konkrete Regelungen zum Schutz von Arten wurden indes noch nicht beschlossen.[129] Hier sollte die Entwicklung der Doggerbank beobachtet werden.

Bei der Fortschreibung des Raumordnungsplans sind die Ziele der MSRL und Vorgaben für einen guten Umweltzustand zu berücksichtigen, um Synergien bei der Zielausrichtung von Raumordnung und MSRL zu erreichen. Synergien bei der Zielausrichtung mit der MSRL ergeben sich vor allem in Bezug auf die Schutzgüter Wasser, Biodiversität, menschliche Gesundheit sowie Fläche, Boden und Klima.[130]

In Bezug auf klimaschutzbedingte Maßnahmen finden sich im MSRL-Maßnahmenprogramm folgende Hinweise: „Der Klimawandel und die Anpassungsstrategien daran wirken sich zunehmend auf die Prozesse im Ökosystem Meer, dessen Leistungs- und Widerstandsfähigkeit sowie auf die Verteilung, Intensität und Wirkung von menschlichen Aktivitäten und Belastungen aus. Die Strategien zum Schutz des Klimas (z. B. Ausbauziele der Offshore-Windenergie in der Meeresraumordnung) lassen eine Zunahme an Belastungen erwarten. Sie sind naturverträglich zu gestalten, um zugleich die Ziele der MSRL zu erreichen und die Funktionen der Meere als Klimaregulatoren und beim Klimaschutz zu erhalten. Die Durchführung des Programms ist daher auch geboten, um die Resilienz der marinen Ökosysteme gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels zu stärken, indem anthropogene Belastungen reduziert und Arten und Lebensräume wirksam geschützt werden. Nur so kann ein guter Zustand der Meeresökosysteme und ihrer Dienstleistungen erreicht bzw. erhalten werden.“[131]

2.4.6 Verordnung über die Wiederherstellung der Natur (EU 2024/1991)

Eine neuere Entwicklung stellt die im Juni 2024 verabschiedete Verordnung (EU) 2024/1991 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Wiederherstellung der Natur[132] (W-VO) mit Vorgaben zu Renaturierungsmaßnahmen dar, die gemäß Art. 1 Abs. 1 W-VO auch im Meeresgebiet Geltung beansprucht und von der Raumordnung aufzugreifen ist. Dieses „Renaturierungsgesetz“ hat die Wiederherstellung aller Ökosysteme – einschließlich der Meeresökosysteme – zum Ziel. Einbezogen wird vor allem die Renaturierung der Natura-2000-Gebiete.[133] Die Verordnung stellt einen legislativen Rahmen für die Umsetzung der EU-Biodiversitätsstrategie (siehe unten, Kapitel 2.4.7) dar.[134]

---

[129] MSRL-Maßnahmenprogramm 2022-2027, Fn. 117, S. 55.

[130] MSRL-Maßnahmenprogramm 2022-2027, Fn. 117, S. 129.

[131] MSRL-Maßnahmenprogramm 2022-2027, Fn. 117, S. 134.

[132] Verordnung (EU) 2024/1991 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. Juni 2024 über die Wiederherstellung der Natur und zur Änderung der Verordnung (EU) 2022/*869* (ABl. L, 2024/1991, 29.7.2024).

[133] Ein „überragendes öffentliches Interesse“ an der Installation von Anlagen für die Erzeugung von Energie aus erneuerbaren Quellen wird nur außerhalb von Natura-2000-Gebieten angenommen (EG 38 W-VO).

[134] In seiner Entschließung vom 9. Juni 2021 zur EU-Biodiversitätsstrategie für 2030 begrüßte das Europäische Parlament nachdrücklich die Zusage der Kommission, einen Legislativvorschlag mit verbindlichen Wiederherstellungszielen zu erarbeiten, und war außerdem der Auffassung, dass der Legislativvorschlag zusätzlich zu einem Gesamtwiederherstellungsziel ökosystem-, lebensraum- und artenspezifische Wiederherstellungsziele für Wälder, Grasland, Feuchtgebiete, Moorböden, Bestäuber, frei fließende Flüsse, Küstengebiete und Meeresökosysteme umfassen sollte (EG 8 W-VO):

Auf der Grundlage der Verordnung sollen wirksame und flächenbezogene Wiederherstellungsmaßnahmen für alle Flächen und Ökosysteme, die in den in Geltungsbereich der Verordnung fallen, bis 2030 mindestens 20 % der Land- und mindestens 20 % der Meeresfläche und bis 2050 alle Ökosysteme, die der Wiederherstellung bedürfen, geschaffen werden (Art. 1 Abs. 2 W-VO).[135]

Die Verordnung gliedert sich in drei größere Abschnitte. Im einleitenden Teil (Artt. 1 bis 3) finden sich Definitionen und ein indikatives Gesamtziel. Auf dieser Grundlage sollen die Maßnahmen zu einer Wiederherstellung von mindestens 20 % der Land- und Meerfläche der EU beitragen.

Im Hauptteil finden sich (in den Artt. 4 bis 10) verbindliche Wiederherstellungsziele und Verpflichtungen für einzelne Ökosysteme, so auch speziell für Meeresökosysteme (Art. 9 W-VO) sowie die Planvorschriften (Artt. 14 bis 19 W-VO). Aus planerischer und mithin raumordnerischer Sicht von besonderer Bedeutung ist der sog. nationale Wiederherstellungsplan, der gemäß Art. 14 W-VO zu erstellen ist. Der Plan soll die Wiederherstellungsmaßnahmen zur Erfüllung der Wiederherstellungsziele enthalten, welche zur Einhaltung der Verpflichtungen gemäß den Artt. 4 bis 13 W-VO erforderlich sind, um die in Art. 1 W-VO dargelegten übergeordneten Zielen und Zielvorgaben der Union zu erfüllen. Hierbei ist den jüngsten wissenschaftlichen Erkenntnissen Rechnung getragen. Der Mitgliedstaat quantifiziert im Plan die Flächen, die wiederhergestellt werden müssen, um die Wiederherstellungsziele gemäß den Art. 4 und 5 W-VO zu erreichen. Dabei sind der Zustand der Lebensraumtypen sowie die Qualität und Quantität der Habitate zu berücksichtigen. Der Entwurf des nationalen Wiederherstellungsplan ist bis zum 1. September 2026 der EU-Kommission vorzulegen (Art. 16 W-VO). Der Plan soll spätestens nach Prüfung durch die EU-Kommission und der Überarbeitung 12 Monate später (September 2027) fertiggestellt und bekanntgegeben werden (Art. 17 Abs. 6 W-VO). In der ersten Phase wird der Plan nach fünf Jahren (30. Juni 2032) und danach alle zehn Jahre (zunächst 30. Juni 2042) überprüft und unter Aufnahme zusätzlicher Maßnahmen überarbeitet (Art. 19 Abs. 1 W-VO).

Auch die Doggerbank ist für Renaturierungsmaßnahmen geeignet und bei der Aufstellung des Nationalen Wiederherstellungsplan nach Art. 14 W-VO zu berücksichtigen.

2.4.7 EU-Biodiversitätsstrategie 2030

Mit der EU-Biodiversitätsstrategie 2030[136] der EU-Kommission sollen mindestens 30 % der europäischen Land- und Meeresgebiete in wirksam bewirtschaftete Schutzgebiete umgewandelt werden, 10 % der Flächen sollen streng geschützt werden.[137] Die Bundesregierung strebt an, die Flächenziele der Biodiversitätsstrategie für die EU auch in den eigenen Gewässern zu erreichen.[138] Für die deutschen Meeresgebiete wird davon ausgegangen, dass das Ziel der Biodiversitätsstrategie, nachdem

[135] Dem Potenzial von Projekten im Bereich der erneuerbaren Energie soll im Hinblick auf die Verwirklichung der Ziele für die Wiederherstellung der Natur Rechnung tragen werden (EG 67 W-VO).

[136] EU-Biodiversitätsstrategie für 2030. Mehr Raum für die Natur in unserem Leben (COM/2020/380 final).

[137] Lt. Koalitionsvertrag von SPD/Bündnis90/Die Grünen/FDP ist es Ziel, 30 % Schutzgebiete zu erreichen und diese wirksam zu schützen (S. 39).

[138] Ebenda.

mindestens 30 % der Meeresgebiete unter Schutz zu stellen sind, aller Voraussicht nach mit den bestehenden Natura 2000-Gebieten erreicht wird.

Die EU-Biodiversitätsstrategie 2030 verfolgt das Ziel, die biologische Vielfalt in Europa zum Wohle der Menschen, des Planeten, des Klimas und der Wirtschaft bis 2030 auf den Weg der Erholung zu bringen. Sie enthält einen Plan zur Wiederherstellung der Natur mit einer Reihe von zentralen Verpflichtungen. Dazu gehört u.a. die Verabschiedung der oben dargestellten Verordnung für die Wiederherstellung der Natur, um geschädigte Ökosysteme wiederherzustellen. Dabei liegen insbesondere Ökosysteme im Fokus, die das größte Potenzial für die Aufnahme und Speicherung von CO_2 aufweisen (EG 7 W-VO), womit auch die Meeresgebiete gemeint sind.

Eine Auswahl von Gebieten, die zur Erreichung des Ziels von 10 % streng geschützter Meeresgebiete in Frage kommen könnten, wird derzeit von Bund und Ländern erarbeitet. Ob die Doggerbank dazu gehört, bleibt abzuwarten.[139] Die Diskussion über die Frage, inwieweit weitere Nutzungseinschränkungen beziehungsweise -ausschlüsse in diesen Gebieten notwendig sind, ist Teil des Prozesses. Weitere Nutzungsregulierungen können jedenfalls nicht ausgeschlossen werden, um das Ziel eines „strengen Schutzes“ zu erreichen.

2.5 Fazit

Aus rechtlicher Sicht ist der Ausbau des Vorranggebietes „Doggerbank“ zur Windenergienutzung neben zahlreichen anderen Bestimmungen u. a. auch vom Raumordnungsrecht abhängig. Die raumordnerische Festlegung des Gebietes für den Naturschutz und mithin die Prüfung der Naturverträglichkeit der Windenergienutzung mit diesem Vorrang ist Gegenstand der Untersuchung.

Maßgebend für die Prüfung der Naturverträglichkeit bzw. des Einklangs mit den Zielen des Naturschutzes, wie es der Plangeber formuliert, sind die Schutzzwecke des (gleichnamigen) Naturschutzgebietes „Doggerbank“, die sich in der NSGDgbVO niedergelegt finden und im dazugehörigen Managementplan ausführlich beschrieben werden. Als Schutzgüter werden namentlich das Benthos (Sandbänke) und die marinen Säugetiere (Schweinswale und Seehunde) genannt. Doch auch weitere Schutzgüter, wie die Primärproduktion, bilden das gesamte, noch weitgehend unbelastete Naturkapital der Doggerbank und genießen Schutz. Sie sind Gegenstand der Tragfähigkeitsuntersuchung (siehe Kapitel 4). Hierbei ist aus räumlicher Sicht zwischen den sesshaften und den (hoch)mobilen Arten zu unterscheiden. Während die Auswirkungen auf Erstgenannte auf das Gebiet der Doggerbank selbst beschränkt ist, muss bei den mobilen Arten Seevögel, Fledermäuse und marine Säugetiere – im Einklang mit dem Umwelthaftungsrecht – auch das Gebiet außerhalb des Vorranggebietes (v. a. im niederländischen Teil des Natura-2000-Gebietes) aufgrund der Verdrängungs- und mithin Verlagerungseffekte in die Betrachtung einbezogen werden.

[139] Bejahend Werner, Th. NABU-Projektbüro Meeresschutz (2024): Strenger Schutz in den deutschen Meeresgebieten. Notwendigkeit einer raschen und naturschutzfachlich begründeten Umsetzung, Meeresumweltsymposium 2024, 28./29. Mai, Hamburg. https://www.bsh.de/DE/PRESSE/Veranstaltungen/Termine/MUS/MUS_Nachklapp/ _Anlagen/Downloads/MUS2024/Vortraege/Vortrag_Werner_neu.pdf;jsessionid=F109BE5CEDBE7C1F7D9A0A2123F1C31F.live21321?__blob=publicationFile&v=1

Anlass für den Plangeber des ROP 2021, die Frage der Naturverträglichkeit offen zu lassen (für die anderen Vorranggebiete hat der Plangeber die Frage bereits negativ beantwortet), waren insbesondere fehlende Erkenntnisse der ökologischen Situation in der Doggerbank, die mit Hilfe der vorliegenden Studie nachgeholt werden soll. Es soll quasi nachträglich der Nachweis der Geeignetheit zur Bebauung aus naturschutzfachlicher und -rechtlicher Sicht erbracht werden. Im Übrigen wird das Gebiet als für die Windenergienutzung „gut geeignet“ beschrieben.

Die rechtliche Prüfung hat ergeben, dass auf internationaler, unionaler und nationaler Ebene ein Verbot für die Bebauung der Doggerbank zur Windenergienutzung nicht gegeben ist. Allerdings ist davon auszugehen, dass Minderungs- und Vermeidungsmaßnahmen ergriffen werden müssen, teils befristet, um negative Auswirkungen, die zweifellos von den OWEA ausgehen, abzumildern. Naturverträglichkeit setzt des Weiteren voraus, dass Beeinträchtigungen gesetzlich geschützter Biotope im Sinne von § 30 Abs. 2 S. 1 BNatSchG gem. § 72 Abs. 2 WindSeeG so weit wie möglich vermieden werden unddie Zugriffsverbote bei besonders bzw. streng geschützten Arten gemäß § 44 Abs. 1 BNatSchG nicht verletzt werden, bzw. unter Anordnung von Nebenbestimmungen in den gesetzlich zulässigen Grenzen insbesondere der Zugriffsverbote nach § 44 Abs. 1 BNatSchG zugelassen werden können.

Unter Anwendung des im ROG als Grundsatz verankerten Ökosystemansatzes, welcher sich über die MRO-RL i. V. m. der MSRL definiert, sind bei der Prüfung der Naturverträglichkeit die Belastungsgrenzen des Ökosystems zu beachten. Aufgrund der Kenntnislücken werden verschiedentlich Auswirkungen erst im Nachhinein sichtbar. Aus diesem Grund ist ein laufendes Monitoring von besonderer Bedeutung, um ggf. nachträglich abhelfende Anordnungen gegenüber dem Windparkbetreiber treffen zu können.

Eine Bebauung der Doggerbank führt zwangsläufig zur Verknappung von Lebensraum, einschließlich der Zugkorridore wandernder Arten. Zudem geht Kompensationsfläche verloren, die dem Ausgleichspotenzial für den weiteren Ausbau der Windenergienutzung in der Nordsee entzogen werden. Neben dem Schutz o. g. Schutzgüter trägt das Vorranggebiet Doggerbank in der Nordsee (gemeinsam mit den ebenfalls als Vorranggebiete ausgewiesenen NSG Borkum-Riffgrund, Sylter Außenriff - Östliche Deutsche Bucht, dem Vorranggebiet Seetaucher sowie dem jahreszeitlich befristeten (Mai bis August) Vorbehaltsgebiet für Schweinswale) auch zur Freiraumerhaltung bei. Diese Gebiete gelten gleichsam auch als Suchräume für strengen Schutz von Gebieten gemäß EU-Biodiversitätsstrategie und den Renaturierungsverpflichtungen des Mitgliedstaates nach der EU-Wiederherstellungsverordnung, was perspektivisch ebenfalls in die Überlegungen einzubeziehen ist.

In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass der Meeresraumordnung eine doppelte Funktion zukommt. Mangels der Geltung der naturschutzrechtlichen Landschaftsplanung in der AWZ kann sie nicht auf die fachplanerischen Leistungen zurückgreifen, die an Land durch die Landschafts- bzw. Landschaftsrahmenpläne beigesteuert werden. Zur Beurteilung der Naturverträglichkeit reicht es daher aus raumplanerischer Sicht nicht aus, allein die Auswirkungen auf die Doggerbank zu betrachten. Es ist Aufgabe der Raumordnung, auf Basis der Gesamtkonzeption die Entwicklung der Teilräume zu steuern (arg. e § 6 Abs. 2 ROG).

3 SCREENING WEITERER TECHNOLOGIEENTWICKLUNG

Ziel des nachfolgenden Kapitels ist es, zukünftige Technologieentwicklungen im Bereich der Offshore-Windenergie zu untersuchen und wahrscheinliche technische Entwicklungen für die Jahre 2030, 2040 und 2050 einzuschätzen sowie die technische Eignung der Konzepte zur Übertragung auf den Einsatz im NSG „Doggerbank“ zu beurteilen. Die Untersuchung erfolgt in Form von Technologiesteckbriefen. Diese umfassen jeweils eine Übersicht in den folgenden Kategorien.

Technische Funktionsweise

Die Technologie wird ausführlich beschrieben im Hinblick auf ihre Funktion und unterschiedliche Lebenszyklusphasen. Etwaige Installationsmethoden werden erläutert und der Raumbedarf definiert.

Stand der Technik

Bei der Überprüfung des Stands der Technik wird die Technologie entsprechend der im EU-Work Programme HORIZON 2020 festgelegten Definitionen eingeordnet (siehe Tab. 3.1).

Tab. 3.1 Technologie-Reifegrade (TRL) nach HORIZON 2020 (inkl. eigener Ergänzungen).

Reifegrad	Erläuterung
TRL 1	Grundprinzipien beobachtet
TRL 2	Technologiekonzept formuliert
TRL 3	Experimenteller Nachweis des Konzepts
TRL 4	Technologie im Labor überprüft
TRL 5	Technologie in relevanter Umgebung überprüft
TRL 6	Technologie in relevanter Umgebung getestet
TRL 7	Test eines System-Prototyps im realen Einsatz
TRL 8	System ist komplett und qualifiziert (erster kommerzieller Einsatz)
TRL 9	System funktioniert in operationeller Umgebung (vollständig gewerbliche Anwendung)

Entwicklungsprognose und Forschungsbedarf

Es wird eine Prognose über die mögliche Entwicklung für die Jahre 2030, 2040 und 2050 getätigt. Der zukünftige Forschungsbedarf wird anschließend prägnant zusammengefasst.

Auswirkungen der Technologie auf die Umwelt

Die Auswirkungen des Einsatzes der Technologie auf die Umwelt werden betrachtet.

Technologien zur Vermeidung oder Verminderung der Umweltauswirkungen

Für die Vermeidung oder Verminderung der erarbeiteten Umweltauswirkungen werden Technologien und Maßnahmen erläutert.

Stärken-Schwächen-Analyse

Die Technologien werden hinsichtlich ihrer jeweiligen Stärken und Schwächen analysiert. Die Ergebnisse werden hierbei qualitativ und ohne Priorisierung dargestellt.

Potenzial für das NSG „Doggerbank“

Die Technologie wird im Hinblick auf den potenziellen technischen Einsatz und die potenzielle Nutzung im NSG „Doggerbank“ untersucht.

3.1 Windenergieanlagen

Die Nutzung der Windkraft hat eine lange Tradition. Für die Wandlung der mechanischen Energie des Windes werden verschiedene Prinzipien und Technologien angewandt. Für die Wandlung zu elektrischer Energie im industriellen Maßstab hat sich der Auftriebsläufer mit einer horizontalen Drehachse und drei Rotorblättern durchgesetzt. Der Rotor ist aus Windrichtung vor dem Turm angeordnet (sogenannter Luvläufer) und wird aktiv dem Wind nachgeführt. Neben dem Horizontalläufer gibt es weitere Technologien wie den Vertikalläufer, Mehrrotoranlagen und Flugwindenergieanlagen. Diese Technologien werden derzeit nicht im großen Maßstab eingesetzt. Für einen potenziellen Bau von OWP auf dem Gebiet des NSG „Doggerbank“ unter Berücksichtigung des 2-GW-Netzanbindungskonzeptes werden die alternativen Technologien aller Voraussicht nach bis zum möglichen Zeitpunkt der Inbetriebnahme nicht zum Einsatz kommen. Nachfolgend wird tiefergehend auf die technische Funktionsweise einer horizontal laufenden Windenergieanlage eingegangen. Zudem wird eine Prognose der technischen Entwicklung dargestellt sowie Einflüsse auf die Meeresumwelt und das Potenzial für das NSG „Doggerbank“ beleuchtet. Der in Abb. 3.1 dargestellte Zeitstrahl dient der zeitlichen Einordnung des Projektentwicklungsprozesses für OWP im NSG „Doggerbank“. Hierbei ist zu beachten, dass die Zeitangaben ab der Ausschreibung für die „Doggerbank“ auf Annahmen auf Basis bisheriger zeitlicher Abläufe bei Ausschreibungsverfahren beruhen und einer entsprechenden Unsicherheit unterliegen.

Abb. 3.1 Zeitstrahl mit möglichem Verlauf für Offshore-Windparks im Gebiet NSG „Doggerbank“.

Ungeachtet einer möglichen Inbetriebnahme bis zum Jahr 2040 wird im Folgenden die mögliche Entwicklung bis zum Jahr 2050 betrachtet, obgleich Prognosen für technische Entwicklungen einer jungen Technologie wie der Offshore-Windenergie mit hohen Unsicherheiten behaftet sind.

3.1.1 Technische Funktionsweise

Im Maschinenhaus, auch Gondel genannt, sind sowohl Triebstrang als auch alle weiteren Subsysteme wie die Windrichtungsnachführung (Azimut), Steuerung, Hydraulik und die Kühlung untergebracht. Mittels des Triebstrangs, welcher aus den Hauptkomponenten Rotornabe, Rotorlager, Rotorwelle, gegebenenfalls einem Getriebe sowie dem Generator besteht, wird die mechanische Rotationsenergie in elektrische Energie gewandelt. Die Gondelmassen, inklusive Nabe, der derzeit größten in Europa auf See eingesetzten Windenergieanlagen liegen bei ca. 800 t. Die Nabe beinhaltet die Rotorblattverstellung, mit welcher der Stellwinkel, auch Pitch genannt, der Rotorblätter eingestellt wird. Der Rotorblattstellwinkel ist abhängig von der Windgeschwindigkeit und wird so gewählt, dass der Energieertrag optimal und die Standsicherheit der Windenergieanlage gewährleistet ist. Antriebsstränge von Windenergieanlagen können mit Getriebe oder getriebelos ausgelegt werden. In Abb. 3.2 ist ein Schaubild einer Windenergieanlage mit Getriebe, in Abb. 3.3 einer Windenergieanlage ohne Getriebe dargestellt. Das Getriebe der Windenergieanlage dient der Übersetzung der Drehzahl zwischen Rotorwelle und Generatorwelle. Bei getriebelosen Anlagen sind Rotorwelle und Generator direkt gekoppelt, eine Übersetzung der Drehzahl findet nicht statt. Die Angleichung der Generatorfrequenz an die Netzfrequenz erfolgt mittels eines Frequenzumrichters. Weiterhin gehört zum Antriebsstrang eine Bremse, die für Windenergieanlagen mit winkelverstellbaren Rotorblättern für Notabschaltungen und Wartungsarbeiten eingesetzt wird. Alle Windenergieanlagen mit einer horizontalen Achse werden laufend nach der Windrichtung ausgerichtet, um durch eine senkrechte Anströmung auf die Rotorebene die Windenergie optimal nutzen zu können. Die Windrichtungsnachführung erfolgt aktiv mithilfe von Stellmotoren, auch Azimutmotoren genannt. Der Rotor der üblich eingesetzten Windenergieanlagen setzt sich aus drei mittels Flanschverbindung an der Nabe befestigten Rotorblättern zusammen. Für die Beeinflussung der aerodynamischen Eigenschaften und der Schallemissionen können Blattzusatzelemente auf der Außenseite des Rotorblattes eingesetzt werden. So können Vortexgeneratoren und Winglets an den Blattspitzen für eine positive Veränderung des Luftstroms und Zacken an der hinteren Kante für die Akustik verbaut werden. Eine Blattheizung dient der Gewährleistung des eisfreien Betriebs. Rotorblätter moderner Anlagen sind in der Regel aus zwei Halbschalen, welche aus faserverstärkten duroplastischen Kunststoffen wie Epoxidharz bestehen, aufgebaut. Diese Kunststoffe weisen gute mechanische Eigenschaften bei geringem Gewicht auf. Als Fasermaterialien kommen Glasfasern oder Kohlenstofffasern zum Einsatz. Senkrecht zu den Halbschalen werden im Inneren des Rotorblatts Stege für die Aufnahme der Biegemomente und Schubkräfte eingesetzt. Die Rotorblätter der derzeit größten in Europa eingesetzten Windenergieanlagen auf See weisen Massen von ca. 60 t je Blatt auf. Unterhalb der Gondel befindet sich der Anlagenturm. Dieser ermöglicht den Einsatz der Anlage weit oberhalb der Meeresoberfläche und leitet die statischen und dynamischen Belastungen der Windenergieanlage in das Fundament ab. Innerhalb des Turms werden die Stromkabel vom Generator zum Fundament geführt. Der Aufstieg des Servicepersonals in die Gondel der Windenergieanlage erfolgt im Inneren des Turms mittels eines Aufzugs. Die geläufigste Form des Aufbaus bei Offshore-Windenergieanlagen ist die Stahlrohrbauweise. Der Turm weist eine konische Form vom Transition Piece, welches die Befestigung auf dem Fundament gewährleistet, hin zur Gondel auf. Die Turmlänge einer Offshore-Windenergieanlage ist abhängig von der Rotorblattlänge und dem gewählten

Abstand zwischen maximaler Meereshöhe und Blattspitze. Die Türme der derzeit größten in Europa eingesetzten Offshore-Windenergieanlagen haben Massen von ca. 1.000 t.

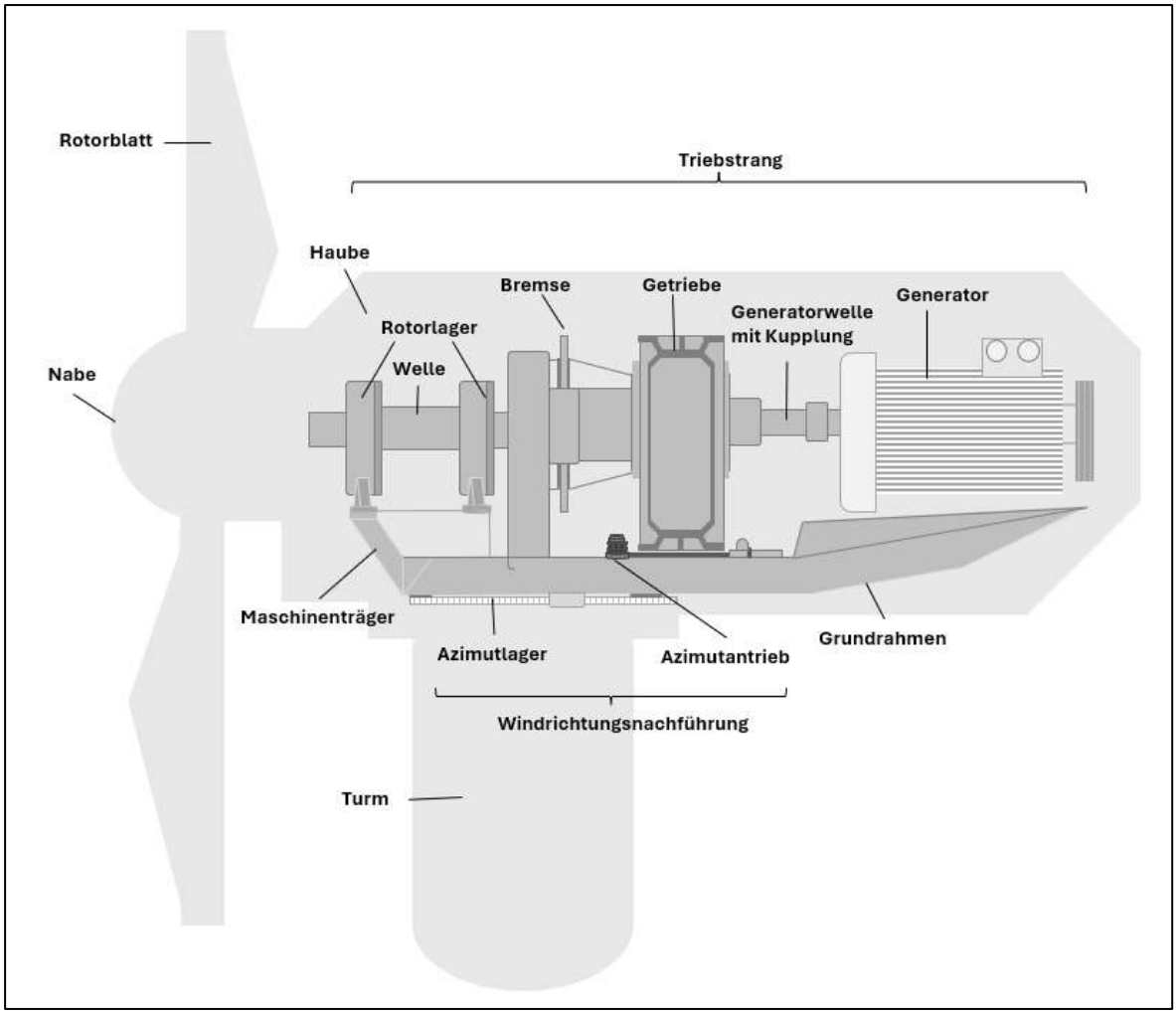


Abb. 3.2 Schaubild eines Horizontalläufers mit Getriebe (Zeichnung selbst erstellt; Quelle: Deutsche WindGuard).

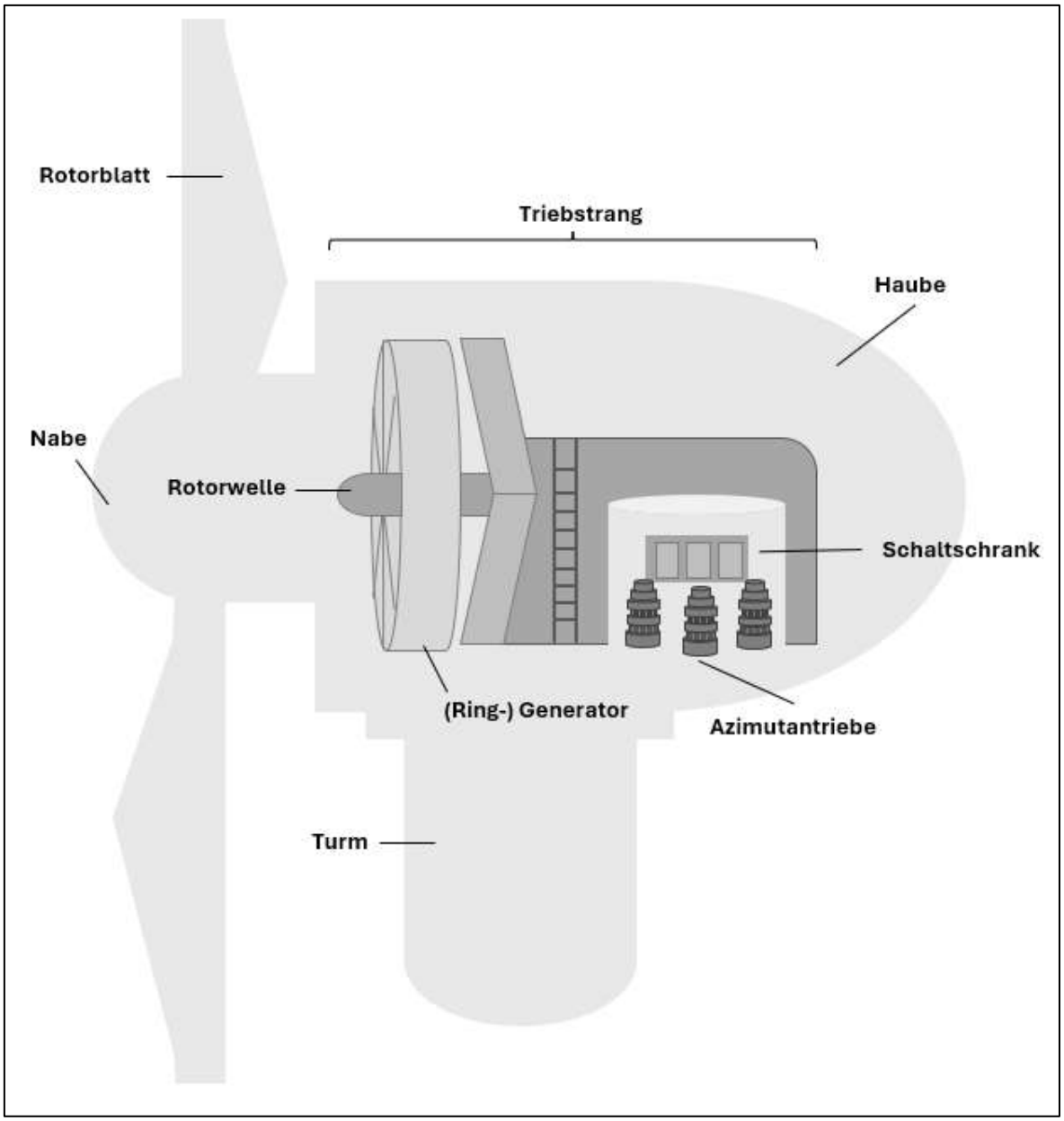


Abb. 3.3 Schaubild eines getriebelosen Horizontalläufers (Zeichnung selbst erstellt; Quelle: Deutsche WindGuard).

Installation

Die Installation der Windenergieanlage erfolgt grundsätzlich nach der Installation des Fundaments (siehe Kapitel 4.2). Für die Installation von Windenergieanlagen auf See werden spezielle Errichterschiffe eingesetzt. Für die meisten Projekte werden Schiffe verwendet, welche sich mittels ausfahrbarer Beine auf dem Meeresboden aufbocken und somit auf einer festen Position operieren können, sogenannte Jack-Up-Vessels. Für Projekte in Gebieten mit schwierigen Bodenverhältnissen können schwimmende Kranschiffe eingesetzt werden, welche mittels Ballasttanks eine stabile Position halten können. Im ersten Installationsschritt wird der Turm der Windenergieanlage mithilfe des Krans auf dem Errichterschiff aufgerichtet, auf dem mit dem Fundament verbundenen Transition Piece positioniert und befestigt. Im nächsten Schritt wird die Gondel mit dem Kran angehoben und passend ausgerichtet auf dem Turm mittels einer Flanschverbindung befestigt. Anschließend

werden die Rotorblätter mithilfe einer Hebevorrichtung mit dem Kran auf die Höhe der Nabe gehoben und horizontal an dieser befestigt. Nach erfolgter Installation wird die Nabe um 120° gedreht und das zweite bzw. dritte Rotorblatt befestigt. Eine alternative Installationstechnik ist die Rotorsterninstallation. Bei dieser werden die Rotorblätter an Land an der Nabe vorinstalliert, um diese anschließend auf See gemeinsam an der Gondel zu installieren. Für die modernen Windenergieanlagen wird angesichts der inzwischen erreichten Rotorblattlängen und -massen in der Regel die Einzelblattmontage auf See durchgeführt. Installationsvorgänge bedürfen ausreichend lange Zeiträume mit gutem Wetter, weshalb in der Sturmsaison und im Winter weniger Installationen durchgeführt werden. Nach der Installation der Leistungselektronik und der Verkabelung im Inneren der Windenergieanlage kann diese an die Innerparkverkabelung des OWP angeschlossen werden und im letzten Schritt die Umwandlung mechanischer Windenergie in elektrische Energie aufnehmen (Tacx & Meinardi 2023).

Betrieb

Die Betriebsdauer eines OWP wird durch die Dauer der Genehmigung vorgegeben. Aktuell erteilte Genehmigungen erlöschen in der Regel 25 Jahre nach der Inbetriebnahme des OWP. Eine Verlängerung ist unter Berücksichtigung der Vorgaben im Genehmigungsbescheid und dem geltenden Recht möglich. Sie liegt im Ermessen der zuständigen Genehmigungsbehörde. Während dieser Zeit wird durch die Windenergieanlagen abhängig vom Windaufkommen elektrische Energie in das elektrische Energienetz auf dem Festland eingespeist. Bei Netzengpässen können die Anlagen im Rahmen des Einspeisemanagements abgeschaltet oder abgeregelt werden.

Im Betrieb der Windenergieanlagen haben insbesondere die Schallemissionen einen Einfluss auf die Meeresumwelt. Durch den Betrieb von Offshore-Windenergieanlagen wird Schall in die Luft und ins Wasser eingetragen. Dieser geht von rotierenden Maschinenteilen, wie Rotorblatt, Getriebe und Generator, aus. Aus der Gondel werden die Strukturschwingungen über den Turm bis unter die Wasserlinie geleitet und dort als Unterwasserschall abgegeben. Die Grundfrequenzen der Schallemissionen liegen in einem ungefähren Bereich von 20 Hz bis 100 Hz, abhängig von der Anlagentechnik, dem Anlagentyp und der Windgeschwindigkeit. Der Übergang des durch die rotierenden Rotorblätter bedingte Luftschall ins Wasser ist vernachlässigbar.

Für die Gewährleistung eines sicheren und optimalen Betriebs werden die Anlagen kontinuierlich überwacht und Daten erhoben. So sind beispielsweise sogenannte „Wiederkehrende Prüfungen“ jährlich an 25 % der OWEA eines OWP durchzuführen, sodass nach jeweils vier Jahren alle Anlagen inspiziert worden sind. Sollte die Datenerhebung Unregelmäßigkeiten im regulären Betrieb aufzeigen oder sollten akute Beschädigungen auftreten, so suchen Techniker die Windenergieanlage per Schiff oder Helikopter auf. Der Wartungszyklus der Windenergieanlagen in OWP ist abhängig von diversen Faktoren. Zu diesen gehören der Anlagentyp, die Art des Wartungsvertrags mit dem Anlagenhersteller oder Serviceunternehmen, die Wetterbedingungen sowie betriebswirtschaftliche Aspekte. Die Anzahl der jährlichen Fahrten in zukünftigen OWP kann somit nicht präzise prognostiziert werden. Der Schalleintrag ins Wasser der für die Wartungs- und Reparaturarbeiten eingesetzten Schiffe ist abhängig von Größe, Fahrgeschwindigkeit sowie Antriebsart. Allgemein gibt es in den Sommermonaten eine größere Anzahl an Schiffsbewegungen, da Servicetätigkeiten vornehmlich bei gutem Wetter durchgeführt werden. Die Serviceaktivitäten für küstennahe OWP werden vornehmlich mittels Tagesfahrten von den Basishäfen abgewickelt. Hierbei werden nach wie vor häufig Crew Transfer Vessels (CTV) für den Transport der Serviceteams eingesetzt. Hierbei handelt es sich

um Transportschiffe für Servicepersonal und kleinere Materialmengen. Für weiter von der Küste entfernet OWP werden inzwischen überwiegend Service Operation Vessels (SOV) eingesetzt. Hierbei handelt es sich um größere Service-Schiffe. Sie können im Vergleich zu CTVs mehr Personen transportieren und bieten auch Übernachtungsmöglichkeiten. Außerdem können mit ihnen auch größere Ersatzteile transportiert und mittels eines Krans auf die Anlage verbracht werden. Für größere planbare Kampagnen werden auch Hotelschiffe eingesetzt, um lange Transferzeiten zu vermeiden. Die dauerhafte Stationierung von Personal auf festen Bauwerken auf See (Umspannstationen) wird inzwischen eher selten eingesetzt.

Rückbau

Offshore-Windparkbetreiber sind am Ende des Betriebszeitraums nach §80 WindSeeG zum Rückbau der Anlagen verpflichtet. Da ein Rückbau von Offshore-Windenergieanlagen bisher in Deutschland noch nicht stattgefunden hat, stützen sich folgende Prozeduren auf theoretische Betrachtungen zum Rückbau wie z. B. die Rückbauszenarien des Projekts „Strategieentwicklung zum effizienten Rückbau von Offshore-Windparks“ von Eckardt et al. (2022). Der Rückbauprozess entspricht vereinfacht der umgekehrten Reihenfolge des Installationsprozesses. Es werden Errichterschiffe mit einem entsprechend ausgestatteten Kran verwendet, um die Komponenten der Windenergieanlage zu demontieren. Für die Minimierung der Arbeitszeit mit dem Kranschiff werden vorab Vorbereitungen durch Techniker getätigt. Diese werden mit einem CTV oder SOV für die Außerbetriebnahme zu den Windenergieanlagen transportiert. Die Anlagen werden vom Netz getrennt, Kabelverbindungen innerhalb des Turms gekappt und lose Teile entfernt. Zudem werden Hydraulikverbindungen an den Kupplungen getrennt und Flüssigkeiten gegen Auslaufen gesichert oder entnommen. Wo möglich, werden Anschlagmittel für die späteren Hebearbeiten montiert. Anschließend werden die Rotorblätter durch das Kranschiff mithilfe spezieller Hebezeuge einzeln demontiert und die Gondel vom Turm abgehoben. Nachfolgend wird der Turm abgebaut. Die demontierten Teile der Windenergieanlage werden mithilfe von Transportschiffen in einen geeigneten Hafen gebracht. An Land werden die Komponenten in ihre Einzelteile zerlegt und gegebenenfalls wiederverwertet (Eckardt et al. 2022). Anschließend erfolgt der Rückbau des Fundaments und der Innerparkverkabelung.

3.1.2 Stand der Technik

Die Wandlung mechanischer Windenergie in elektrische Energie auf dem Meer mithilfe horizontallaufender Windenergieanlagen ist eine etablierte Form der Stromerzeugung (TRL 9). In der Vergangenheit hat eine Entwicklung hinsichtlich der Nennleistung, des Rotordurchmessers und der Gesamthöhe sowie der für die Generierung elektrischer Energie notwendigen Komponenten der Offshore-Windenergieanlage stattgefunden. Die weitere Entwicklung befindet sich im stetigen Prozess. Im Mai 2024 begann der Bau des OWP „EnBW He Dreiht“. Hier wird die derzeit in Deutschland leistungsstärkste Offshore-Windenergieanlage V236-15.0 MW der Firma Vestas mit einer Nennleistung von 15 MW errichtet. Der Rotor dieser Anlage hat einen Durchmesser von 236 Metern, die Leistung der Rotorwelle wird mittels eines Getriebes zum Generator übertragen. Die Nabenhöhe der Anlagen im OWP „EnBW He Dreiht“ wird 145 m betragen. Daraus resultiert eine Gesamthöhe von 263 m. In diesem Gebiet der Nordsee liegt die Wassertiefe bei 37 bis 40 m. Die größte Windenergieanlage des zweiten großen in Europa aktiven Anlagenherstellers Siemens Gamesa ist die SG 14-236 DD (die Bezeichnung DD steht für „Direct Drive“, also eine getriebelose Anlage). Diese weist

eine Nennleistung von 14 MW und einen Rotordurchmesser von ebenfalls 236 m auf. Durch Aktivierung eines sogenannten Power-Boost-Modus kann die Nennleistung des Anlagentyps auf 15 MW erhöht werden. Im polnischen Offshore-Windprojekt „F.E.W. Baltic II“, in welchem der Start der Bauarbeiten im Jahr 2024 geplant ist, sollen Turbinen des Typs SG 14-236 DD zum Einsatz kommen.

3.1.3 Entwicklungsprognose und Forschungsbedarf

Seit den ersten Einsätzen von Offshore-Windenergieanlagen für die elektrische Energieerzeugung in Deutschland hat ein beachtliches Wachstum der Anlagenkonfigurationen stattgefunden. Die vergangene Entwicklung sowie ein prognostizierter Verlauf bis zum Jahr 2040 sind in Abb. 3.4 visualisiert.

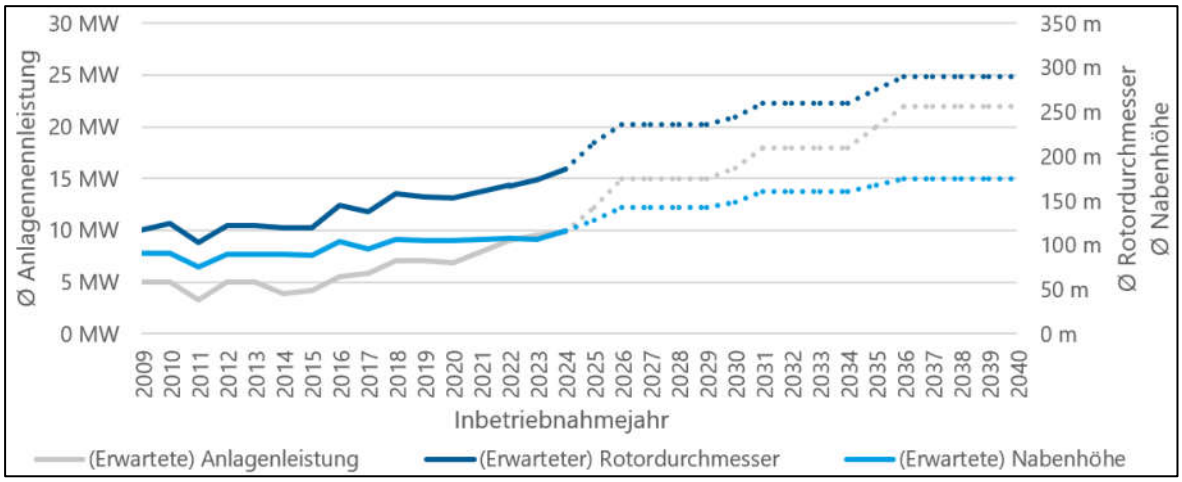


Abb. 3.4 Anlagenleistung, Rotordurchmesser und Nabenhöhe von Offshore-Windenergieanlagen in Deutschland von 2009 bis 2040.

Die durchschnittliche Nennleistung der an das elektrische Energienetz angeschlossenen Windenergieanlagen ist von 5 MW im Jahr 2009 auf ca. 10,5 MW im Jahr 2024 angestiegen. Hiermit einher ging ein Wachstum des Rotordurchmessers sowie der Nabenhöhe. Diese entwickelten sich von 117 m (Rotordurchmesser) bzw. 91 m (Nabenhöhe) im Jahr 2009 zu 186 m bzw. 116 m im Jahr 2024. Die in Deutschland eingesetzten Windenergieanlagen werden auch in den kommenden Jahren bzw. Jahrzehnten stetig größere Dimensionen aufweisen. Die derzeit größten Windenergieanlagen europäischer Hersteller mit 15 MW Nennleistung könnten im nächsten Entwicklungsschritt durch Anlagen mit 18 MW Nennleistung abgelöst werden. Die Schritte in der Entwicklung von Offshore-Windenergieanlagen erfolgen erfahrungsgemäß in Leistungssprüngen von jeweils 20 – 30 %. Die Entwicklung bisheriger Anlagen von Siemens Gamesa und Vestas als Marktführer für Offshore-Windenergieanlagen in Deutschland sowie die Prognose zukünftiger Anlagen in Bezug auf Nennleistung und Rotordurchmesser sind in Abb. 3.5 dargestellt.

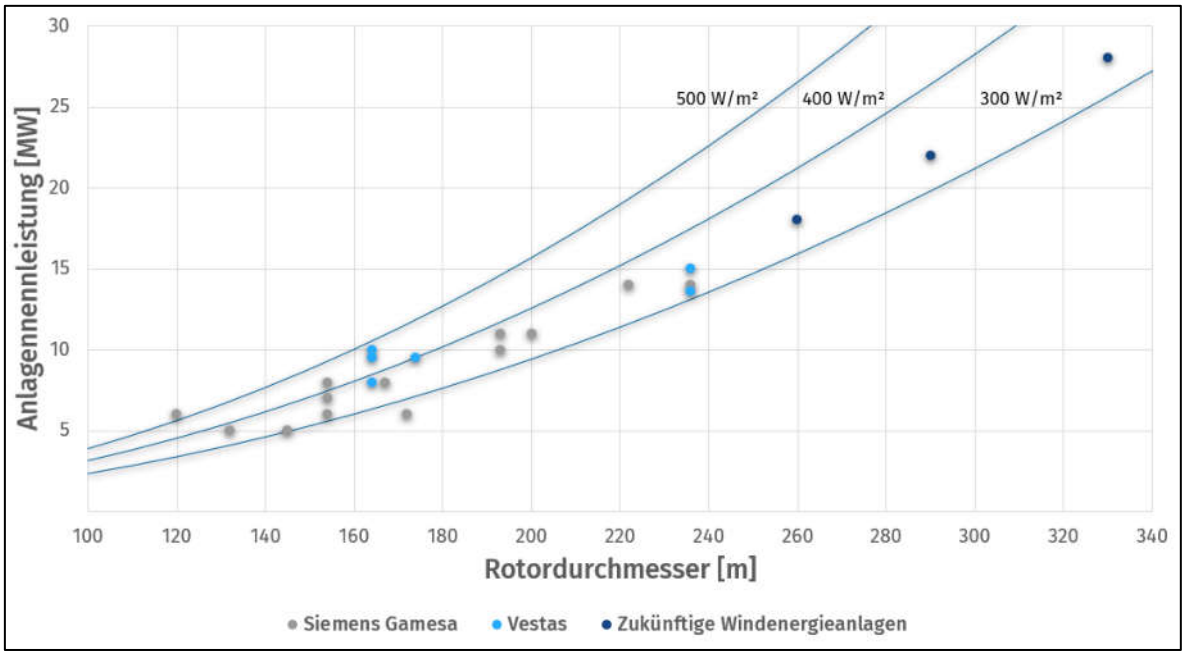


Abb. 3.5 Entwicklungsprognose für Offshore-Windenergieanlagen.

Nach Einschätzungen von Experten könnte der vollständige Schritt von Windenergieanlagen mit 15 MW zu 18 MW Nennleistung ungefähr im Jahr 2030 erfolgen. Die größeren Windenergieanlagen würden bei weiterer stetiger Technologieentwicklung Rotordurchmesser von etwa 260 m und Nabenhöhen von etwa 160 m aufweisen. Der deutsche Energieinvestor Luxcara plant für einen OWP mit einer Gesamtleistung von 270 MW den Einsatz von 18,5-MW-Windenergieanlagen des chinesischen Herstellers Ming Yang Smart Energy. Ein Vorvertrag mit Ming Yang als bevorzugtem Lieferanten wurde bereits unterzeichnet. Die Inbetriebnahme des OWP ist für 2028 geplant.[140] Bis zum Jahr 2035 könnten Windenergieanlagen mit Nennleistungen von 22 MW auf den Markt kommen. Diese Prognose entspricht auch der Einschätzung des BSH im Rahmen der Fortführung des Flächenentwicklungsplans. Die Rotordurchmesser und Nabenhöhen dieser Anlagen lägen bei etwa 290 m bzw. 175 m. Für den Zeitraum nach 2040 kann basierend auf den Nennleistungssprüngen in der Vergangenheit die Markteinführung von 28-MW-Windenergieanlagen prognostiziert werden. Diese könnten, wie in Abb. 3.5 dargestellt, mit Rotordurchmessern von 330 m arbeiten. Unter Berücksichtigung einer Distanz zwischen unterer Blattspitze und Wasseroberfläche von 30 m läge die prognostizierte Nabenhöhe einer solchen Windenergieanlage bei 195 m. Trotz der etablierten Technologie der horizontallaufenden Windenergieanlage wird stets weitergeforscht, um Energieerträge, Verfügbarkeit sowie Langlebigkeit zu optimieren und Verluste sowie Umweltauswirkungen zu minimieren. Die Entwicklung der OWEA in Bezug auf Nennleistung, Rotordurchmesser und Nabenhöhe wird laut Experteneinschätzung in Zukunft abflachen. Gründe hierfür sind u. a. geringere Skalierungseffekte bezüglich der Wirtschaftlichkeit von größeren Anlagen. So ist beispielsweise für immer größere Anlagen auch ein stetiger Ausbau der Kran-, Schiffs- und Produktionsinfrastruktur

140 https://luxcara.com/luxcara-picks-worlds-most-powerful-turbine-for-german-offshore-wind-project-water-kant/ (zuletzt aufgerufen am 29.07.2024)

erforderlich. Allgemein bedarf es für die Realisierung der steigenden Anzahl der Offshore-Windprojekte zusätzliche Installationskapazitäten am Markt, um den prognostizierten Ausbaupfad umsetzen zu können.

3.1.4 Auswirkung der Technologie auf die Meeresumwelt

In Tab. 3.2 sind die Auswirkungen von Windenergieanlagen auf die Meeresumwelt zusammengefasst. Eine detaillierte Beschreibung der Auswirkungen auf die verschiedenen betrachteten Schutzgüter kann Kapitel 5 entnommen werden.

Tab. 3.2 Windenergieanlagen – Übersicht der Auswirkungen auf die Meeresumwelt.

Wirkfaktor	baubedingt	betriebsbedingt	rückbaubedingt
Sedimentverdichtung	X		X
Schallemissionen	X	X	X
Visuelle Unruhe	X	X	X
Lichtemissionen	X	X	X
Hindernisse und Sichtbarkeit im Luftraum		X	
Nutzungseinschränkung		X	
Stoffeinträge ins Wasser		X	
Windparkbezogener Schiffsverkehr		X	

3.1.5 Technologien zur Vermeidung oder Verminderung der Umweltauswirkungen

Für die Vermeidung und Verminderung der Umweltauswirkungen der Offshore-Windenergie werden verschiedene Techniken angewandt. Nachfolgend werden einige die Windenergieanlage betreffende Maßnahmen aufgezeigt.

Bedarfsgerechte Nachtkennzeichnung

Lichtemissionen treten bei der Installation und während des Betriebs von OWP in verschiedenen Formen auf. So emittieren die Schiffe und Helikopter Licht während ihres Einsatzes. Weitaus bedeutender sind die Lichtemissionen durch die vorgeschriebene Befeuerung der Windenergieanlagen, da sie sich über die gesamte Betriebsdauer erstrecken. Einige Vogel- und Insektenarten werden durch das Licht angezogen und geraten in die Gefahr mit den rotierenden Blättern zu kollidieren. Durch die bedarfsgerechte Befeuerung oder bedarfsgerechte Nachtkennzeichnung (BNK) der OWP besteht die Möglichkeit, die nächtliche Beleuchtung der Anlagen auf ein Minimum zu reduzieren.

Es werden verschiedenen BNK-Systeme angeboten und eingesetzt. Aktive Radarsysteme detektieren Luftfahrzeuge in ihrem Abdeckungsbereich durch Aussenden von elektromagnetischen Impulsen und Erfassung der durch Flugobjekte reflektierten Signale. Detektionseinheiten können hierbei an mehreren Anlagen oder zentral installiert sein. Mit den empfangenen Daten kann die Route des Luftfahrzeugs erfasst und bei Eintreten in einen Annäherungsbereich die Befeuerung der Anlage eingeschaltet werden. Die Nutzung eines aktiven Radars erfordert eine Frequenzzuteilung durch

die Bundesnetzagentur. Das Passivradar nutzt im Gegensatz die flächendeckend verfügbaren Rundfunksignale der DVB-T- und DAB-Netze und sendet keine eigenen Signale aus. Die Transpondertechnik wertet Transpondersignale von Luftfahrzeugen aus. Diese Technologie wird seit langer Zeit in der deutschen Flugsicherheit eingesetzt. Das Transpondergerät des Luftfahrzeugs sendet hierbei in bestimmten zeitlichen Abständen Signale aus. Radarsysteme zum Beispiel der Luftüberwachung am Boden können verschiedene Informationen zum jeweiligen Luftfahrzeug abfragen, die vom Transponder im Luftfahrzeug beantwortet werden (zum Beispiel Flughöhe, Position und Geschwindigkeit). Für die transponderbasierte BNK werden in oder an der Windenergieanlage Empfangsgeräte installiert. Diese sind in der Lage, die Transpondersignale der Luftfahrzeuge zu empfangen. Auf Basis dieser Informationen können sie detektieren, ob und wie sich Luftfahrzeuge einer OWEA nähern.

Temporäre Abschaltungen

Für Zugvögel können die Rotoren der Windenergieanlagen zur Gefahr werden. Zur Verminderung der Gefahr des Vogelschlags in OWP können temporäre, sektorielle Abschaltungen oder Drosselungen der Anlagen beitragen. Diese Vorgehensweise wurde erfolgreich in den niederländischen OWP „Borssele“ und „Egmond“ durchgeführt. So wurden Modelle angewandt, um den Vogelzug örtlich und zeitlich zu bestimmen und in der Folge die betreffenden OWP zielgerichtet abzuschalten.[141]

Anstrich der Rotorblätter

Für die Erhöhung der Visualität und eine damit einhergehende Verminderung des Vogelschlags gibt es derzeit Vorhaben und Forschungsprojekte, die den Einfluss der Färbung der Rotoren von Windenergieanlagen untersuchen. So wird derzeit eine Studie in Eemshaven in den Niederlanden mit schwarz gefärbten Rotorblättern für Windenergieanlagen an Land durchgeführt. Die Ergebnisse werden für Ende 2024 erwartet. In einer in Norwegen durchgeführten Studie für Windenergieanlagen an Land konnte bereits gezeigt werden, dass die Schwarzfärbung eines Rotorblattes je Rotor die Wahrscheinlichkeit des Vogelschlags um 70 % verringert.[142] Für OWP gibt es derzeit keine Erkenntnisse über eine potenzielle Wirksamkeit gefärbter Rotorblätter auf die Verminderung des Vogelschlags. Es bedarf weiterer Forschungsaktivitäten auf diesem Gebiet.

Verringerung der Umweltauswirkungen infolge der Optimierung des Betriebskonzepts

Es gibt stete Bestrebungen seitens der OWP-Betreiber die Anzahl der Ausfahrten für Reparatur- und Wartungsarbeiten zu minimieren. Dies geht einher mit sinkenden Betriebskosten sowie mit einer Verminderung der Umweltauswirkungen durch Schiffsfahrten. Die Inspektionen der Rotorblätter werden zunehmend mithilfe von Drohnen durchgeführt. Die Inspektions- bzw. Wartungszeit je Windenergieanlage kann somit verkürzt werden. Für eine bessere Einschätzung der Wartungsintervalle und die Vorhersage von Wartungsarbeiten werden digitale Zwillinge, auch Digital Twins genannt, eingesetzt. Hierbei handelt es sich um eine digitale Repräsentanz der Windenergieanlage. Die Eigenschaften und das Verhalten der realen Anlagen werden durch möglichst präzise Algorith-

141 https://www.energiezukunft.eu/erneuerbare-energien/windenergie/windraeder-machen-pause-fuer-zugvoegel (zuletzt aufgerufen am 16.07.2024)

142 https://group.vattenfall.com/press-and-media/newsroom/2022/black-turbine-blades-reduce-bird-collisions (zuletzt aufgerufen am 16.07.2024)

men simuliert. Schadensfälle und Wartungsbedarf können somit vorhergesagt werden. Die Nutzung digitaler Zwillinge wird durch die Anwendung künstlicher Intelligenz kontinuierlich optimiert. Weiterhin bestehen Bestrebungen die Antriebe der CVT auf Wasserstoffantriebe umzurüsten. Diese weisen geringere Schallemissionen als Dieselantriebe auf. FRS Windcat Offshore Logistics (FWOL) betreibt seit 2023 ein mit Wasserstoff betriebenes Dual-Fuel CTV. Es handelt sich um das CTV „Hydrocat 55“, welches mit einer Länge von 25 m und einer Breite von rund 8 m Platz für bis zu 24 Personen sowie zwei bis drei Crewmitglieder bietet.[143] Zudem besteht die Möglichkeit den wartungsbedingten Schiffsverkehr zu bündeln. So wird z. B. im OWP „Kaskasi II“ der Schiffsverkehr der seetauchersensiblen Jahreszeit angepasst.

Vergrämung

Für die Vermeidung und Minderung des Vogelschlags durch Windenergieanlagen werden Systeme erforscht, welche kollisionsgefährdete Vögel durch akustische Signale an einem Eintritt in den Gefahrenbereich hindern. Nach der Detektion des Vogels in einem bestimmten Umkreis um die Windenergieanlage wird eine Schallabschreckung eingeleitet. Zusätzlich können weitere Maßnahmen wie eine Lichtabschreckung oder Abschaltungen eingeleitet werden. An einem solchen Vermeidungssystem wird für Windenergieanlagen an Land gearbeitet. Untersuchungen für Windenergieanlagen auf See sind durchzuführen (Gradolewski et al. 2021).

3.1.6 Stärken-Schwächen-Analyse

Die Nutzung von Windenergieanlagen auf See wird nachfolgend mit anderen Formen der elektrischen Energiegewinnung verglichen. In Tab. 3.3 werden die Stärken und Schwächen aufgezeigt.

Tab. 3.3 Stärken-Schwächen-Analyse der Nutzung von Windenergieanlagen auf See im Vergleich zu anderen Formen der elektrischen Energiegewinnung.

Stärken	Schwächen
Etablierte Technik	Unregelmäßige Einspeisung in das elektrische Energienetz
Vermeidungs- und Minderungstechniken für Umwelteinfluss sind vorhanden	Einfluss auf die Meeresumwelt bei Installation, Betrieb und Rückbau
Größere Volllaststundenanzahl im Vergleich zu Windenergieanlagen an Land	
Stärkung der Unabhängigkeit von anderen Energieträgern und Ländern	

Stärke (eingeschränkte) Stärke/Schwäche Schwäche

143 https://www.wab.net/aktuelles/news/detailseite/frs-windcat-offshore-logistics-setzt-auf-dem-deutschen-offshoremarkt-das-erste-wasserstoff-ctv-hyd/ (zuletzt aufgerufen am 16.07.2024)

Die Gewinnung elektrischer Energie mithilfe von Windenergieanlagen auf See ist eine etablierte Technik, welche seit ungefähr zwei Jahrzehnten angewandt wird. Für den Installationsprozess sowie für Betrieb und Wartung von Fundamenten, Windenergieanlagen und Seekabeln ist eine große Expertise in der Branche vorhanden. Dies erhöht die Sicherheit der elektrischen Energieeinspeisung sowie die wirtschaftliche Attraktivität für Investitionen in diesen Sektor. Allgemein ist die Einspeisung durch Windenergieanlagen in das elektrische Energienetz durch die fluktuierende Windverfügbarkeit geprägt. Eine konstante Einspeisung wie bei grundlastfähigen Kraftwerken ist nicht gegeben. Der unmittelbare Bedarf an elektrischer Energie aus dem Netz muss gegebenenfalls mittels anderer Erzeugungseinheiten, Speicherung, den Import und/oder Lastmanagement gedeckt werden. Dieser Umstand gilt für sämtliche Erzeugungseinheiten mit fluktuierender Einspeisung. Im Vergleich zu Windenergieanlagen an Land weisen solche auf See aufgrund der günstigeren Windverhältnisse eine größere Anzahl an Volllaststunden auf. Sie produzieren also je installierter Leistung mehr elektrische Energie. Auf dem Meer sind die Windgeschwindigkeiten höher als an Land. Zudem gibt es keine bzw. wenige Verminderungen der Windgeschwindigkeit durch unebene Landschaft, Gehölz, Gebäude und andere Windenergieanlagen. Die Einspeisung elektrischer Energie durch Offshore-Windenergieanlagen stellt generell eine gute Ergänzung zur Einspeisung durch Photovoltaik-Anlagen dar. Im Jahresverlauf ist die mittlere Windgeschwindigkeit im Winter höher als im Sommer, im Tagesverlauf ist sie üblicherweise nachts höher als tagsüber. Demzufolge ergänzen sich die elektrische Energieerzeugung durch Photovoltaik und Windenergieanlagen. Bei der Installation und während des Betriebs von Windenergieanlagen auf See lassen sich Eingriffe in die Meeresumwelt nicht vermeiden. Für die Installation sowie für Wartung und Reparaturarbeiten werden Schiffe eingesetzt. Zudem verursacht die Anlage Betriebsschall und hat rotierende Blätter. Für die Reduzierung der negativen Umwelteinflüsse gibt es jedoch Vermeidungs- und Minderungstechniken. Allgemein trägt der Bau von Erzeugungseinheiten mit Anschluss an das deutsche elektrische Energienetz zur Erweiterung der Unabhängigkeit Deutschlands von fossilen Energieträgern und anderen Ländern bei. Der Ausbau der Offshore-Windenergie stärkt die deutsche und europäische Wirtschaft und bringt die Schaffung einer großen Anzahl an Arbeitsplätzen mit sich. Zudem werden durch die Nutzung grüner elektrischer Energie aus OWP die CO_2-Emissionen reduziert und somit ein Beitrag zum Erreichen der EU-Klimaschutzziele geleistet.

3.1.7 Potenzial für das NSG „Doggerbank“

Im NSG „Doggerbank“ herrschen für die elektrische Energiegewinnung durch Offshore-Windenergieanlagen gute Windbedingungen. Es besteht eine freie Anströmung aus der Hauptwindrichtung Südwest (Brüning 2013). Auf dem Gebiet der niederländischen Doggerbank sind derzeit keine OWP geplant. Auf dem Gebiet der britischen Doggerbank, welches in südwestlicher Richtung liegt, befindet sich zum Zeitpunkt 2024 in ca. 90 km Entfernung der OWP „Doggerbank C“ im Bau. Zudem wird voraussichtlich im Jahr 2030 der OWP „Doggerbank D“ in Betrieb gehen. Dieser liegt ungefähr 70 km von den potenziellen Windgebieten im deutschen NSG „Doggerbank“ entfernt. Aufgrund der großen Entfernungen anderer OWP in Hauptwindrichtung sind vergleichsweise kleine Nachlaufeffekte, auch Wakeeffekte genannt, zu erwarten. Es sind hohe Volllaststundenzahlen und relative Jahresenergieerträge zu erwarten. Die Ergebnisse der Berechnungen der Jahresenergieerträge unter Berücksichtigung potenzieller OWP in den Windgebieten 17 und 19 sowie der Innerpark- und weiterer Verluste werden in Kapitel 6 aufgezeigt. Das NSG „Doggerbank“ weist im Vergleich zu aktuell genutzten Flächen sehr hohe Entfernungen von der Küste auf. Entsprechend werden an die logistischen Prozesse bei Installation, Betrieb und Rückbau höhere Anforderungen gestellt.

3.2 Fundamente

Für die Gründung von Offshore-Windenergieanlagen haben sich unterschiedliche Fundamenttypen entwickelt. Einfluss auf die Wahl des Fundamenttypen haben vorrangig die Masse der Windenergieanlage, die Wassertiefe, die Beschaffenheit des Meeresbodens, dynamische Belastungen durch Wind und Welle sowie wirtschaftliche und ökologische Aspekte. Die folgende Abb. 3.6 stellt die aktuell am meisten verwendeten Gründungsstrukturen schematisch dar.

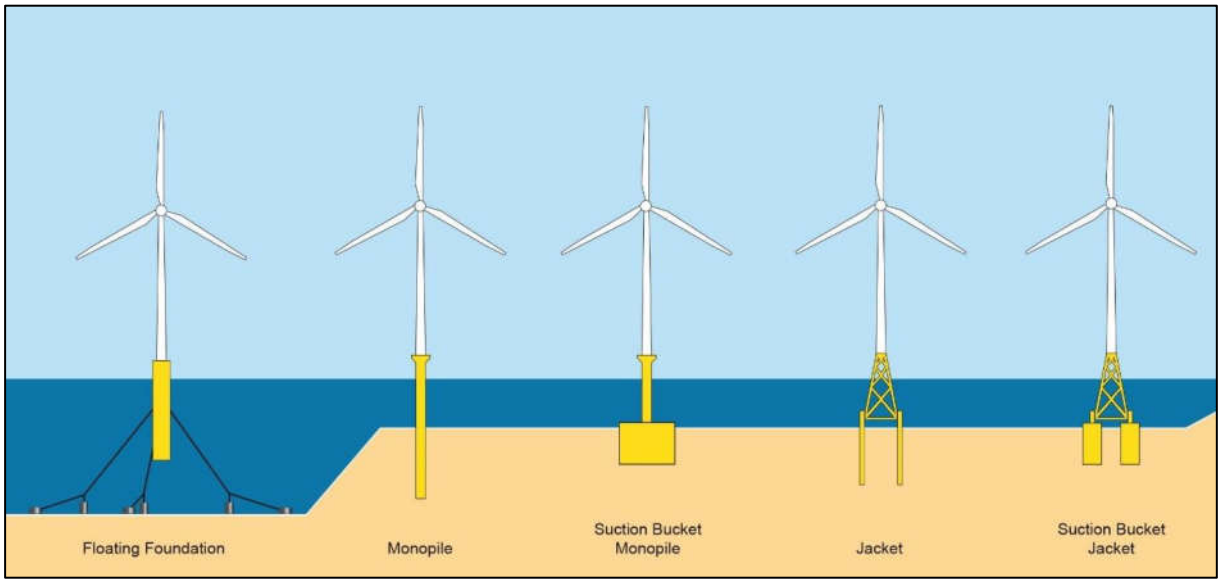


Abb. 3.6 Schematische Darstellung von Gründungsstrukturen (Quelle: Eigene Darstellung Deutsche WindGuard).

Grundsätzlich kann zwischen schwimmenden und „Bottom-fixed“ Fundamenten unterschieden werden. Letztere lassen sich in Monopiles, Schwerkraftfundamente und aufgelöste Fundamentstrukturen (Jacket, Tripod und Tripile) unterscheiden. Die Befestigung der Monopiles und der aufgelösten Strukturen kann durch in den Boden getriebene Rohre (Piles) oder sogenannte „Saugeimerfundamente“ (Suction Buckets) erfolgen.

In der deutschen Nordsee werden bislang die Fundamenttypen Monopile, Jacketstruktur, Tripod, und Tripile verwendet, wie in Abb. 3.7 dargestellt. Ein kleinerer Teil der Jacketfundamente wurde als Suction Buckets ausgeführt.

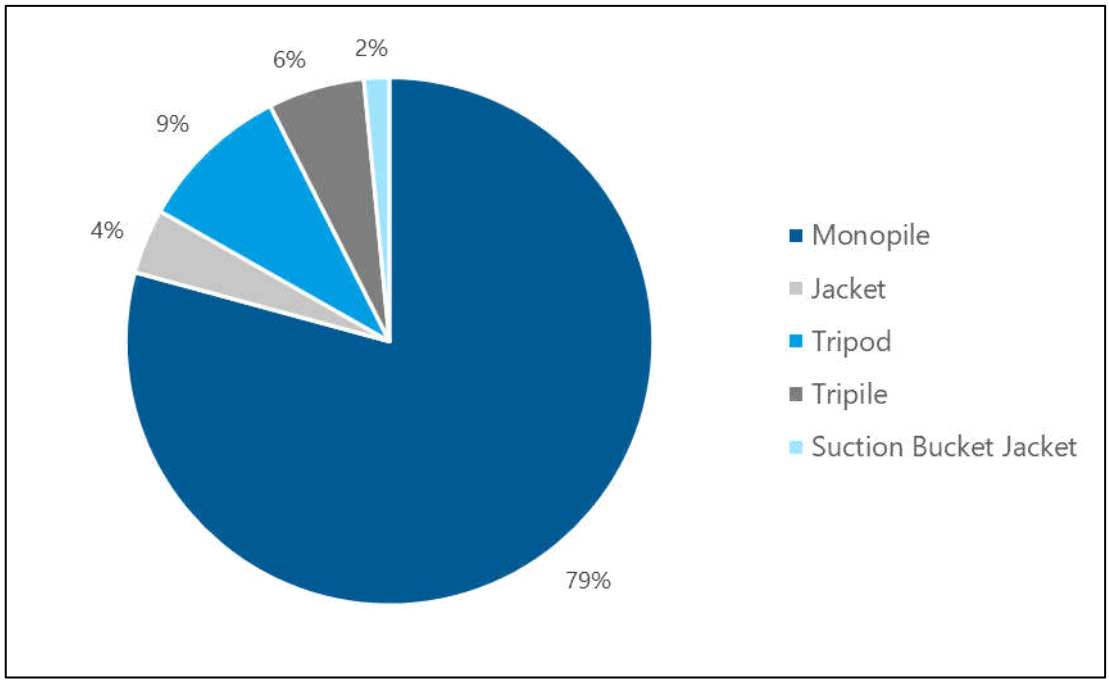


Abb. 3.7 Eingesetzte Fundamenttypen in der deutschen Nordsee bis zum Jahr 2023 (Deutsche WindGuard, 2024).

Seit dem Jahr 2014 werden vorwiegend Monopiles für die Installation von Offshore-Windenergieanlagen in der Nordsee als Fundamentart eingesetzt. Jackets werden in der Regel bei Baugrundverhältnissen eingesetzt, welche die Installation von gängigen Monopiles nicht zulassen. Tripiles wurden lediglich im Windpark BARD Offshore 1 eingesetzt, welcher 2013 in Betrieb gegangen ist. Tripods wurden zuletzt im Jahr 2014 im Windpark Global Tech I eingesetzt. Es zeichnet sich nicht ab, dass Tripiles oder Tripods in den kommenden Jahren in Deutschland als Fundamenttyp eingesetzt werden.

3.2.1 Technische Funktionsweise

3.2.1.1 Monopile

Der Monopile ist bezogen auf die Geometrie ein einfacher Fundamenttyp, der bei Offshore-Windenergieanlagen für die Verankerung im Meeresboden verwendet wird. Es handelt sich um eine große, zylindrische Stahlkonstruktion, die in den Meeresboden gerammt wird und so ausgelegt ist, dass sie den dynamischen Belastungen durch Strömung, Wellen und Wind standhält. Auf das obere ggf. konisch zulaufende Endstück wird nach der Installation das sogenannte Transition Piece gesetzt, das den Übergang zur Windenergieanlage herstellt. Die folgende Abb. 3.8 veranschaulicht die Form von Monopiles am Beispiel liegender Monopiles bei der Verladung für den Transport.

Abb. 3.8 Verladung der Monopiles für das Projekt Hornsea Two am Hafengelände von EEW SPC[144] (EEW SPC, 2021).

Monopiles werden aktuell bis zu einer Wassertiefe von etwa 50 m in vorzugsweise sandigen und lehmigen Böden eingesetzt (ICF 2021). Aufgrund der geringen Wassertiefen in den deutschen Gewässern und einer vergleichsweise einfachen Fertigung sind Monopiles in den letzten Jahren die bevorzugte Gründungsstruktur für Offshore-Windenergieanlagen. Noch zeichnet sich keine Abkehr von diesem Trend ab. Allerdings ist der Werkstoffbedarf (in erster Linie Stahl) für Monopiles im Vergleich zu aufgelösten Strukturen wie dem Jacket sehr hoch. Zudem sind dem Einsatz von Monopiles bei einer Kombination aus sehr großen Windenergieanlagen, tiefen Gewässern und ungünstigen Bodenverhältnissen Grenzen gesetzt. In solchen Fällen bietet sich der Einsatz von Jacketstrukturen an. Bislang ist es in den meisten Fällen noch gelungen durch größere Längen und Durchmesser der Monopiles diese an die Anforderungen anzupassen. Jedoch gab es auch in jüngerer Zeit Fälle, in denen auf Jacketstrukturen zurückgegriffen wurde. Die Monopiles für die derzeit größten in Deutschland geplanten Windenergieanlagen (Vestas V236-15.0 MW) mit einer Nennleistung in Höhe von 15 MW im OWP „EnBW He Dreiht“ mit Inbetriebnahme in 2025 werden eine Länge von 70 m aufweisen und 30 m in den Boden eingelassen. Sie werden einen Durchmesser von 9,2 m vorweisen sowie eine Masse von 1.300 t. Die Transition Pieces werden jeweils 700 t wiegen[145].

Bisher zeichnet sich kein Ende des Wachstums von Monopiles ab. Das verhältnismäßig simple Design macht sie zur am meisten verwendeten Gründungstruktur, die eingesetzt wird, solange keine besonderen Umstände den Einsatz unterbinden. Bisher wurden einerseits die Pfähle stets weiterentwickelt, sodass sie den wachsenden Lasten der wachsenden Windenergieanlagen standhalten und andererseits wurden die Installationsmethoden, die Installationsschiffe und das -equipment weiterentwickelt, um die Monopiles zu installieren.

144 https://eew-group.com/products/structural-pipe-offshore-wind/monopiles/ (zuletzt aufgerufen am 16.07.2024)

145 https://subscribers.4coffshore.com/dashboard/navigation_display.aspx?page=Databases (zuletzt aufgerufen am 16.07.2024)

Installation

Der Installationsvorgang ist bei den verschiedenen Fundamenttypen sehr unterschiedlich. Grundsätzlich vergleichbar ist der Installationsvorgang bei den beiden aktuell meistverwendeten Gründungsstrukturen Monopile und Jacket mit Gründungspfählen (im Gegensatz zu Mono- oder Jacket-Suction-Bucket).

Bei der Installation wird der Monopile oder der Gründungspfahl des Jackets mit Spezialgeräten wie Hydraulikhämmern oder Vibrationsrammen in den Meeresboden gerammt. Der Pfahl wird tief genug gerammt, um Stabilität für den Betrieb zu gewährleisten und sicherzustellen, dass die Windenergieanlage in ihrer Position bleibt.

Der Installationsprozess der in Deutschland vornehmlich verwendeten Gründungsstrukturen Monopile und Jacket umfasst folgende Schritte:

1) Vorbereitung des Standorts: Bevor die Monopiles installiert werden, wird der Standort vermessen und vorbereitet. Dazu gehört die Beseitigung von Hindernissen und die Durchführung geotechnischer Untersuchungen inkl. Testbohrungen, um die Bedingungen im Meeresboden zu beurteilen.

2) Vorbereitung des Meeresbodens: Bei dem Vorliegen schwieriger Bodenverhältnisse kann vor dem Rammen eine Vorbohrung erforderlich sein, um in härtere Schichten des Meeresbodens einzudringen. Durch die Vorbohrung wird der Widerstand während des Rammvorgangs verringert. In der deutschen Nord- und Ostsee ist eine Vorbohrung üblicherweise nicht erforderlich.

3) Transport und Positionierung: Die Fundamente werden an Land hergestellt und mit Spezialschiffen zum Installationsort transportiert. Diese Schiffe sind mit Kränen und anderen für die Handhabung der Fundamente erforderlichen Geräten wie z. B. Haltevorrichtungen ausgestattet. Vor Ort positioniert sich das Schiff dann über dem für die Installation vorgesehenen Standort. Der Pfahl wird aufgerichtet und an die geplante Position gesetzt, wo er durch sein Eigengewicht in den Boden dringt, bis er sich setzt und selbstständig aufrecht hält. Ein ausladender Greifer hält den Pfahl senkrecht.

4) Installationsprozess: Das Impulsrammverfahren ist die aktuell meistverwendete Methode für die Installation von Pfählen. Ein großer Hydraulikhammer wird am Schiffskran hängend montiert. Der Hammer wird vom Kran angehoben und in eine vertikale Position über dem Pfahl geführt. Die Ramme schlägt auf den Pfahl ein und treibt ihn in den Meeresboden. Dieses Verfahren führt zu Schallemissionen in die Meeresumwelt. Der Durchmesser und die Wandstärke des Pfahles haben einen direkten Einfluss auf die erforderliche Energie, die durch den Hydraulikhammer aufgewendet werden muss und somit auch auf die Schallemission. Eine Alternative stellt das sogenannte Vibroverfahren dar, bei dem die Pfähle nicht durch Impulsschläge, sondern durch Vibration in den Boden getrieben werden. Hierbei wurden in der Vergangenheit die letzten Meter mit dem Impulsrammverfahren eingerammt, um die erforderliche Standfestigkeit zu gewährleisten.

5) Einbau des Übergangsstücks: Sobald der Monopile auf die gewünschte Tiefe gerammt ist, wird das Transition Piece aufgesetzt. Es wird mit Hilfe von Bolzen oder einer Groutverbindung am

Pfahl befestigt. Mittlerweile werden Monopiles auch ohne nachträglich zu installierendes Transition Piece gefertigt (Single-Piece Monopile). Der Einbau des Transition Piece entfällt hierbei, dennoch müssen nichttragende Stahlkomponenten nach der Hauptinstallation angebracht werden, z.B. Teile des Boat-Landings, Plattformen, Leitern, Kran, etc.

Für Installationsvorgänge sind, analog zur Installation der OWEA, ausreichend lange Wetterfenster mit gutem Wetter erforderlich, weshalb in der Sturmsaison und im Winter weniger Installationen durchgeführt werden.

Für die Installation des Pfahls arbeiten die Installationsschiffe mit der Positionierungstechnik „Dynamic Positioning“ (DP). Diese gibt dem Schiff die Fähigkeit, trotz des Einflusses von Wellen, Wind und Strömung auf einer Position zu bleiben. Die Informationen einer Vielzahl an Sensoren werden durch ein Computersystem verarbeitet und resultieren in der Ansteuerung eines Propellersystems am Rumpf des Schiffes, welches einen Radius von 360° hat und die erforderliche Leistung für die Positionierung aufbringen kann. DP-Systeme können in die Kategorien DP1, DP2 und DP3 eingeteilt werden. DP1 weist die Fähigkeit auf, automatisch die Position zu halten. DP2 ist zusätzlich redundant ausgelegt und hält die Funktion auch bei Ausfall einer aktiven Komponente aufrecht. DP3-Systeme halten zusätzlich die Funktion bei Verlust der Technik in einem gesamten Abteil des Schiffes aufrecht. DP3 weist den höchsten Grad an Redundanz auf und kann die Funktion auch bei schwerwiegenden Ausfällen gewährleisten (Whiteford 2021). Die Installation eines Fundaments dauert ungefähr 2,5 bis 4 Stunden und ist abhängig von der Beschaffenheit des Bodens. Es werden 1.500 bis 4.000 Rammschläge für die Installation eines Fundaments benötigt. Die Abstände zwischen zwei Schlägen betragen typischerweise jeweils ein bis zwei Sekunden.

Bei der Installation und dem Einbringen des Pfahls mittels Impulsrammverfahren entstehen Schallemissionen, da ein Teil der Energie als Schall in den Wasserkörper und den Boden übertragen wird. Die folgenden Schallpegelgrößen sind wichtig zur Einordnung der Schallemissionen:

1) (Energie-)äquivalenter Dauerschallpegel SPL [dB re 1 µPa^2]

2) Einzelereignispegel SEL [dB re 1 µPa^{2}s]

3) Spitzenpegel $L_{p,\,pk}$ (zero-to-peak) [dB re 1 µPa]

4) Spitzenpegel $L_{p\text{-}p}$ (peak-to-peak) [dB re 1 µPa]

SEL (Sound Exposure Level), $L_{p,\,pk}$ und $L_{p\text{-}p}$ werden zur Charakterisierung von Rammgeräuschen genutzt. Für die Bestimmung von SEL wird der Dauerschallpegel (Sound Pressure Level SPL) mit dem Bezug auf 1 s Dauer gemittelt. Durch die Mittelung können Schallereignisse miteinander vergleichbar gemacht werden. Der Spitzenpegel ist ein kurzzeitiges Schalldruckmaximum, bei dem kein Mittelwert gebildet wird. Gemessen wird dabei die Differenz des maximalen Schalldrucks des Ereignisses und dem Hintergrundpegel ($L_{p,\,pk}$) oder der gesamte Umfang des Schalldrucks ($L_{p\text{-}p}$).

SPL und SEL können unabhängig von der Frequenz, also aus breitbandigen Einzelwerten, oder frequenzaufgelöst nach Spektren, angegeben werden. Das bedeutet, dass die Messungen und Angaben sich nicht auf die Tonhöhe beziehen (Bellmann et al. 2020).

Durchgeführte Unterwasserschallmessungen haben bei Rammungen ohne Schallschutzminderungsmaßnahmen in einer Entfernung von 750 m Werte von

- 162 dB ≤ SEL ≤ 183 dB
- 185 dB ≤ $L_{p, pk}$ ≤ 183 dB
- ergeben (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 2013).

Exkurs: Schallschutzkonzept des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) von 2013

Das Schallschutzkonzept des BMU aus dem Jahr 2013 regelt die Schallgrenzwerte für den Schutz der Schweinswale in der Nordsee. SEL von ≥ 164 dB und $L_{p, pk}$ ≥ 199 werden als für den Schweinswal bedrohliche Grenzwerte angenommen, da Schweinswale ab diesen Grenzwerten reagieren und Hörschwellenverschiebungen ausgelöst werden. Bereits darunter reagieren Schweinswale mit Meideverhalten und Fluchtreaktionen.

Als einzuhaltende Grenzwerte in der Nordsee wurden zum Schutz des Schweinswals **SEL von 160 dB** und **L_{p-p} von 190 dB** (**in 750 m Entfernung)** eingeführt. Gleichzeitig wird im Schallschutzkonzept die Vermutung aufgestellt, dass diese Grenzwerte möglicherweise nicht ausreichen und das Konzept regelmäßig überprüft und an den aktuellen Wissenstand angepasst werden müsse.

Im Schallschutzkonzept wurden außerdem Störradien in Abhängigkeit der Schallbelastung abgeleitet. Ein Störradius entspricht dem Abstand um eine Schallquelle, in welchem mit Störungen zu rechnen ist. Die abgeleiteten Störradien sind in Tab. 3.4 aufgeführt.

Tab. 3.4 Störradien in Abhängigkeit der Schallbelastung in 750 m Entfernung.

dB SEL in 750 m Entfernung	Störradien
160	8 km
155	5 km
150	3 km

Damit genügend ungestörte Flächen für die Schweinswale zur Verfügung stehen, wird im Konzept davon ausgegangen, dass genügend Flächen vorhanden sind, wenn nicht mehr als 10 % der AWZ der deutschen Nordsee sich innerhalb von Störradien durch Installationen mit Impulsrammungen befinden und die o.g. Grenzwerte eingehalten werden. In der für den Schweinswal sensiblen Phase von Mai bis August (Fortpflanzungszeit) gilt dies nur für 1 % der Gebietsfläche der AWZ.

Für FFH-Gebiete (so auch das NSG „Doggerbank“) gelten schärfere Richtlinien. Eine Beeinträchtigung des Gebiets wird bei mindestens 10 % der FFH-Gebietsfläche, die sich innerhalb des Störradius befinden, angenommen (unter der Annahme, dass die Grenzwerte eingehalten werden). In der sensiblen Zeit von Mai bis August wird die maximal überschneidbare Fläche von Störradien und Gebietsfläche in für die Reproduktion des Schweinswals relevanten Gebieten (so auch das NSG „Doggerbank“) auf 1% gesenkt. Der eigentliche Standort des Schallereignisses spielt dabei keine Rolle.

Kolkschutz

Die steigenden Anlagenleistungen und damit einhergehenden Massen der Windenergieanlagen erfordern immer größere Fundamente und einen größeren Kolkschutz. Der Kolkschutz dient der Gewährleistung der Funktionalität und Standsicherheit des Fundaments von Offshore-Windenergieanlagen und somit der Aufrechterhaltung des Betriebs. Ein Kolk ist definiert als ein verwirbelter Wasserstrom, der durch das Umströmen eines Bauwerks auftritt. Diese Strömungen führen zu einer erhöhten Belastung des Bodens um die Eintrittsstelle des Fundaments in den Meeresboden und können zu Sedimentabtragungen führen, welche die Stabilität und Standfestigkeit der Windenergieanlage beeinträchtigen können. Für die Vermeidung von Erosionen im Bereich um die Gründung werden Kolkschutzmaßnahmen eingesetzt. Der Zweck des Kolkschutzes ist die Zerstreuung und Umlenkung der Wasserströmung und die Verringerung der Erosionskräfte. Die häufigste und in Deutschland vorgegebene Methode ist der Einsatz von Steinschüttungen im Bereich der Gründung. Diese dienen als Barriere, um die Strömung abzulenken und die Erosion der umliegenden Bodenschichten zu minimieren. Die Planung und Installation von Kolkschutzsystemen basiert auf umfangreichen Standortuntersuchungen, Sedimentanalysen und technischen Berechnungen, um einen angemessenen Schutz gegen Kolkbildung zu gewährleisten und die Stabilität des Anlagenfundaments zu erhalten. Durch die Vermeidung von Erosion und Schäden durch Kolkeinwirkung können Betriebskosten reduziert und die Lebensdauer der Anlagen maximiert werden (Böttcher 2013). Aufgrund der zunehmenden Leistungen und Massen der Windenergieanlagen vergrößert sich auch der Flächenbedarf für den Kolkschutz. Zusammen mit dem größer werdenden Kolkschutz nehmen die Fundamente damit mehr Fläche auf dem Meeresboden ein. Durch die Wahl des Fundamenttyps und der Art bzw. der Größe des Kolkschutzes wird die damit verbundene Größe der versiegelten Fläche des Meeresbodens beeinflusst. Die vom Fundament und dem Kolkschutz versiegelte Fläche eines Monopiles variiert in Abhängigkeit des Sediments und der Strömung am Installationsort sowie dem Durchmesser des Monopiles. Vereinfacht kann der 2,5 – 4,5-fache Durchmesser des Monopiles als Richtwert für den Durchmesser des Kolkschutzes angenommen werden. Der Kolkschutz eines 10 m-Monopiles (Pfahlfuß) kann dementsprechend mit einem Durchmesser von 25 m – 45 m (inkl. Monopile) kalkuliert werden. Ein gänzlicher Verzicht auf einen Kolkschutz ist nicht möglich, da bei natürlicher Kolkbildung die Standfestigkeit des Pfahls gefährdet werden könnte.

Rückbau

Nach Ablauf der Betriebsdauer und Flächennutzungsgenehmigung besteht grundsätzlich eine Rückbauverpflichtung für die installierten Offshore-Windenergieanlagen (§ 80 WindSeeG). Im Gegensatz zum Rückbau von Windenergieanlagen an Land gibt es für den Rückbau von Offshore Gründungsstrukturen einen geringeren Erfahrungsschatz, auf den zurückgegriffen werden kann. Die bisherigen zurückgebauten Offshore-Strukturen sind zumeist aus der Öl- und Gasindustrie und weisen abweichende Dimensionen, Strukturen und Gewichte auf, sodass Erfahrungen nur bedingt übertragen werden können. Da in der Mehrheit Monopiles bzw. Rammpfähle verwendet werden, beziehen sich folgende Deinstallationskonzepte vorrangig auf diese Art von Fundament. Bevor die Deinstallation erfolgen kann, müssen die Windenergieanlagen und die Stromkabel aus der Struktur entfernt, weitere Komponenten im Inneren des Transition Piece ausgebaut und lose Gegenstände gesichert sein. Zusätzliche äußere Komponenten, wie Kameras, Funk und Radarantennen müssen ebenfalls vorab abgebaut sein. Abhängig vom Umfang der Vorbereitungen werden diese in einer

eigenständigen Phase geplant, für die die Techniker per Crew Transfer Vessel (CTV) zu den Strukturen gelangen. Für den Rückbau des Fundaments kann ein Errichterschiff eingesetzt werden. Ein mögliches Szenario ist der Rückbau der Struktur in zwei Teilen. Dazu wird ein erster Schnitt unterhalb des Transition Piece angesetzt und der zweite unterhalb des Meeresbodens, in einer Tiefe von etwa 1 m. Der restliche Teil des Fundaments kann nach aktueller Genehmigungslage im Boden verbleiben. Vor dem Rückbau ist jedoch jeweils der aktuelle Stand der Technik zu ermitteln, um festzustellen, ob nicht doch auf Basis neuer Technologien ein vollständiger Rückbau möglich und wirtschaftlich zumutbar ist.

Der Schnittprozess kann durch verschiedene Trenntechniken erfolgen. Die gängigsten Methoden bilden das Wasserstrahlabrasivverfahren aus dem Inneren des Piles heraus und das Diamantdrahtsägen von außerhalb. Das Schneidwerkzeug für das Wasserstrahlschneiden wird in den Monopile herabgelassen und auf der Schnitthöhe mit Hydraulikstempeln verspannt. Die Diamantseilsäge hingegen wird mit einem Kran ins Wasser gelassen und über ein Remote Operated Vehicle (ROV), am Monopile positioniert. Bevor der zweite Schnitt erfolgen kann, muss im Falle des Wasserstrahlschneiders der Monopile im Inneren auf die Tiefe des Schnitts freigespült werden. Für die Diamantsäge muss zuvor der Kolkschutz und das Sediment hin bis zur Schnitttiefe im äußeren Bereich um den Monopile weitreichend entfernt werden, damit das Gerät sicher positioniert werden kann. Vor dem Schnitt wird die Reststruktur mit einem Hebewerkzeug am Kranhaken befestigt und das Seil vorgespannt. Folgend auf den Schnitt kann die Struktur auf das Deck des Errichterschiffs gehoben, die Schneidwerkzeuge ausgebaut oder aus dem Wasser gehoben und die Teile für den Transport gesichert werden. Alternativ ist eine Komplettentfernung mittels Wasserstrahlschneiden und Vibrationsextraktionsverfahren möglich. Dabei unterscheidet sich die Option lediglich in der Entfernung des Monopiles, nicht jedoch in dem Logistikkonzept. Der erste Schnitt und Abhub des Transition Piece erfolgt wie bereits erläutert per Wasserstrahlschneiden. Darauf folgt die Fixierung des Vibrohammers und der Vibrationsvorgang, bei dem der Pfahl in Vibration gebracht und durch die Verflüssigung des Bodens mit Hilfe des Krans des Errichterschiffs aus dem Meeresboden herausgezogen werden kann (Eckardt et al. 2022). Eine neue Methode, welche aktuell Gegenstand der Forschung ist, ist die hydraulische Extraktion[146]. Der Pfahl wird versiegelt und der Hohlraum mit einer Flüssigkeit, z.B. mit Meerwasser, unter Druck gesetzt, bis der versiegelte Pfahl auftreibt und aus dem Boden gehoben werden kann.

Zum Zeitpunkt des Rückbaus ist laut üblicher Regelungen in den Genehmigungen bzw. Planfeststellbeschlüssen eine Bewertung der technischen Realisierbarkeit nach dann aktuellem Stand der Technik und der naturschutzfachlichen Belange vorgesehen.

3.2.1.2 Jacket

Ein Jacket-Fundament ist ein aufgelöster Fundamenttyp für Offshore-Windenergieanlagen, der fest im Boden verankert wird. Ein Jacket-Fundament besteht aus einer durch Schweißverbindungen zusammengefügten gitterartigen Stahlstruktur, ähnlich einem Fachwerk, die mit drei oder vier verti-

146 grow-offshorewind.nl/project/hype-st1-2 (zuletzt aufgerufen am 16.07.2024)

kalen Stahlrohren (Pin Piles) im Boden fixiert wird. Die Pin Piles weisen einen geringeren Durchmesser als Monopiles auf. An den unteren Enden der Jackets sind Hülsen angebracht, durch welche die Pin Piles hindurch getrieben werden, um das Jacket am Meeresboden zu verankern.

Die Konstruktion des Jackets ist abhängig von Masse und Bauweise der Windenergieanlage, den Umweltbedingungen sowie den Eigenschaften des Meeresbodens. Jacket-Fundamente werden häufig in Gebieten mit größeren Wassertiefen (ca. 30 – 60 m) eingesetzt, in denen eine Gründung mittels Monopile nicht realisierbar ist[147]. Zudem können sie an Standorten mit schwierigen Meeresbodenbedingungen oder in Gebieten, die für hohe Wellen und starke Strömungen anfällig sind, eingesetzt werden. In Deutschland werden Jacket-Fundamente aufgrund der für die Installation anspruchsvollen Meeresbodenbedingungen aktuell eher in der Ostsee eingesetzt. In der Nordsee werden aktuell vornehmlich Monopiles verwendet.

Installation

Jackets können über zwei Installationsmethoden errichtet werden:

1. Pre-Piling Methode: Auf dem Meeresboden wird eine Schablone mit Ausschnitten für die Platzierung der Pin Piles abgelegt. Die Pin Piles werden in den entsprechenden Öffnungen eingesetzt und in den Boden gerammt (siehe hierzu Installation des Monopiles). Nach Fertigstellung und Positionierung der Pin Piles wird die Schablone entfernt und das Jacket über die Pin Piles gestülpt und mit Grout, einem Vergussmörtel, verbunden.

2. Post-Piling Methode: Das Jacket wird auf dem Meeresboden abgesetzt. Die Pin Piles werden anschließend durch entsprechende Öffnungen am Boden der Jacketstruktur in den Boden getrieben (siehe hierzu Installation des Monopiles) und vergroutet.

Bei der Verwendung einer Jacketgründung ist kein zusätzliches Transition Piece notwendig. Der Turm der Windenergieanlage wird direkt auf die Gründungsstruktur aufgesetzt.

Kolkschutz

Der Kolkschutz wird prinzipiell analog zum Kolkschutz für das Monopile errichtet. Bei entsprechenden Anpassungen des Jacket-Layouts und der Pin Piles kann u. U. auf den Kolkschutz verzichtet werden. Die natürliche Auskolkung würde einkalkuliert und durch gegenwirkende (Über-)Dimensionierung der Struktur kompensiert werden.

Rückbau

Der Rückbau erfolgt analog zum Rückbau eines Monopiles.

147 https://www.cswoffshore.com/solutions/jacket-foundations/ (zuletzt aufgerufen am 16.07.2024)

3.2.1.3 Suction Bucket Monopile/Jacket

Ein sogenanntes Saugnapf-Fundament (siehe Abb. 3.9), in der Branche mit dem englischen Begriff „Suction Bucket“ bezeichnet, stellt einen weiteren Fundamenttyp für Offshore-Windenergieanlagen dar. Diese Technologie ist eine Alternative zu in den Boden gerammten Gründungspfählen. Somit können Saugnapf-Fundamente sowohl bei Jacketstrukturen als auch bei Monopiles zum Einsatz kommen. Suction Buckets bestehen aus einem hohlen Stahlzylinder mit offenem Boden und geschlossener Oberseite, welcher fest mit der eigentlichen Fundamentstruktur (Monopile oder Jacket) verbunden ist. Der Zylinder wird durch Erzeugung eines Unterdrucks in den Meeresboden gezogen, wobei Wasser und Erde aus dem Zylinder gesaugt werden. Geeignet sind Suction Buckets für Sedimentböden aus Sand und Ton und Wassertiefen ab ca. 30 m.

Abb. 3.9 Suction Bucket System vor der Installation[148].

Ein Suction Bucket weist einige Vorteile gegenüber herkömmlichen Fundamenttypen für Offshore-Windenergieanlagen auf. So entstehen bei der Installation im Vergleich zu herkömmlichen Rammarbeiten weniger Lärm und Vibrationen, sodass die Beeinträchtigung der Umwelt aufgrund von Schallemissionen minimiert werden kann. Zudem sind Suction Buckets so konzipiert, dass sie beim Rückbau des Fundaments durch Anlegen eines Überdrucks vollständig aus dem Meeresboden entfernt werden können. Suction Buckets können nur bei günstigen Bodenverhältnissen (Sand und Ton) eingesetzt werden, versiegeln eine größere Fläche des Meeresbodens als Fundamente mit

148 Persönliche Kommunikation mit SPT Offshore am 02.05.2024.

Gründungspfählen und sind aktuell im Vergleich zu herkömmlichen Fundamenten mit deutlich höheren Kosten verbunden.

In der deutschen Nordsee wurden Suction Bucket Jacket Fundamente bereits eingesetzt, allerdings hat sich das Monopile als günstigere Alternative durchgesetzt. Beispielsweise werden im OWP „Borkum Riffgrund 2“ neben 36 Monopiles für 20 Anlagen auch Suction Bucket Jackets mit jeweils drei Buckets als Fundament eingesetzt. Diese beanspruchen mit 1.831m² die doppelte Fläche Meeresboden im Vergleich zu den im gleichen OWP eingesetzten Monopiles. Die Suction Buckets weisen dabei einen Durchmesser von jeweils 10 Metern auf (BSH 2011). Im Hinblick auf den Schalleintrag wurde kein bemerkenswerter Unterschied zu Hintergrundgeräuschen durch Schiffsverkehre in 750 m Entfernung gemessen (Koschinski & Lüdemann 2020). Kürzlich hat das Unternehmen bp Tests für Projekte bspw. im Vereinigten Königreich angekündigt. Das Suction Bucket Jacket ist dabei eine mögliche Gründungsvariante, die getestet werden soll. Die Fundamente sollen für Windenergieanlagen mit 17-24 MW bei einer Wassertiefe von 35 m eingesetzt werden.[149]

Der Einsatz des Mono-Buckets, also eines Monopiles mit einem Suction Bucket Fuß, konnte sich im Bereich der Offshore-Windenergie in Deutschland nicht bewähren. Zwei Anlagen mit einer Größe von 8,4 MW sollten im OWP „Deutsche Bucht“ auf Mono-Bucket Fundamenten gegründet werden. Der Entwickler stellte das Demonstrationsprojekt aufgrund technischer Probleme ein. Die Mono-Buckets wogen jeweils 1.100 t, hatten einen unteren Durchmesser von 18,5 m und sollten 16,5-18,5 m in den Meeresboden eingesaugt werden.[150] Dies blieb der letzte Einsatz von Mono-Buckets als Gründungstyp für Windenergieanlagen.

Installation

Für die Installation wird das Suction Bucket auf den Meeresboden abgesenkt. Anschließend wird mittels eines Ansaugverfahrens im Inneren des Suction Buckets ein Unterdruck erzeugt, sodass das eingeschlossene Wasser abgepumpt werden kann und sich das Fundament ohne zusätzliche mechanische Einwirkung in den Meeresboden absenken kann. Das Gewicht der Wassersäule presst das Fundament in den Meeresboden. Bei dieser Technologie entstehen kaum Schallemissionen, außer durch den Einsatz der notwendigen Pumpen. Großen Einfluss auf das Design hat die Zusammensetzung und Struktur des Meeresbodens. Die Meeresbodenoberfläche muss möglichst eben sein und im Boden dürfen keine harten Einschlüsse vorhanden wie z.B. große Felsbrocken sein. Zur Sicherstellung der Installierbarkeit muss die vorherige geotechnische Untersuchung des Meeresbodens entsprechend umfangreich sein.

Kolkschutz

Je nach Design, Durchmesser und Höhe vom Meeresboden zur Oberkante des Suction Buckets sind unterschiedliche Ausmaße von Kolkschutz notwendig. Je höher das Suction Bucket Fundament aus dem Meeresboden herausragt, desto höher ist das Risiko einer Kolkbildung (Achmus 2015). Für

149 https://www.offshorewind.biz/2023/12/26/bp-and-enbw-to-run-suction-bucket-trials-at-uk-offshore-wind-farm-sites/ (zuletzt aufgerufen am 16.07.2024)

150 https://www.rechargenews.com/wind/world-first-offshore-wind-mono-bucket-trial-scrapped-over-technical-issues/2-1-775579 (zuletzt aufgerufen am 16.07.2024)

Suction Buckets mit höherem Aufbau können vereinfacht der 2,5 – 4,5-fache Durchmesser als Richtwert für den Durchmesser des Kolkschutzes angenommen werden, analog zur Berechnung für den Kolkschutz eines Monopiles.

Rückbau

Suction Bucket Fundamente können gänzlich deinstalliert werden. Der Unterdruck aufgehoben bzw. ein Überdruck erzeugt, indem in das Innere des Suction Buckets erneut bspw. Luft gepumpt wird. Das Suction Bucket Fundament kann kontrolliert angehoben und gänzlich entfernt werden.

3.2.1.4 Floating Foundation

Das schwimmende Fundament, die „Floating Foundation“, ist ein Fundamenttyp, der vornehmlich für tiefere Gewässer mit üblicherweise über 50 m Wassertiefe konzipiert wird, in denen herkömmliche feste Fundamente wie Monopiles oder Jackets nicht anwendbar oder nicht kosteneffizient installiert werden können (Barooni et al. 2022). Dies betrifft insbesondere Länder, deren Küstenbereiche durch ihre Lage an tieferen Ozeanen schnell in größere Wassertiefen übergehen, z.B. an den Atlantik- und Pazifikküsten.

Bei schwimmenden Fundamenten wird eine Plattform, auf der die Windenergieanlage installiert wird, schwimmend an der Wasseroberfläche und nicht fest im Meeresboden verankert. Es haben sich verschiedene Arten von schwimmenden Fundamenten entwickelt, von denen hier einige beispielhaft in Abb. 3.10 dargestellt und anschließend erläutert werden.

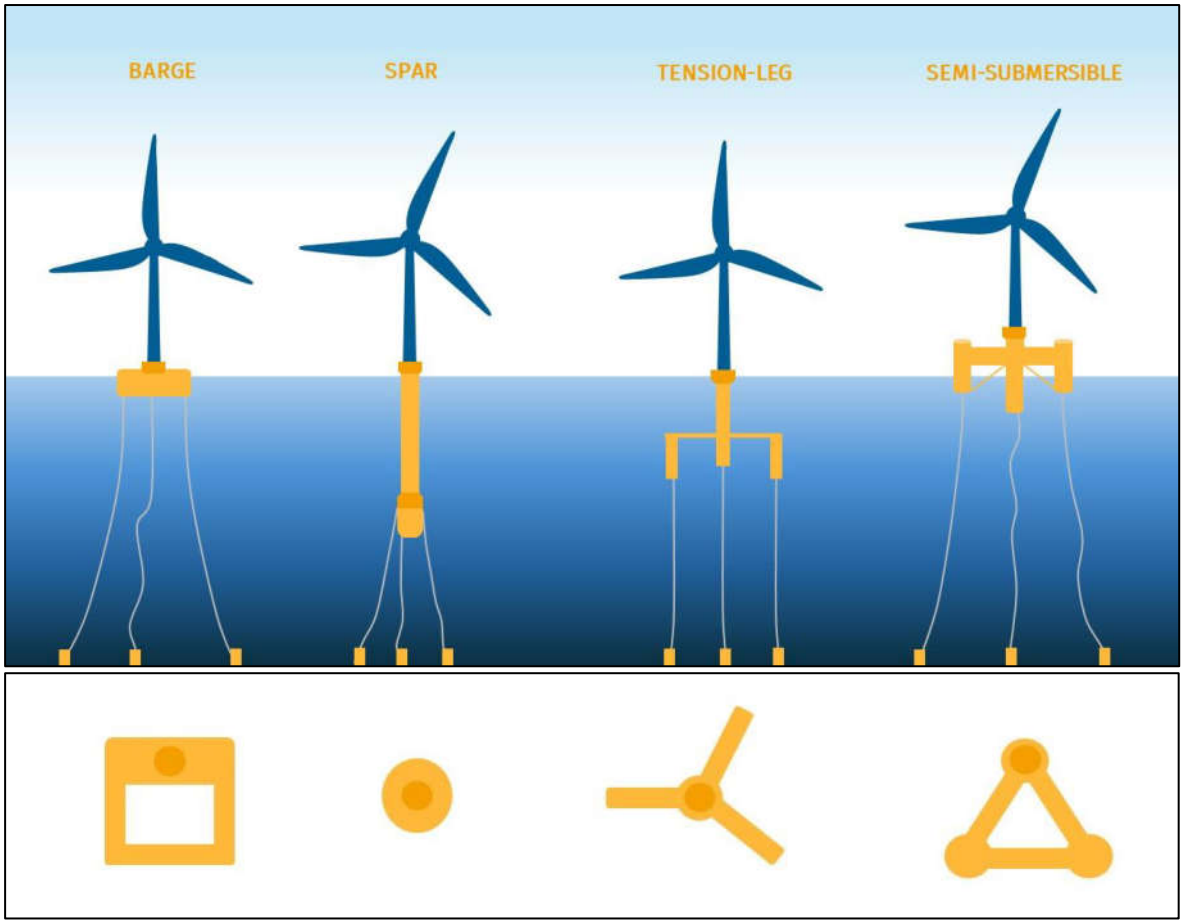


Abb. 3.10 Schematische Darstellung von Floating Offshore Foundations (Quelle: Eigene Darstellung Deutsche WindGuard).

- Spar-Plattform: Der Spar-Typ bedient sich dem Prinzip der Holmboje bzw. Spierentonne. Die zylinderförmige, längliche und hohle Struktur als Schwimmer verleiht der Plattform Stabilität durch die Verlagerung des Massenschwerpunkts nach unten, indem der tiefste Punkt ballastiert ist und als Gegengewicht dient. Das aktive Ballastieren, also die aktive Kontrolle und Management des Gewichts, ist nicht notwendig. Das Design wird als simpel erachtet und bietet Vorteile durch die geringe in Anspruch genommene Wasseroberfläche, die große hydrodynamische Stabilität und die stabile Lage bei Hebe-, Wank- und Neigungsbewegungen. Als Nachteil kann die große notwendige Wassertiefe genannt werden, die für die Verlagerung des Massenschwerpunkts bei der Installation von schwimmenden Windenergieanlagen notwendig ist. Das Projekt „Hywind“ in Schottland positionierte 5 Anlagen mit jeweils 6 MW bspw. in Gewässern mit über 90 m Wassertiefe.[151]
- Halbtaucher (semi-submersible): Halbtaucher-Plattformen bestehen aus mehreren vertikal gerichteten Schwimmern, die mit Querstreben oder Pontons miteinander verbunden sind. Auf einem dieser Schwimmer befindet sich die Windenergieanlage. Um ein stabil im Wasser liegendes System zu erzeugen, müssen die Strukturen aktiv ballastiert werden, sodass zusätzliche Mechanik (Pumpen, Sensoren, usw.) und deren Wartungsmanagement notwendig ist. Insgesamt ist die Plattform durch einen komplexen Aufbau mit vielen Verbindungsstücken und entsprechenden Schweißpunkten und -nähten gekennzeichnet, wodurch die

151 https://www.equinor.com/energy/hywind-scotland (zuletzt aufgerufen am 16.07.2024)

Herstellung als aufwändig erachtet werden kann. Durch den geringeren Tiefgang kann die Plattform in geringeren Wassertiefen von 40-50 m eingesetzt werden, wobei eine größere Grundfläche für die Plattform notwendig ist. Das Unternehmen Principle Power vertreibt unter dem Produktnamen „WindFloat" Plattformen für Projekte mit mindestens 40 m Wassertiefe, wobei aktuelle Projekte in Betrieb und in Planung über 60 m Wassertiefe aufweisen. Die Plattformen wurden beispielsweise im OWP „Kincardine" vor der schottischen Küste eingesetzt.[152]

- Kahnplattform (Barge): Barge-Plattformen zeichnen sich durch rechteckige, ringförmige Unterstrukturen mit einem Pool in der Mitte aus. Der Pool verringert die Bewegungen des Schwimmkörpers durch die Absorption der eintreffenden Wellenlasten. Die Plattform zeichnet sich durch eine massive, geschlossene Struktur aus, welche eine große Grundfläche beansprucht. Als Vorteil ist die geringe benötigte Wassertiefe durch die horizontale Verteilung des Gegengewichts zu nennen. Das Unternehmen BW Ideol hat mit seinem Produkt „Floatgen" mehrere Projekte weltweit in der Entwicklungsphase, deren Betrieb in Wassertiefen von 50 - 200 m geplant ist.
- Tension-Leg-Plattformen (TLP): TLPs sind durch einen zentralen Schwimmer, auf dem die Windenergieanlage positioniert wird, und sternförmig abgespreizten Strukturen als Gegengewicht gekennzeichnet. Die weniger massive Konstruktion benötigt eine geringere Grundfläche und muss nicht aktiv ballastiert werden. Der wesentliche Unterschied zu den zuvor beschriebenen Plattformen ist das Verankerungssystem. Die Plattform wird mit vorgespannten vertikalen Leinen bzw. Ketten fixiert, welche die Plattform straff am Meeresboden verankern. Das Unternehmen *bluewater* kündigte im Jahr 2022 an, das System im Marin Energy Test Centre (METCentre) in Norwegen zu testen.[153] Wann das System getestet werden soll, geht aus den Informationen nicht hervor.

Neben diesen Beispielen existieren weitere Konzepte, welche u.a. Kombinationen aus den genannten darstellen oder mit anderen Materialien als Stahl gebaut werden. Alle werden mit Leinen oder Ketten mit verschiedenen Ankertypen im Meeresboden fixiert, um die Plattformen in Position zu halten. In den meisten Fällen wird diese Verankerung durch in den Boden getriebene (Stahlrohre (Piles) ähnlich wie bei der Jacketstruktur umgesetzt. Bei einigen Konzepten sind die Verankerungssysteme als Teil des Konzepts zur Erreichung der Systemstabilität einbezogen (siehe TLP).

Die größten Herausforderungen bei der Entwicklung von Floating Foundations sind die multi-dynamischen Lasten, die auf die Windenergieanlage und die Plattform einwirken (Barooni et al. 2022). Anders als bei im Boden fixierten Fundamenten, die eine statische Struktur darstellen, wirken aero- und hydrodynamische Kräfte und zusätzliche Zugkräfte durch das Verankerungssystem, die alle auf die schwimmende Anlage als dynamisches System in Bewegung einwirken. Sie haben weitergehende Effekte auf die ohnehin in einer Windenergieanlage wirkenden Lasten durch gyroskopische, Zentrifugal-, Bremskräfte, usw. Diese dynamischen Wirkfaktoren müssen für das Design und den Betrieb der Windenergieanlage sehr präzise abgestimmt werden, um ungewollten Vibrationen und Materialermüdungen entgegenzuwirken. Noch hat sich kein marktgängiges Design im Bereich der schwimmenden Fundamente durchgesetzt, sodass die Entwicklung der Technologie und Standardisierung noch am Anfang stehen.

152 https://www.principlepower.com/windfloat/advantage/installation (zuletzt aufgerufen am 16.07.2024)

153 https://www.bluewater.com/metcentre-bluewater-sign-agreement-to-install-a-floating-wind-system-offshore-norway/ (zuletzt aufgerufen am 16.07.2024)

Im von der EU geförderten Projekt „Floatech“, koordiniert von der Technischen Universität Berlin, wurde das Ziel verfolgt, die technische Reife von schwimmenden Fundamenten zu erhöhen. Hierfür wurden Modellierungstheorien erweitert und Kontrolltechniken zur Optimierung der kontrollierten Plattformbewegungen entwickelt, sodass die Effizienz der Windenergieanlagen gesteigert werden kann. Die Ergebnisse zeigen positive Auswirkungen der Plattformbewegungen auf die nachlaufenden Windgeschwindigkeiten, sodass Nachlaufeffekte verringert werden können und an im Schatten (windabwärts) schwimmenden Anlagen höhere Windgeschwindigkeiten erreicht werden können (Berg et al. 2022).

Installation

Floating Offshore Foundations können mit Turm und Windenergieanlage an Land bzw. im Dock oder an der Kaje vormontiert und zu ihrem Aufstellungsort geschleppt werden, wodurch sich der Bedarf an komplexer Offshore-Installation verringert. Hierfür sind jedoch wiederum sehr günstige Wetterbedingungen hinsichtlich Wind und Wellen erforderlich, so dass sich vergleichsweise kleine Zeitfenster für den Installationsvorgang ergeben. Weiterhin bedingt das Format der Plattform die notwendige Wassertiefe im Hafen, in welchem die Plattform vorbereitet wird. Plattformen mit aktivem Ballastsystem könnten hier Vorteile bieten, da sie erst an ihrem Bestimmungsort auf den notwendigen Tiefgang gebracht werden. Systeme ohne aktive Ballastierung, wie die Spar-Plattform, müssen, ähnlich wie bodenfixierte Fundamentarten, auf See in verschiedenen Phasen installiert werden (Chitteth Ramachandran et al. 2022). Das schwimmende Fundament wird zum Bestimmungsort geschleppt, positioniert und aufgerichtet und im Anschluss die Windenergieanlage errichtet, sodass bei diesem Konzept Bedarf an komplexen Offshore-Arbeiten entstehen kann.

Rückbau

Nach der Betriebszeit kann die Floating Offshore Foundation von den Ankern gelöst und zurück an Land geschleppt und demontiert werden. Im Meeresboden verbleiben je nach genutzter Ankerart unter Umständen Teile der Verankerung, wenn diese bspw. im Meeresboden installiert wurde und der Rückbau durch das Abtrennen des im Meeresboden verbleibenden Ankerteils erfolgt

3.2.2 Stand der Technik

Der Einsatz von Monopiles und Jackets entspricht aktuell dem Stand der Technik und weist entsprechend den höchsten TRL 9 auf. Bisher zeichnet sich nicht ab, dass eine der beiden Technologien in naher Zukunft an Bedeutung für die Installation von Offshore-Windenergieanlagen verlieren wird.

Suction Bucket Fundamente wurden, zumindest als Suction Bucket Jackets, bereits eingesetzt. Eine flächendeckende Installation in der deutschen Nordsee hat sich jedoch bisher nicht durchgesetzt, sodass dieses Fundamenttyp mit TRL 8 bewertet werden kann.

Schwimmende Fundamente werden in der Nordsee in den OWP „Hywind“ und „Kincardine“ vor Schottland genutzt. Der OWP „Hywind“ erreicht seit der Inbetriebnahme von fünf 6 MW Anlagen hohe Auslastungsquoten und demonstriert somit die generelle Machbarkeit von schwimmenden Fundamenten in der Nordsee. Im Laufe des Jahres 2024 wird die erste größere Wartungskampagne für einen Floating Offshore Windpark (Hywind) durchgeführt, bei der alle Anlagen zur Wartung in

einen norwegischen Hafen geschleppt werden. Die Kampagne soll 3-4 Monate dauern.[154] Insgesamt befinden sich die unterschiedlichen Plattformen auf unterschiedlichen TRL, die höchstens bei 8 liegen.

Grundsätzlich befinden sich alle Technologien im operativen Einsatz und wurden für die relevante Projektdauer und den Einsatz in der Nordsee zertifiziert.

3.2.3 Entwicklungsprognose und Forschungsbedarf

Zukünftige Projekte werden an neue technische Grenzen stoßen. Die Dimensionen der Anlagen und damit der Gründungsstrukturen wachsen weiterhin. Es wird erwartet, dass die Entwicklung der Dimensionen jedoch bald weniger schnell voranschreiten wird.

Der **Monopile** ist die in den letzten Jahren am meisten verwendete Gründungsstruktur. In den meisten Fällen werden Monopiles nach wie vor mittels Impulsrammverfahren installiert. Dieses Installationsverfahren mit einem Monopile als Gründungsstruktur erzeugt mit Abstand die höchsten Schallemissionen. Aufgrund der damit verbundenen hohen Bedeutung für die Analyse eines umweltverträglichen Ausbaus der Offshore-Windenergie wird die zu erwartende Entwicklung dieser Technologie im Folgenden näher betrachtet. Die potenzielle Entwicklung von erwartbaren Durchmessern ist in der folgenden Abb. 3.11 dargestellt. Hierbei wird der Durchmesser am Fuß des Pfahls betrachtet, der in den Meeresboden eingebracht wird.

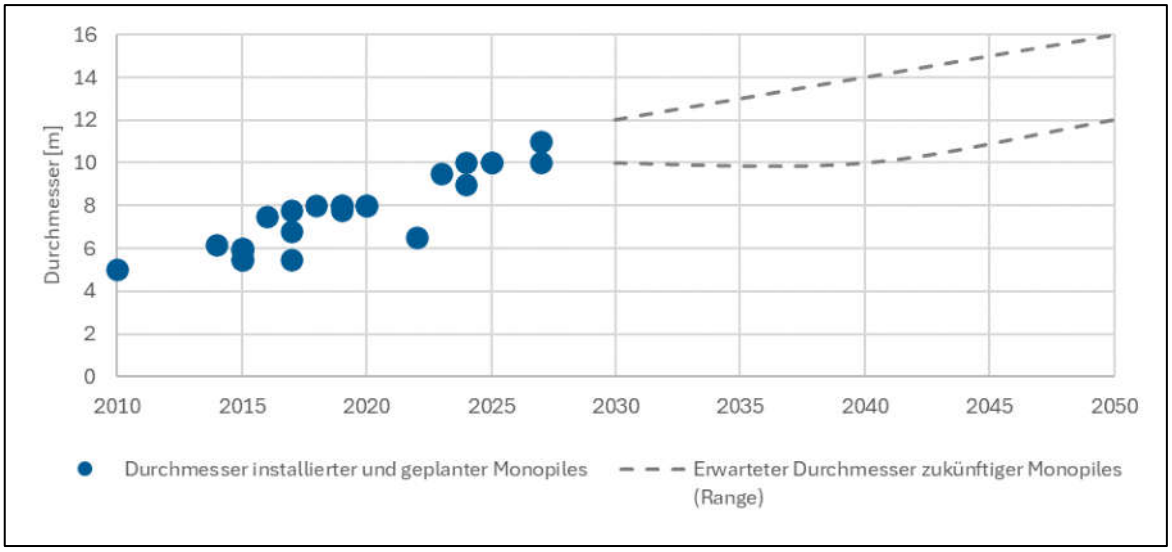


Abb. 3.11 (Erwarteter) Gründungsdurchmesser von Monopiles in der deutschen Nord- und Ostsee (Deutsche WindGuard, 2024).

[154] https://www.offshorewind.biz/2024/01/15/worlds-first-floating-wind-farm-to-undergo-first-major-maintenance-campaign-turbines-to-be-towed-to-norwegian-port/#:~:text=World%27s%20First%20Floating%20Wind%20Farm%20Best%20Performer%20in%20UK&text=In%202022%2C%20as%20the%2030,its%20five%20years%20of%20operations (zuletzt aufgerufen am 16.07.2024)

Seit 2024 werden in Deutschland XXL-Monopiles mit einem Durchmesser von ≥10 m in allen Projekten in der Nordsee eingesetzt. Die weitere Entwicklung nach 2030 wird voraussichtlich weniger große Sprünge in den Dimensionen zeigen. Die Gründe hierfür sind von technischer und wirtschaftlicher Natur. Für größere Monopiles und Windenergieanlagen wird entsprechendes Installationsequipment benötigt. Die Logistik- und Installationsunternehmen müssen den Entwicklungen der Anlagenhersteller folgen, sodass am von hoher Dynamik geprägten Offshore-Markt ein Wunsch nach Standardisierung zur Erreichung von Skaleneffekten verzeichnet werden kann. Als technische Faktoren sind der steigende Energieaufwand zum Einrammen der Pfähle und damit verbundene stärkere Hammer zu nennen. Mit höherem Energieeintrag entstehen höhere Schallemissionen, für die ausreichende Minderungsmaßnahmen eingesetzt werden müssen, die damit umfassender und aufwändiger werden (Bellmann et al. 2020).

Forschungsbedarf bei der Entwicklung von Monopiles besteht u.a. bei dem Beulverhalten von Monopiles. Das Projekt VERBATIM (Verifikation des Beulnachweises und –verhaltens großer Monopiles) verfolgte das Ziel ein besseres Verständnis für das Pfahlverhalten zu entwickeln, um die Pfahlwandstärke und den damit verbundenen Materialeinsatz optimieren zu können. Der Abschluss des Projekts war für das Jahr 2023 vorgesehen, über die Ergebnisse liegen keine Kenntnisse vor.[155]

Im Windparkprojekt Kaskasi wurde erstmal ein Stahlkragen zur Erhöhung der Tragfähigkeit von Monopiles eingesetzt. An drei Standorten wurde um den Monopile eine kegelförmige Struktur angebracht, welche den Pfahl zusätzliche Unterstützung bei seitlicher Belastung sowie die Tragfähigkeit insgesamt erhöhen soll.[156] Angaben zum Erfolg des Einsatzes oder möglicher positiver Effekte, hat der Projektentwickler RWE nicht veröffentlicht bzw. konnten im Rahmen dieser Untersuchung nicht identifiziert werden.

Sollte aufgrund der Größenentwicklung der Windenergieanlagen zukünftig eine Gründung mittels Monopiles technisch nicht mehr möglich sein, ist das **Jacket** nach jetzigem Stand der Technik die wahrscheinlichste Alternative in deutschen Gewässern. Derzeit ist jedoch unklar, wo genau die Grenzen für Monopiles liegen. Das hängt von den verschiedenen Einflussfaktoren ab (in erster Linie Dimension der Windenergieanlage, Baugrundverhältnisse und Wassertiefe). Aus diesem Grund lässt sich keine pauschale Aussage über die Grenzen z.B. bei der Wassertiefe angeben. Für die Auslegung eines Jackets gilt grundsätzlich, dass die Konstruktion umso breiter zur Ableitung der Lasten konstruiert werden muss, je flacher das Wasser ist. Da die Gründungspfähle von Jackets in jedem Fall im Vergleich zu Monopiles deutlich kleiner sein werden, kann davon ausgegangen werden, dass die heutigen Schallminderungsmaßnahmen eine ausreichende Wirkung zeigen werden.

Im Bereich des **Kolkschutzes** hat bspw. das Unternehmen „Balmoral“ mit dem Produkt „HexDefence“ eine innovative Lösung für den Kolkschutz an den Markt gebracht. Das von Schildkrötenpanzern inspirierte Design zerstreut die abgehenden Strömungen, sodass sich weniger tiefe und weniger große Kolke bilden. Das aus Beton bestehende modulare System kann für Monopiles und

155 https://www.carbontrust.com/de/news-und-insights/news/verbundforschungsprojekt-zu-verbessertem-verstaendnis-des-beulens-von-monopiles-fuer-lebensdauer-von-offshore-windkraftanlagen (zuletzt aufgerufen am 16.07.2024)

156 https://www.rwe.com/l1pc/recaptcha/1987131884/presse/rwe-renewables/2022-06-08-innovative-stahlkragen-an-offshore-fundamenten-im-rwe-windpark-kaskasi-installiert/ (zuletzt aufgerufen am 07.05.2024)

Jackets eingesetzt werden. Auf den Einsatz von Steinschüttungen soll mit diesem weniger invasiven System gänzlich verzichtet werden können. Versieglungen des Meeresbodens könnten mit dem Einsatz solcher Systeme reduziert werden.[157] Es liegen keine Kenntnisse vor, ob die Technologie inzwischen bei Projekten eingesetzt wurde oder werden soll. Ob diese Technologie mit dem im FEP 2023 vorgegebenen Einsatz von Natursteinschüttungen oder inerten und natürlichen Materialen vereinbar ist, soll an dieser Stelle nicht diskutiert werden.

Das **Suction Bucket** Jacket hat sich noch nicht durchgesetzt, wird aber nun vermehrt in Projekten eingesetzt. Die Prognose der Eindringung in den Meeresboden durch das Eigengewicht ist für das Design ein wichtiger Schritt, den es durch bessere Prognosen der zutreffenden Bodenresistenzen für die Suction Bucket Installation zu verbessern gilt. Weiterhin sind Mitigierungsmaßnahmen Gegenstand der Forschung für den Fall, dass die Simulation und das Design nicht den eigentlichen Standortbedingungen entsprechen und die Installation nicht wie geplant durchgeführt werden kann, (Luo et al. 2024).

Die Installation von Windenergieanlagen mit **Floating Foundations** bedarf weiterer Forschung im Bereich der multi-dynamischen Krafteinwirkungen, um die Effizienz der Anlagen zu optimieren. Durch die begrenzte Anzahl an bestehenden Projekten und einer Vielzahl an Modellen für Floating Foundations existieren noch keine klaren Zielmärkte für schwimmende Plattformen in Hinblick auf die unterschiedlichen Wassertiefen von Übergangsgewässern zu Tiefenwasser. In erster Linie wird ein Zielmarkt für Gewässer mit Wassertiefen über 50 - 60 m gesehen, welche aktuell für bodenfixierte Fundamente als Grenze angesehen wird. Andererseits wird ein Zielmarkt beim Einsatz in Übergangsgewässern mit 30 bis 60 m Wassertiefe gesehen, um Herausforderungen bei der Installation durch Restriktionen im Hinblick auf Schallschutz, Bodengegebenheiten oder lokale Auflagen zu begegnen (Musial et al. 2023). Bei Anwendungen in flacheren Wassertiefen befinden sich die Entwickler jedoch im direkten Wettbewerb mit den etablierten Gründungstechnologien, die ebenfalls weiterentwickelt und optimiert werden, wodurch ein Markteintritt im Rahmen von größeren Projekten in diesem Segment erschwert wird. Im Projekt TAILWIND werden neuartige Verankerungstechnologien und Plattformdesigns unter Berücksichtigung eines Netzanschlusses mit dynamischem Kabelsystem, welches kontinuierlichen Bewegungen von Wellen widerstehen soll, untersucht, um den Fortschritt zur Positionshaltung der schwimmenden Anlagen voranzutreiben.[158]

Die derzeit genutzten **Schallminderungsmaßnahmen** werden im folgenden Abschnitt 4.2.5 erläutert. Ihre Optimierung ist Teil der gegenwärtigen Forschung. Auf den zukünftigen Einsatz und Forschungsbedarf wird im jeweiligen Abschnitt eingegangen.

---

157 https://www.balmoraloffshore.com/solutions/offshore-wind/fixed-wind-turbine-solutions/hexdefence-technical-development (zuletzt aufgerufen am 16.07.2024)

158 https://www.nkt.com/news-press-releases/project-tailwind-business-and-academic-consortium-kicks-off-collaboration-on-the-future-of-floating-offshore-wind (zuletzt aufgerufen am 16.07.2024)

3.2.4 Auswirkung der Technologie auf die Meeresumwelt

In Tab. 3.5 sind die Auswirkungen von Fundamenten auf die Meeresumwelt zusammengefasst. Eine detaillierte Beschreibung der Auswirkungen auf die verschiedenen betrachteten Schutzgüter kann Kapitel 5 entnommen werden.

Tab. 3.5 Fundamente – Übersicht der Auswirkungen auf die Meeresumwelt.

Wirkfaktor	baubedingt	betriebsbedingt	rückbaubedingt
Sedimentaufwirbelungen/Trübungsfahnen	X		X
Sedimentumlagerung	X		X
Sedimentverdichtung	X		X
Schallemissionen	X		X
Visuelle Unruhe	X		X
Lichtemissionen	X		X
Flächeninanspruchnahme		X	
Einbringung von Hartsubstrat		X	
Hindernisse im Wasserkörper		X	
Stoffeinträge ins Wasser		X	
Vermischung des Wasserkörpers		X	
Windparkbezogener Schiffsverkehr		X	

3.2.5 Technologien zur Vermeidung oder Verminderung der Umweltauswirkungen

Ein wesentlicher negativer Umwelteinfluss sind die bei der Installation von Fundamenten entstehenden Schallemissionen bei den aktuell eingesetzten Rammverfahren. Für Impulsrammverfahren gibt das BSH einen ungewichteten Breitband-Einzelereignispegel (SEL) von 160 dB re 1µPa^{2}s in 750 m Entfernung zum Installationsort und einen Spitzenpegel (SPL) von 190 dB re 1µPa vor, die nicht überschritten werden dürfen und sich nach dem Schallschutzkonzept des BMU für den Schutz der Schweinswale in der deutschen Nordsee von 2013 richten (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 2013). Seither wurden die unterschiedlichen Konzepte zur Schallminderung stetig weiterentwickelt.

Prinzipiell kann eine Korrelation zwischen Rammenergie und Schallpegelwerten festgestellt werden. Je größer in der Vergangenheit die eingesetzte Rammenergie war, desto höher waren die gemessenen Schallemissionen. Der Schall wird nicht nur in die Wassersäule, sondern auch in den Boden übertragen, welcher die Energie wieder in Richtung Wassersäule reflektiert, wobei das Ausmaß stark von Bodenschichten und -widerständen abhängt (Bellmann et al. 2020). Schallschutzminderungsmaßnahmen mindern mit primären Systemen die Entstehung von Schallemissionen durch die Anpassung der Installation und Führung der Energie als solches, indem andere Installationstechniken oder Maßnahmen zur Impulsverlängerung ergriffen werden. Sekundäre Maßnahmen werden auf die Reduzierung der Schallwellen in der Wassersäule ausgelegt.

Akustische Vergrämung vor der Installation

Acoustic Harassment Devices (AHD)

Die akustische Vergrämung mit Pingern und/oder „Seal Scarern“ zur Verscheuchung von Schweinswalen, Seehunden und anderen marinen Lebewesen vor der Installation sind etablierte Technologien, die relativ unaufwändig eingesetzt werden können. Die Geräte setzen akustische Signale ab, die zielgerichtet angepasst werden können und in den relevanten Frequenzen operieren. Es sollte sichergestellt werden, dass der Einsatz an das relevante Lebewesen angepasst ist. Boisseau et al. (2021) zeigten, dass z.B. der Zwergwal mit einer Frequenz von 15 kHz und einem Quellpegel von 198 dB mit Meidung reagiert. Mikkelsen et al. (2017) ermittelten, dass Schweinswale und Seehunde völlig unterschiedlich auf das gleiche Signal reagierten. Schweinswale meideten das AHD mit 12 kHz. Seehunde waren eher interessiert, sodass die Tiere teilweise eher näherkamen.

Soft-Start Prozedur

Mit einem „Soft-Start“ wird bei der Installation mittels Impulsrammverfahren die eingesetzte Hammerenergie zu Beginn der Installation langsam und stetig erhöht. Zu Beginn werden einzelne Schläge auf den Pfahl gegeben, sodass marine Lebewesen sich von der Geräuschquelle entfernen können. Gleichzeitig wird die Vertikalität des Pfahls festgestellt und ggf. korrigiert. Schrittweise werden Anzahl der Schläge und Intensität von ca. 10 % der Hammerkapazität bis zur geplanten Auslastung, welche von Eindringtiefe und Bodenbedingungen abhängt, erhöht. Der Soft-Start ist eine etablierte Maßnahme, die fester Bestandteil des projektspezifischen Schallschutzkonzeptes ist (M. A. Bellmann et al., 2020).

Anpassung und Optimierung der Installationsmethode und -technik als primäre Schallminderungsmaßnahmen

Vibroverfahren

Das Vibroverfahren, auch Vibrationsrammung oder Vibropiling genannt, ist eine Technik, bei der die Gründungen über senkrecht gerichtete kontinuierliche Vibrationen in den Boden eingebracht werden. Im Gegensatz zur Impulsrammung wird die Energie im Niedrigfrequenzbereich mit < 20-40 Hz eingebracht, wodurch Spitzenpegel vermieden und der Dauerschallpegel niedrig gehalten werden sollen. Der Dauerschallpegel SPL soll nach Modellen zwischen ca. 133 dB re 1 µPa und ca. 142 dB re 1 µPa in 750 m Entfernung liegen. Das Verfahren kann invers zur Rückführung eines eingebrachten Pfahls im Falle von bspw. Hindernissen eingesetzt werden (Koschinski & Lüdemann 2020). Der Vibrohammer beinhaltet gleichzeitig das Tool zur Aufrichtung des Monopiles, sodass während der Installation gewöhnlich übliche Zwischenschritte zum Aufrichten und Einspannen in den Gripper-Rahmen entfallen, welcher den Pfahl vor der Installation aufrecht hält. Freihängend kann der Pfahl am geplanten Standort abgesetzt und einvibriert werden. Das Verfahren hat somit das Potential, die Emissionen von Unterwasserschall, die Installationsdauer im Hinblick auf den Rammvorgang und die Gesamtinstallation sowie die Materialermüdung im Vergleich zur Impulsrammung zu verringern.[159] Zusätzliche Schallminderungsmaßnahmen wären damit nicht länger er-

[159] https://capeholland.com/news/7-flanged-monopiles-for-kaskasi-owf/ (zuletzt aufgerufen am 16.07.2024)

forderlich. Zurzeit werden das Verfahren und die erforderlichen Anpassungen des Monopile-Designs noch genauer erforscht. Es wurde bisher bei diversen Installationen von OWP eingesetzt, zuletzt beim Bau des OWP „Kaskasi II“. Im begleitenden Projekt „VISSKA“ wurden u.a. Unterwasserschallmessungen durchgeführt. Die Ergebnisse bestätigen, dass der gemessene Dauerschallpegel im Niedrigfrequenzbereich liegt (<250 Hz), jedoch mit ca. 150-165 dB in 750 m Entfernung über den Modellwerten. Den Messungen stehen jedoch viele Unsicherheiten gegenüber, u.a. dass die Monopiles nicht wie ursprünglich geplant bis auf die erforderliche Einbringtiefe gebracht werden konnten. Um die finale Eindringtiefe zu erreichen, musste abschließend eine Impulsrammung vorgenommen werden (Itap 2024). Daneben traten unklare Amplitudensprünge, unklare sprunghafte Pegelanstiege und Abschattungseffekte durch das Installationsschiff auf.

Das Projekt GROW, ein Verbundforschungsprogramm in den Niederlanden, erweitert in zwei Teilprojekten das erläuterte Vibroverfahren. Das Teilprojekt „Silent Installation of MonoPiLEs III (SIMPLE III)“ erforscht den Einsatz eines Vibrojet-Verfahrens. Eine Düse wird am unteren Pfahlende zur Bodenauflockerung eingesetzt, um die Resistenz des Bodens zu verringern. Das Projekt ordnet das Vibrojetverfahren im TRL 5-6 ein und beabsichtigt das Verfahren in der nächsten Phase für den Einsatz von Pfählen bis zu 4 m Durchmesser auf das nächste TRL 7 zu bringen.[160]

Das „Gentle Driving of Piles 2.0 (GDP2.0)“ bringt zur senkrechten Vibration im Niedrigfrequenzbereich eine hochfrequente Torsionsbewegung in den Vorgang ein, sodass der Pfahl mit einer zusätzlichen Drehbewegung eingebracht wird. In der nächsten Phase des Projektes sollen Pfähle mit einem Durchmesser von bis zu 4 m und daraufhin Monopiles für den Offshore-Einsatz getestet werden. Die im Rahmen des Projektes eingesetzte Technologie ist dem TRL 5-7 zuzuordnen.[161]

Aktuell fehlen Richtlinien zur Erfassung von Dauerschalleintrag, Grenzwerte für kontinuierlichen Schall und die Beurteilungskriterien für die Auswirkungen auf Meerestiere. Es besteht weiterhin Forschungsbedarf bei dieser Installationsmethode für Fundamente hinsichtlich der zugehörigen Schallabstrahlung und der Weiterleitung im Wasser sowie der Auswirkung der Dauerbelastung auf die Meeresfauna. Inwiefern das Verfahren für ein jeweiliges Projekt geeignet ist, bedarf der Einzelprüfung, da auch die Standfestigkeit des Pfahls berücksichtigt werden muss (Bellmann & Matuschek 2019, Bellmann et al. 2020).

Impulsverlängerung (PULSE, MNRU und EQ-Piling)

Hammerhersteller haben unterschiedliche Verfahren entwickelt, die ein gleiches Ziel verfolgen: Die Rammkraft soll verringert, aber gleichzeitig über einen längeren Zeitraum in den Pfahl einwirken und die Emissionen in einen niedrigeren Frequenzbereich verschoben werden.

Im PULSE System (Piling Under Limited Stress Equivalent) der Firma IHC wird eine modulare Einheit mit einer Flüssigkeit zwischen zwei Stößeln zwischen Hammer und Amboss platziert. Die Menge der

160 https://grow-offshorewind.nl/project/silent-installation-of-monopiles-iii-simple-iii (zuletzt aufgerufen am 16.07.2024)

161 https://grow-offshorewind.nl/project/gdp2-0 (zuletzt aufgerufen am 16.07.2024)

Flüssigkeit kann individuell verändert werden, sodass die Installationen pfahloptimiert durchgeführt werden können. Das System kann um 6-9 dB SEL und um 9-12 dB SPL (Herstellerangabe) senken.[162] Eingesetzt wird das Verfahren beim Bau des OWP „EnBW He Dreiht“[163].

Die Menck Noise Reduction Unit (MNRU) wirkt nach dem gleichen Prinzip, allerdings wird nicht eine Flüssigkeit als Energieüberträger, sondern eine Reihe von Stößeln genutzt. Das System kann den Schalleintrag um 9-12 dB (Herstellerangabe) reduzieren.[164]

Beide Systeme reduzieren den Wirkungsgrad des Hammers. Dies muss mit der Nutzung eines größeren Hammers mit höherer Rammenergie kompensiert werden.

Als EQ-Piling (vormals BLUE Piling) bewirbt das Unternehmen IHC eine Technik, die anstatt mit Stößeln und konventionellem Hammer eine Wassersäule zur Erzeugung der Antriebskraft nutzt. Wasser wird in einem Tank nach oben gedrückt und auf anschließend fallen gelassen, wodurch der Pfahl in den Boden eindringt. Im Vergleich zum herkömmlichen Impulsrammen können mit dieser Technologie 20 dB SEL (Herstellerangabe) reduziert werden.[165] Das System reduziert durch die Verlängerung des Impulses außerdem die Beanspruchung des Stahls bzw. des Materials, die für die Standfestigkeit und Betriebsdauer eine Rolle spielt. In der Literatur werden 19-24 dB SEL bei einer Wassertiefe von 22,4 m als Potenzial zur Schallreduzierung angegeben (Koschinski & Lüdemann 2020).

Alle Verfahren werden am Markt vertrieben und erreichen TRL 8-9.

Jettingverfahren

Das Jettingverfahren ermöglicht die Absenkung des Pfahls mithilfe von Wasserstrahldüsen, die den Boden unter dem Pfahlfuß verflüssigen und die Bodenfestigkeit reduzieren, sodass der Pfahl durch sein Eigengewicht einsinken kann. Das Verfahren befindet sich in der Entwicklung beim Projektentwickler und Windparkbetreiber Ørsted. Mithilfe des Jettings soll der Schallpegel so weit reduziert werden können, dass er geringfügig über dem Hintergrundgeräuschlevel liegt. Die Reduzierung wurde mit 34 dB (Entwicklerangabe ohne Bezug) im Vergleich zu herkömmlichen Methoden im Projekt Gode Wind 3 für drei installierte Monopiles angegeben. Im nächsten Schritt soll die Industrialisierung des Verfahrens und der Einsatz für Standorte mit komplexeren Bodenbedingungen als reinem Sandboden weiterentwickelt werden [166]

Es ist nicht bekannt, ob zur Erbringung des Nachweises des Tragverhaltens im Projekt Gode Wind 3 Pfahlrammungen im letzten Abschnitt der Installation durchgeführt werden mussten.

---

162 https://iqip.com/pulse/ (zuletzt aufgerufen am 16.07.2024)

163 https://iqip.com/iqips-latest-and-largest-innovation-in-noise-mitigation-well-on-its-way/ (zuletzt aufgerufen am 16.07.2024)

164 https://acteon.com/products-services/underwater-noise-environmental-impact-assessment/ (zuletzt aufgerufen am 16.07.2024)

165 https://iqip.com/products/pile-driving-equipment/eq-piling-technology/ (zuletzt aufgerufen am 16.07.2024)

166 https://orsted.com/en/media/news/2024/07/orsted-successfully-pilots-new-technology-that-fur-13959650 (zuletzt aufgerufen am 23.07.2024)

Dem Verfahren kann ein TRL von 7 zugesprochen werden.

Technische Maßnahmen als sekundäre Schallschutzsysteme bei der Installation

Blasenschleier in verschiedenen Variationen

Erstmalig wurde der große Blasenschleier 2011 seriell eingesetzt. Bei diesem steigen kleine Luftblasen vom Meeresboden auf und mindern den durch die Installation des Fundaments emittierten Schall. Luft weist eine geringere Impedanz auf als Wasser und transportiert den Schall somit schlechter. Diese Methodik gilt derzeit als die gebräuchlichste pfahlferne Schallschutzmaßnahme (TRL 9). Sie kann bei allen zu rammenden Fundamenttypen eingesetzt werden. Je nach Höhe der Schallemission und des Bedarfs an Schallreduzierung kann sie als einfacher „Big Bubble Curtain" (BBC) bis hin zu einer vierfachen Ausführung von Blasenschleiern eingesetzt werden (M. A. Bellmann et al., 2020). Grundsätzlich besteht der Blasenschleier aus perforierten Düsenschläuchen bzw. Rohrsystemen mit Zuluftschläuchen, Kompressoren zur Förderung von Druckluft und einem Begleitschiff mit Winden, Luftverteilungssystem und Lagerkapazitäten für die Kompressoren. Die großen Blasenschleier werden in weitem Abstand um die Rammstelle ringförmig mittels des Begleitschiffs verlegt und ballastiert sowie nach dem Einsatz wieder eingeholt und gelagert. In der gleichen Zeit können Installationsarbeiten vorbereitet oder nachbereitet werden, da das System von der eigentlichen Installation entkoppelt ist. Über die Zuluftschläuche wird Druckluft von den Kompressoren auf den Begleit- oder Errichterschiffen in die perforierten Schläuche geleitet (Ørsted, 2018). Aufgrund der Druckunterschiede innerhalb und außerhalb der Schläuche tritt Luft in Form von Luftblasen aus den Löchern und steigt in Richtung Wasseroberfläche. Die Größe und Form der Blasen können nur sehr gering durch die Austrittslöcher im Schlauch beeinflusst werden. Die Luftblasen werden während des Aufstiegs von der Meeresströmung erfasst und abgetrieben. Dieser Vorgang kann teilweise durch eine elliptische Auslegungsform der Schläuche mit größerem Abstand zum Fundament in Strömungsrichtung kompensiert werden. Dabei wirken Blasenschleier frequenzabhängig. Sie sind in projektspezifisch angepassten und optimierten Ausführungen in der Lage, hohe Frequenzen effektiv zu mindern. Bei tiefen Frequenzen fällt das Potenzial stetig ab. Schallminderung mittels Blasenschleier ist somit gut geeignet, Schalleinträge für marine Säugetiere zu mindern, die gut im hochfrequenten Bereich hören können (Schweinswal, Delfine, Robben). Für Arten, die im tieffrequenten Bereich hören (Zwergwal) kommt es nur zu einer geringfügigen Schallminderung durch den Einsatz des Blasenschleiers.

In der Variante des kleinen Blasenschleiers liegen mehrere Ringe nah um das in den Meeresboden einzuführende Fundament. Sollen die Luftblasen unabhängig von der Strömung aufsteigen, kann ein geführter Blasenschleier eingesetzt werden, bei dem die Luftblasen entlang einer Membran oder Wand aufsteigen.[167]

Bisherige Erfahrungen bei optimierten, doppelten Blasenschleiern zeigen eine Verringerung von 15 - 16 dB bei einer Wassersäule von 40 m. Perspektivisch könnten bis zu 18 dB Verringerung erreicht werden. Einflussnehmend auf die Eindämmung des Schalls sind Faktoren wie die Lochgröße, die Schlauchlänge, die verwendete Luftmenge, der Abstand der Löcher, die Wassertiefe, die Strömung,

[167] https://bwo-offshorewind.de/category/offshore-windenergie/natur-und-artenschutz/schallschutz/ (zuletzt aufgerufen am 16.07.2024)

Anordnung des Schlauches am Meeresboden und die Entfernung zur Rammstelle. Die Wirksamkeit des Blasenschleiers als Schallschutzmaßnahme wird mittels Tests, z. B. mit einem Seitensichtsonar, vor Beginn der Installation überprüft. Vorgaben legen die Verwendung neuartiger Düsenschläuche und Kompressoren, minimale Luftmengen, die Schlauchlängen und die Dokumentation sämtlicher Anwendungen der Schläuche fest (Bellmann et al., 2020).

Hydroschalldämpfer

Der Hydroschalldämpfer (HSD) ist ein pfahlnahes Schallschutzsystem auf Basis von Netzen mit daran befestigten Dämpfelementen. Das System besteht aus der Absenk- bzw. Hebevorrichtung, dem Netz mit Dämpfelementen und der Ballastbox. Die Elemente bilden Körper mit dünnen, elastischen Hüllen, die mit Luft gefüllt sind. Auch als HSD-Elemente bezeichnet, bestehen sie aus unterschiedlichen Schaumstoffelementen verschiedener Form, Größe und Material. Jedes Element ist ein lokaler Resonator, der auf unterschiedliche Frequenzen abgestimmt werden kann. Damit können sowohl hohe als auch tiefe Frequenzen bei unterschiedlichen Meerestiefen absorbiert werden.

Die Hebevorrichtung ist am Installationsschiff oder unterhalb der notwendigen Pfahlführung befestigt. Mit Hilfe der Hebevorrichtung und der Ballastbox kann das Netz vor der Rammung zwischen Wasseroberfläche und dem Meeresboden aufgespannt und die gesamte Wassersäule abgedeckt werden. Vorrichtung und Ballastbox sind bisher projektspezifische Entwicklungen und Anfertigungen. Dadurch sind Pfahlpositionierung und Ausbringung des Netzes sehr variabel. Dabei halten innenliegende Rollen die Ballastbox um den Monopile in Position. Auch die Netze mit der Belegung der Elemente sind projektspezifisch entwickelt und gefertigt. Je mehr HSD-Elemente genutzt werden und je länger das Netz ist, desto größer muss der Abtrieb durch den Ballast sein. Anders als bei Blasenschleiern ist die genaue Einstellung von Form, Größe, Anzahl und Anordnung der künstlichen Luftblasen an HSD-Netzen vorbestimmbar. Dieses Konzept ist allerdings nur anwendbar, wenn der Pfahl nicht seitlich in den Greifer bzw. die Pfahlführung eingeführt wird, sondern von oben abgesenkt wird.

Die Schallminderung des Systems ist für tiefe Frequenzen sehr verlässlich. Daher eignet sich das Verfahren gut in Kombination mit einem Blasenschleiersystem. Dieses Verfahren wird häufig bei Monopile-Installationen verwendet (TRL 9). Es sind damit nach bisherigen Erfahrungen vorrangig Einsparungen im tieffrequenten Bereich von bis zu 13 dB möglich. Die erwirkte Schallminderung ist dabei unabhängig von der Wassertiefe, vorherrschenden Strömungen und der Raumrichtung des Schalls. Das Verfahren lässt sich bei variierenden Wassertiefen innerhalb eines Baugebiets ohne Probleme und Modifikationen einsetzen (M. A. Bellmann et al., 2020; BWO, 2020).

Helmholtz Resonatoren (AdBm-NAS)

Im Jahr 2020 wurde das AdBm System im Borssele 3 & 4 OWP erfolgreich in Kombination mit einem doppelten Blasenschleier eingesetzt. Die Technologie des Unternehmens beruht auf dem System von Helmholtz Resonatoren. Hierbei werden zylinderförmige, luftgefüllte Hülsen auf Platten miteinander verbunden und auf verschiedenen Höhen um den Monopile platziert. Der Schall streift die Resonatoren und diese entnehmen der Schallwelle Energie, ähnlich wie eine Flasche, die am Hals angeblasen wird und einen Ton erzeugt. Die Resonanzfrequenz, also die Frequenz, auf welcher der Resonator optimal arbeitet, ist u.a. abhängig von dem Halsdurchmesser, sodass Resonatoren mit unterschiedlichem Durchmesser kombiniert werden können.

Das Unternehmen AdBm Technologies gibt an, dass das System bei Monopiles mit 10 m Durchmesser und 40 m Wassertiefe ca. 170 t wiegen wird und in ca. 10 Minuten installierbar sei. Durch das grundsätzliche Design mit unterschiedlichen Halsdurchmessern soll der Schall breitbandig, also auf einem großen Frequenzbereich, gemindert werden. Der Aufbau kann für bestimmte Zielfrequenzen angepasst werden und arbeitet generell bei niedrigen Frequenzen besonders effizient. Mit der Kombination mit einem Blasenschleier, der hohe Frequenzen besser abschirmt, soll ein optimales Ergebnis erzielt werden.[168] Insgesamt könnte damit der Schall um bis zu 15 dB SEL reduziert werden (Elzinga et al. 2019).

Ob das System nach der Anwendung im Jahr 2020 erneut eingesetzt wurde, konnte im Rahmen dieser Studie nicht bestätigt werden, sodass die Technologie einem TRL von 8 zugeordnet werden kann.

Hüllrohr und Schallschutzmantel

Hüllrohre sind als Schallschutzmaßnahme aufgrund ihrer Form vornehmlich für Monopiles ausgelegt. Mit geeigneten Konzepten können sie jedoch auch für andere Fundamenttypen eingesetzt werden. Es handelt sich dabei um einwandige oder doppelwandige Rohre mit umschließender Isolierung aus Luft, Schaumstoff oder Blasenschleiern entlang der gesamten Wassersäule. Hüllrohre entkoppeln die Rammpfähle weitestgehend akustisch vom Wasserkörper durch die Impedanzsprünge zwischen den Stahlwänden. Dies erzielt eine konstante Schallminderung in tiefen und hohen Frequenzbereichen. Dennoch können Bodenkopplungen nicht ausgeschlossen werden.

Die Systeme wurden bisher bei Wassertiefen bis zu 40 Meter und Pfahldurchmesser von bis zu 8 Metern eingesetzt und bieten gleichzeitig zu ihrer Funktion als Schallschutz die Pfahlführung für die Einbringung der Monopiles. Mittels integrierter Sensoren sind sie im Stande, Neigungsmessungen an den Pfählen durchzuführen. In Systemen von mehr als 6 Meter Durchmesser und bei Wassertiefen über 25 Meter kommt zusätzlich im Zwischenspalt zwischen Innenrohr und Rammpfahl ein kleiner Blasenschleier zum Einsatz. Die dazu notwendige Luft wird vom Installationsschiff geliefert. In der Literatur wird eine Schallreduzierung von 13-16 dB SEL erwartet. Das System ist nicht begrenzt durch die Wassertiefe und kann prinzipiell im notwenigen Umfang skaliert werden. Die Technologie wurde bereits in vielen Installationskampagnen eingesetzt, sodass von einem bewährten System (TRL 9) gesprochen werden kann (Koschinski & Lüdemann 2020).

Bei der Installation führt der Kran des Installationsschiffes den Rammpfahl über das auf dem Meeresboden abgesetzten Hüllrohr. Anschließend kann der Pfahl mittels Impulsrammverfahren im Meeresboden verankert werden. Die Installation endet oberhalb des Hüllsystems, sodass der Rammhammer nicht in Kontakt mit dem Schallschutz gerät. Der Rückbau des Hüllrohrs erfolgt mit der Rücknahme des Hüllrohrs durch das Installationsschiff. Weitere Installationsmöglichkeiten sind, den Rammpfahl bereits auf dem Installationsschiff in das Hüllrohr zu schieben oder das Hüllrohr nach Absetzen des Rammpfahl überzustülpen. Auch lässt sich eine Halbschalen-Methodik anwenden, bei der zwei Hüllhälften um den Monopile geschlossen und nach Beendigung des Rammvorgangs wieder geöffnet werden. Variiert die Größe des Monopiles und die Wassertiefe innerhalb des

168 https://adbmtech.com/videos (zuletzt aufgerufen am 16.07.2024)

Bauvorhabens, so ist das Hüllrohr ungeeignet, da Länge und Durchmesser des Systems nicht flexibel variiert werden können.[169]

Das Unternehmen IQIP vertreibt ein solches System als „Integrated Monopile Installer“. Der Schallpegel soll auf unter 160 dB[170] gesenkt werden, aber ein Umfang der Reduzierung wird vom Hersteller nicht angegeben. Erfahrungswerte bei Monopiles mit bis zu 8 m Durchmessern und einer Wassertiefe bis zu 40 m liegen bei Minderungen von ca. 15 – 17 dB (Itap 2021). Eingesetzt werden soll das System in einer weiterentwickelten Form bspw. beim Bau der OWP Nordlicht I, He Dreiht und Nordseecluster A. Für den OWP He Dreiht haben kürzlich durchgeführte Tests die Erfahrungswerte, auch für Pfahldurchmesser von 9,2 m, bestätigt. In Kombination mit einem doppelten Blasenschleier und dem IQIP PULSE System konnten Minderungen in Höhe von 24 dB festgestellt werden.[171]

Das Unternehmen W3G Marine entwickelt das System „HydroNAS“, welches auf einem ähnlichen Prinzip beruht. Um den Pfahl wird ein Gewebe gespannt, welches mit Luft gefüllt wird, sodass eine kontinuierliche Luftsäule einen Luftmantel um den Pfahl bildet. Der Hersteller gibt an, Schallreduzierungen in Höhe von bis zu 25 dB SEL und 35 dB SPL zu erreichen.

Kofferdamm

Ein Kofferdam ist ein zusätzliches Stahlrohr, welches den Rammpfahl umschließt. Anders als bei Hüllrohren oder Schallschutzmantelsystemen wird bei einem Kofferdamm der Zwischenraum zwischen Monopile und zusätzlichem Rohr entwässert, sodass der zu installierende Pfahl umgeben von Luft gerammt wird. Hierfür muss das Rohrende am Boden wirksam abgedichtet werden, sodass kein Wasser in den Spalt eindringen kann und das Seewasser mit Pumpen oder durch Überdruck abgeleitet werden.

Nach gescheiterten Testversuchen konnte sich die Technologie nicht durchsetzen. Prognosen schrieben dem System Schallreduzierungen von bis zu 23 dB SEL zu (Koschinski & Lüdemann 2020).

Kombinationen

In der Praxis werden pfahlferne und pfahlnahe Schallschutzmaßnahmen i.d.R. kombiniert, um die gewünschte Schallschutzminderung zu erreichen.

Die Auswertung von Monopile Installationen in der Nordsee im Hinblick auf eingesetzte Schallschutzsysteme in der folgenden Abb. 3.12 zeigt, welche Ergebnisse die Kombination mehrerer Systeme im Mittel im Verhältnis zum Einsatz einfacher Systeme erzielt.

169 https://bwo-offshorewind.de/category/offshore-windenergie/natur-und-artenschutz/schallschutz/ (zuletzt aufgerufen am 16.07.2024)

170 https://iqip.com/products/pile-driving-equipment/integrated-monopile-installer/ (zuletzt aufgerufen am 16.07.2024)

171 https://www.heerema.com/news/heerema-showcases-major-noise-reduction-with-double-walled-t-nms-10000 (zuletzt abgerufen am 17.07.2024)

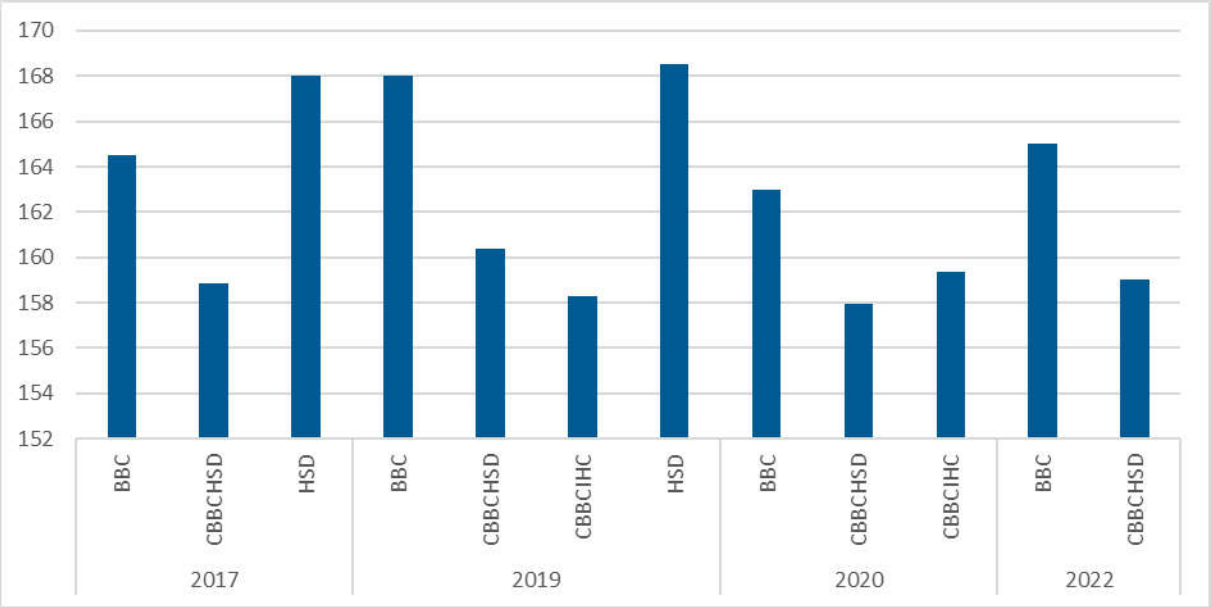


Abb. 3.12 Mittelwerte dB SEL aus MarinEARS (BSH) für Monopile Installationen in der Nordsee.

Die Anwendung einfacher Systeme, wie des Großen Blasenschleiers (BBC), und von Hydroschalldämpfern (HSD) führte im Mittel zu Schallwerten oberhalb des Grenzwertes von 160 dB. Der Einsatz eines einfachen Schallminderungskonzeptes war damit prinzipiell nicht ausreichend. Die Kombinationen von Maßnahmen, wie dem Blasenschleier und Hydroschalldämpfern (CBBCHSD) und Blasenschleier und IHC Schallschutzmantel (CBBCIHC) unterschritten in der Regel den Grenzwert. Die Kombination von primären und sekundären Systemen ist die gängige Methode.

Variation der Fundamentart

Als Alternative zu den gängigen Fundamentarten Monopile und Jacket können andere Fundamentarten verwendet werden, um weniger Schalleinträge durch lärmärmere Installationsmethoden zu generieren.

Die Installation von Suction Bucket Fundamenten hat in der Vergangenheit zu keinem messbaren Schallpegelanstieg in 750 m Entfernung geführt. Der gemessene Schalldruckpegel ($L_{eq}50$) unterschied sich nicht von der sonstigen Geräuschkulisse (137 dB). Der Lärm der verwendeten Pumpen, die im Suction Bucket den erforderlichen Unterdruck erzeugen, konnte nicht gemessen werden. Allerdings wurden bei den Messungen parallele Installationsarbeiten getätigt, sodass es sich nicht um eine ungestörte Messumgebung handelte.

Schwimmende Fundamente benötigen eine geeignete Verankerung, welche die Fundamente an Ort und Stelle halten. Diese ist abhängig vom Typ und dem Design des schwimmenden Fundaments und der Bodenverhältnisse. Dabei können Schlepp-, Schraub-, Suction-, Pfahlanker oder Klumpengewichte eingesetzt werden, die jeweils mit unterschiedlichen Installationstechniken im Boden verankert werden.[172] Pfahlanker werden ähnlich wie Pin Piles durch Rammungen in den Meeresboden

172 https://acteon.com/blog/anchor-types-for-floating-wind/ (zuletzt aufgerufen am 16.07.2024)

eingebracht und weisen ähnliche Dimensionen auf mit ca. 5 m Durchmesser, 40-100 t Gewicht und 40 m Länge[173].

Überblick der technischen Optionen zur Lärmminderung

Für eine bessere Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Technologien werden die relevanten Ergebnisse im Hinblick auf die Vermeidung und/oder Verminderung von Schallemissionen während des Installationsvorgangs in der folgenden Tab. 3.6 zusammengefasst.

[173] https://www.sdi.co.uk/media/l31f0f42/02-anchors-moorings.pdf (zuletzt aufgerufen am 16.07.2024)

Tab. 3.6 Überblick primärer und sekundärer technischer Optionen zur Lärmminderung.

Typ	Technische Funktionsweise	(Erwartete) Effektivität	Technologiestärken	Technologieschwächen
Primäre Schallminderungsmaßnahmen				
Vibroverfahren	Einvibrieren des Pfahls anstatt Impulsrammen	Absenken des Schallpegels SPL auf Werte zwischen ca. 133 dB und ca. 142 dB (Modellberechnung)	+ Lärmemissionen werden zu tieferen Frequenzen verschoben + Verfahren invers anwendbar	- wenig Kenntnisse über Auswirkungen von Dauerschall auf Schutzgüter
Impulsverlängerung	Stößel aus unterschiedlich möglichem Material zwischen Hammer und Amboss, um Rammenergie über einen längeren Zeitraum einwirken zu lassen	PULSE: 6-9 dB SEL und 9-12 dB SPL (Herstellerangabe); 4-6 dB SEL (Literatur) MNRU: 9-12 dB (Herstellerangabe ohne Bezug); 9 dB SEL und 11 dB SPL bei Ø 6,5 m (Literatur) EQ-Piling: 20 dB SEL (Herstellerangabe); 19-24 dB SEL bei einer Wassertiefe von 22,4 m (Literatur)	+ Lärmemissionen werden zu tieferen Frequenzen verschoben + geringere Materialermüdung + variierbar bei unterschiedlichen Wassertiefen innerhalb des Projekts	- Reduzierung des Wirkungsgrads des Hammers, sodass dies mit einem größeren Hammer kompensiert werden muss
Jettingverfahren	Verflüssigung des Meeresbodens am Pfahlfuß mithilfe von Wasserstrahldüsen	bis zu 34 dB (Herstellerangabe ohne Bezug)	+ keine Materialermüdung beim Installationsvorgang + variierbar bei unterschiedlichen Wassertiefen innerhalb des Projekts	- wenig Kenntnisse über Auswirkungen des Schalleintrags und der Verwirbelungen auf Schutzgüter

Typ	Technische Funktionsweise	(Erwartete) Effektivität	Technologiestärken	Technologieschwächen
Sekundäre Schallminderungsmaßnahmen				
Blasenschleier	Einfach oder doppelter Basenschleier aus perforierten Düsenschläuchen, aus denen Luftblasen aufsteigen in Entfernung zum Pile	bis zu 18 dB SEL bei Wassertiefen bis 40 m und Ø 8 m (Literatur)	+ Pfahlfernes System (Vorbereitung parallel zur Installationsvorbereitung) + variierbar bei unterschiedlichen Wassertiefen innerhalb des Projekts	- Größe und Form der Blasen können nur sehr gering durch die Austrittslöcher im Schlauch beeinflusst werden - Beeinflussung durch Strömungsrichtung - Geringeres Minderungspotenzial in tiefen Frequenzen
Hydroschalldämpfer	Netz mit elastischen, luftgefüllten Ballons oder PE-Hartschaumelementen	bis zu 13 dB SEL (Literatur)	+ unabhängig von Wassertiefe und Strömung + variierbar bei unterschiedlichen Wassertiefen innerhalb des Projekts	- einsetzbar, sofern der Pfahl nicht seitlich in den Pfahlgreifer eingeführt wird
Helmholtz-Resonatoren	Wabenartige Platten mit tauchfähigen, luftgefällten Resonatoren, die um den Pfahl abgelassen werden	bis zu 15 dB SEL in Kombination mit doppeltem Blasenschleier (Testergebnisse)	+ leichte Konstruktion und schnelle Installation	- besonders effizient für niedrige Frequenzen
Hüllrohr und Schallschutzmantel	Zusätzliches (doppelwandiges) Rohr um den Pfahl mit innerem Blasenschleier bzw. zusätzliches luftgefülltes Gewebe um den Pfahl	IHC Integrated Monopile Installer: bis zu 16 dB SEL bei einer Wassertiefe < 40 m und Ø 8 m (Literatur) HydroNAS: bis zu 25 dB SEL und bis zu 35 SPL (Herstellerangabe)	+ nicht begrenzt durch Wassertiefe	- nicht variierbar bei stark unterschiedlichen Wassertiefen innerhalb des Projekts

3.2.6 Stärken-Schwächen-Analyse

Jede Fundamentart hat sehr spezifische Stärken und Schwächen, die bei der Planung abgewogen werden, da umweltfachliche und technische Aspekte (neben wirtschaftlichen) bedacht werden müssen. Für eine Ableitung des potenziellen Einsatzes im NSG „Doggerbank“ wurde in Tab. 3.7 eine Stärken-Schwächen-Analyse im Hinblick auf eine spätere Einordnung durchgeführt. Als Technologiestärken werden positive Eigenschaften im Hinblick auf die jeweilige Kategorie und als Schwächen negative Eigenschaften gewertet. Eingeschränkte Stärken/Schwächen werden durch Wechselwirkungen oder sowohl positive als auch negative Eigenschaften innerhalb einer Kategorie abgeleitet.

Tab. 3.7: Stärken-Schwächen-Analyse unterschiedlicher Fundamentarten im Vergleich zueinander

Kriterium	Monopile	Jacket	Suction Bucket Jacket	Floating Foundation
Konzeptionierungsaufwand	Einfache Konstruktion / fixierte Bodenverankerung	Mehrere Komponenten (Pin Piles und aufgelöste Struktur) / fixierte Bodenverankerung	Mehrere Komponenten (Suction Buckets und aufgelöste Struktur) / fixierte Bodenverankerung	Multi-dynamische Lasten / dynamische Bodenverankerung
Materialeinsatz/Herstellungsaufwand	Hoher Materialeinsatz/Geringer Herstellungsaufwand	Geringer Materialeinsatz/Hoher Herstellungsaufwand	Hoher Materialeinsatz/Hoher Herstellungsaufwand	Hoher Materialeinsatz/Hoher Herstellungsaufwand
Umfang geotechnischer Analysen und Bodenvorbereitung	Lokationsspezifische Voruntersuchung in die Tiefe	Lokationsspezifische Voruntersuchung in die Tiefe	Lokationsspezifische Voruntersuchung in die Tiefe und Bauwerksbreite / Ausschluss von harten Einschlüssen	Lokationsspezifische Voruntersuchung der oberen Bodenschicht
Installations- und Logistikaufwand	Seetransport schwerer Konstruktion / umfassendes Installationsequipment (Hammer, Greifer, Aufrichteinheit) und Spezialschiffe notwendig / Installation einer Komponente (und evtl. TP)	Mehrere Seetransporte / umfassendes Installationsequipment (Hammer, Greifer, Aufrichteinheit) und Spezialschiffe notwendig / Installation mehrerer Komponenten in mehreren Schritten	Seetransport schwerer Konstruktion / Installationsequipment (Pumpen) und Spezialschiffe notwendig / Installation einer Komponente in mehreren Schritten	Schleppung zur Ziellokation / Verbindung mit Ankern / keine Spezialschiffe notwendig
Schallemissionen	Hohe Schallemissionen bei Impulsrammung	Weniger hohe Schallemissionen bei Impulsrammung	Wenige Schallemissionen durch Pumpenbetrieb und Schiffsbetrieb	Weniger hohe Schallemissionen bei Impulsrammung von Pfahlankern
Einsatz in 30-50 m Wassertiefe	Optimaler Einsatz bis 50 m	Optimaler Einsatz zwischen ca. 30 und 60 m	Optimaler Einsatz zwischen ca. 30 und 60 m	Möglicher Einsatz ab 40 m
Bodenversiegelung	Großflächige Bodenversiegelung durch Kolkschutz	Großflächige Bodenversiegelung durch Kolkschutz	Großflächige Bodenversiegelung durch Suction Bucket und Kolkschutz	Geringe Bodenversiegelung an Ankerpuntken

Kriterium	Monopile	Jacket	Suction Bucket Jacket	Floating Foundation
Rückbaufähigkeit	Abtrennung 1 m unter Meeresboden (Stand der Technik) ●	Abtrennung 1 m unter Meeresboden (Stand der Technik) ●	Vollständiger Rückbau möglich ●	Vollständiger Rückbau möglich ●
Technologiereife (Nordsee)	TRL 9 ●	TRL 9 ●	TRL 8 ●	TRL 8 (semi-submersible und Spar) ●

● Stärke ● (eingeschränkte) Stärke/Schwäche ● Schwäche

Keine der Technologien kann klare Stärken oder Schwächen in allen Kategorien vorweisen, weshalb die betrachtete Kombination aus Standortbedingungen, regulatorischen Anforderungen, technischer Machbarkeit, wirtschaftlicher Realisierbarkeit und vieler weiterer Aspekte betrachtet werden müssen, um die für das spezifische Projekt geeignete Fundamentart zu wählen. Stärken einer Technologie spiegeln oftmals die Schwächen anderer Typen (und umgekehrt) wider.

Der aktuell überwiegende Einsatz von **Monopiles** lässt sich dadurch begründen, dass er dem Stand der Technik entspricht, da die einfache Konstruktion mit entsprechenden Schallminderungsmaßnahmen sich als technisch und wirtschaftlich geeignete Fundamentart entwickelt hat. **Jacket** Fundamente bedingen einen höheren Konzeptionierungs- und Herstellungsaufwand, können allerdings mit geringeren Schallemissionen installiert werden. **Suction Bucket Jackets** bedürfen aufwändigerer Bodenvorbereitungen und geotechnischer Untersuchungen, sind größere Konstruktionen mit hohem Materialeinsatz und hohem Herstellungsaufwand, könnten jedoch geräuscharm installiert werden. Der Einsatz von **Mono Suction Buckets** kann durch fehlende Erfahrungen in der Offshore-Windenergie zum jetzigen Stand nicht belastbar bewertet werden. **Floating Foundations** lassen sich in vielen Kriterien mit positiven Eigenschaften bewerten. Diese Technologie befindet sich in der Anfangsphase, sodass noch vermehrter Forschungsaufwand besteht. Insbesondere ist zu berücksichtigen, ob die jeweilige Ausführung für die vergleichsweise geringen Wassertiefen in der deutschen Nordsee geeignet ist.

3.2.7 Potenzial für das NSG „Doggerbank“

Die Wahl der Fundamentart zur Gründung einer Offshore-Windenergieanlage hängt von vielen Faktoren, wie u.a. den technischen Anforderungen durch die Windenergieanlage selbst, der Wassertiefe, der Bodenbeschaffenheit und wirtschaftlichen Faktoren ab.

Die Wassertiefe im NSG „Doggerbank“ reicht von ca. 30 m bis zu ca. 45 m. Die folgende Abb. 3.13 stellt die Bathymetrie des Gebiets mit Tiefenlinien dar.

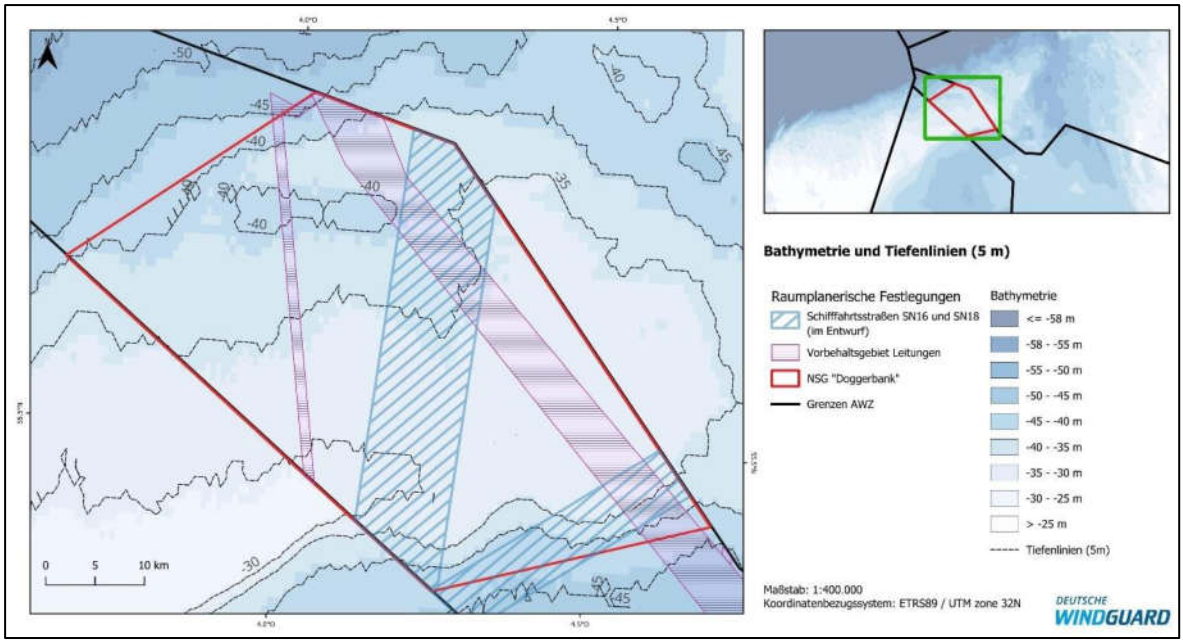


Abb. 3.13 Bathymetrie und Tiefenlinien im NSG "Doggerbank" (Quelle: BSH GEOportal).

Die flacheren Zonen im mittleren Bereich des Gebietes weisen hauptsächlich Tiefen von 30-40 m auf. Insbesondere im Süden ist eine stärkere Hanglage sichtbar, bei der die Wassertiefe schnell südwärts zunimmt. Der nördliche Teil bildet einen nordwärts gerichteten flachen Hang. Beide erreichen im Randbereich des NSG ca. 40-45 m. Im Hinblick auf die Wassertiefe können damit grundsätzlich Monopiles, Jackets und Suction Bucket Jackets verwendet werden. Für den Einsatz von Floating Foundations bedarf es nach jetzigem Stand tiefere Gewässer mit über ca. 40 m Wassertiefe, wie bereits in Abschnitt 4.2.1.4 erläutert. Die Wassertiefe von ungefähr 40 m Wassertiefe stellt hierbei die untere technisch mögliche Grenze dar und bezieht sich lediglich auf Herstellerangaben. Konkrete für den kommerziellen Betrieb realisierte oder geplante Projekte wurden bislang lediglich in Wassertiefen ab 50 m geplant bzw. umgesetzt.

Geologische Bohrungen, die im NSG „Doggerbank“ über die letzten Jahrzehnte durchgeführt wurden, zeigen überwiegend mitteldicht bis dicht gelagerte Sandböden sowie Tonböden in Meeresbodentiefen von bis zu 30 m (BGR, Bohrungen in der AWZ, persönliche Kommunikation 24.02.2024). Die folgende Abb. 3.14 stellt die Bohrungen sowie die Bodeneigenschaften dar.

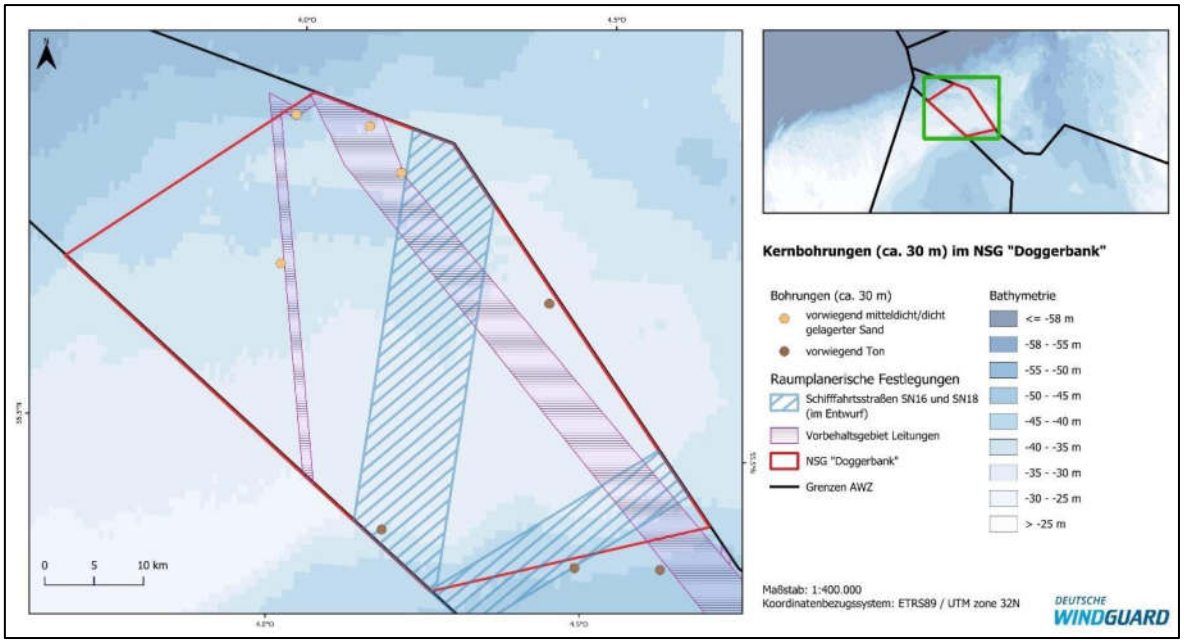


Abb. 3.14 Kernbohrungen (ca. 30 m) im NSG „Doggerbank“.

Bohrungen im südöstlichen Teil des NSG „Doggerbank“ zeigen erhöhte Tonanteile bzw. Tonschichten in tieferen Bodenschichten. Diese dichtgelagerten Böden bilden grundsätzlich eine optimale Grundlage für standfeste Fundamente. Für steife Tonböden ist das sich in der Entwicklung befindliche Vibroverfahren zur Installation der Fundamente weniger geeignet. Beim Einvibrieren wird auf eine kurzzeitige Verflüssigung des Bodens abgezielt, sodass der Bodenwiderstand kurzzeitig reduziert wird und der Pfahl eingetrieben werden kann. Diese Gründungsmethode ist insbesondere für Sandböden geeignet. Weiterhin müsste der Einsatz von Suction Bucket Jackets in diesen Gebietsteilen mit genaueren und aktuelleren geotechnischen Daten überprüft werden. Grundsätzlich sind Suction Bucket Jackets für Sandböden geeignet. Die Sedimentverteilung im NSG „Doggerbank“ zeigt generell Sande, sodass die obere Bodenschicht den Einsatz von Suction Bucket Jackets zulassen würde. Da die Gründung mehrere Meter in den Boden dringt, ist eine jeweilige individuelle Standortanalyse und Beurteilung notwendig, ob die Tiefe der Sandschicht für eine Installation ausreichend ist.

Im NSG „Doggerbank“ könnten auf Basis technischer Einschätzungen generell Monopiles, Jackets und Suction Bucket Jackets eingesetzt werden, wobei jede der Technologien auf die letztendliche Einsetzbarkeit im Hinblick auf einzelne Standorte geprüft werden muss.

Der Monopile als Gründungsstruktur wurde in der Exlusive Economic Zone (EEZ), der ausschließlichen Wirtschaftszone, des Vereinigten Königreichs auf den Ausläufern der Doggerbank bereits in vier OWP eingesetzt. Die OWP „Doggerbank A“, „Doggerbank B“ und „Sofia“ befinden sich im Bau,

der Bau von „Doggerbank C“ soll in naher Zukunft starten[174]. Im Dezember 2021 wurde für die OWP „Doggerbank A“ und „Doggerbank B“ die Anpassung des Installationskonzeptes von der zuständigen Behörde genehmigt, um einen Hammer mit höherer Rammenergie nutzen zu können und einem möglichen „Pile Refusal“, dem möglichen Stopp eines Eintreibens durch zu hohe Widerstandsfähigkeit des Bodens, entgegenwirken zu können und die Monopiles mit bis zu 10 m einbringen zu können (Dogger Bank Wind Farm 2021). Nach Verzögerungen im Projektablauf wurde im Januar 2024 eine Anpassung des Schallüberwachungskonzeptes genehmigt, da parallele Installationstätigkeiten auf der nebenliegenden Fläche die Monitoring-Ergebnisse verzerren könnten.[175] Ergebnisse etwaiger Schallmessungen im Rahmen der Installation dieser Projekte liegen nicht vor, wären aber angesichts einer möglichen Übertragbarkeit der Ergebnisse auf das NSG „Doggerbank“ in deutschen Gewässern von Interesse.

Die Einhaltung der Schallgrenzwerte wird für zukünftige Monopiles voraussichtlich herausfordernd. Für das NSG „Doggerbank“ gelten durch die Auflagen für ein FFH-Gebiet im Schallschutzkonzept des BMU besondere Auflagen, was unter anderem zur Definition von geeigneten Störradien geführt hat (siehe Abschnitt 4.2.1.1).

Das NSG „Doggerbank“ umfasst ca. 1.800 km². Das Schallschutzkonzept sieht vor, dass von September bis April auf maximal 10% der Fläche ein temporärer Funktionsverlust durch Störungen vertretbar ist. Im Hinblick auf das NSG „Doggerbank“ würde dies bedeuten, dass maximal 180 km² gestört werden dürften. Bei einem Störradius von 8 km bei einer Schallbelastung von 160 dB SEL in 750 m Entfernung (siehe 4.2.1.1), entspricht dies einer Fläche von ca. 201 km², sodass umfassende Schallschutzmaßnahmen getroffen werden müssen, um den Störradius zu minimieren. Eine Reduktion der Werte, um von Mai bis August eine Installation durchzuführen, bei der höchstens 1% der Fläche (im NSG „Doggerbank“ 17 km²) gestört werden dürfen, wird mit den heute gängigen Verfahren bei der Installation von Monopiles nicht möglich sein. Für die Installation von Pin Piles ist dies separat zu prüfen.

Die Nutzung von Monopiles mit älteren Windenergieanlagentypen kleinerer Dimensionen, für die bereits Schallschutzkonzepte bestehen, wird als nicht realistisch angesehen. Hersteller von Windenergieanlagen folgen in der Aufstellung ihrer Produktionsketten dem Markttrend. Das bedeutet, dass Hersteller eher keine Sonderkonstruktionen mit marktabweichenden Anlagendimensionen annehmen bzw. diese schwer wirtschaftlich zu vertreten sein werden.

---

174 https://www.offshorewind.biz/2024/05/17/sif-smulders-start-manufacturing-foundations-for-dogger-bank-c/ (zuletzt aufgerufen am 16.07.2024)

175 https://www.offshorewind.biz/2024/01/18/monopile-installation-on-dogger-bank-b-delayed-by-six-months/ (zuletzt aufgerufen am 16.07.2024)

3.3 Energiewandlungs- und Speicheroptionen

Die Produktion von grünem Wasserstoff und Wasserstoff-Derivaten wie Methan, Ammoniak und Methanol wird in der zukünftigen Gestaltung des Energiemarktes in folgenden Aspekten eine wichtige Rolle spielen:

- Grüner Wasserstoff als Speicher von Erneuerbarer Energie zur kurz- bis langfristigen Lagerung mit anschließender Rückverstromung,
- Grüner Wasserstoff und Wasserstoff-Derivate zur Dekarbonisierung der Industrie und Reduzierung der CO_2-Emissionen.

Der folgende Abschnitt gibt einen Überblick über die Umwandlung von Strom aus Offshore-Windenergie in Wasserstoff.

3.3.1 Technische Funktionsweise

Die Aufspaltung einer chemischen Verbindung unter Verwendung von elektrischem Strom wird als Elektrolyse bezeichnet. Durch die Elektrolyse wird ein Teil der elektrischen Energie in chemische Energie umgewandelt. Grüner Wasserstoff wird durch Wasserelektrolyse mittels erneuerbarer Energiequellen erzeugt. Als Ausgangsstoff der Elektrolyse wird zunächst Wasser benötigt. Für die Herstellung von einem Kilogramm Wasserstoff mittels Elektrolyse werden etwa 9 Liter Wasser benötigt.

Es existieren verschiedene Elektrolyseverfahren. Die Alkalische Elektrolyse (AEL) ist hierbei die am längsten etablierte Elektrolyseart. Sie erreichte die erforderliche technische Reife bereits in den 1950er-Jahren. Bei der Kombination mit fluktuierenden Stromquellen wie der Windenergie sinkt jedoch die Gasreinheit des produzierten Wasserstoffs im Teillastbetrieb und es können Degradationsprobleme auftreten. Außerdem wird der Gefahrenstoff Kaliumhydroxid in Form einer hochprozentigen Kalilauge als Elektrolyt eingesetzt.

Als besonders geeignetes Elektrolyse-Verfahren zur Erzeugung von Wasserstoff aus Offshore-Windenergie werden inzwischen die Elektrolyseure mit einer Protonenaustauschmembran (Proton Exchange Membrane PEM) angesehen. PEM-Elektrolyseure benötigen Elektroden aus Edelmetallen (Platin, Iridium). Die Elektrolyse findet bei Temperaturen von 50 – 80 °C statt. Die PEM-Elektrolyse erreicht Wirkungsgrade mit 56 – 60 %, langfristig wird mit Wirkungsgraden von 67 – 74 % gerechnet (IEA 2019). Die Lebensdauer der Zellstapel, der modularen Einheit, die als Stack bezeichnet wird, liegt aktuell bei 30.000 - 90.000 Betriebsstunden, langfristig kann aber auch für die PEM-Elektrolyse von Lebensdauern im Bereich von 100.000 - 150.000 Betriebsstunden ausgegangen werden. Es wird eine Betriebsdauer von 7 - 20 Jahre angenommen, wobei davon ausgegangen werden muss, dass vermehrte Lastenwechsel den Elektrolyseur schneller abnutzen (Degradation). Experten aus der Branche gehen von einer Degradationsrate von bis zu 0,5 % pro Jahr aus, allerdings existieren hierzu und zur tatsächlichen Lebensdauer noch keine Erfahrungswerte.

Ein großer Vorteil der PEM-Elektrolyse in Verbindung mit Offshore-Windenergie liegt in der Unempfindlichkeit dieser Technologie gegenüber Lastwechseln bei gleichbleibender Gasqualität. Der Teillastbetrieb ist für den gesamten Leistungsbereich und bei entsprechender Auslegung der weiteren Komponenten auch kurzzeitig im Überlastbereich möglich. Dadurch ist die PEM-Elektrolyse für den Einsatz in Verbindung mit fluktuierenden Stromerzeugungstechnologien wie der Windenergie besonders gut geeignet. Ein weiterer Vorteil für den Betrieb auf See ist der im Vergleich mit anderen Elektrolyse-Technologien geringe Platzbedarf.

Das Elektrolyseverfahren erfordert demineralisiertes Wasser. Demineralisiertes Wasser kann beispielsweise mittels Umkehrosmose aus Seewasser gewonnen werden. Experten der Branche rechnen damit, dass bis zu 10 % der bei der Elektrolyse entstehenden Wärmeenergie im Wasseraufbereitungsprozess eingesetzt werden können, wobei der Salzgehalt des Wassers den notwendigen Energieaufwand definiert. Dennoch ist der Energieaufwand im Vergleich zur Elektrolyse sehr gering. Die direkte Verwendung von Seewasser für die Elektrolyse würde bei der aktuell verfügbaren Technologie zu Korrosionsschäden sowie zur Entstehung von Chlor führen. Auf die direkte Salzwasserelektrolyse wird im folgenden Abschnitt 4.3.3 näher eingegangen. Nach der Entsalzung des Wassers muss die entstandene Salzsole rückgeführt werden.

Als Nebenprodukt der Elektrolyse entstehen Sauerstoff und Wärme. Bei der Produktion von einem Kilogramm Wasserstoff entstehen 8 kg Sauerstoff. Der Nutzenergieverlust bspw. in Form von Verlustwärme oder Netzverlusten kann entsprechend des Wirkungsgrades des Elektrolyseurs ca. 30 – 42 % betragen, wenn die Wärme nicht zur Wasseraufbereitung genutzt wird.

Für die Errechnung einer Referenzmenge für Wasserstoff mit Windenergie wurden die folgenden Annahmen getroffen:

Tab. 3.8 Annahmen zur Berechnung einer Referenzmenge für Wasserstoff aus Offshore-Windenergie.

Leistung Windpark [MW]	**1.000**
Verfügbarkeit Windenergieanlagen	98 %
Volllaststunden Windenergieanlagen [h] (BSH 2023b)	4.100
Elektrische Energie Windpark p.a. [GWh]	3.997
Elektrische Verluste bis Elektrolyseur	3 %
Dimensionierung Elektrolyseur	100 %
Verfügbarkeit Elektrolyseur	95 %
Effizienz Elektrolyseur	68 %

Bei vollständiger Verwendung der Offshore-Windenergie für die Elektrolyse unter den in Tab. 3.9 angenommenen Bedingungen lassen sich die folgenden Mengen für die einzelnen Prozesskomponenten ableiten:

Tab. 3.9 Mengen der Prozesskomponenten bei der Elektrolyse von 1.000 MW Offshore-Windenergie.

Prozesskomponente	Tonnen/Jahr	Liter/Jahr	Norm-Kubikmeter/Jahr	Energie MWh/Jahr
Wasserstoffproduktion	75.147	1.061.381.927[176]	893.502.628	2.502.409
Frischwasserbezug	676.327	676.327.000	676.327	
Sauerstoffproduktion	601.180	526.633.004	449.682.063	
Abwärme (ohne Entsalzungsanlage)				1.178.782

Die Nationale Wasserstoffstrategie des BMWK sieht einen Gesamtbedarf für grünen Wasserstoff von 95 – 130 TWh im Jahr 2030 vor (BMWK 2023). Mit ca. 2,5 TWh Wasserstoffproduktion des o.g. Szenarios würden damit 1,9 - 2,6 % des Gesamtwasserstoffbedarfs in Deutschland gedeckt werden können.

Die Wasserstoffproduktion mittels Offshore-Elektrolyse kann mit verschiedenen Konzepten realisiert werden. Hierbei haben sich die Begriffe „dezentrales“ oder „zentrales“ System etabliert. Bei einem dezentralen System erfolgt die Erzeugung von Wasserstoff jeweils vor Ort auf jeder einzelnen Windenergieanlage. So wird bspw. im H2Mare Projekt der Einsatz von mehreren Elektrolyseeinheiten auf einer vergrößerten Arbeitsplattform einer Windenergieanlage geplant. Eine Elektrolyseeinheit soll bis zu 5 MW Elektrolyseleistung erbringen können (Müller et al., 2022) und bis zu drei Einheiten könnten auf einer Plattform zusammengefasst werden, sodass bis zu 15 MW Elektrolyseleistung pro Windenergieanlage platziert werden könnten. Das Ausmaß der drei Einheiten entspräche ca. 5-6 Standardcontainern (Müller 2022). Die Offshore-Elektrolyse im zentralen System erfolgt demgegenüber auf einer einzelnen zentralen Hauptplattform innerhalb eines OWP, ähnlich einer Umspannstation. Das Projekt OffsH2ore hat sich mit diesem Prinzip befasst und untersucht, unter welchen Bedingungen eine Offshore-Plattform mit einer Topside aus Stahl und Jacket-Tragstruktur mit einer Elektrolyseleistung von 500 MW Wasserstoff produzieren kann und wie der produzierte Wasserstoff an Land gebracht werden könnte. In diesem Fall würde entsprechend zum OWP zusätzlich ein Offshorebauwerk (Plattform) errichtet werden müssen.

Exkurs Insellösungen

Künstliche Inseln oder Großplattformen in der Nordsee könnten zukünftig verschiedenen Zwecken dienen: Energieumwandlung und -verteilung, Service-Basis, als Basis für Rettungskonzepte oder als Interkonnektor zum Energieaustausch zwischen zwei oder mehreren Ländern. Konzepte für das Format und den Aufbau reichen von großangelegten künstlich aufgeschütteten Inseln bis zu großen Plattformen mit Ständerwerk, ähnlich zu Konverterplattformen. In den vorliegenden Konzepten

[176] bei -253°C

sind in der Regel Anleger für Schiffe, Hubschrauberlandeplätze sowie Unterkünfte vorgesehen, um den technischen Mindestanforderungen an eine solche künstliche Insel gerecht zu werden. Die Implementierung von Anlagen zur Herstellung von Wasserstoff und Wasserstoff-Derivaten oder Energiespeicherung entspricht dem nächstliegenden Ausbauziel.

In mehreren europäischen Ländern wird die Errichtung von Energieinseln diskutiert oder bereits geplant.

Die Danish Energy Agency plant die Errichtung einer Energieinsel, welche Windenergie von 3-4 GW in das dänische Netz einbinden soll und zu einem späteren Zeitpunkt für bis zu 10 GW erweitert werden könnte[177]. Der initiale Standort wurde von der Regierung bereits festgelegt und befindet sich im Gebiet zur Entwicklung Erneuerbarer Energien und Energieinseln Ei4 des dänischen Raumordnungsplans in ca. 175 km Entfernung zum NSG „Doggerbank".[178] Im nächsten Schritt sollen detaillierte Standortuntersuchungen durchgeführt, Exportverträge geschlossen und Standortbetrachtungen zur Landanbindung untersucht werden. Weiterhin sind die tatsächliche Bauweise und die elektrischen Anbindungssysteme noch nicht festgelegt.

In der belgischen Nordsee, 45 km vor der Küste von Ostend, entsteht eine künstliche Insel unter dem Namen Princess Elisabeth Island. Mehrere Betonblöcke werden als Außenwände an Land vorbereitet und mit einem Halbtaucherschiff zum Bestimmungsort gebracht. Wenn alle Blöcke platziert sind, wird das Innere der Insel mit Sand aufgefüllt. Die Fertigstellung ist für das Jahr 2026 geplant. Die Insel soll als Interkonnektor dienen und den Strom aus Offshore-Windenergieanlagen sammeln und verteilen. Über die Implementierung von Power-to-X Technologien sind keine Angaben bekannt.[179] Für eine naturnahe Gestaltung wurden sieben Maßnahmen in das Design inkludiert[180]:

- Stege an der Sturmwand, damit in den Klippen nistende Vögel wie die Dreizehenmöwe, brüten, rasten und sich erholen können,
- Reliefplatten, in denen kleinere Meeresorganismen Unterschlupf und Nahrung finden können,
- Austernkörbe zur Förderung des Wachstums von Austernriffen,
- Uneinheitlicher Kolkschutz, damit für verschiedene Tierarten verschiedene Lebensräume geschaffen werden können, in denen sie nach Nahrung suchen und/oder sich ausruhen können,

---

177 https://ens.dk/en/our-responsibilities/offshore-wind-power/denmarks-energy-islands (zuletzt abgerufen am 16.07.2024)

178 https://havplan.dk/en/page/zone/m/350568.62/6257846.72?timeLineIdx=5 (zuletzt abgerufen am 16.07.2024)

179 https://www.offshorewind.biz/2024/04/23/worlds-first-energy-island-starts-taking-shape-video/ (zuletzt abgerufen am 16.07.2024)

180 https://www.jandenul.com/news/seven-tangible-measures-enhance-biodiversity-around-princess-elisabeth-island (zuletzt abgerufen am 16.07.2024)

- „Austerntische“ bzw. -stehlen, um die Bildung von Austernriffen zu fördern,
- Große Felsbrocken zur Schaffung zusätzlicher Lebensräume, um die Umgebung der Insel für Meeresorganismen noch attraktiver zu machen,
- ein wissenschaftliches Überwachungsprogramm, um die Ergebnisse dieses Projekts zu verfolgen und gegebenenfalls Anpassungen vorzunehmen.

In den Niederlanden wurde der Bau von Energieinseln angekündigt, um die notwendige Infrastruktur zur Umwandlung und zum Transport von Wasserstoff zu schaffen. Die genauere Ausgestaltung soll im Energie Infrastructuur Plan Noordsee (EIPN) genauer bestimmt werden. Die Veröffentlichung des Entwurfs ist für 2025 vorgesehen.[181]

Die Errichtung einer künstlichen Insel im NSG „Doggerbank“ würde einen außerordentlich umfangreichen Eingriff in das Ökosystem durch die vorbereitenden Maßnahmen und die Errichtung selbst darstellen. Durch die Errichtung der Princess Elisabeth Islands werden in wenigen Jahren Daten durch die Überwachung der durchgeführten Maßnahmen zur Verfügung stehen. Bis dahin sollte der Bau einer künstlichen Insel für Gebiete außerhalb des NSG präferiert werden, sodass Insellösungen im Folgenden im Rahmen dieses Berichtes nicht näher betrachtet werden, obgleich sie für den zukünftigen Ausbau der Offshore-Windenergie voraussichtlich an Bedeutung gewinnen werden.

3.3.2 Stand der Technik

Die Elektrolyse und Herstellung von Wasserstoff mittels PEM-Verfahren werden bereits praktiziert. Dabei handelt es sich zum Zeitpunkt des Vorhabens vielfach um Forschungs- und Pilotprojekte, welche noch keine nennenswerten Skaleneffekte erzielt haben. Perspektivisch könnten die Projekte in Folgephasen hochskaliert werden und die Anlagen aufgrund ihrer modularen Bauweise erweitert werden.[182] Im Hinblick auf das erreichte TRL kann für die PEM-Elektrolyse an Land eine hohe Einstufung vorgenommen werden, da die Technologie an Land umfangreich getestet wird und Prototypen getestet werden (TRL 7-8). Der Einsatz in der Offshore-Umgebung ist bisher noch nicht erfolgt, obgleich eine erste Realisierung bis zum Jahr 2030 technisch umsetzbar wäre aufgrund der hohen Marktreife der Technologie selbst. Dennoch wurde die Technologie noch nicht in relevanter Umgebung getestet, sodass hier ein geringeres TRL anzusetzen ist und ein kommerzieller Markteintritt zur Produktion auf See nicht in näherer Zukunft zu erwarten ist (PNE AG et al. 2023).

Wasser muss für den Einsatz zur Elektrolyse eine hohe Wasserqualität vorweisen, möglichst rein sein und mindestens Typ II Reinwasser Wassereigenschaften zum Einsatz für Labortechnik vorweisen. Zur Erreichung der Eigenschaften kann das Verfahren der Umkehrosmose und Entionisierung oder das Verfahren der Multi-Effekt-Destillation (MED) und Entionisierung eingesetzt werden, das

181 https://english.rvo.nl/topics/offshore-wind-energy/infrastructure-sea (zuletzt abgerufen am 16.07.2024)

182 https://www.energy4climate.nrw/industrie-produktion/praxisbeispiele-industrietransformation/refhyne (zuletzt abgerufen am 16.07.2024)

heute bereits bspw. auf See im Schiffsbetrieb genutzt wird . Ein Vorteil der Multi-Effekt-Destillation könnte die Nutzbarkeit der bei der Elektrolyse entstehende Abwärme sein, indem die Abwärme in den Systemkreislauf integriert wird. Beide Verfahren entsprechen generell dem heutigen Standard zur Aufbereitung und Reinigung von Meerwasser (PNE AG et al. 2023).

3.3.3 Entwicklungsprognose und Forschungsbedarf

Die Zielsetzung der Regierung in der Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie sieht eine heimische Wasserstoffproduktion von 10 GW bis 2030 vor. Die Offshore-Elektrolyse soll 1 GW umfassen. Welchen Anteil die Offshore-Elektrolyse nach 2030 einnehmen wird, ist nicht näher definiert.

Da die Produktion von Wasserstoff auf See zwar auf Machbarkeit überprüft wurde, aber noch nicht etabliert ist, besteht für zwei Teilaspekte besonders hoher Forschungsbedarf. Zum einen ist die Effizienzsteigerung des Systems selbst Gegenstand der Forschung, zum anderen muss mit Hochdruck an der Hochskalierung der einzelnen Komponenten geforscht werden.

Eine Effizienzsteigerung würde ein Durchbruch im Bereich der Salzwasser-Elektrolyse erbringen. Der vorangehende Schritt der Entsalzung des Meerwassers wäre somit nicht mehr erforderlich, wodurch sich der Wirkungsgrad des Gesamtsystems verbessern würde. Ein Ansatz ist der Einsatz von Nickelschaum und Nickel-Eisen-Hydroxid zur Umhüllung einer Elektrode, welche abstoßend auf korrosionsauslösende Choridionen wirkt. Das System wurde 2021 auf der Insel Texel vom Unternehmen Schaeffler getestet und soll erweitert werden.[183] Weitere Kenntnisse zu diesen Tests liegen nicht vor.

3.3.4 Auswirkung der Technologie auf die Meeresumwelt

Die Wasserstofferzeugung (durch PEM-Elektrolyse) im Offshore-Bereich geht mit der Rückleitung von Wasser mit erhöhtem Temperaturniveau und Salzgehalt einher.

In der Nord- und Ostsee wird bisher kein Wasserstoff erzeugt. Aus diesem Grund gibt es bisher keine wissenschaftlichen Erkenntnisse zu den Auswirkungen der Wasserstofferzeugung im Offshore-Bereich auf die Meeresumwelt der Nord- und Ostsee.

Es ist davon auszugehen, dass die Reichweite und Intensität der Auswirkungen zum einen von der Größe der Elektrolyseure (und damit der Menge, Temperatur und Salzgehalt des rückgeleiteten Wassers), aber auch von den vorherrschenden Strömungs- und Schichtungsverhältnissen an der Einleitstelle (bedingt davon, wie schnell das rückgeführte Wasser verdünnt wird) abhängen.

[183] https://goodnews-magazin.de/pilotprojekt-klimaneutraler-wasserstoff/ und https://www.springerprofessional.de/wasserstoff/energie---nachhaltigkeit/salzwasserelektrolyse-als-alternative-zu-hohem-suesswasserverbra/20296132 (zuletzt aufgerufen am 02.07.2024)

Vergleichbare Prozesse finden am ehesten in Entsalzungsanlagen statt, in denen unter anderem auch aus Meerwasser Frischwasser gewonnen wird. Als Abfallprodukt fällt, wie bei der Wasserstoffproduktion mittels Seewasser, Sole an, die vielerorts ins Meer zurückgeleitet wird (Jones et al. 2019). Obwohl auch in diesem Bereich robuste Studien fehlen, werden die im Folgenden beschriebenen Umweltauswirkungen diskutiert: In unmittelbarer Umgebung zur Sole-Austrittsstelle werden unter anderem physikalisch-chemische Veränderungen des Meerwassers, die durch die Rückführung der aufkonzentrierten und höher temperierten Sole entstehen, erwartet. In Laborversuchen sowie Felduntersuchungen konnten teils gravierende Veränderungen benthischer Gemeinschaften beobachtet werden, wenn die Sole in der Umgebung zur Austrittsstelle unzureichend durchmischt wurde (Roberts et al. 2010). Da die Salinität der Sole die des Meerwassers übersteigt und somit schwerer ist, kann es zur Bildung von sog. "brine under-flows" kommen: Zu Wasserlinsen höherer Dichte, die in der Wassersäule akkumulieren. Diese Wasserlinsen könnten zu einer Verringerung des gelösten Sauerstoffgehaltes im Wasserkörper führen und im Zusammenhang mit dem höheren Salzgehalt negative Auswirkungen auf benthische Organismen haben (Jones et al. 2019). Außerdem fürchten Experten ökologische Auswirkungen durch Schadstoffanreicherungen in der Sole z.B. mit Metallen, Kohlenwasserstoffen und toxischen Antifouling-Mitteln (Roberts et al. 2010, Jones et al. 2019).

Denkbare Faktoren, die sich bei der Wasserstoffproduktion im Offshore-Bereich der Nordsee auf die im folgenden beschriebenen Schutzgüter auswirken könnten, wären unter anderem:

- Die zeitgleiche Entnahme von Biomasse mit dem Meerwasser und somit eine Verringerung der Biomasseverfügbarkeit für das marine Nahrungsnetz. Von Interesse könnte dabei die Tiefe sein, aus der das Meerwasser entnommen wird, da sich vor allem in den lichtdurchfluteten Oberflächenschichten des Meeres im Frühling und Sommer für das Nahrungsnetz wichtige Primär- und Sekundärproduzenten aufhalten.
- Abhängig von der Wärme und Dichte der abgeleiteten Sole könnte es, vor allem in Monaten mit geringer, mechanischer Wasserdurchmischung wie im Sommer, zu Einflüssen auf die Wasserschichtung, die sog. Stratifizierung des Meeres kommen, die u.a. wichtig ist für den Nährstoffkreislauf innerhalb der Wassersäule und die Versorgung tieferer Wasserschichten mit Sauerstoff.
- Die höher temperierte Sole könnte negative Effekte auf temperaturempfindliche Arten haben
- Die höhere Salinität der Sole könnte bei einigen Arten eine Stressreaktion auslösen
- Durch die kontinuierliche Ableitung der Sole könnte es zu kleinräumigen Veränderungen des Salzgehaltes in der Umgebung der Anlagen kommen, was sich u.a. auf die Artzusammensetzung auswirken könnte.

Um die tatsächlichen Umweltauswirkungen der Offshore Wasserstoffproduktion in der Nordsee besser einschätzen zu können, sollten die folgenden Parameter berücksichtigt und vor allem auch die ozeanografische Charakteristik der Nordsee im Hinblick auf folgende Aspekte bedacht werden:

- die Tiefe der Meerwasserentnahmestelle und Sole-Ablassstelle

- das Gesamtvolumen der Sole, die in einem bestimmten Zeitraum ins Meer zurückgeführt werden soll sowie deren Temperatur und Salzgehalt
- die lokalen Strömungs- und Durchmischungsverhältnisse (davon sollte die Menge der zurückgeleiteten Sole abhängen)
- die jahreszeitlich variierende Wasserschichtung

Da Wasserstoff ein leicht entzündliches Gas ist, gelten für den Umgang damit auch die gleichen Sicherheitsbestimmungen wie für jedes andere entzündliche Gas. Das Gefahrenpotential, das vom Wasserstoff ausgeht, wird vom TÜV SÜD (2023) als nicht gefährlicher als das von Erdöl oder Erdgas eingestuft. Im Gegensatz zu den flüssigen, fossilen Energieträgern hat gasförmiger Wasserstoff allerdings den Vorteil, dass im Falle einer Havarie der Wasserstoff nach oben in die Luft entweicht bzw. verbrennt und sich nicht als Teppich auf die Wasseroberfläche legen würde.

In Anbetracht der bisher noch weitgehend unbekannten Auswirkungen von Wasserstoffproduktion auf die Meeresumwelt besteht hier noch erheblicher Forschungsbedarf.

3.3.5 Technologien zur Vermeidung oder Verminderung der Umweltauswirkungen

Zunächst stellt bereits die Auswahl der PEM-Elektrolyse gegenüber der langerprobten alkalischen Elektrolyse im Offshore-Einsatz eine Verminderung von Umwelteinwirkungen dar. So wird der Einsatz der hochprozentigen Kalilauge vermieden, welche im Havariefall negative Auswirkungen auf die Meeresumwelt hätte.

Einträge in die Umwelt durch den Einsatz von Entsalzungsanlagen und Elektrolyseuren hängen direkt mit der Wahl des Standortes zusammen. Um die Umweltauswirkungen zu minimieren, kann der Elektrolyseur an Land in Küstennähe mit direkter Stromverbindung zum OWP errichtet und mit der Nutzung von Meerwasser kombiniert werden. In diesem Fall müsste die entstehende Salzsole nicht unmittelbar ins Meer rückgeführt werden.

Insbesondere zu Beginn des Hochlaufs können Wartungen und Reparaturen durch einen Standort an Land unkompliziert durchgeführt werden. Die dadurch vereinfachte Erreichbarkeit des Elektrolyseurs durch fehlende Anfahrtswege auf See kann auch im Hinblick auf den bestehenden Forschungsbedarf von Vorteil sein.

Durch die Elektrolyse auf See kann hingegen eine Verminderung der Umweltauswirkungen durch vermiedene Trassen von Stromkabelsystemen erfolgen.

Falls ein küstennaher Standort keine Option sein sollte, könnte die Umsetzung der Salzwasser-Elektrolyse die Belastungen des Ökosystems reduzieren, da der Schritt zur Entsalzung des Meerwassers obsolet würde.

3.3.6 Stärken-Schwächen-Analyse

Die Herstellung von Wasserstoff zur Energieumwandlung und -speicherung auf See bietet hinsichtlich der technologischen und der umweltfachlichen Aspekte Vor- und Nachteile. Um diese möglichst vollständig zu erfassen, wäre eine sehr differenzierte Betrachtung erforderlich. So können die Konzepte für den Transport des Wasserstoffs entweder eine ausschließliche Verbindung per Gaspipeline oder einer Pipeline mit zusätzlichem Stromnetzanschluss (sogenannter nachrangiger Stromnetzanschluss) erfolgen. Es existieren auch Konzepte, den Wasserstoff per Schiff abzutransportieren. Außerdem wäre zwischen einem dezentralen und einem zentralen System der Elektrolyse und verschiedenen Elektrolysetechnologien zu unterscheiden. Zur Vereinfachung bezieht sich die vorliegende Analyse der Stärken und Schwächen auf ein Konzept eines OWP mit einer zentralen Elektrolyseeinheit ohne Stromnetzanschluss und einem Wasserstofftransport per Gaspipeline.

In der folgenden Tab. 3.10 sind die ermittelten Stärken und Schwächen der Wasserstoffproduktion zur Energieumwandlung und -speicherung prägnant gelistet.

Tab. 3.10 Stärken-Schwächen-Analyse der Wasserstoffproduktion auf See als Energieumwandlungs- und Speicheroption im Vergleich zu dem Betrieb eines OWP ohne Wasserstoffproduktion auf See.

Stärken	**Schwächen**
Effizientere Nutzung der Fläche des OWP	Eintrag von Sole, deren Salinität die des Meerwassers übersteigt in die Meeresumwelt
Beitrag zur Erzeugung von grünem Wasserstoff	Prozesskomponente Sauerstoff bleibt ungenutzt, Prozesskomponente Abwärme kann nur teilweise für die Wasseraufbereitung genutzt werden
Reduzierung von Abschaltungen aufgrund von Netzüberlastungen	Eintrag der nicht genutzten Abwärme in die Meeresumwelt
Keine Flächennutzung für entsprechende Elektrolysekapazität an Land notwendig	Erhöhter Aufwand der Installation eines Elektrolyseurs auf See im Vergleich zur Installation an Land
Schonung von Frischwasserressourcen an Land durch Nutzung von Meerwasser für Elektrolyse	Betriebszeit des Elektrolyseurs auf Betriebszeit der Windenergieanlage beschränkt

Stärke (eingeschränkte) Stärke/Schwäche Schwäche

Der Einsatz von Elektrolyseuren trägt grundsätzlich durch die Produktion von grünem Wasserstoff zum Erreichen der Klimaschutzziele bei. Außerdem kann durch den Einsatz von Elektrolyseuren eine

effizientere Nutzung der Offshore-Windenergie oder anderer fluktuierenden Stromerzeugungseinheiten (in erster Linie Photovoltaik und Onshore-Windenergie) erfolgen, da netzbedingte Abschaltungen vermieden werden können.

Die Stärken einer Elektrolyse auf See in Kombination mit Offshore-Windenergie ergeben sich durch verschiedene Aspekte. Im Falle eines Abtransports der umgewandelten Energie in Form von Wasserstoff per Pipeline werden erforderliche Flächen für Kabeltrassen eingespart (siehe Abschnitt 4.4.2). Gegenüber einer Elektrolyse an Land können Frischwasserressourcen durch die Möglichkeit zur Verwendung von Meerwasser geschont werden. Außerdem verringert sich der Flächenbedarf für Elektrolyse an Land und die durch Offshore-Windenergie genutzte Fläche wird effizienter genutzt. Als Schwächen können bei einer Umsetzung eines zentralen Konzepts die nicht genutzte Abwärme und die anfallende Salzsole, welche lokal konzentriert an das Meerwasser abgegeben würde, genannt werden. Hinsichtlich der unterschiedlichen Umweltauswirkungen des zentralen und dezentralen Konzeptes besteht noch Forschungsbedarf. Im Falle des Abtransports von Wasserstoff per Schiff ist kein Eingriff in die Umwelt durch Netzanbindungssysteme erforderlich. Allerdings ergeben sich negative Auswirkungen durch den Schiffsverkehr (Schallemissionen und ggfs. Abgasemissionen im Fall konventioneller Schiffsantriebe). Weiterhin ist die Betriebszeit des Elektrolyseurs auf die Betriebszeit der Windenergieanlage limitiert. Ohne die Nutzung eines nachrangigen Netzanschlusses kann der Elektrolyseur technisch nicht ausgelastet werden und mit weniger Betriebsstunden betrieben werden, als technisch möglich wären.

Die Elektrolyse an Land ermöglicht die Nutzung des im Rahmen des Prozesses anfallenden Sauerstoffs und der Abwärme bei geeigneten Abnehmern in der Region. Die Abwärme muss nicht wie bei der Elektrolyse auf See zu einem Großteil in das Meerwasser abgegeben werden. Bei größeren Entfernungen von der Küste ist jedoch der Bedarf an Grund- oder Oberflächenwasser zu berücksichtigen.

3.3.7 Potenzial für das NSG „Doggerbank“

Die Produktion von Wasserstoff auf See und auf der Fläche des NSG „Doggerbank“ ist technisch umsetzbar, jedoch existieren noch keinerlei Erfahrungswerte für eine großskalige Elektrolyse, insbesondere auf See. Aktuell existieren noch Wissenslücken sowohl hinsichtlich technischer, aber auch umweltfachlicher Aspekte. Erfahrungen sollten durch die zukünftige Nutzung der Fläche SEN 1 in der Nordsee gewonnen werden, welche voraussichtlich im Laufe des Jahres 2024 ausgeschrieben wird. Wenn die Fläche wie erwartet in drei Teilflächen ausgeschrieben wird, können ggfs. auch Erfahrungen von unterschiedlichen Konzepten (z.B. zentral und dezentral) gewonnen werden. Die so gewonnenen Erfahrungen können Rückschlüsse auf den potenziellen Einsatz im NSG „Doggerbank“ ermöglichen. Hieraus lässt sich ableiten, ob, in welchem Umfang und unter welchen Bedingungen die Produktion von Wasserstoff im NSG „Doggerbank“ als sinnvoll erachtet werden kann.

Bei einer angenommenen Windenergieleistung von 4 GW könnte entsprechend der Annahmen in Abschnitt 4.3.1 Wasserstoff mit einer Energie von rund 10 TWh p.a. (rund 300.590 t p.a.) hergestellt werden. Eine detaillierte Betrachtung der potenziellen Energieerträge aus der Windenergie folgt in Kapitel 6.2.

Unter Berücksichtigung der vermehrten Umwelteinträge durch die Wasserstoffproduktion und die zusätzliche Belastung des Ökosystems besteht nach aktuellem Kenntnisstand für das NSG „Doggerbank“ eher kein Potenzial der Technologieanwendung. Das NSG „Doggerbank“ grenzt an die Windflächen N-17 und N-19 an. Diese Flächen könnten für die Eignung zur Produktion von Wasserstoff auf See überprüft werden, um die Stärken der Technologie zu nutzen.

3.4 Anbindungstechnologien

Für die Energieübertragung von Offshore-Windenergie werden im Folgenden die gängige Anbindung mit Seekabeln und einer Konverterplattform sowie die Anbindung mit einer Pipeline für den Transport von auf See umgewandelten Wasserstoff betrachtet.

3.4.1 Seekabel und Konverterplattformen

Mit Seekabeln und der Konverterplattform für die Stromtransformation wird der OWP an das elektrische Energienetz angeschlossen. Von den Windenergieanlagen wird die Innerparkverkabelung strangweise gebündelt und zur Konverterplattform geführt. In bisherigen Anbindungskonzepten wurde der Konverterplattform eine Umspannplattform vorgeschaltet. Dies entspricht nicht mehr dem aktuellen Standard und wird in den folgenden Erläuterungen daher vernachlässigt. Nach der Transformation auf der Konverterplattform kann der Strom als Hochspannung-Gleichstrom durch ein Exportseekabel zur Konverterstation an Land geführt werden. Hierbei können nach der Küstenlinie auch noch erhebliche Strecken an Land überbrückt werden. Die folgende Abb. 3.15 verdeutlicht das Anbindungskonzept schematisch.

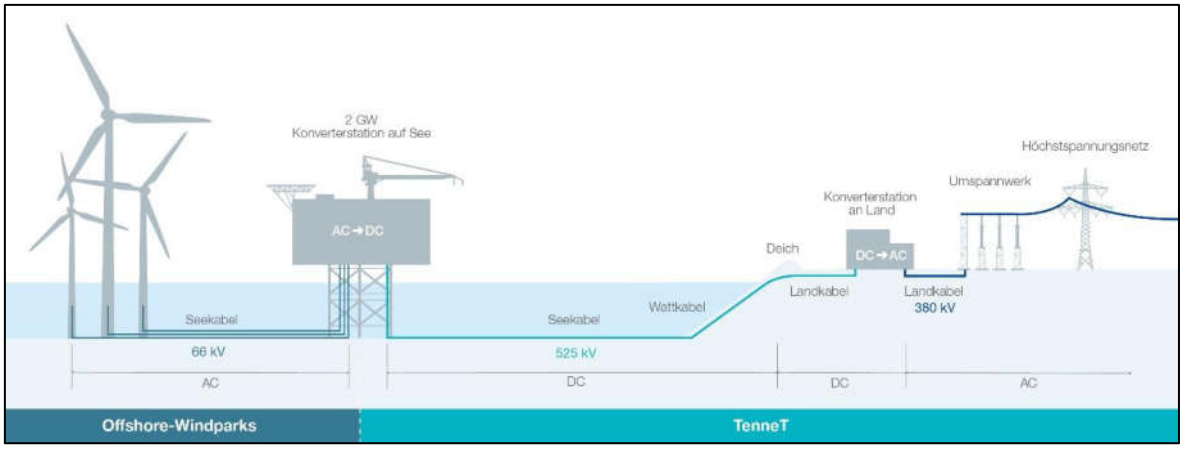


Abb. 3.15 Schematische Darstellung von Offshore-Netzanbindung des Übertragungsnetzbetreibers TenneT[184].

184 Persönliche Kommunikation mit Tennet am 03.07.2024

Die Komponenten der Netzanbindung Innerparkkabel, Konverterstation und Exportkabel werden im Folgenden betrachtet.

3.4.1.1 Technische Funktionsweise

Der OWP wird mit Drehstromkabeln in Strängen mit der Konverterplattform verbunden. Innerparkkabel von aktuell installierten OWP haben ein Spannungsniveau von 66 kV, welches perspektivisch auf 132 kV steigen wird. Neben den drei Leitern für den Drehstrom enthalten die Kabel zudem Lichtwellenleiter, die den Datenaustausch für die Fernwartung ermöglichen. Der Aufbau und das Design des Kabels variieren, je nach Anforderung des Projekts und Herstellervorgaben. Die Unternehmen nutzen Drehstromkabel mit drei Leitern oder einem Leiter (Drei-Leiter- oder Ein-Leiter-Drehstromkabel) mit Kupfer- oder Aluminium-Kern. Die Schutzschichten bestehen aus unterschiedlichen Konstellationen von Kunststoffen und Mantelschichten. Je nach Konzept, können die Mantelschichten wasserundurchlässig sein, sodass die Isolierung trocken bleibt („dry design“) oder durchlässig, sodass die Isolierung getränkt wird. Je nach Konzept können die Kabel aktuell bis zu 183 mm Durchmesser haben und bis zu 58 kg/m wiegen.[185]

Die Exportkabel der geplanten Netzanschlüsse werden maximale Transportkapazitäten in Höhe von 2 GW aufweisen und mit einer Spannung von 525 kV operieren. Die Kabelsysteme können aus zwei 525-kV-Polen, einem Rückleiter sowie einem Glasfaserkabel bestehen. Die 525-kV-Pole bestehen aus Kupfer mit einem Durchmesser von 151 mm. Das Seekabel wird eine längenbezogene Masse von 61 kg/m in der Luft aufweisen. Der aus Kupfer bestehende Rückleiter wird einen Durchmesser von 114 mm und eine längenbezogene Masse von 41 kg/m aufweisen. Daneben sind ebenfalls Konzepte mit einem Ein-Leiter-Kabel mit Kupfer- oder Aluminiumkern am Markt erhältlich. Der Leiter hat hier einen Durchmesser von ca. 160 mm und das Gewicht liegt bei ca. 65 kg/m.[186]

Bei der Verlegung von Seekabeln sind negative Auswirkungen im späteren Betrieb wie bspw. die Erwärmung des Sediments zu verhindern. Dafür sind die Kabel ausreichend tief im Boden zu vergraben. Die Temperatur der obersten 20 cm des Meeresbodens darf sich in der deutschen AWZ maximal um 2 Kelvin erhöhen (sog. 2K-Kriterium). Die vorgegebene Mindestverlegetiefe bzw. angeordnete Überdeckung der Exportkabel liegt prinzipiell bei 1,5 m. Projektentwickler können mit der Innerparkverkabelung theoretisch auf ihren Flächen hiervon abweichen, aber da eine entsprechende Überdeckung die Kabel vor Schäden durch bspw. Notfallankerwürfe o.ä. schützt, wird oftmals eine ähnliche Einbringtiefe gewählt.

[185] https://www.hellenic-cables.com/wp-content/uploads/Submarine-Hellenic-Cables-Brochure.pdf (zuletzt abgerufen am 16.07.2024) und https://dk.prysmian.com/sites/default/files/atoms/files/66_kV_Submarine_Cable_Systems_for_Offshore_Wind.pdf (zuletzt abgerufen am 16.07.2024)

[186] https://www.prysmian.com/staticres/525-kv-hvdc-new-cable-systems/index.html (zuletzt abgerufen am 16.07.2024)

Seekabel sind meist wartungsfrei und werden mit einer Betriebszeit von rund 30 Jahren kalkuliert[187]. Sie werden parallel zu bestehenden Seekabeln oder bestehender Infrastruktur verlegt, wobei durch Mindestabstände einerseits die thermische Entkopplung sichergestellt und kumulative Wärmeeffekte ausgeschlossen werden und andererseits das sichere Einbringen, ohne die Beschädigung bestehender Infrastruktur, gewährleistet wird. Kreuzungen von Kabeln werden daher vermieden.

Vor der Bauphase kann von der Notwendigkeit einer Trassenräumung ausgegangen werden. Hierbei wird sichergestellt, dass keine außer Betrieb genommene Leitungen gequert werden, mögliche Munition wird geräumt und vorhandene Trümmer, Abfälle oder Fischereiequipment entfernt. Die Räumung wird kurz vor der Verlegung entlang der gesamten Route durchgeführt. Hierbei werden spezielle Suchanker entlang der geplanten Route geschleppt.

Vor der Installation werden die Kabel beim Kabelhersteller auf große Kabeltrommeln aufgerollt und auf ein Kabellegeschiff verladen. Küstennah wird das Kabel vom Schiff aus an Land gezogen. Ist das Kabel mit dem Verbindungspunkt an Land verknüpft, werden die Schwimmkörper entfernt und das Kabel sinkt langsam auf den Meeresgrund. Bei der Fahrt wird das Kabel sukzessive abgerollt und auf dem Meeresboden abgelegt. Bei den aktuellen Küstenentfernungen der OWP kann das erforderliche Exportkabel nicht in einem Stück auf einem Kabellegeschiff transportiert werden. Es werden entsprechend jeweils Kabelsegmente verlegt. Das Kabelende wird dabei jeweils mittels einer Muffe mit dem Kabelende des nächsten Kabelsegments verbunden. Je nach Beschaffenheit des Meeresbodens und Küstenentfernung werden verschiedene Methoden für die Verlegung eingesetzt. Diese können Einspülen, Pflügen (Trenchen) oder Fräsen sein. Das Einspülen und Pflügen sind Verfahren, die sich eher für weiche bis mittelschwer zu bearbeitende Bodenarten einsetzen lassen. Beim Einspülen können bereits am Meeresboden verlegte, oder von Spülschlitten simultan verlegte Kabel ins Sediment eingebracht werden. Auch bereits eingesetzte Kabel können mit diesem Verfahren auf größere Tiefen gebracht werden. Mithilfe von durch Schiffe oder Pontons geführten Spülschläuchen oder Spülschwerter wird eine bis zu fünf Meter tiefe fluidisierte Sedimentschicht erzeugt, in die das Seekabel einsinken kann. Dieses Verfahren setzt Mindestwassertiefen von 2,5 m und gute Wetterbedingungen voraus.[188] Für das **Trenchen** wird ein Kabelpflug auf dem Meeresboden entlang gezogen und kreiert durch Vibration oder Verdrängung einen Hohlraum für das Kabel. Diese Technik kann auch in sehr großen Wassertiefen eingesetzt werden. Die Tiefe des Grabens ist abhängig von der Bodenbeschaffenheit. Für sandige Böden können Grabentiefen bis zu fünf Metern erreicht werden. Das Kabel wird simultan mit dem Pflugprozess in den gezogenen Graben verlegt. Das **Fräsen** wird bei harten Bodenbedingungen eingesetzt. Das Sediment liegt beidseitig am Grabenrand und kann hinterher zur Verfüllung genutzt werden. Es werden hier maximale Furchentiefen von drei Metern bei lockeren Böden erreicht. Auch bei dieser Verlegetechnik wird das Kabel

187 https://www.tennet.eu/de/unsere-projekte/offshore-projekte-deutschland/unsere-offshore-technik/leistungsstarke (zuletzt abgerufen am 16.07.2024)

188 https://www.prozesstechnik-portal.com/kabel-fuer-offshore-windenergieanlagen/ (zuletzt abgerufen am 16.07.2024)

simultan in den Graben geführt.[189] Die Wirkbreite bei der Verlegung der HVDC Kabelanbindung BorWin 4 betrug bspw. ca. 7,7 m im direkten Arbeitsbereich und bei überdeckungsempfindlichen Gemeinschaften im Bereich indirekter Auswirkungen 20 m (Amprion Offshore GmbH 2021).

Nach der Betriebszeit muss das Seekabel zurückgebaut werden. Notwendige Vorbereitungen umfassen die Überprüfung der tatsächlichen Lage und Verlegetiefe der Kabel, da diese sich aufgrund von Sedimentverlagerungen verändern kann. Ebenfalls können Baggerarbeiten notwendig werden, um in der Nähe der Windenergieanlagen die Deckschicht des Kolkschutzes der Fundamente zu entfernen, um die Kabel freizulegen. Innerhalb des Transition Pieces werden die Kabelenden abgetrennt und an einer Winde gesichert. Außerhalb des Kolkschutzes wird das Kabel mittels Remotely Operated Unterwater Vehicle (ROV) freigelegt, mit einer Klemme versehen und schließlich durchtrennt, sodass ein kurzes Kabelstück in das Transition Piece und ein langes Kabel als Strangende verbleiben. Folgend wird das Kabel zur jeweiligen Station freigespült, aufgegriffen und aufgespult (Eckardt et al. 2022). Ob das außer Betrieb genommene Kabel tatsächlich entfernt wird oder aufgrund von umweltfachlichen Bewertungen im Meeresboden verbleibt, da ein Entfernen schadhafter wäre als der Verzicht auf den Rückbau, wird im Rahmen der Außerbetriebnahme untersucht.

Die **Konverterplattformen**, auf denen der Drehstrom des OWP zu Gleichstrom für die Übertragung an Land gewandelt wird, werden tiefgründend in nächster Nähe des OWP errichtet. Sie werden größtenteils auf Jacketfundamenten realisiert. Diese werden mit jeweils 12 – 16 Pin Piles mit einem Durchmesser von ca. 2,5 m im Meeresboden befestigt. Die drei in der Nordsee zuständigen Übertragungsnetzbetreiber TenneT, 50Hertz und Amprion haben leicht abweichende Konzepte für die Konverterplattformen. Die Maße liegen hierbei zwischen 90 m x 60 m x 35 m (Länge x Breite x Höhe) und 106 m x 77 m x 41 m. Die Konverterplattformen wiegen zwischen 25.000 und 28.000 t. Diese Angaben beziehen sich auf die eigentliche Konverterstation (Topside) ohne die Gründungsstruktur. Letztere wiegt zusätzlich zwischen 8.000 t und 12.000 t.

Die Konverterstationen bestehen aus mehreren Blöcken, die bei der Endmontage miteinander verbunden werden. Je nach Konzept können die Konverterstationen Übernachtungsmöglichkeiten für bis zu 48 Personen bieten. Nach aktueller Planung ist jedoch keine dauerhafte Belegung der Stationen mit Personal vorgesehen, so dass diese Übernachtungsmöglichkeiten für bspw. Wartungseinsätze frei bleiben.

Die **Installation** der Fundamente für die Konverterplattformen unterscheidet sich nicht grundsätzlich von der der Windenergieanlagen, auch wenn die Dimensionen deutlich größer sind. Die Installationsverfahren der Pin Piles sind vergleichbar mit Verfahren, die bereits in Abschnitt 4.2.1.2 thematisiert wurden. Angesichts der Dimensionen der Topside müssen im Vergleich zur Installation von Windenergieanlagenfundamenten allerdings größere Installationsschiffe eingesetzt werden.

Der **Betriebszustand** der Plattform wird durch dauerhafte Messungen überwacht. Messwerte und Fehlermeldungen werden an die Netzleitstelle des zuständigen Übertragungsnetzbetreibers wei-

189 https://www.netzausbau.de/N2000/DE/Technik/technik-node.html (zuletzt abgerufen am 16.07.2024)

tergeleitet und ausgewertet. Bei Stör- oder Schadensfällen können notwendige Maßnahmen ergriffen und gegebenenfalls Reparaturarbeiten eingeleitet werden. Der Zugang zu den Anlagen für die Wartung und Instandhaltung erfolgt dabei mit Schiffen oder Helikoptern. Für das Netzanbindungssystem DolWin4 sind beispielsweise pro Jahr zwei Abschaltungen zu Wartungszwecken, die maximal 14 Tage andauern und drei kleinere Wartungsarbeiten ohne Abschaltung mit einer Maximaldauer von vier Tagen vorgesehen, die durch Jack-Up-Schiffe oder andere Arbeitsschiffe unterstützt werden.

Vor dem **Rückbau** der Konverterplattform werden Flüssigkeiten wie Diesel, Frisch- und Grauwasser abgepumpt. Weiterhin müssen für den Rückbau der Plattform die Kabelleitungen und Verrohrungen zwischen der Topside der Plattform und der Gründungsstruktur getrennt und Lastaufnahmepunkte zum Anheben überprüft und gegebenenfalls weitere angebracht werden. Die außenliegenden Komponenten, bspw. Hubschrauberplattform und Leitern für den Überstieg, werden entfernt. Für den Rückbau der Plattform werden Kranschiffe eingesetzt, welche die Topside auf eine Barge laden. Vorab wird die Plattform von dem unteren Teil des Jackets getrennt. Ist die Topside abgetrennt, kann darauffolgend das Fundament ca. 1 m unterhalb des Meeresbodens abgeschnitten und an den Hebepunkten angehoben werden. Hierzu wird das Sediment bis zur Schnitttiefe entfernt und das Werkzeug für den Schnitt herabgelassen. Der Schnitt kann durch verschiedene Techniken erfolgen. Zwei übliche Verfahren sind das Wasserstrahlschneiden und das Diamantseilsägen. Der Transport der deinstallierten Teile erfolgt mittels Bargen und Schleppern, die die großen Massen und Dimensionen der Plattform bewegen können. Anschließend kann die weitere Zerlegung an Land erfolgen (Eckardt et al. 2022).

3.4.1.2 Stand der Technik

Die Nutzung und Verlegung von Seekabeln mit den o.g. Verfahren ist eine weltweit angewandte Technik mit höchstem Reifegrad (TRL 9).

Der Einsatz und die Installation von Konverterplattformen ist ebenfalls ein etabliertes Verfahren. Obgleich die ersten Plattformen des neuen 2 GW Standards der Netzbetreiber im Jahr 2029 in Betrieb genommen werden sollen, sind die angewendeten Techniken erprobt und stellen einen Technologiefortschritt und keine Neueinführung dar.

3.4.1.3 Entwicklungsprognose und Forschungsbedarf

Obgleich der Einsatz und der Betrieb von Seekabeln und Konverterplattformen dem Stand der Technik entsprechen und etablierte Technologien mit hohem Wissensstand sind, verlangt der voranschreitenden Netzausbau und die Elektrifizierung der verschiedenen Sektoren nach neuen Technologien zur Optimierung und Erweiterung der Systeme. Durch die Erhöhung der Leistung können höhere Kapazitäten übertragen werden. Dadurch lassen sich Kabelsysteme einsparen, womit weniger Eingriffe in das Ökosystem notwendig sind.

Leitungssysteme mit 132 kV Leitungen für die Innerparkverkabelung lösen voraussichtlich die etablierten 66 KV Innerparkkabel ab. Eine Studie im Rahmen des Offshore Wind Accelerator Programms

kam zu dem Ergebnis, dass Leitungen mit einer Kapazität von 132 kV im Hinblick auf technische und ökonomische Aspekte den effizientesten Entwicklungsfortschritt darstellen, da Vorteile ggü. kleineren 110 kV und größeren 150 kV Leitungen gesehen werden. Hierbei wurden neben den Kabeln die notwendigen technischen Einrichtungen, wie Schaltanlage, Wechselrichter und Testeinrichtungen einbezogen. Für die perspektivische Etablierung der 132 kV Innerparkkabel ist das Kabeldesign allerdings noch fraglich. Es wird davon ausgegangen, dass dry cable eher auf den Markt gebracht werden können als wet cable, sich wet cable allerdings langfristig durchsetzen werden. Herausforderungen werden insbesondere in der Entwicklung von Windenergieanlagen, die über eine technische Schnittstelle für 132 kV Kabel verfügen, und in der Entwicklung von Industriestandards zur Testung und Qualifizierung von wet cables mit mehr als 66 kV gesehen. Der Einsatz von Barrieren, die das Eindringen von Wasser im Kabel verhindern, hat direkte Auswirkungen auf den Alterungsprozess des Kabels. Bisher wurde das wet cable Design bis 66 kV vermarktet.[190] Das Projekt FutureCaRe mit einer Laufzeit von 2021 bis 2023 hat Tests durchgeführt und Modellierungstools entwickelt mit dem Ziel, eine hohe Zuverlässigkeit und lange Lebensdauer von Kabeln im Wet-Design sicherzustellen.[191] Ergebnisse sind nicht bekannt. Auch hierzu besteht also zukünftig noch Forschungsbedarf.

3.4.1.4 Auswirkung der Technologie auf die Meeresumwelt

In Tab. 3.11 sind die Auswirkungen von Seekabeln auf die Meeresumwelt zusammengefasst. Die Auswirkungen von Konverterplattformen sind in Tab. 3.12 gelistet. Eine detaillierte Beschreibung der Auswirkungen auf die verschiedenen betrachteten Schutzgüter kann Kapitel 5 entnommen werden.

Tab. 3.11 Seekabel – Übersicht der Auswirkungen auf die Meeresumwelt.

Wirkfaktor	baubedingt	betriebsbedingt	rückbaubedingt
Sedimentaufwirbelungen/Trübungsfahnen	X		
Sedimentumlagerung	X		
Sedimentverdichtung	X		
Schallemissionen	X		
Visuelle Unruhe	X		
Lichtemissionen	X		
Flächeninanspruchnahme		X	
Einbringung von Hartsubstrat		X	
Elektromagnetische Felder		X	
Wärmeemissionen		X	

190 https://ctprodstorageaccountp.blob.core.windows.net/prod-drupal-files/documents/resource/public/Hi-VAS-Report-June2022.pdf (zuletzt abgerufen am 16.07.2024)

191 https://www.sintef.no/en/projects/2021/future-design-of-subsea-high-voltage-ac-power-cables-for-offshore-renewables/ (zuletzt abgerufen am 16.07.2024)

Tab. 3.12 Konverterplattform – Übersicht der Auswirkungen auf die Meeresumwelt.

Wirkfaktor	baubedingt	betriebsbedingt	rückbaubedingt
Sedimentaufwirbelungen/Trübungsfahnen	X		X
Sedimentumlagerung			
Sedimentverdichtung	X		X
Schallemissionen	X		X
Visuelle Unruhe	X		X
Lichtemissionen	X		X
Flächeninanspruchnahme		X	
Einbringung von Hartsubstrat		X	
Hindernisse im Wasserkörper		X	
Hindernisse und Sichtbarkeit im Luftraum		X	
Stoffeinträge ins Wasser		X	
Vermischung des Wasserkörpers		X	
Windparkbezogener Schiffsverkehr		X	

3.4.1.5 Technologien zur Vermeidung oder Verminderung der Umweltauswirkungen

Die aktuell verwendeten Verlegeverfahren für Seekabel werden bereits unter Berücksichtigung der umweltschonenden Einbringung der Kabel in den Meeresboden durchgeführt, wobei das Verlegen und Vergraben im gleichen Installationsvorgang erfolgen. Um den Schutz der Kabel zu gewährleisten und eine für die Meeresumwelt potenziell nachteilige Erwärmung des Meeresbodens zu verhindern, ist in jedem Fall eine Einbringung in einer Mindesttiefe erforderlich. Die Kabel werden entsprechend so tief wie notwendig und nur so tief, wie erforderlich verlegt[192].

Ein technisches Verfahren zur Einhaltung des 2-K-Kriteriums und zur Reduktion von Wärmeimmission auf den Meeresboden durch die Seekabel ist das sogenannte Transmission Capacity Management, kurz TCM. Um die thermische Belastbarkeit der Kabel maximal zu nutzen, ermöglicht das Optimierungsverfahren nach aktuellem Entwicklungsstand eine automatische zeitvariable Begrenzung der Einspeiseleistung auf ein Seekabel mit Hilfe eines dynamischen thermischen Modells. Die Herausforderung im TCM-System liegt in der intelligenten Leistungsabregelung, um Belastungsfälle zu verhindern, die das 2-K-Kriterium verletzen. Es werden vorausschauend mögliche Belastungsspitzen in der Zukunft erkannt. Das Berechnungsverfahren simuliert kontinuierlich die zukünftige Temperaturentwicklung für einen plötzlichen, maximalen Leistungssprung und überwacht die Einhaltung des Kriteriums innerhalb eines festen Kontroll-Zeitfensters. Die prognostizierte Temperaturentwicklung hängt dabei an jedem Berechnungspunkt von den registrierten Änderungen der Verlustleistung in der Vergangenheit ab. Bei Überschreitung des Kriteriums am Ende des Kontroll-Zeitfensters, löst der Algorithmus die iterative und schrittweise Senkung der Leistung aus, um eine Überschreitung innerhalb des Zeitfensters zu vermeiden. Entwickelt von RWE Innogy und später

[192] https://plus.netzausbau.de/N2000/DE/Technik/Seekabel/seekabel-node.html (zuletzt abgerufen am 16.07.2024)

zusammen mit TenneT für den Einsatz im Cluster „HelWin“ optimiert, konnte das Verfahren erfolgreich implementiert und getestet werden. Nachfolgend wurde die Technologie auf alle geeigneten Netzanschlüsse in der deutschen Nordsee ausgerollt und ist seitdem flächendeckend im Einsatz (Wilms et al. 2021).

Neben dem Temperaturmonitoring werden Online-Fehlerortungen oder die akustische Überwachung mit verteilten Sensoren (Distributed Acoustic Sensing DAS) durchgeführt. Das umfangreiche Monitoring und hohe Qualitätssicherungsmaßnahmen während der Produktion der Seekabel reduzieren Fehlerquellen und Reparaturbedarfe, sodass Wartungs- und Reparatureinsätze minimiert werden können.

Der Einsatz von wet cables bietet Vorteile im Hinblick auf Gewicht und Durchmesser. Wet cables sind leichter und dünner, sodass der ökologische Fußabdruck geringer ist. Weiterhin sind die dynamischen Eigenschaften besser, sodass sie als resistenter bei Bewegung eingestuft werden können.[193]

Im Hinblick auf die Installation der Konverterplattformen können die in Abschnitt 4.2.5 aufgeführten Techniken berücksichtigt werden.

3.4.1.6 Stärken-Schwächen-Analyse

Für den Transport der Energie eines OWP ist eine Netzanbindung mit einem Seekabel unabdingbar und alternativlos.

Unter diesen Bedingungen wird von einer Stärken-Schwächen-Analyse der Technologie abgesehen.

3.4.1.7 Potenzial für das NSG „Doggerbank“

Das NSG „Doggerbank“ wird von zwei Vorbehaltsgebieten für Leitungen durchgequert, die in der folgenden Karte dargestellt werden.

193 https://oceangridproject.no/research/wet-design-cables#progress (zuletzt abgerufen am 16.07.2024)

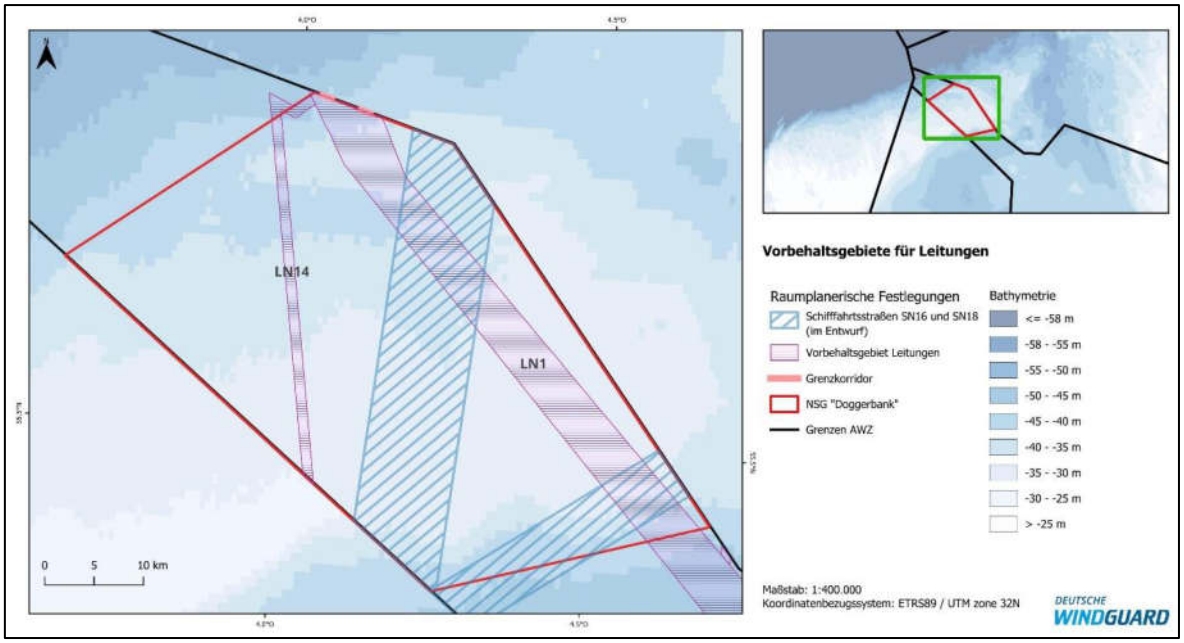


Abb. 3.16 Vorbehaltsgebiete Leitungen im NSG „Doggerbank“.

Das Gebiet LN1 verläuft von Südost nach Nordwest in nahezu paralleler Linie der Grenze der deutschen AWZ der Nordsee am nordöstlichen Rand. Das Gebiet LN14 quert das NSG in mittig Nordsüd-Richtung. In beiden Gebieten sind Pipelines verlegt. Strom- und Datenkabel sind im NSG „Doggerbank“ bislang nicht vorhanden.

Durch die nahe gelegenen Vorbehaltsgebiete kann eine Netzanbindung aus raumplanerischer Perspektive als unbedenklich eingestuft werden, da diese Gebiete für die Trassenführung und Export- bzw. grenzüberschreitende Leitungen bestimmt sind. Somit müssten für den Anschluss von OWP in diesem Bereich keine neuen Korridore ausgewiesen werden. Zusätzlich zu den Vorbehaltsgebieten Leitungen befinden sich im Norden des NSG zwei Grenzkorridore, sodass OWP an zukünftige grenzüberschreitende Leitungen angeschlossen werden könnten.

Eine Konverterplattform kann voraussichtlich mit den in Abschnitt 4.2 beschrieben Verfahren unter Einhaltung der Grenzwerte für den Schallschutz errichtet werden. Da die Pin Piles der Konverterplattform im Vergleich mit Monopiles geringe Durchmesser vorweisen, ist die Einhaltung von niedrigeren Werten als 160 dB SEL in 750 m Entfernung mit entsprechenden Schallminderungsmaßnahmen voraussichtlich möglich.

3.4.2 Pipelines für Wasserstoff oder Wasserstoff-Derivate

Die Produktion von Wasserstoff auf See mit Offshore-Windenergie bedingt, dass der Wasserstoff an Land transportiert werden oder auf See direkt vom Abnehmer bspw. als Kraftstoff verbraucht werden muss. Ähnlich wie der Transport von Erdgas per Pipeline kann zukünftig der Transport von Wasserstoff erfolgen. Der folgende Abschnitt gibt einen Überblick über die technologische Entwicklung des Transportes von Wasserstoff oder Wasserstoff-Derivaten per Pipeline.

3.4.2.1 Technische Funktionsweise

Weltweit sind ca. 3500-5200 km Wasserstoff Pipelines an Land in Betrieb (Ibrahim et al. 2022, Patonia et al. 2023). Oftmals befinden sich die Pipelines in der Nähe von Industrie- und Produktionsstätten. Prinzipiell ähnelt der Transport von Wasserstoff dem von Erdgas. Der Wasserstoff wird auf einen Betriebsdruck von ca. 10-50 bar mit Kompressoren verdichtet. Eine Herausforderung stellen die Materialcharakteristika des Wasserstoffs an Pipelines als Transportmedium. Wasserstoff ist 88 % leichter als Methan, aus dem Erdgas zum größten Teil besteht. Damit steigt Wasserstoff schneller auf und verflüchtigt sich leichter in der Umgebung. Weiterhin sind Wasserstoff-Moleküle ca. 25 % kleiner als Methanmoleküle, womit auch durch mikroskopische Risse oder Undichtigkeiten die Moleküle schneller entweichen können (Parfomak 2021).

Der Transport von Wasserstoff aus der Elektrolyse von Windenergie auf See mit einer Pipeline bietet Vorteile im Hinblick auf die Übertragungskapazität. Der Betriebsdruck ist höher als in Pipelines an Land und beträgt ca. 60 bis 100 bar (d'Amore-Domenech et al. 2023), sodass am Endpunkt der Pipeline der Betriebsdruck für eine Übergabe ohne zusätzlichen Mehraufwand für erneute Kompression zum Pipelinesystem an Land mit ca. 30 bar möglich ist. Für die Übertragung von bspw. 10 GW wird lediglich eine einzelne Pipeline mit einem Nenndurchmesser von 1.100 mm anstatt fünf 525-kV-HGÜ-Seekabelsystemen benötigt (Dambeck & Wendering 2022).

In Abschnitt 4.3.10 wurde erläutert, dass bei der Elektrolyse Energieverluste entstehen. Neben den Verlusten während der Herstellung, entstehen weitere Verluste in Höhe von ca. 10-15 % (Patonia et al. 2023)durch die notwendige Kompression und 0,5-1 % während des Transports selbst. Nach aktuellem Kenntnisstand ist zur Übertragung des hergestellten Wasserstoffs eine Verdichtung nach der Produktion notwendig. Danach erfolgt bis zur Einspeisung in das Pipelinesystem an Land keine erneute Kompression.

Der Aufbau einer Wasserstoffpipeline ähnelt grundsätzlich dem Aufbau einer Erdgaspipeline. Hierbei wird das Stahlrohr für den Gastransport üblicherweise noch von einer Stahlbetonummantelung als Schutz umgeben. Das innere Stahlrohr wird hierbei außen von einer Korrosionsschutzschicht und innen von einer Antifriktionsbeschichtung ummantelt Große Übertragungspipelines für lange Strecken haben üblicherweise einen Durchmesser von 1.100 mm, Sammelpipelines dagegen einen Durchmesser 400 mm.[194]

Die Installation einer Offshore-Pipeline erfolgt mit spezialisierten Pipeline-Verlegeschiffen (Nord Stream 2010). Vor der Verlegung wird der Meeresboden voruntersucht und mögliche Hindernisse oder Unebenheiten identifiziert. Unter Umständen kann es notwendig sein, dass in einigen Abschnitten Gestein aufgeschüttet werden muss, um eine stabile Auflage der Pipeline zu sichern. Mit Transportschiffen werden die einzelnen Segmente der Pipeline zum Installationsschiff gebracht. Vor der Verlegung werden die Segmente für das Verschweißen an Bord vorbereitet. Jede Schweißnaht und jede Verbindung wird umfangreich geprüft, um sicherzustellen, dass keine Schwachstellen

194 https://aquaductus-offshore.de/wp-content/uploads/2023/03/AquaDuctusShortStudy_OffshoreHydrogen-Production_v130_DE.pdf (zuletzt aufgerufen am 16.07.2024)

und mögliche Rissbildung auftreten können. Nach der Verschweißung wird eine korrosionsbeständige Schrumpfschlauchmanschette um die Naht angebracht, die wiederum von einer Verschalung mit einer Füllung aus Polyurethan-Schaum umschlossen ist. Die Installation und das Absenken auf den Meeresboden wird permanent mit Tauchrobotern überwacht, welche die korrekte Position der Pipeline überprüfen. Die Installation wird ununterbrochen durchgeführt. Bei der Verlegung der NordStream Pipelines wurde das Installationsschiff in einem 12-Punkte-Verankungssystem in Position gehalten, die nach der Verlegung jedes einzelnen Streckenabschnitts umgelegt wurden.

Der Aufwand und Umfang für den Rückbau einer Offshore-Pipeline hängt bspw. von der geplanten Nachnutzung, dem Durchmesser, den Bodenbedingungen und der Reststabilität des Rohres ab (International Association of Oil & Gas Producers 2021). Für große Übertragungspipelines im Öl- und Gasmarkt wird typischerweise eine Säuberung der Pipeline durchgeführt und dann wird das Rohr an Ort und Stelle belassen oder nur einzelne Komponenten werden entfernt. Sammelpipelines werden ebenfalls an Ort und Stelle belassen, vergraben und belassen oder entfernt. Die Fischereiindustrie favorisiert die Vergrabung mit anschließender Überdeckung, damit der Meeresboden frei von Hindernissen bleibt. Das Vergraben kann mit Fräsen und Pflügen umgesetzt werden, abhängig von den Bodenbedingungen und dem genauen Pipelinetyp. Der Rückbau erfolgt invers zur Installation mit einem Pipeline-Verlegerschiff. Die Segmente werden an Bord des Schiffes abgetrennt und zur Verwertung an Land transportiert. Oftmals rechtfertigt der umfangreiche Eingriff in die Natur bei der Entnahme der Rohre ein Zurücklassen oder das Entfernen einzelner Komponenten.

Neben dem Neubau von Pipelines ist für den Transport von Wasserstoff die Nutzung alter Erdgas-Pipelines eine Alternative. Diese müssen entsprechend der Umnutzung vorbereitet werden. Technische Herausforderungen liegen in der notwendigen Reinigung, Ausbesserungen im Hinblick auf Risse und der im Nachgang permanent erhöhte Monitoringaufwand hierfür, der Umrüstung der Kompressoren und Sensorik sowie Software zur Überwachung der Durchflüsse (ENTSOG AISBL; GIE; Hydrogen Europe 2021). Wasserstoff als im Vergleich zum Methan kleineren Molekül bedarf einer undurchlässigeren Infrastruktur, die mit höherem Überwachungsaufwand einhergeht.

Wasserstoff-Derivate wie z.B. Ammoniak und Methanol bedürfen zur Herstellung hohe Temperaturen (Ammoniak 400-500 °C und Methanol 230-250 °C) sowie hohe Kompressionsdrücke (Ammoniak 100-250 bar und Methanol 80 bar) (Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie IEG 2024). Die Produktion solcher Derivate auf See wird derzeit noch nicht betrieben, aber erste Konzepte wurden bereits angekündigt[195].

3.4.2.2 Stand der Technik

Aktuell existieren keine Pipelines für Wasserstoff oder Wasserstoff-Derivate auf See. Gleichwohl ist die Nutzung von Wasserstoff-Pipelines an Land und die Nutzung von Offshore-Pipelines für Öl- und

[195] https://h2-news.de/wirtschaft-unternehmen/thyssenkrupp-uhde-entwickelt-schwimmende-ammoniakanlage/ (zuletzt aufgerufen am 16.07.2024)

Gastransporte bereits etabliert, sodass es sich um die Weiterentwicklung bestehender Technologien und nicht um eine Neueinführung handelt.

3.4.2.3 Entwicklungsprognose und Forschungsbedarf

Zukünftige Dimensionen, Sicherheit der Systeme

Zukünftig soll ein umfangreiches Wasserstoffnetz in Europa aufgebaut werden. Die „Hydrogen Backbone Europe (EHB) Initiative“ entwickelt in Zusammenarbeit mit 31 Energieunternehmen und 28 Ländern ein europäisches Wasserstoffnetz. Die Planungen beinhalten neue Wasserstoffleitungen und umfunktionierte Gasleitungen, die Deutschland mit dem europäischen Umland bis zum Jahr 2040 verbinden sollen. Dabei wird Europa in fünf Versorgungskorridore unterteilt, von denen ein Korridor der Nordsee zugeordnet wird. Für diesen wurde das Ziel der Dekarbonisierung der Industrie als Haupttreiber und die entstehenden Chancen durch die zukünftigen Offshore-Windparkprojekte identifiziert. Neben den Rohrleitungen an Land sind Offshore-Pipelines geplant, welche deutsche, norwegische, niederländische und Offshore Elektrolyse-Standorte im Vereinigten Königreich verbinden. Die folgenden Abb. 3.17 und Abb. 3.18 stellen die geplanten Entwicklungen für die Jahre 2030 und 2040 dar.

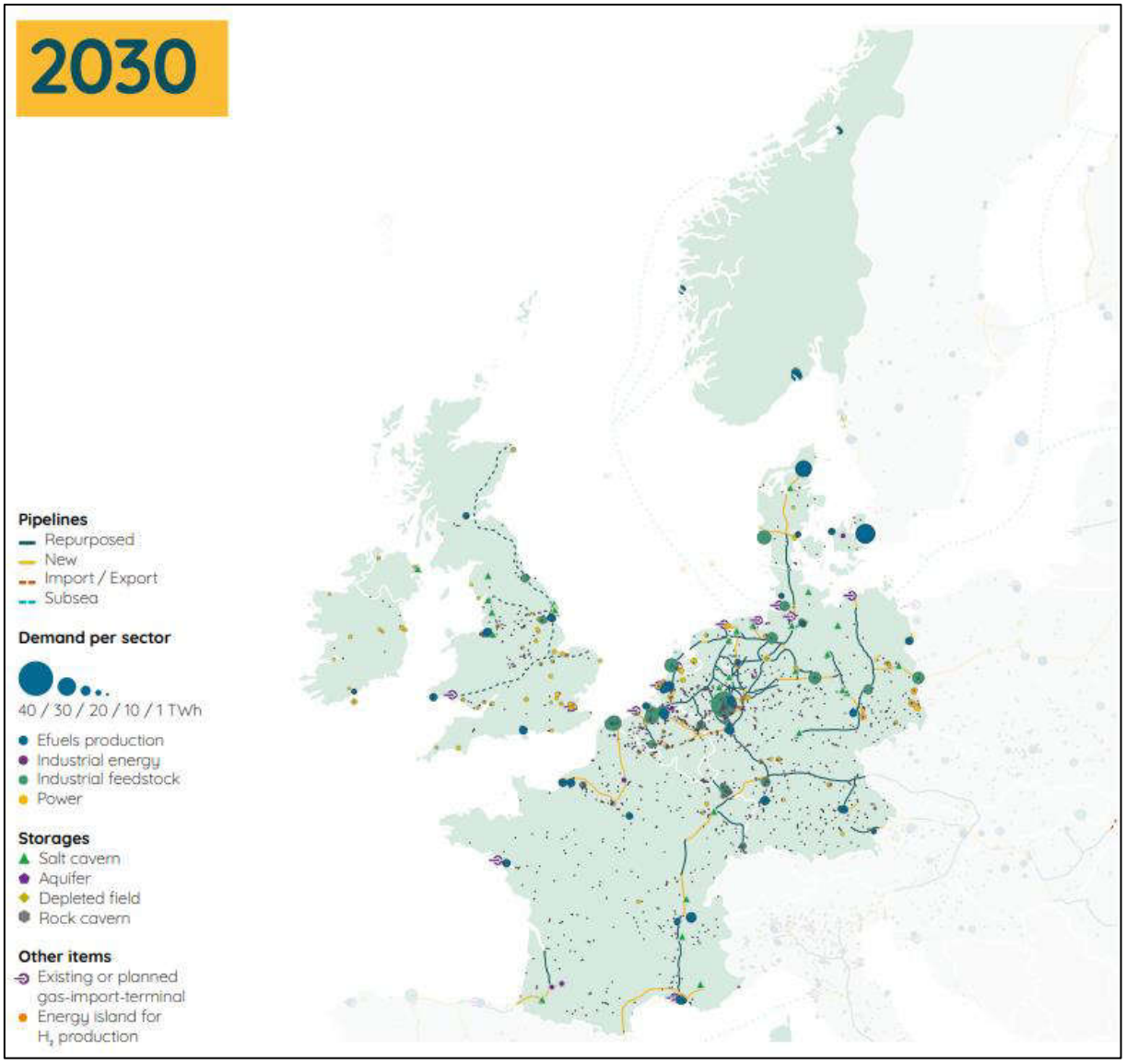


Abb. 3.17 Geplante Entwicklung des Wasserstoffverteilnetzes im Jahr 2030[196].

[196] https://ehb.eu/files/downloads/EHB-Supply-corridor-presentation-Full-version.pdf (zuletzt abgerufen am 16.07.2024)

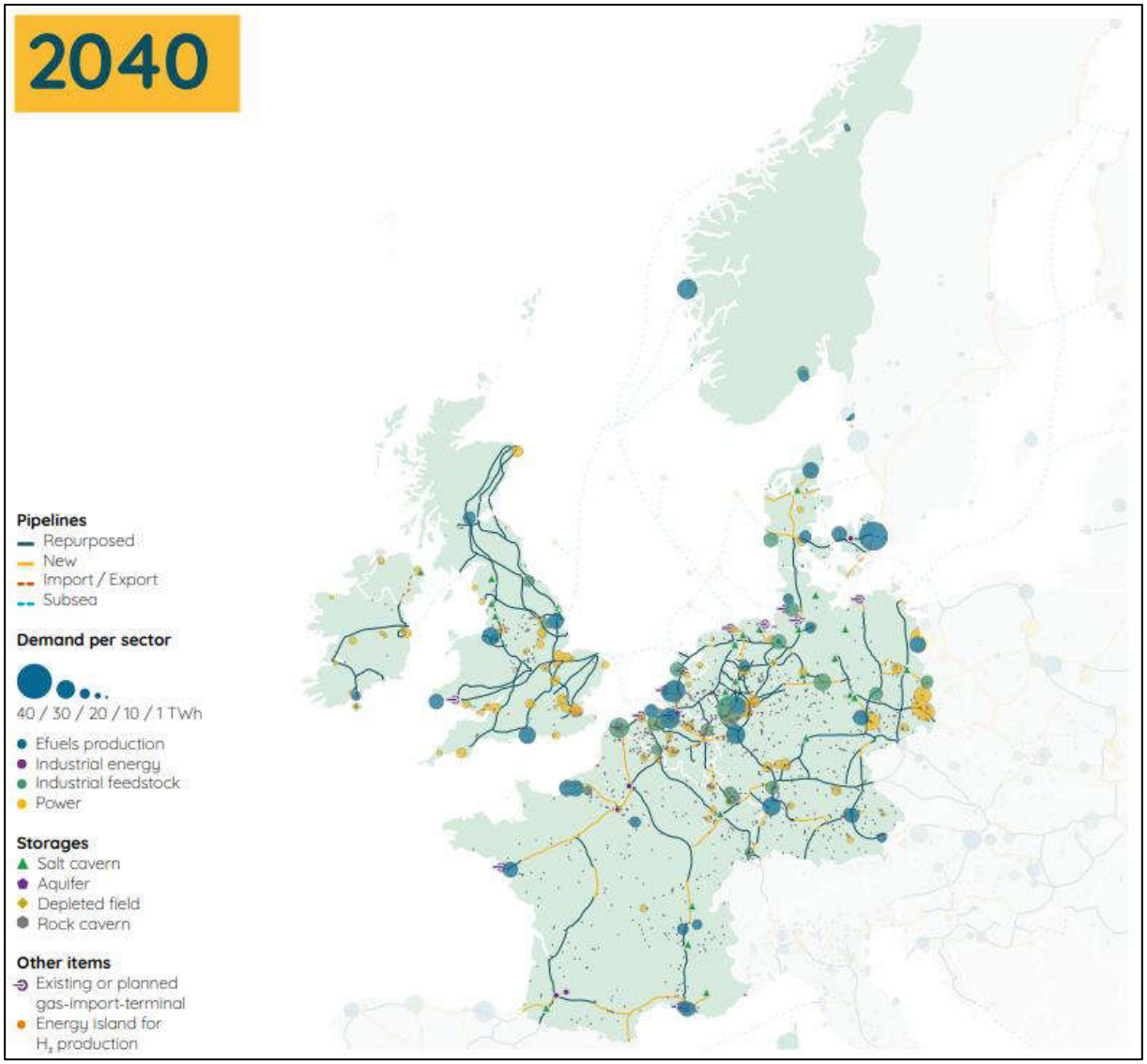


Abb. 3.18 Geplante Entwicklung des Wasserstoffverteilnetzes im Jahr 2030[197].

Im Jahr 2030 sieht die Initiative große Wasserstoffbedarfe im Bereich der Industrie im Ruhrgebiet sowie den Hafenregionen der Niederlande und Belgien.[198]

Eine Offshore-Pipeline soll zwischen Deutschland und Norwegen eingerichtet werden. Langfristig werden in ganz Europa hohe Bedarfe an Wasserstoff für die Herstellung von E-Fuels und den Transportsektor prognostiziert. Bis zum Jahr 2040 sollen das Vereinigte Königreich und die Niederlande

197 https://ehb.eu/files/downloads/EHB-Supply-corridor-presentation-Full-version.pdf (zuletzt abgerufen am 16.07.2024)

198 https://ehb.eu/files/downloads/EHB-Supply-corridor-presentation-Full-version.pdf (zuletzt abgerufen am 16.07.2024)

an die Offshore-Sammelpipeline angeschlossen werden. Das Projekt NorthH_2, welches an der Entwicklung beteiligt ist, beabsichtigt die Umnutzung bestehender Infrastruktur. Zunächst soll blauer Wasserstoff von Norwegen nach Deutschland transportiert werden und langfristig grüner Wasserstoff, sodass OWP und Offshore-Elektrolyse integriert werden.[199]

Die Machbarkeit eines Pipelinebaus zwischen Norwegen und Deutschland bis zum Jahr 2030 wurde von Gassco analysiert (GASSCO 2023), die als Projektpartner im Projekt AquaDuctus aktiv sind. Hierbei wurde ebenfalls die Umnutzung der Europipe Pipeline als Möglichkeit für den zukünftigen Transport von Wasserstoff benannt. Obgleich die generelle Machbarkeit gegeben ist, wäre der Zeitplan ambitioniert. Im Hinblick auf technische Aspekte liegen Herausforderungen in der Qualifizierung von relevanten Komponenten wie Gasqualitäts- und Durchflussmesser, Kompressoren und Ventile, die Erhöhung der Genauigkeit von Detektoren, Sensoren und Erkennungstechnologien für Risse. Diese müssten bis 2030 weiterentwickelt werden.

Als weiterer Forschungsbedarf im Bereich des Wasserstofftransportes per Pipeline wurde im Rahmen dieser Untersuchung die Entwicklung der PEM-Hochdruckelektrolyse identifiziert (Salehmin et al. 2022). Forschungsprojekte sind bereits in diesem Feld aktiv, befinden sich jedoch am Anfang ihrer Laufzeit wie bspw. das Projekt „Kostengünstige Hochdrucktechnik für die Wasserelektrolyse“ im Rahmen des HORIZON 2.5 Programms der EU. Elektrolyseure mit einem Ausgangsbetriebsdruck von 30-40 bar sind bereits am Markt etabliert. Offshore könnten mit der PEM-Hochdruckelektrolyse, welche mit bis zu 350 bar oder mehr den Wasserstoff in die Pipeline übergeben könnte, Energieverluste durch zusätzliche Kompression vermieden werden. Die Hochskalierung der Elektrolyseure und der Komponenten entwickelt sich, sodass die Leistung der Elektrolyseure steigt, aber im Bereich der PEM-Hochdruckelektrolyse ist bisher lediglich ein 700 bar PEM-Hochdruckelektrolyseur aktiv.[200]

3.4.2.4 Auswirkung der Technologie auf die Meeresumwelt

In Tab. 3.13 sind die Auswirkungen von Pipelines auf die Meeresumwelt zusammengefasst. Eine detaillierte Beschreibung der Auswirkungen auf die verschiedenen betrachteten Schutzgüter kann Kapitel 5 entnommen werden.

Tab. 3.13 Pipelines – Übersicht der Auswirkungen auf die Meeresumwelt.

Wirkfaktor	baubedingt	betriebsbedingt	rückbaubedingt
Sedimentaufwirbelungen/Trübungsfahnen	X		X
Sedimentumlagerung	X		X
Sedimentverdichtung	X		X
Schallemissionen	X		X

[199] https://www.equinor.com/news/archive/20201207-hydrogen-project-north2 (zuletzt abgerufen am 16.07.2024)

[200] https://cordis.europa.eu/project/id/101101318/de (zuletzt aufgerufen am 16.07.2024)

Wirkfaktor	baubedingt	betriebsbedingt	rückbaubedingt
Visuelle Unruhe	X		X
Lichtemissionen	X	X	X
Flächeninanspruchnahme		X	
Einbringung von Hartsubstrat		X	
Stoffeinträge ins Wasser		X	

3.4.2.5 Technologien zur Vermeidung oder Verminderung der Umweltauswirkungen

Der Transport von Wasserstoff und Wasserstoff-Derivaten kann anstatt per Pipeline auch mit Transportschiffen organisiert werden. Transportschiffe, die den Wasserstoff an der Windenergieanlage laden, sind flexibel einsetzbar und können Wasserstoff-Terminals inner- und außerhalb Europas zur Abladung anfahren, sodass der europäische und internationale Austausch gefördert und der Wasserstoff bedarfsgerecht an Abnehmer geliefert werden kann. Aktuell ist weltweit jedoch lediglich ein Flüssigwasserstofftanker in Betrieb. Die Suiso Frontier kann 1.250 m³ flüssigen Wasserstoff (-253°C) transportieren (Jakovenko 2022). Für das in Abschnitt 4.3.1 betrachtete Beispiel der Elektrolyse mit 1 GW Windenergieleistung würden 1 Mio. m³ flüssiger Wasserstoff pro Jahr hergestellt werden. Dies entspräche 800 Schiffsbewegungen im Jahr, die zum Abtransport des erzeugten Wasserstoffs notwendig wären. Alternativ kann Wasserstoff zum Transport an ein Trägermedium gebunden werden. Bei der „Liquid Organic Hydrogen Carrier (LOHC)"-Technologie wird Wasserstoff durch Hydrierung und Bindung, an beispielsweise Dibenzyltoluol, in einen flüssigen Aggregatzustand versetzt. LOHC kann ähnlich wie Diesel in Tankerschiffen oder Tanklastern transportiert werden. Nach dem Transport und einer möglichen Zwischenlagerung wird der Wasserstoff dehydriert. Ein Einsatz von LOHC-Technologie ist im „Northern Green Crane" Projekt in Lingen geplant. Ab dem Jahr 2026 soll der Wasserstoff in Schweden erzeugt werden, über den See- und Binnenweg in Form von LOHC nach Lingen gebracht und anschließend dehydriert werden, bevor er in der Industrie verbraucht wird. Diese Vorgehensweise weist allerdings hohe Umwandlungsverluste auf (Stock 2022).

Neben dem Einsatz von Transportschiffen ist der Verbrauch des auf See hergestellten Wasserstoffs durch die Betankung vor Ort von Fracht- oder Arbeitsschiffen (Service Operation Vessel) für den Eigenverbrauch möglich. Siemens Gamesa betreibt bspw. ein SOV, welches mit Wasserstoff betrieben werden könnte.[201] Mit Betankungen auf See oder dem Abtransport mit Transportschiffen kann der Elektrolyseur unabhängig vom Anschluss an eine Pipeline betrieben werden, jedoch müssen entsprechende Kapazitäten zur Zwischenspeicherung einkalkuliert werden.

3.4.2.6 Stärken-Schwächen-Analyse

Die Nutzung einer Pipeline für Wasserstoff oder Wasserstoff-Derivate als Anbindungstechnologie wird im Folgenden mit der Nutzung von Seekabeln verglichen. Der in Wasserstoff als Energieträger

[201] https://www.siemensgamesa.com/en-int/newsroom/2021/12/211216-siemens-gamesa-press-release-vessel-rem-energy-hydrogen (zuletzt aufgerufen am 24.07.2024)

umgewandelte Strom kann in großen Sammelpipelines an Land gebracht werden, wobei eine Pipeline Stärken und Schwächen gegenüber dem Einsatz von Seekabeln vorweist. Die folgende Tab. 3.14 stellt die ermittelten Stärken und Schwächen prägnant dar.

Tab. 3.14 Stärken-Schwächen-Analyse von Pipelines für Wasserstoff im Vergleich zur Nutzung von Seekabeln zur gleichen Energieübertragung.

Stärken	Schwächen
Höhere Energieübertragungskapazität	Bisher unbekannte Diffusionseffekte
Reduzierung des Flächenbedarfs zur Energieübertragung	Höheres Schadensrisiko bei Systemausfall aufgrund höherer Übertragungskapazität
Reduzierung des Eingriffs in die Natur	Bisher unbekannte Wartungsintensität

Stärke (eingeschränkte) Stärke/Schwäche Schwäche

Durch die höheren Energieübertragungskapazitäten können mehrere Seekabelsysteme mit einer einzelnen Pipeline ersetzt werden. Hiermit wird die zu belastende Fläche reduziert und anstatt mehrerer Seekabel muss eine einzelne Pipeline betrieben, überwacht und gewartet werden, wodurch wiederum Wartungsarbeiten reduziert werden könnten. Ob und in welchem Maße dies tatsächlich zutrifft ist noch nicht absehbar, da die Wartungsintensität dieser neuen, noch nicht etablierten Technologie, noch nicht abgesehen werden kann. Durch die Eigenschaften von Wasserstoff, dessen Elemente kleiner sind als die von bisher in Pipelines geführten Öl und Gase, kann dieser leichter entweichen. Außerdem kann beim verwendeten Werkstoff für die Pipeline zu Versprödungen kommen. Weiterhin ist unklar, wie viel Wasserstoff sich tatsächlich bei der Nutzung von Übertragungspipelines verflüchtigt. Zuletzt muss der gravierendere Einfluss und das erhöhte Schadensrisiko eines Systemausfalls benannt werden. Der Ausfall einer Pipeline, die bis zu 10 GW Leistung transportieren kann, ist weitaus gravierender, als wenn ein 2 GW Seekabelsystem ausfällt. Ein solcher Ausfall kann ggfs. durch fehlerhafte Betriebsweise, technische Ausfälle oder Fremdeinwirkung geschehen.

3.4.2.7 Potenzial für das NSG „Doggerbank“

Für den Ausbau des europäischen Wasserstoffnetzes wird eine Wasserstoff-Pipeline zur Vernetzung der Nordseeanrainer mit Anschluss an die deutsche Nordseeküsten geplant. Es ist davon auszugehen, dass eine Streckenführung entlang der Vorbehaltsgebiete für Leitungen geplant würde, welche das NSG „Doggerbank“ quert (siehe Abschnitt 4.4.1.7). Bei der Realisierung dieser Übertragungspipeline würde damit ein möglicher Anknüpfungspunkt für auf See und im NSG „Doggerbank“ erzeugten Wasserstoff geschaffen werden können, ohne dass eine neue, zusätzliche Pipeline zu den äußeren Bereichen der AWZ verlegt werden müsste. Zusätzlich könnte der produzierte Wasserstoff

langfristig grenzüberschreitend abgesetzt werden, wobei davon ausgegangen wird, dass Deutschland auch langfristig mehr Wasserstoff importieren als exportieren muss.

Da die Produktion von Wasserstoff oder Wasserstoff-Derivaten eine zusätzliche Belastung des Ökosystems zusätzlich zum zu bewertenden Windenergieausbau im NSG „Doggerbank“ bedingt, besteht zwar Potenzial für die Querung des NSG im Rahmen einer Pipelineverlegung im ausgewiesenen Vorbehaltsgebiet für Leitungen, aber eher kein Potenzial für die Anwendung der Technologie außerhalb der Vorbehaltsgebiete. Das NSG „Doggerbank“ grenzt an die Windflächen N-17 und N-19 an. Diese Flächen könnten für die Eignung zur Produktion von Wasserstoff auf See überprüft werden, um die Stärken der Technologie zu nutzen.

3.5 Fazit

Als Technologie zur Stromerzeugung mittels Windenergie auf See werden derzeit und voraussichtlich auch in zukünftigen Vorhaben hauptsächlich horizontalläufige **Offshore-Windenergieanlagen** mit drei Flügeln eingesetzt. Gegenwärtig weisen die größten Anlagen in Europa Nennleistungen von 15 Megawatt (MW) auf. Für den Zeitraum 2040 bis 2050 wird die Inbetriebnahme von OWEA mit einer Nennleistung von 22 MW bis 28 MW erwartet.

Für die **Gründung** von OWEA sind grundsätzlich mehrere Fundamenttypen für den Einsatz im NSG „Doggerbank“ geeignet. **Monopiles** als häufigste genutzte Fundamentart in der Nordsee entsprechen dem Stand der Technik und es ist vorerst keine Abweichung des Trends erkennbar. Die Installation erfolgt regulär mittels Impulsrammverfahren, dessen entstehende Schallemissionen mit entsprechenden Schallschutzminderungsmaßnahmen reduziert werden können. Es wird erwartet, dass mit wachsenden Monopiles und wachsender Rammenergie, die zum Einbringen des Monopiles notwendig sein wird, die Schallemissionen ansteigen werden, sodass die Einhaltung der zulässigen Grenzwerte zum Schutz der Schweinswale gemäß Schallschutzkonzept des BMU beim Bau von Fundamenten für OWEA zukünftig eine immer größere Herausforderung darstellen wird. Gleichzeitig wird die Entwicklung von alternativen Einbringungsverfahren und Optimierung sekundärer Schallschutzsysteme vorangetrieben. Da der Schall nicht nur in die Wassersäule, sondern auch in den Boden übertragen wird, welcher die Energie wieder in Richtung Wassersäule reflektiert, ist die Weiterentwicklung alternativer Einbringungsverfahren bedeutsam, da die Verfahren zur Schallminderung die Ausbreitung über diesen Übertragungsweg nicht effizient verhindern können.

Entsprechend sind weitere Versuche und praktische Erfahrungen erforderlich. Insbesondere der Nachweis der Standfestigkeit der Monopiles beim ausschließlichen Einsatz der alternativen Einbringungsverfahren steht bislang noch aus. Entsprechend ist nach aktuellem Stand in der Regel immer noch eine Impulsrammung für die letzten Meter Einbringtiefe vorzusehen. Bei **Jacket** Fundamenten ist das Einbringen der Pin Piles geräuschärmer möglich, die Installation und die Konstruktion der Jackets ist jedoch aufwändiger. Das **Suction Bucket Jacket**, bei welchem sich ein hohler Zylinder mit offenem Boden und geschlossener Oberseite durch Unterdruck in den Boden saugt, stellt bisher eine Ausnahme für den Einsatz als Gründungsstruktur dar. Die aktuellen Entwicklungen auf dem Markt zeigen erneutes Interesse an dem Konzept, da die Technologie für mehrere Projekte als mög-

liche Gründungsstruktur getestet werden soll. Das **Suction Bucket Monopile** wird nach gescheiterten Etablierungsversuchen für die Windenergie nach Expertenmeinung auf absehbare Zeit keine Rolle in kommerziellen Projekten spielen. **Schwimmende Fundamente** werden in der Regel für tiefere Gewässer konzipiert. Installation und Betrieb in Übergangstiefen von 30 bis 60 m Wassertiefe könnten theoretisch mit zumindest einer Technologievariante technisch möglich sein. Diese Technologie wurde in geringer Wassertiefe, jedoch noch nicht unter realen Bedingungen mit heutigen Anlagendimensionen getestet und benötigt nach Herstellerangabe eine Wassertiefe von mindestens 40 m. Insgesamt besteht bei schwimmenden Fundamenten noch vermehrter Forschungsbedarf, um die Eignung für flachere Gewässer wie im NSG „Doggerbank“ nachzuweisen. Entsprechend wird für den betrachteten Zeitraum zur Nutzung des NSG „Doggerbank“ für den Ausbau der Windenergie nach aktuellem Kenntnisstand kein Potenzial für diese Technologie gesehen.

Die direkte **Umwandlung und Speicherung** des auf See produzierten Stroms in Form von Wasserstoff ist technisch mithilfe eines PEM-Elektrolyseurs realisierbar. Es sind bereits mehrere Konzepte mit zentraler oder dezentraler Positionierung eines oder mehrerer Elektrolyseure in einem OWP in Planung bzw. wurden hinsichtlich ihrer Machbarkeit analysiert. Die Versorgung mit zur Elektrolyse notwendigem Frischwasser kann mithilfe eines Meerwasseraufbereitungsverfahrens durchgeführt werden. Hierbei handelt sich um kein geschlossenes System, sodass Wasser mit einem erhöhten Salzgehalt in das Meer zurückgeführt werden muss. Der Einsatz von Elektrolyseuren und die Umwandlung des Stroms führen zu geringeren Wirkungsgraden durch Energieverluste bspw. in Form von Abwärme im Verhältnis zur direkten Stromübertragung. Als Speichermedium kann der hergestellte Wasserstoff netzdienlich wirken. Überschüssige Energie kann zur Herstellung von Wasserstoff genutzt werden, der in Zeiten von Energiebedarf rückverstromt wird. Die Rückverstromung ist allerdings mit weiteren Wirkungsgradverlusten verbunden. Da die Errichtung von Elektrolyseuren zusätzlich zu OWEA zusätzliche Belastungen für das Ökosystem darstellen, sich Windflächen in nächster Umgebung zum NSG „Doggerbank“ befinden und die Fläche SEN 1 zur Sammlung von Erfahrungen im Umgang mit der Offshore-Elektrolyse genutzt werden kann, wird eher kein Potenzial der Technologieanwendung im NSG „Doggerbank“ gesehen.

Die **Anbindung** eines OWP im NSG „Doggerbank“ kann über Stromleitungen oder Wasserstoffpipelines, im Falle einer Wasserstoffproduktion, erfolgen. Der Betrieb von **Stromleitungen** ist nahezu wartungsfrei und etablierter Stand der Technik. Die Installation wird mit unterschiedlichen Verfahren durchgeführt, abhängig von den Bauabschnitten bzw. der Wassertiefe und den Bodenarten. Die Innerparkleitungen der OWP werden an der Konverterplattform zusammengeführt. Die Übertragungsnetzbetreiber haben leicht abweichende Plattformkonzepte, jedoch wird zukünftig die Übertragung von 2 GW je OWP und ein Stromanbindungssystem langfristig als Standard etabliert werden. Der Transport von Wasserstoff über eine **Pipeline** bietet Vorteile im Hinblick auf die Übertragungskapazitäten, da eine Pipeline mit 1.100 mm Durchmesser fünf 525-kV-HGÜ-Seekabelsysteme ersetzen könnte. Obgleich bisher keine Offshore-Wasserstoff-Pipeline installiert und betrieben wurde, sind umfassende Erkenntnisse aus dem Bau und Betrieb von Wasserstoff-Pipelines an Land und dem Bau und Betrieb von Erdgas-Pipelines auf See bereits vorhanden. Die vollständige technologische Reife kann noch nicht als gegeben bewertet werden. Zukünftig wird das NSG „Doggerbank“ von einer Wasserstoffpipeline durchquert, die im Rahmen des europäischen Wasserstoffnetzausbaus errichtet werden soll.

Die in diesem Kapitel identifizierten Technologien zur Vermeidung oder Verminderung der Umweltauswirkungen sowie der ihnen zugeordnete Forschungsbedarf sind in der folgenden Tab. 3.15 zusammengefasst.

Tab. 3.15 Übersicht der identifizierten Technologien zur Vermeidung oder Verminderung der Umweltauswirkungen.

Technologie zur Vermeidung oder Verminderung der Umweltauswirkungen	Wirkungsziel	Allgemeine Marktreife	Forschungsbedarfe im Hinblick auf den Einsatz im NSG „Doggerbank“
Windenergieanlagen			
Bedarfsgerechte Nachtkennzeichnung (BNK)	Reduzierung der Lichtemissionen und möglicher Anziehung von Vögeln und Insekten	TRL 9	Prinzipiell kein Forschungsbedarf
Temporäre Abschaltung	Zielgerichtete Abschaltung bei Vogelzug	TRL 9	Modelle zum Vogelzug unterliegen stetiger Verbesserung
Anstrich der Rotorblätter	Erhöhung der Visualität und Verminderung des Vogelschlags	TRL 6-7	Feststellung der Wirkung(-sintensität) ausstehend, Tests auf See ausstehend, Überprüfung Vereinbarkeit mit bestehenden Regularien zu überprüfen
Optimierung des Betriebskonzepts (Service, Wartung, Prüfung, etc.)	Reduzierung der Schiffsbewegungen und des Schiffslärms	TRL 7-9	Stetige Optimierung und Entwicklung der Betriebskonzepte
Vergrämung	Verminderung des Vogelschlags	TRL 5-6	Tests auf See ausstehend
Fundamente			
Acoustic Harassment Devices (AHD)	Temporäre Vertreibung der marinen Lebewesen	TRL 9	Prinzipiell kein Forschungsbedarf
Soft-Start Prozedur	Temporäre Vertreibung der marinen Lebewesen	TRL 9	Prinzipiell kein Forschungsbedarf
Vibroverfahren	Verminderung der Schallemissionen und Verlagerung in den Niedrigfrequenzbereich	TRL 5-8	Weiterentwicklung für zukünftige Anlagendimensionen und Verzicht auf abschließende Impulsrammung erforderlich
Impulsverlängerung	Verminderung der Schallemissionen und Verlagerung in den Niedrigfrequenzbereich	TRL 8-9	Weiterentwicklung für zukünftige Anlagendimensionen erforderlich
Jettingverfahren	Einsinken des Pfahls durch Eigengewicht ohne Impulsrammungen	TRL 7	Industrialisierung und Entwicklung für komplexere Bodenstrukturen sowie Verzicht auf abschließende Impulsrammung erforderlich

Technologie zur Vermeidung oder Verminderung der Umweltauswirkungen	Wirkungsziel	Allgemeine Marktreife	Forschungsbedarfe im Hinblick auf den Einsatz im NSG „Doggerbank“
Blasenschleier	Verminderung von Schallemissionen im Hochfrequenzbereich	TRL 9	Weiterentwicklung für zukünftige Anlagendimensionen erforderlich
Hydroschalldämpfer	Verminderung der Schallemissionen im Niedrig- und Hochfrequenzbereich	TRL 9	Weiterentwicklung für zukünftige Anlagendimensionen erforderlich
Helmholtz-Resonatoren	Verminderung von Schallemissionen insbesondere im Niedrigfrequenzbereich	TRL 8	Weiterentwicklung für zukünftige Anlagendimensionen erforderlich
Hüllrohr und Schallschutzmantel	Verminderung der Schallemissionen im Niedrig- und Hochfrequenzbereich	TRL 9	Weiterentwicklung für zukünftige Anlagendimensionen erforderlich
HexDefence Kolkschutz	Verminderung der Flächenversiegelung	TRL 4-?	Untersuchungen über Umweltemissionen erforderlich, Überprüfung Vereinbarkeit mit bestehenden Regularien zu überprüfen
Alternative Fundamentart (Jacket)	Verminderung der Schallemissionen durch geringere Pfahldurchmesser	TRL 9	Prinzipiell kein Forschungsbedarf
Alternative Fundamentart (Suction Bucket Jackets)	Installation durch Unterdruck und Eigengewicht ohne Impulsrammung	TRL 9	Weiterentwicklung für zukünftige Anlagendimensionen erforderlich
Alternative Fundamentart (Floating Foundation)	Verminderung der Schallemissionen durch geringere Pfahldurchmesser oder andere Verankerungsmethoden	TRL 8-9	Weiterentwicklung für zukünftige Dimensionen und niedrige Wassertiefe notwendig
Energiewandlungs- und Speicheroptionen			
Elektrolyse in Küstennähe an Land mit auf See produziertem Strom und Meerwasser	Keine Emissionen auf See	TRL 5-6	Hochskalierung ausstehend
Salzwasserelektrolyse	Verfahrensschritt zur Entsalzung entfällt	TRL 5	Hochskalierung ausstehend, Prüfung des Langzeiteinsatzes ausstehend, Untersuchungen über Umweltemissionen erforderlich
Anbindungstechnologien - Kabel und Konverterplattform			
Transmission Capacity Management (TCM)	Sicherstellung, dass das 2K-Kriterium eingehalten wird	TRL 9	Prinzipiell kein Forschungsbedarf
Kabelmonitoring	Reduzierung der Schiffsbewegungen und des Schiffslärms	TRL 9	Betriebskonzepte unterliegen stetiger Verbesserung

Technologie zur Vermeidung oder Verminderung der Umweltauswirkungen	Wirkungsziel	Allge-meine Markt-reife	Forschungsbedarfe im Hinblick auf den Einsatz im NSG „Doggerbank“
Wet cables	Reduzierung des Flächen-bedarfs	TRL 9	Weiterentwicklung für zukünftige Anlagendimensionen erforderlich
Konverterplattform	siehe Fundamente		
Anbindungstechnologien – Pipelines für Wasserstoff und Wasserstoff-Derivate			
Wasserstofftransport per Schiff	Kein dauerhafter Umwelt-eingriff notwendig	TRL 8	Hochskalierung (Anzahl geeigneter Transportschiffe) ausstehend
Direktverbrauch von Wasserstoff als Kraft-stoff für Schiffe	Kein dauerhafter Umwelt-eingriff notwendig	TRL 8-9	Weiterentwicklung neuer Schiffs-antriebe

4 GRUNDLAGEN ZUR ERMITTLUNG DER TRAGFÄHIGKEIT DER ÖKOSYSTEME DES NSG „DOGGERBANK“

Alle Aussagen in den folgenden Kapiteln basieren auf dem Kenntnisstand von 31.07.2024.

4.1 Definition Tragfähigkeit

In der Ökologie ist die Tragfähigkeit die maximale Zahl von Organismen, Arten oder Populationen, die in einem Lebensraum für unbegrenzte Zeit existieren können, ohne diesen nachhaltig zu schädigen (Spektrum Akademischer Verlag 2004). Häufig wird die Tragfähigkeit mit der (Umwelt-)Kapazität in Populationsmodellen, die auf einer logistischen Gleichung aufbauen, gleichgesetzt. Im englischen heißt der Fachbegriff „carrying capacity“. Das Fassungsvermögen des Lebensraumes ist bei natürlichen Ökosystemen nur vom Naturraumpotential, also vom Leistungsvermögen des Landschaftshaushaltes, und den Ansprüchen der sich darin befindenden Lebensgemeinschaften abhängig.

Von der ökologischen Tragfähigkeit unterschieden wird die ökologische Belastbarkeit. Die ökologische Belastbarkeit ist die Fähigkeit eines Ökosystems, einen bestimmten Grad an Belastungen aufgrund seiner Resistenz- und Resilienzeigenschaften zu ertragen, ohne dass seine im Zuge der Selbstorganisation ausgebildeten oder vom Menschen geschaffenen Strukturen und Funktionen verändert werden. Die jeweilige Belastbarkeit eines Ökosystems resultiert aus der Verbindung von aktueller Resistenz (Widerstandsfähigkeit) und Resilienz (Regenerationsfähigkeit). Ökologische Belastungsgrenzen („critical levels“) sind quantitative Bezugsgrößen und schließen die Zeitpunkte bzw. -spannen der inhärenten oder umweltbedingten höchsten Anfälligkeit des Ökosystems bzw. seiner Komponenten ein. Wird eine Belastungsgrenze überschritten ist mit Veränderungen zu rechnen, d. h. mit Minderungen der Lebensraum- und Produktionsfunktionen sowie anderer ökologischer Leistungen.

Da keine entsprechenden Untersuchungen durchgeführt wurden, können keine mathematisch ermittelten Grenzwerte im Sinne der o. a. Definitionen von ökologischer Tragfähigkeit, bzw. ökologischer Belastbarkeit angegeben werden. Ziel des Kapitels 5 ist vielmehr, die aktuelle anthropogene Belastung im NSG „Doggerbank“ aufzuführen und zu bewerten, die jeweiligen Bestände der dort vorkommenden Arten, bzw. Schutzgüter zu betrachten und bezüglich ihrer Ausprägung/Dichte/Schutzwürdigkeit zu bewerten und mögliche Konfliktpotenziale mit dem Ausbau von OWP im NSG „Doggerbank“ zu identifizieren. In Ermangelung von Daten und Kenntnissen zur Bestimmung fachlich-mathematischer Grenzwerte zur Tragfähigkeit im Bereich der „Doggerbank“ („Signifikanzschwellen“) wird im Folgenden entweder auf normativ gesetzte Schwellenwerte zurückgegriffen (z. B. 1 %-Kriterium/Schallschutzkonzept) oder bei Arten(gruppen) und Schutzgütern ohne entsprechend aufgelöster Daten oder ohne normative Vorgaben eine auf Expertenwissen aufgebaute Belastungsgrenze festgesetzt. Das Bewertungsschema, welches in Kapitel 6 zur Einschätzung der Naturverträglichkeit der verschiedenen Szenarien angewendet wurde, folgt einer Ampelfarbgebung:

- Grün bedeutet, dass kein Konflikt mit dem Erhalt der (lokalen) Population zu erwarten ist.
- Gelb bedeutet, dass ein negativer Effekt auf den Erhalt der Populationsgröße erwartet wird, aber nicht zu erwarten ist, dass eine kritische Grenze (dauerhafter Verlust oder Populationsrückgang) überschritten wird.
- Rot bedeutet, dass durch den Eingriff ein dauerhafter Rückgang der Population zu erwarten ist.
- Grau bedeutet, dass eine kritische Bewertung nicht ausgeschlossen ist, aber Kenntnislücken keine Aussagen zulassen.

Es ist bei der Bewertung zu beachten, dass diese sich auf die Population bzw. auf den Flächenanteil des entsprechenden Lebensraumtyps bezieht. Sie stellt keine Bewertung im Sinne einer FFH-Verträglichkeitsprüfung dar und es wurde nicht abgeglichen, ob der Eingriff mit den Zielen der Schutzgebietsverordnung/Managementplänen übereinstimmt. Diese spezifische planerische Abschichtung bleibt einer unabhängig dieses Projektes durchzuführenden Verträglichkeitsprüfung überlassen.

Basis der vorliegenden Bewertung ist, dass durch die zusätzliche Belastung durch den Bau eines OWP Beeinträchtigungen zu befürchten sind, die zu einer Beeinträchtigung der Fitness/Reproduktionsfähigkeit oder einer nachhaltigen Verringerung der Population oder des spezifischen Lebensraums führen. Kann nicht auf (normative) Grenzwerte zurückgegriffen werden, wird in diesen Fällen ein vorsorglicher Ansatz gewählt.

Im Rahmen von Kapitel 5 soll die Tragfähigkeit nicht nur der einzelnen Schutzgüter, sondern auch das Zusammenspiel der einzelnen Funktionen und Schutzgüter im Rahmen eines ökosystemaren Ansatzes betrachtet werden. Dadurch, dass das Ökosystem „Doggerbank“ bzw. hier nur der Teil NSG „Doggerbank“ kein abgeschlossenes Ökosystem darstellt und zudem kaum Kenntnisse über die Wechselwirkungen der unterschiedlichen trophischen Ebenen vorliegen, kann eine ökosystemare Tragfähigkeit auf absehbare Zeit hin nicht quantifiziert werden. Stattdessen werden ökosystemare Zusammenhänge über die Interaktionen der verschiedenen trophischen Ebenen und zu erwartenden Auswirkungen beschrieben. Im Bereich ökosystemweite Auswirkungen von OWP sehen wir deutlichen Forschungsbedarf, auf den in Kapitel 7 eingegangen wird.

4.2 Auswirkungen von OWP auf die Meeresumwelt

Die Tab. 4.1 beschreibt alle wesentlichen Wirkfaktoren, welche aufgrund des Baus eines OWP sowie der dazugehörigen parkinternen Verkabelung im NSG „Doggerbank“ zu erwarten sind und orientiert sich an den im Umweltbericht zum FEP 2023 als Grundlage für die Prüfung der voraussichtlich erheblichen Umweltauswirkungen zu betrachtenden Wirkfaktoren. Diese können sowohl bau-, anlage- sowie betriebsbedingt entstehen. Erstere sind dabei zeitlich begrenzt und die zu erwartenden

Auswirkungen temporär. In den jeweiligen Schutzgutkapiteln werden die Wirkfaktoren und die daraus resultierenden Auswirkungen beschrieben. Die Auswirkungen dienen dann als Grundlage für die Bewertung des Baus von OWP im NSG „Doggerbank“.

Tab. 4.1 Zuordnung der Wirkfaktoren zu den betrachteten Schutzgütern.

Schutzgut / Wirkfaktor	Sedimentaufwirbelungen/Trübungsfahnen	Sedimentumlagerung/ Sedimentverdichtung	Schallemissionen	Visuelle Unruhe	Lichtimmissionen	Flächeninanspruchnahme	Einbringung von Hartsubstrat	Hindernisse im Wasserkörper	Hindernisse und Sichtbarkeit im Luftraum	Nutzungseinschränkung	Stoffeinträge ins Wasser	Elektromagnetische Felder	Wärmeemissionen	Windparkbezogener Schiffsverkehr
Pelagische Primärproduktion							X	X						
Benthische Lebensräume und geschützte Biotope	X	X				X	X	X		X		X	X	
Fische	X		X		X	X	X			X	X	X		
Rastvögel				X	X				X	X				X
Zugvögel					X				X					
Marine Säugetiere			X				X			X				X
Fledermäuse					X				X					

4.3 Nutzungsanalyse (anthropogene Nutzungen)

Bevor die jeweiligen Schutzgüter hinsichtlich ihres Vorkommens und ihrer Sensitivität gegenüber dem OWP-Ausbau betrachtet werden, werden im vorliegenden Kapitel zunächst alle auf das Schutzgebiet „Doggerbank“ einwirkenden anthropogenen Nutzungen zusammengetragen.

4.3.1 Schifffahrt

Durch das NSG „Doggerbank“ verlaufen zwei Schifffahrtsrouten[202]. Die Route SN18 hat einen Nord-Süd-Verlauf auf einer Breite von ca. 11,5 km. Die Route SN16 kreuzt das NSG am südöstlichen Rand. SN16 hat eine Breite von ca. 5,5 km mit einem Südwest-Nordost-Verlauf. Während der Bearbeitung

[202] https://www.geoseaportal.de/mapapps/resources/apps/meeresnutzung/index.html?lang=de (zuletzt aufgerufen am 27.05.2024)

wurde vom BSH ein erster Entwurf zum neuen Layout der Schifffahrtsrouten in der Doggerbank erstellt. Die Veränderung im Vergleich zu den bisherigen Schifffahrtsrouten ist in Abb. 4.1 zu sehen.

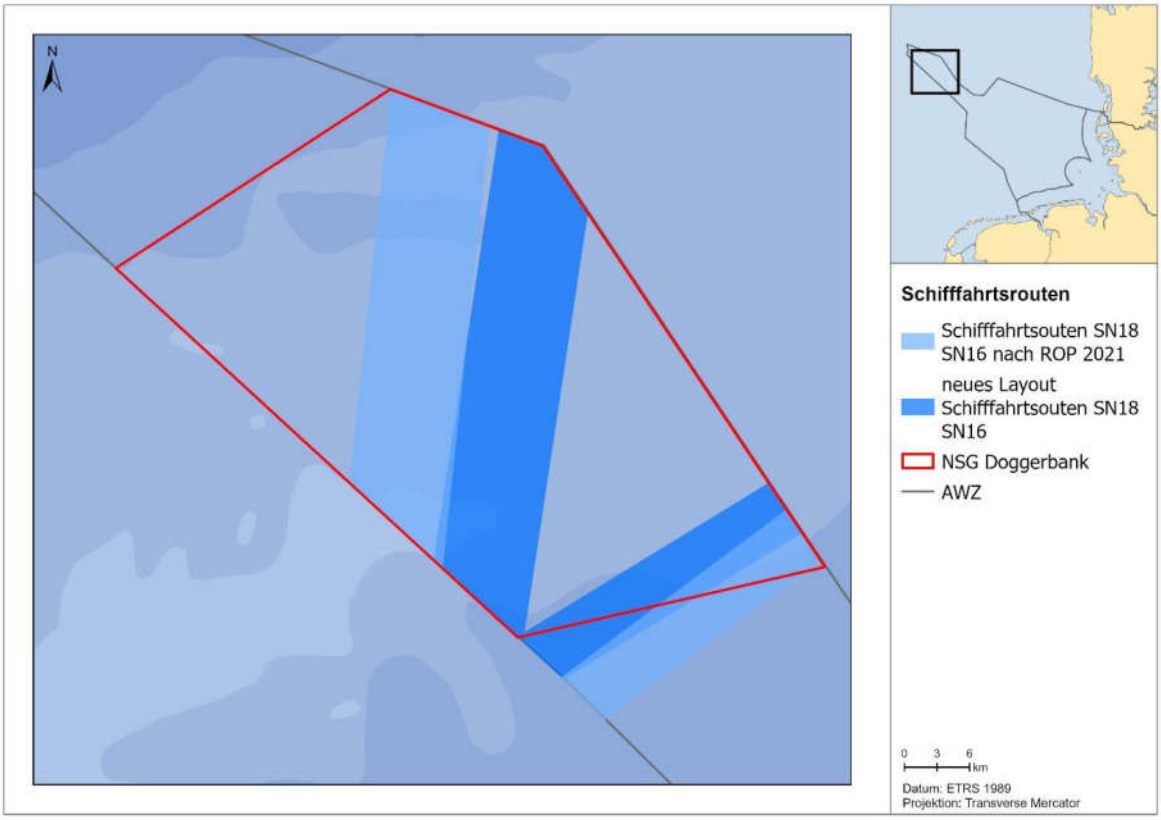


Abb. 4.1 Vergleich der Schifffahrtsrouten in der Doggerbank aktuell (nach Raumordnungsplan 2021) und erster Entwurf zur Änderung der Schifffahrtsrouten.

Ein Vergleich mit der AIS Dichte zeigt, dass Schifffahrt nicht primär entlang der Schifffahrtsrouten stattfindet (siehe Abb. 4.2).

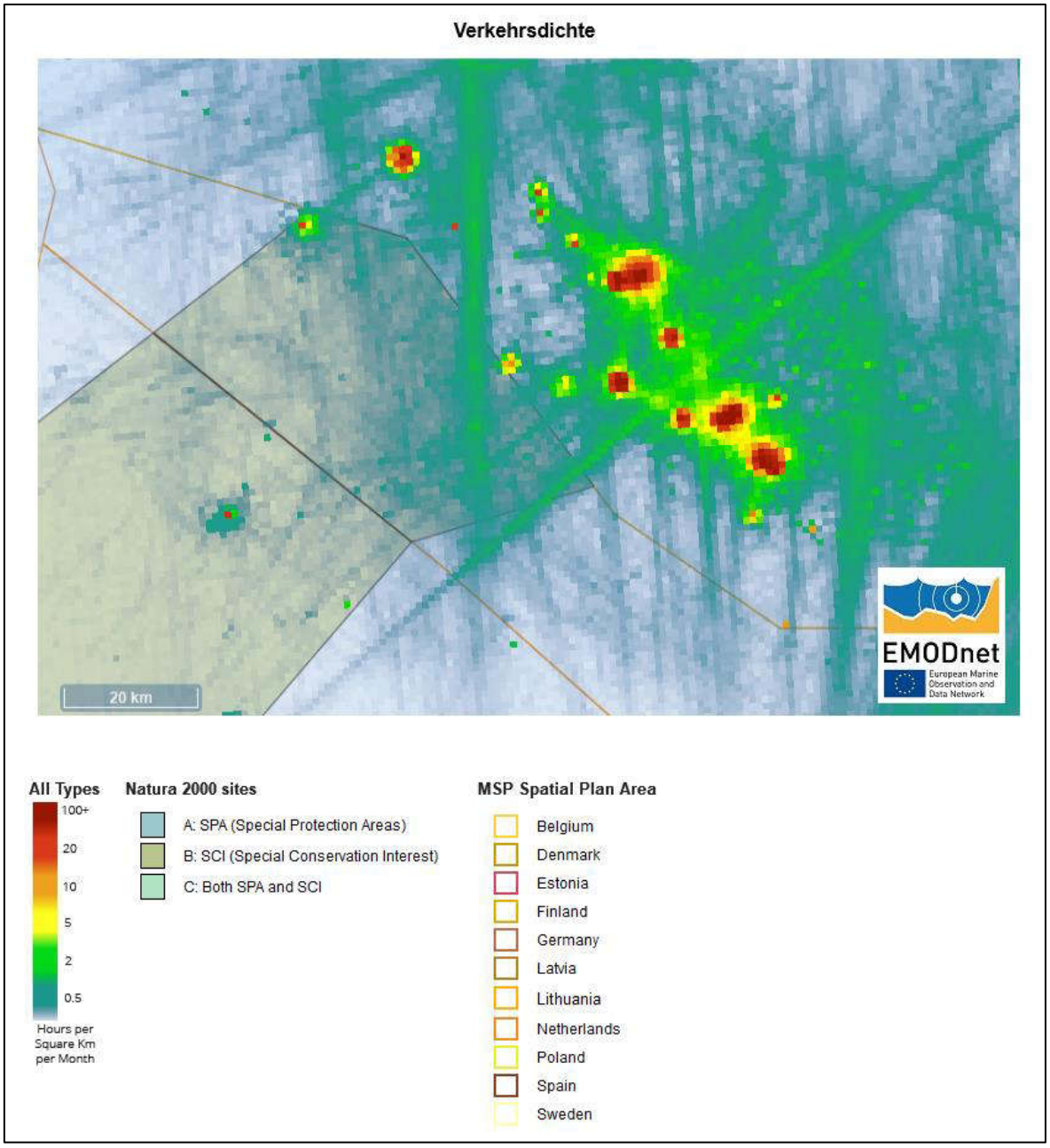


Abb. 4.2 AIS Dichte Karte im NSG „Doggerbank“ (Quelle: EMODnet Map Viewer[203]).

4.3.2 Fischerei

Die Fischerei ist eine der Nutzungsformen und Wirtschaftszweige in der deutschen AWZ der Nordsee. Mit dem Ziel der Erhaltung der Fischbestände, Förderung der Wettbewerbsfähigkeit und Stabilisierung der Märkte im Rahmen einer nachhaltigen Bewirtschaftung der Fischbestände, wird die

[203] https://emodnet.ec.europa.eu/geoviewer/# (zuletzt aufgerufen am 31.07.2024)

Fischerei innerhalb der EU durch die „Gemeinsame Fischereipolitik“ (GFP) geregelt. Für die Gewährleistung der Fortbestehung der Fischbestände werden Höchstfangmengen, Fischereiaufwände und eine Vielzahl technischer Maßnahmen festgelegt und im Rahmen regelmäßig durchgeführter Fischereikontrollen umgesetzt[204]. Derzeit wird von etwa 6.600 aktiven Fischereifahrzeugen aus 9 Nationen ausgegangen, die in der erweiterten deutschen Nordsee tätig sind. In 2021 umfasste dies vornehmlich Fahrzeuge der dänischen, norwegischen, britischen, niederländischen, deutschen, schwedischen, französischen, russischen und belgischen Flotte (ICES 2022a). Die deutsche Fangflotte (Nordsee) bestand 2022 aus rund 200 Fischereifahrzeugen, wovon über 90 % mittels Baumkurre fischen.

Die Darstellung der räumlichen Verteilung des Fischereiaufwandes in der erweiterten Nordsee zeigt mehrere Belastungsschwerpunkte, darunter das Küstenmeer, den westlichen Bereich der deutschen AWZ der Nordsee, das Vorbehaltsgebiet für Kaisergranatfischerei am Nordrand der deutschen- und an der Grenze zur dänischen AWZ, sowie ein Gebiet welches hauptsächlich der Befischung von Plattfischen dient (BSH 2023a). Die Abb. 4.3 zeigt den Fischereiaufwand in Stunden basierend auf den Auswertungen der Daten der Vessel-Monitoring Systeme (VMS) für Fahrzeuge von 12 m Länge und mehr in den Jahren 2018 bis 2021 und zeigt deutlich die zeitlich variable fischereiliche Belastung der deutschen AWZ der Nordsee. Ebenso zeigen sich unterschiedliche Belastungsschwerpunkte hinsichtlich des eingesetzten Fanggeräts (siehe Abb. 4.4).

[204] https://www.bmel.de/DE/themen/fischerei/fischereipolitik/gemeinsame-fischereipolitik.html (zuletzt aufgerufen am 02.05.2024)

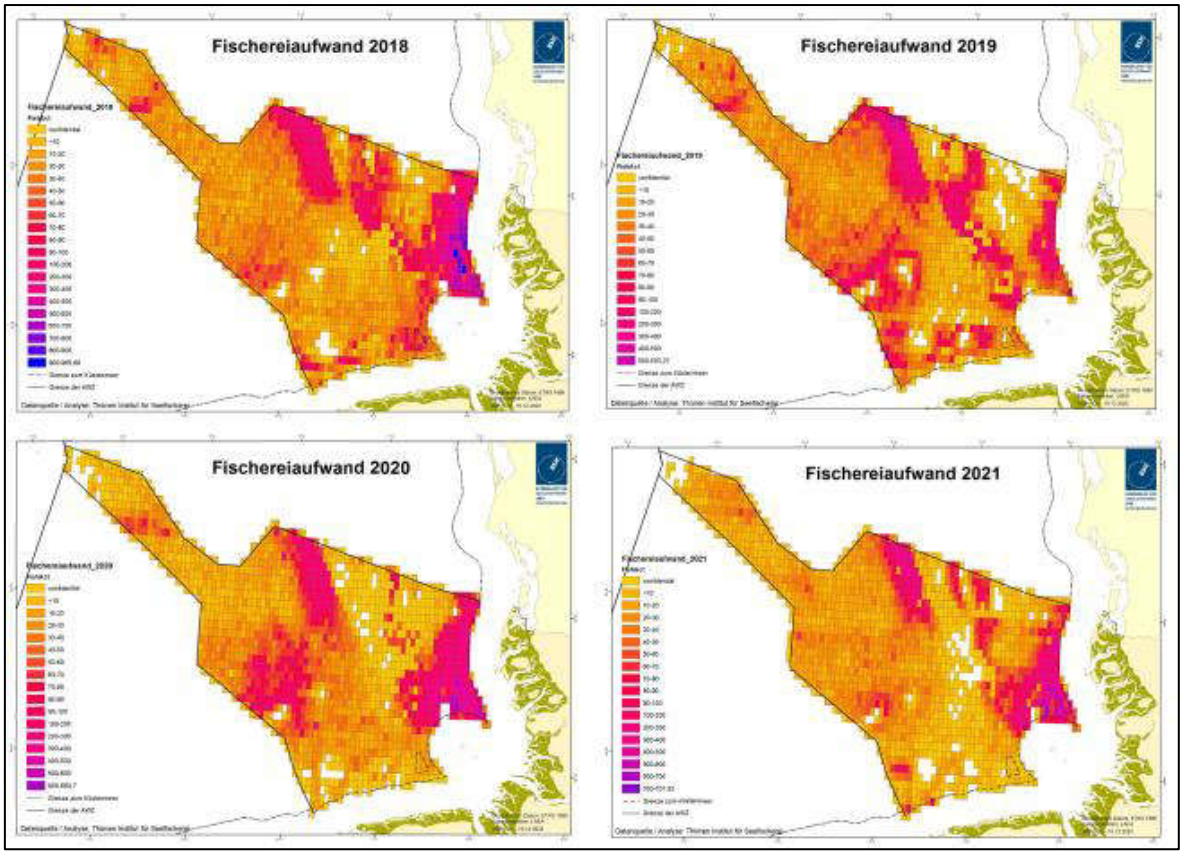


Abb. 4.3 *Fischereiaufwand in Stunden als Summe aller Fischereien für Fahrzeuge von 12 m Länge und mehr (2018-2021) in der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone (entnommen aus BSH 2023a).*

Baumkurrenfischerei zum Fang von Seezunge, Scholle, Nordseegarnelen und weiteren Plattfischen wird vornehmlich in der südlichen sowie in der zentralen Nordsee betrieben, der Einsatz von Grundscherbrettkuttern ist hingegen deutlich weiter verbreitet. Belastungsschwerpunkte sind unter anderem in der nördlichen Nordsee und im Skagerrak (u. a. Schellfisch, Kabeljau, Wittling), in Gebieten mit hohem Kaisergranatvorkommen sowie in der südlichen Nordsee und dem Ärmelkanal (ICES 2022a).

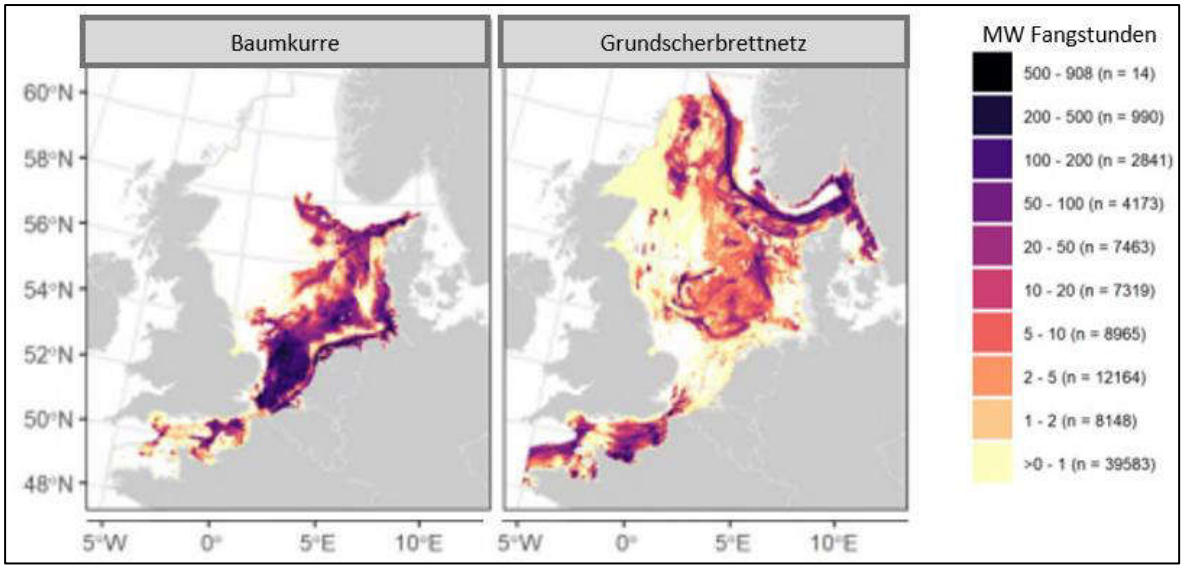


Abb. 4.4 *Räumliche Verteilung des durchschnittlichen jährlichen Fischereiaufwands in MW (Megawatt)-Fangstunden in der erweiterten deutschen Nordsee (Nordsee inklusive des Englischen Kanals, Skagerrak und Kattegat) für Baumkurren- und Scherbrettfischerei. Der Fischereiaufwand ist angegeben in Stunden für Fahrzeuge von 12 m Länge oder mehr für die Jahre 2018-2021 (modifiziert von ICES 2022a).*

Bezogen auf die angelandeten Fischarten dominieren in der erweiterten Nordsee die pelagischen Arten mit Hering und Makrele (siehe Abb. 4.5). Den größten Anteil an Grundfischanlandungen bestimmen Sandaal- und Schellfischfänge, sowie Anlandungen von Plattfischen, Kabeljau und Wittling. Zu Beginn der Aufzeichnungen in den 1950er Jahren schwankten die Gesamtanlandungen zwischen 2 und 3 Millionen Tonnen jährlich. Aufgrund hoher Fänge pelagischer (Makrele, Hering) als auch demersaler (Kabeljau, Schellfisch) Arten stiegen die totalen Fangmengen auf ein Maximum von rund 4 Millionen Tonnen in den 1970er Jahren. Bedingt durch jahrzehntelange Überfischung und den Rückgang der Produktivität kommerziell bedeutender Bestände, jedoch auch aufgrund der erfolgreichen Begrenzung der fischereilichen Mortalität durch den Einsatz von Quotenregelungen und weiteren technischen Maßnahmen, sind die jährlichen Gesamtanlandungen seitdem stark rückläufig (ICES 2022a). Insgesamt wurde im Jahr 2006 eine Fangmasse von 119.000 t aus der AWZ der Nordsee gemeldet (Pedersen et al. 2009). Die Anlandungen der deutschen Flotte machten dabei weniger als ein Viertel der Gesamtanlandungen aus. Die grundberührende Fischerei mit Baumkurren und Scherbrettnetzen konzentrierte sich in der südlichen und zentralen Nordsee (ICES 2020) und ist auch in der deutschen AWZ der Nordsee bezogen auf die Fangmengen die vorherrschende Fischereiform (Pedersen et al. 2009). Gemäß der Inlandsanlandungen in den Häfen der Länder Bremen, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen und Schleswig-Holstein wurden im Jahr 2022 insgesamt 21.487 t von deutschen Fischereifahrzeugen gefischt (BLE 2023). Dabei ist vor allem die Nordseekrabbenfischerei mit etwa 17 % der Gesamterlöse wirtschaftlich am bedeutendsten (BSH 2023a).

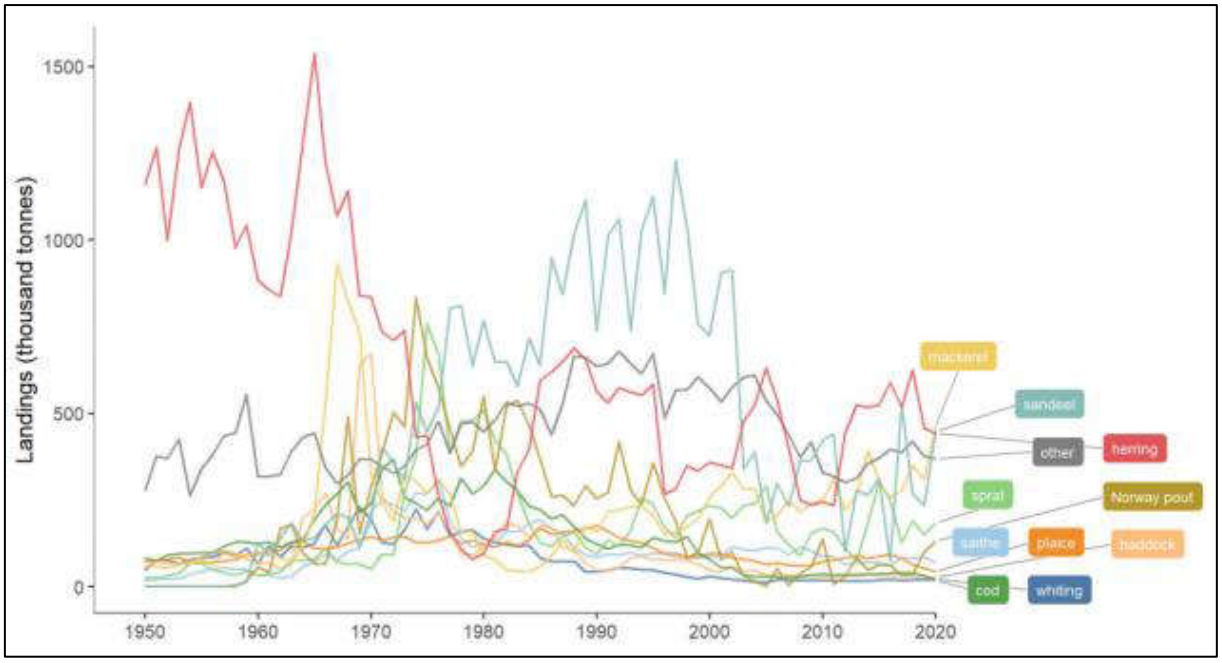


Abb. 4.5 *Anlandungen in 1.000 t (Landings) in der erweiterten Nordsee (Nordsee inklusive des Englischen Kanals, Skagerrak und Kattegat) für den Zeitraum 1950 bis 2020. Die 10 Arten (mackerel = Makrele, sandeel = Sandaal, herring = Hering, sprat = Sprotte, Norway pout = Stintdorsch, saithe = Seelachs, plaice = Scholle, haddock = Schellfisch, cod = Kabeljau, whiting = Wittling) mit den höchsten Anlandungen sind separat aufgeführt. Alle weiteren Arten sind zusammengefasst und als „other“ gekennzeichnet (entnommen aus ICES 2022a).*

Neben Schifffahrt, Abwasser, Öl- und Gasförderung sowie Landwirtschaft wertet der ICES (2021) die kommerzielle Fischerei als eine der maßgeblichsten anthropogenen Belastungen für die Ökoregion der erweiterten Nordsee. Die potenziellen Gesamtauswirkungen der grundberührenden Fischerei im Vergleich zu anderen Nutzungsformen werden dabei als besonders stark bewertet (Bildstein et al. 2017). Die potenziellen Auswirkungen weisen darauf hin, dass die Berufsfischerei ökologische Veränderungen hervorrufen kann, darunter eine Verringerung der Fischbestände von Ziel- und Nicht-Zielarten. Der Eingriff in die zeitliche und räumliche Verteilung der Bestände kann Einfluss auf die Populationsdynamiken und somit eine Veränderung des Nahrungsnetzes zur Folge haben. Im Falle einer extremen Übernutzung der Bestände kann eine ausreichende Rekrutierung und damit der Fortbestand des betroffenen Bestandes nicht gewährleistet werden. Eine Veränderung des Nahrungsnetzes durch die Entnahme von Ziel- und Nicht-Zielfischarten sowie weiteren marinen Organismen kann darüber hinaus eine Beeinträchtigung der Nahrungsgrundlage für marine Säuger sowie Zug- und Rastvögel bewirken (Bildstein et al. 2017). Weiterhin ist der Verlust von Lebensräumen und Biotopen durch die Beeinträchtigung des Meeresbodens und dort befindlichen Organismen nicht auszuschließen.

Auch im NSG „Doggerbank“ gehört die kommerzielle Fischerei zu den bedeutenden anthropogenen Belastungen für das dortige Fischvorkommen und führt zu einer erhöhten Sterblichkeit bei Ziel- und häufig ebenso bei Nichtzielarten, bedingt durch Zusammenhänge innerhalb des Nahrungsnetzes.

So stellen die durch grundberührende Fischerei besonders betroffenen Fischarten wie Scholle und Seezunge eine wichtige Nahrungsgrundlage für Seevögel und Marine Säuger dar.

Im Rahmen der Zustandsbewertung der Meeresschutzgebiete der deutschen AWZ identifizierte das BfN (2017) bei Betrachtung der Fischereiintensität mehrere Belastungsschwerpunkte im NSG „Doggerbank“. Die Ermittlung des Gesamtaufwandes basierte dabei auf Daten des ICES in Form von Fischereiaufwandsstunden pro Jahr und ICES c-squares (0,05° x 0,05°) für den Zeitraum 2012 bis 2014. Die Auswertungen zeigen, dass die Ressourcennutzung im Schutzgebiet sowohl durch grundberührende Fischerei als auch durch die pelagische und Stellnetzfischerei erfolgt. Die Befischung mittels Baumkurren, Grundschleppnetzen und Wadennetzen erstreckt sich über das gesamte NSG, womit die grundberührende Fischerei den größten Anteil der Ressourcennutzung durch Berufsfischerei im Schutzgebiet ausmacht. Der internationale Gesamtaufwand von großen Baumkurren (> 300 PS, Pedersen et al. 2009) lag im Untersuchungszeitraum in Bereichen zwischen 0 und 100 Stunden pro Jahr und c-square, insgesamt zwischen 530 (2014) und 1.417 (2012) pro Jahr (Deutscher Bundestag 2016). Die Fischerei erfolgte zu Beginn in gleichmäßiger Intensität im gesamten Schutzgebiet, während sich 2014 die Belastungsschwerpunkte im südöstlichen Bereich der Doggerbank verzeichnen lassen (Bildstein et al. 2017). Die Auswertung früherer Daten der Jahre 2000-2004 und 2006 zeigen eine ähnliche Intensität zwischen 5 und 150 Stunden pro Jahr bei gleichmäßiger Verteilung im gesamten Gebiet (Pedersen et al. 2009). Aktuelle Daten hinsichtlich der mit mobilen grundberührenden Fanggeräten verbundenen physischen Störung des Meeresbodens zeigen Schäden in den oberen Sedimentschichten (< 2 cm Tiefe, ‚Surface abrasion‘) wie auch in den tieferen Schichten (≥ 2 cm, ‚Subsurface abrasion‘)[205]. Je nach betroffener Art und Lebensraum kann durch die Störungen eine schwere Beeinträchtigung der epi- und infaunalen Arten und benthischen Lebensräume erfolgen. Bei Betrachtung der Belastung in den oberen Sedimentschichten (< 2 cm) im Jahr 2020 zeigt sich eine fast flächendeckende Belastung des gesamten Untersuchungsgebiets (siehe Abb. 4.6). Trotz der weiträumigen Verteilung sind jedoch Belastungsschwerpunkte in den südöstlichen Bereichen des NSG „Doggerbank“ festzustellen. Die Darstellung von Störungen in den tieferen Sedimentschichten (≥ 2 cm) zeigt deutliche Belastungsschwerpunkte im südlichen Teil des NSG „Doggerbank“ und geringfügige Störungen in den nordwestlich gelegenen Gebieten (siehe Abb. 4.7).

[205] ODIMS - Submission: OSPAR Bottom Fishing Intensity - Surface 2020 (zuletzt aufgerufen am 02.05.2024)

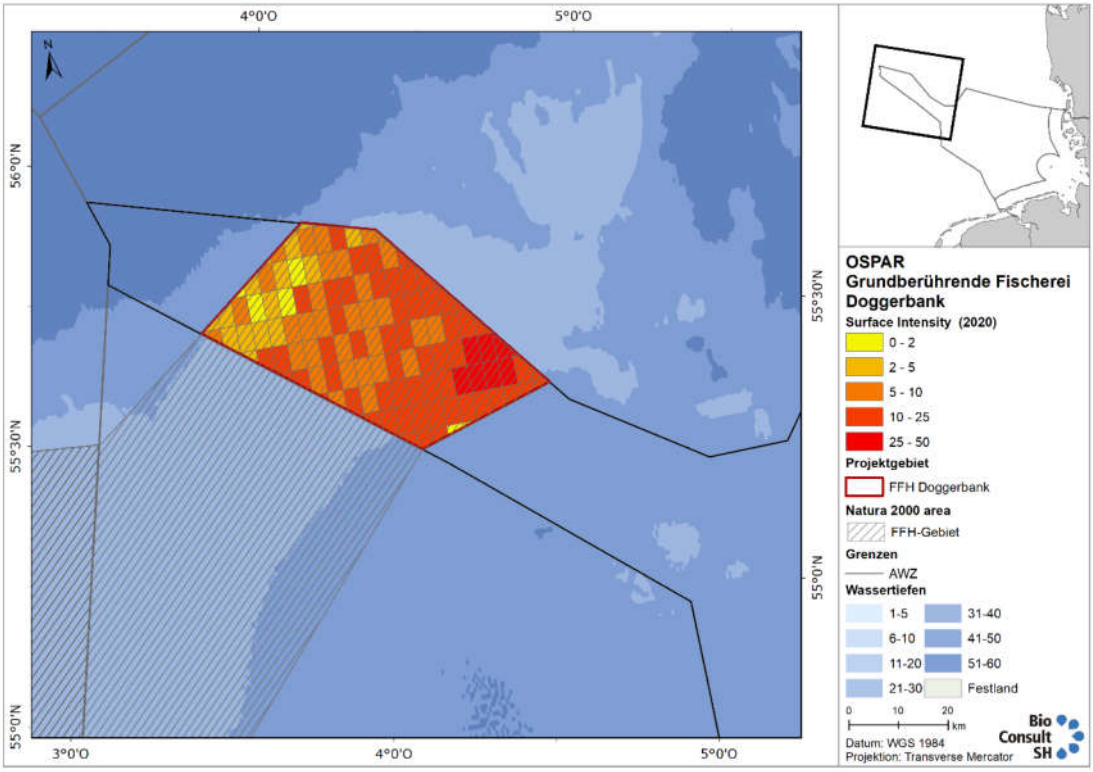


Abb. 4.6 Auswertungen der Abriebbelastungen durch grundberührende Fangmethoden in den oberen Sedimentschichten (< 2 cm) im Jahr 2020 [205].

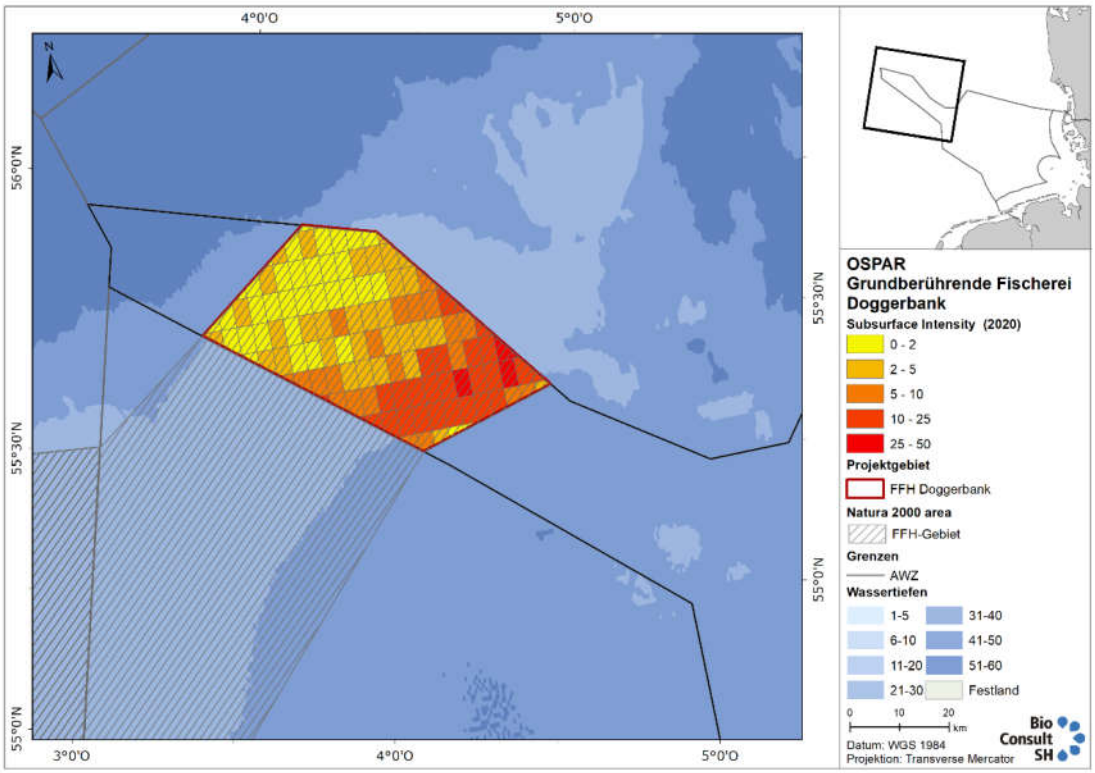


Abb. 4.7 Auswertungen der Abriebbelastungen durch grundberührende Fangmethoden in den tieferen Sedimentschichten (≥ 2 cm) im Jahr 2020 [205].

Bei Betrachtung des entsprechenden Anteils des vom Fanggerät abgedeckten Teils einer Gitterzelle (Swept Area Ratio (SAR) Surface/Subsurface) wird deutlich, dass ein Großteil der Fläche ein SAR (< 2 cm Tiefe) von > 0,5 aufweist und somit mindestens einmal alle 2 Jahre befischt wird (siehe Abb. 4.8). Im Süden und Südosten zeigen sich darüber hinaus einige Gebiete mit einer deutlichen höheren Belastungsfrequenz (1,5 – 2,5 Belastungen pro Jahr). Störungen der tieferen Sedimentschichten (≥ 2 cm) erfolgen zwischen 0 und 0,5-mal pro Jahr, lediglich im Süden der Doggerbank sind höhere Belastungsfrequenzen zu verzeichnen (siehe Abb. 4.9).

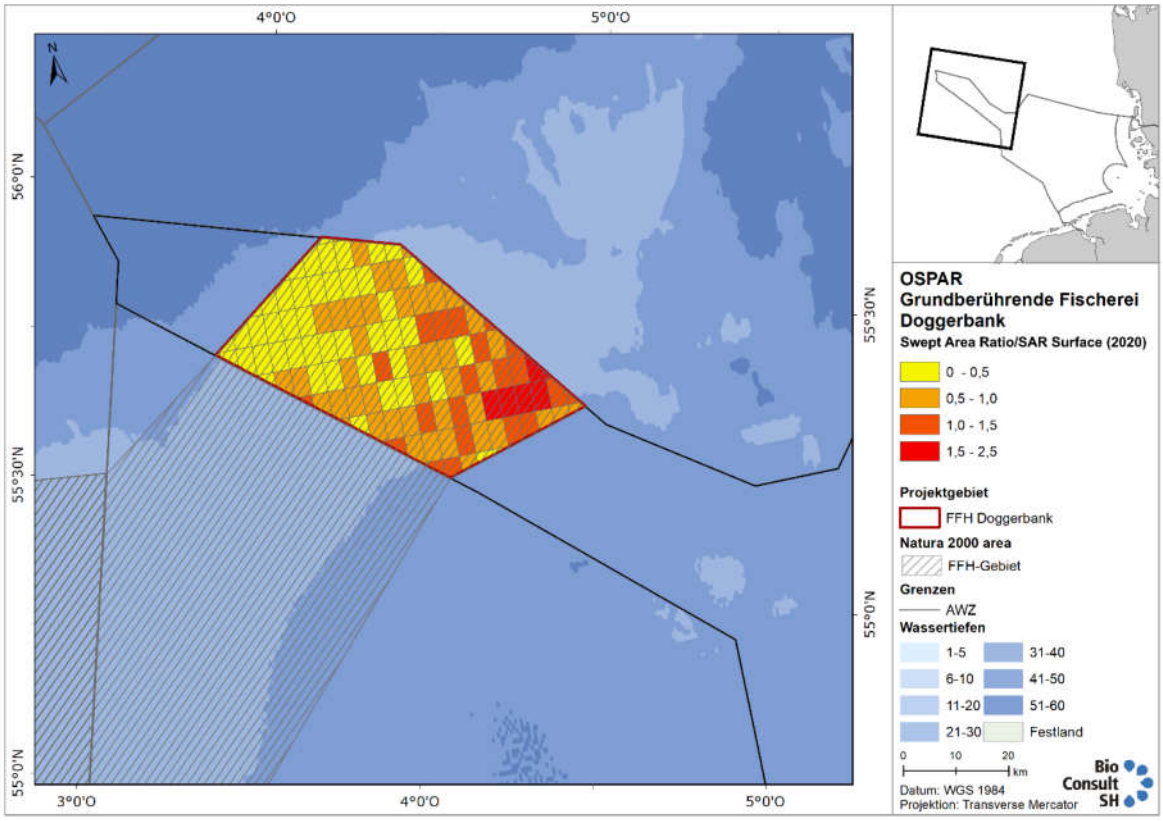


Abb. 4.8 Auswertungen der Belastungsfrequenz pro Gitterzelle (Anteil des vom Fanggerät abgedeckten Teils pro Jahr, Swept Area Ratio) in den oberen Sedimentschichten (< 2 cm) [205].

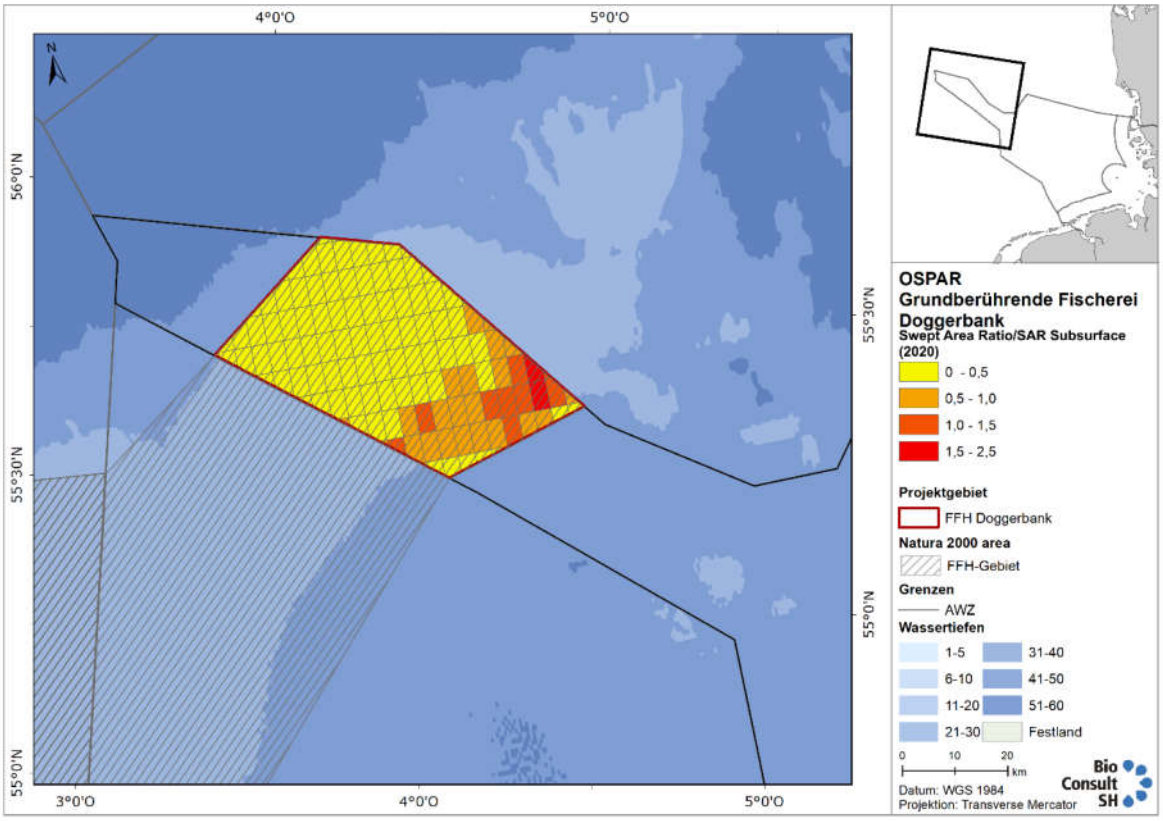


Abb. 4.9 Auswertungen der Belastungsfrequenz pro Gitterzelle (Anteil des vom Fanggerät abgedeckten Teils pro Jahr, Swept Area Ratio) in den tieferen Sedimentschichten (≥ 2 cm) [205].

Kleine Baumkurrenfahrzeuge (< 300 PS, Pedersen et al. 2009) waren gemäß BfN (2017) nur in geringem Maße (überwiegend zwischen 5 – 10 Stunden pro Jahr) vertreten. Belastungsschwerpunkte sind nicht zu erkennen. Eine ähnlich weiträumige Verteilung zeigen die Auswertungen des Fischereiaufwandes für den Einsatz von Grundschlepp- und Wadennetzen. Die Intensität für den Zeitraum 2012-2014 lag vermehrt zwischen 5 und weniger als 10 Stunden mit vereinzelt höheren Aufwandsstunden zwischen 10 und < 100 Stunden pro Jahr und c-square (Bildstein et al. 2017). Für den Einsatz von Grundschleppnetzen im Jahr 2006 beschreiben Pedersen et al. (2009) Fischereiaufwände, die vereinzelt in Bereichen zwischen 350 und 672 Aufwandsstunden pro c-square liegen. Gemäß Deutscher Bundestag (2016) lag der Gesamtaufwand im gesamten Gebiet zwischen 424 (2012) und 626 (2014) Stunden pro Jahr. Die Wadenfischerei fand in geringerem Umfang zwischen 196 und 228 Stunden pro Jahr statt. Weiterhin wurden im gleichen Untersuchungszeitraum pelagische Schleppnetze im Schutzgebiet eingesetzt, jedoch lediglich in geringerer Intensität in den südlichen Bereichen der Doggerbank (Schulze 2018). Die Stellnetzfischerei zeigte zwischen 2012 und 2014 Belastungsschwerpunkte entlang der nordöstlichen Grenze des Naturschutzgebietes mit Gesamtaufwänden von 129 Stunden im Jahr 2013 bis hin zu 1.712 Stunden im darauffolgenden Jahr (Deutscher Bundestag 2016). Aktuellere Informationen zum kommerziellen Fischereiaufwand / Informationen über den aktuellen Umfang der Nutzung auf der Doggerbank sind nicht bekannt. Im Rahmen der Greater North Sea Basin Initiative (GNSBI) erfolgt jedoch derzeit eine umfangreiche Datenerhe-

bung im erweiterten Nordseeraum, sodass zukünftig aktuelle Daten vorliegen werden. Freizeitfischerei durch Hochseeangelfahrten wird aufgrund der Entfernung zum Festland für das NSG „Doggerbank“ ausgeschlossen.

Die internationale Fischerei wird vornehmlich von Fischereifahrzeugen der Nationen Dänemark, den Niederlanden und Großbritannien sowie in geringerem Umfang von Belgien, Deutschland und Schweden betrieben (siehe Abb. 4.10, Schulze 2018). Bezogen auf die angelandeten Fischarten dominieren bei der grundberührenden Fischerei die Fänge von Nordseegarnele, Scholle, Seezunge und weiteren Plattfischarten, sowie von Kabeljau und Sandaal. Die größte Sandaalfischerei mittels Grundschleppnetzes wird durch die dänische Flotte betrieben (Pedersen et al. 2009) wobei dieser hauptsächlich der Weiterverarbeitung zu Fischfutter zugeführt wird. Im Zeitraum von 2005 bis 2008 geben Deutscher Bundestag (2016) für den Sandaal Anlandemengen zwischen 2.229 und 12.444 Tonnen pro Jahr für das gesamte Schutzgebiet an. Typische Hauptzielarten der pelagischen Schleppnetzfischerei sind Hering, Sprotte und Makrele, während die Stellnetzfischerei vermehrt den Fang von Kabeljau, Scholle, Steinbutt, Glattbutt, Dornhai und Kliesche anstrebt. Aktuelle Angaben zu den Gesamtfangmengen im Naturschutzgebiet liegen derzeit nicht vor.

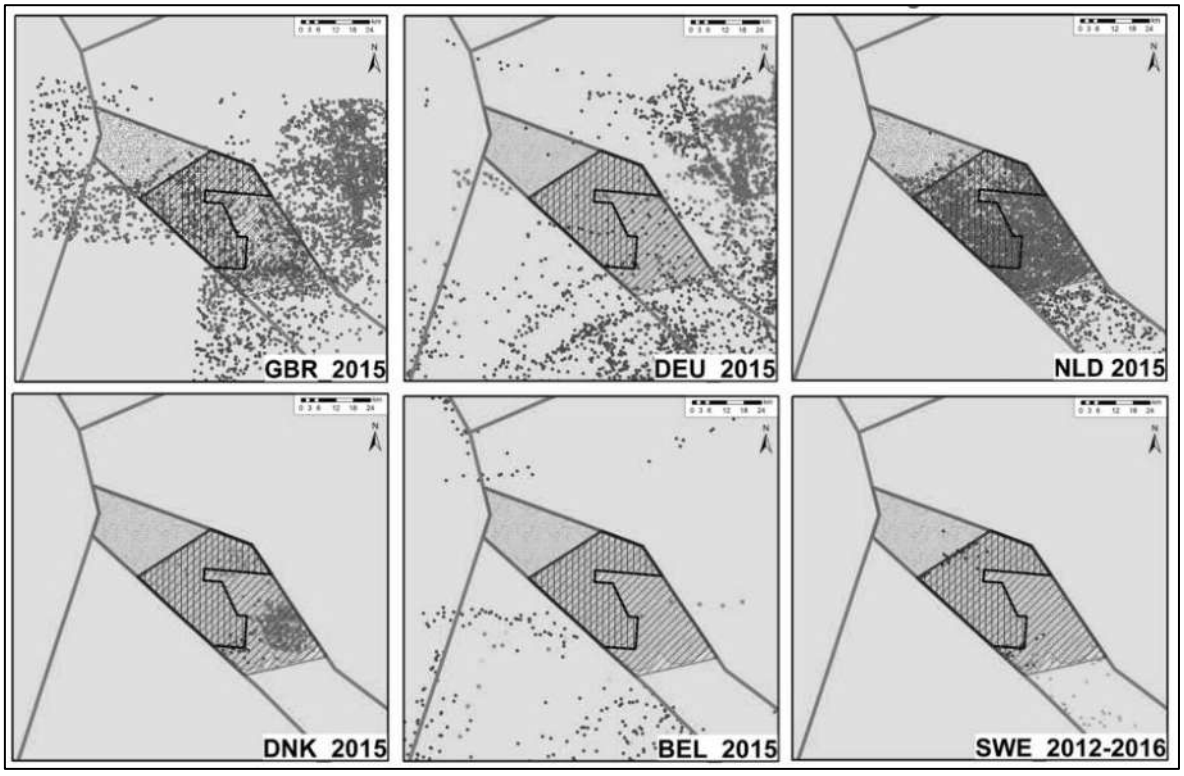


Abb. 4.10 Auswertung von VMS-Daten der Nationen Großbritannien (GBR, oben links), Deutschland (DEU, oben mittig), der Niederlande (NLD, oben rechts), Dänemark (DNK, unten links), Belgien (BEL, unten mittig) und Schweden (SWE, unten rechts) im Jahr 2015 innerhalb und an den Randbereichen des Naturschutzgebietes „Doggerbank“. Der markierte Bereich zeigt das Gebiet des Fischereimanagements (DELEGIERTE VERORDNUNG (EU) 2023/340 DER KOMMISSION v. 8.12.2022) während des Planungsstadiums (entnommen und modifiziert von Schulz 2016).

Die Fischerei stellt damit den aktuell größten anthropogenen Stressor im Schutzgebiet dar. Die stärkste und direkteste Auswirkung wird auf das Schutzgut Fische ausgeübt durch die direkte Entnahme sich reproduzierender Individuen (direkter Einfluss auf die Population). Dieser Effekt wirkt sich über die Nahrungskette entsprechend auch auf die anderen trophischen Ebenen im Schutzgebiet aus. Darüber hinaus übt die entsprechende Fangtechnik einen negativen Effekt auf den Boden und dort lebende Organismen aus.

4.3.3 Aufsuchung und Gewinnung von Kohlenwasserstoffen

An der nördlichen Grenze des NSG „Doggerbank“ befindet sich die Erdgas-Förderplattform Deutsche Nordsee A6-A (siehe Abb. 4.11). Es besteht eine Bewilligung zur Förderung von Erdgas in einem ca. 15 km² großen Feld, welches etwa zur Hälfte innerhalb des Schutzgebietes liegt. Die Bewilligung besteht bis 2028, das Feld ist jedoch ausgefördert und es wurde bereits mit dem Rückbau der Plattform begonnen. In der Vergangenheit bestanden ferner großflächige Erlaubnisfelder zur Exploration von Kohlenwasserstoffen, welche ausgelaufen sind. Weitere Aufsuchungs- und Gewinnungsaktivitäten von Kohlenwasserstoffen im Gebiet der Doggerbank bestehen in der dänischen[206] und niederländischen[207] AWZ.

[206] https://ens.dk/en/our-responsibilities/oil-gas/about-oil-and-gas (zuletzt aufgerufen am 23.05.2024)

[207] https://www.nlog.nl/olie-en-gaskaarten-van-nederland (zuletzt aufgerufen am 23.05.2024)

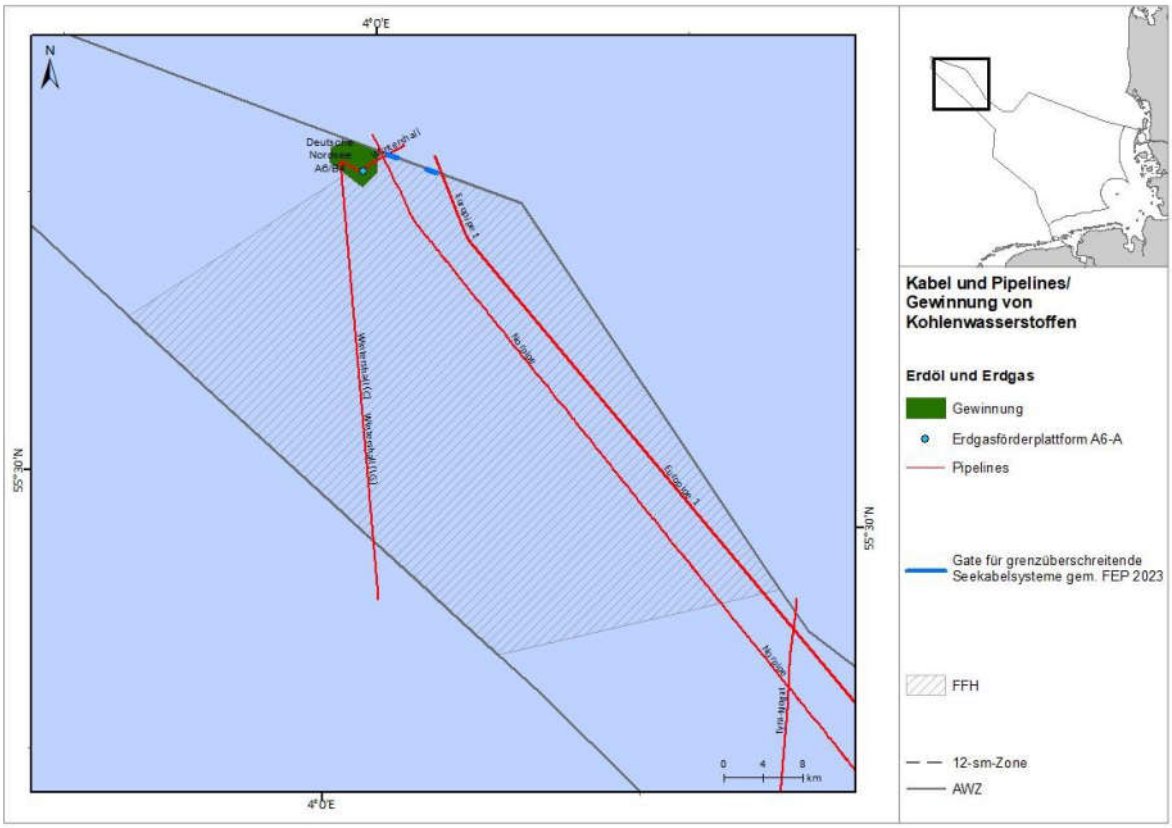


Abb. 4.11 Pipelines und Gewinnung von Erdgas im NSG „Doggerbank“ sowie ausgewiesene Gates für grenzüberschreitende Seekabelsysteme. Es bestehen gegenwärtig keine Erlaubnisflächen für die Exploration von Kohlenwasserstoffen. Das Feld „Deutsche Nordsee A6/B4“ ist ausgefördert, die Förderplattform befindet sich im Rückbau. Daten: LBEG[208], BSH[209].

Da keine weitere Kohlenwasserstoffgewinnung im Bereich des Schutzgebietes vorgenommen wird, ist auch keine entsprechende zusätzliche Belastung auf die jeweiligen Schutzgüter zu befürchten. Lediglich die Rückbauaktivitäten der aktuell noch existierenden Plattform können lokal und temporär zu erhöhtem Schiffsverkehr und damit zu erhöhtem Schalleintrag führen. Da dies aber zeitlich sehr beschränkt ist, kann ein langfristiger Effekt auf Populationsniveau einzelner Schutzgüter ausgeschlossen werden.

Ein kumulativer Effekt auf das Schutzgebiet „Doggerbank“ durch die Förderplattformen der Nachbarländer wird nicht erwartet, da die negativen Effekte alle lokal um die jeweiligen Plattformen wirken.

[208] https://nibis.lbeg.de/cardomap3/ (zuletzt aufgerufen am 23.05.2024)

[209] https://www.geoseaportal.de/mapapps/resources/apps/meeresnutzung/index.html?lang=de (zuletzt aufgerufen am 23.05.2024)

4.3.4 Aufsuchung und Gewinnung von Sand und Kies

Es gibt derzeit keine Erlaubnis- oder Bewilligungsfelder für die Aufsuchung und Gewinnung von Sand und Kies im NSG „Doggerbank“.[208] Auf niederländischem Gebiet gibt es zwei ehemalige Sandabbaugebiete A7A und E1 im Bereich der Doggerbank, die nicht mehr aktiv sind.[210] Eine zusätzliche Belastung durch die Aufsuchung und Gewinnung von Sand und Kies auf die jeweiligen Schutzgüter im NSG „Doggerbank“ ist daher nicht zu befürchten.

4.3.5 Verlegung und Betrieb von Kabeln und Rohrleitungen

Aktuell verlaufen weder Strom- noch Datenkabel durch das NSG „Doggerbank“ und es liegen auch keine Planungen vor.[209] Der FEP 2023 weist jedoch zwei Grenzkorridore N-X und N-IX an der Grenze zur dänischen AWZ im nördlichen Bereich des NSG „Doggerbank“ aus, durch die zukünftig grenzüberschreitende Seekabelsysteme geführt werden könnten (siehe Abb. 4.11).

Fünf Rohrleitungen führen durch das NSG „Doggerbank“ (siehe Abb. 4.11). Norpipe und Europipe 1 verlaufen parallel von Süd nach Nord durch das Gebiet. Von der Gasplattform A6-A führen zwei ableitende parallele Pipelines nach Süden sowie eine Pipeline zur 18 km entfernten dänischen Ravn-Plattform. Möglicherweise kommt es zum Rückbau dieser Pipelines, da das Ravn-Feld ausgefördert ist und auch der Rückbau der Plattform ansteht (COWI 2023).

Temporäre Auswirkungen auf die jeweiligen Schutzgüter im NSG „Doggerbank“ sind lediglich im Fall einer Neuverlegung oder eines Rückbaus eines Kabels oder einer Rohrleitung zu erwarten. In Betrieb genommene Kabel oder Rohrleitungen führen bei Einhaltung des 2 K-Kriteriums nicht zu langfristigen Effekten auf Populationsniveau.

4.3.6 Energieerzeugung aus Wind

Im deutschen Teil der Doggerbank sind bisher keine Offshore-Windenergieanlagen installiert worden. Nördlich angrenzend an das Schutzgebiet wird in der Entwurfsfassung für den FEP 2024 (BSH 2024) das Gebiet N-19 ausgewiesen, das zukünftig für Windenergie genutzt werden könnte. Südlich des Schutzgebiets teilweise getrennt durch die Schifffahrtsroute SN 16 befindet sich die Fläche N-17 b als mögliches Erweiterungsgebiet für Offshore Windenergie.

Als einziger Anrainerstaat plant Großbritannien die Errichtung von OWP auf der Doggerbank, bzw. es befinden sich bereits OWP im Bau. Nach derzeitigem Stand (Mai 2024, Quelle: 4C Offshore[211]) sind drei OWP im Status der Bebauung (1. Doggerbank A/Creyke Beck A; 2. Doggerbank B/Creyke Beck B; 3. Sofia/Teesside B/Lackenby B), ein OWP im Status “pre-construction“ (Teesside

[210] https://emodnet.ec.europa.eu/geoviewer/ (zuletzt aufgerufen am 19.12.2023)

[211] https://map.4coffshore.com/offshorewind/ (zuletzt aufgerufen am 24.05.2024)

A/Lackenby A/Doggerbank C) und zwei OWP im Status “Concept/Early Planning” (Dogger Bank D und Dogger Bank South mit den Teilbereichen West und Ost, (siehe Abb. 4.12)).

Insgesamt sollen in den nächsten Jahren etwa 800 Windkraftanlagen mit einer Leistung von ca. 10 GW im Bereich der Doggerbank auf britischem Gebiet errichtet werden. Die Entfernung der britischen OWP-Flächen zum NSG „Doggerbank“ betragen allerding ca. 100 km, so dass ein direkter Einfluss trotz z. B. zu erwartender (lokaler) Vertreibungseffekte von Rastvögeln wie Lummenvögeln auf das NSG „Doggerbank“ nicht zu erwarten ist. Bau und Betrieb der angrenzenden deutschen Windparkgebiete kann jedoch durch Vertreibungseffekte Auswirkungen auf Rastvogelbestände und marine Säugetiere innerhalb des NSGs haben.

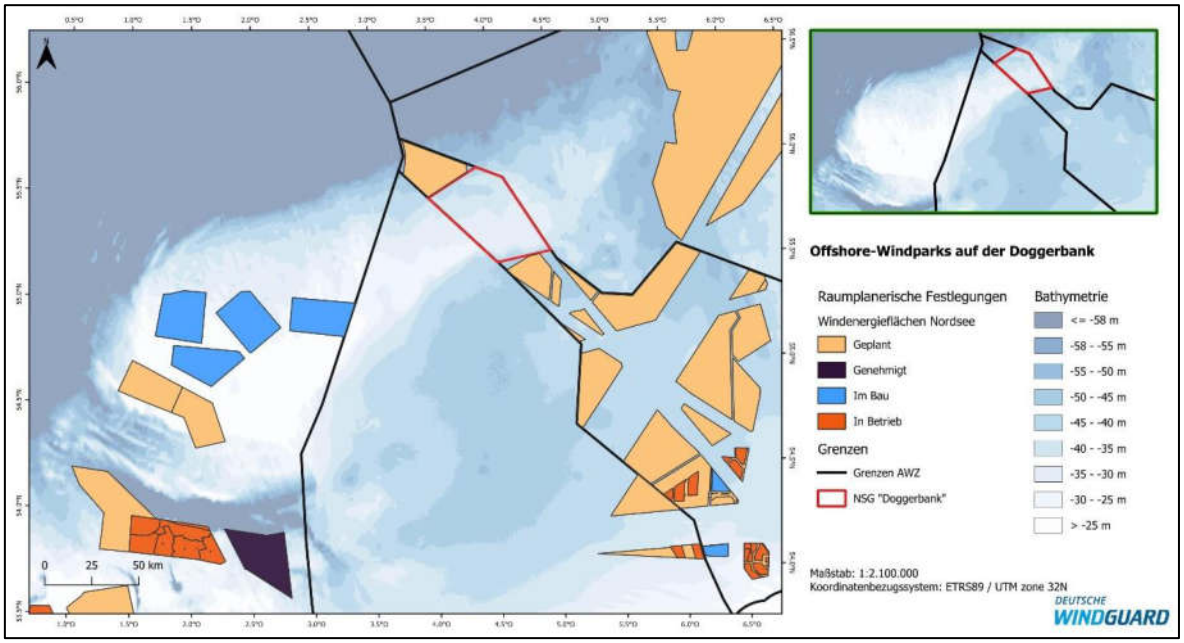


Abb. 4.12 Im Bau bzw. in Planung befindliche Offshore-Windparks auf der britischen Doggerbank sowie deutsche Windenergiegebiete (Quelle: BSH & emodnet map).

4.3.7 Sonstige Nutzungen

Die dänische Energieagentur hat einen Plan zur Vergabe von Flächen für die Speicherung von Kohlendioxid erstellt, das NSG „Doggerbank“ liegt ca. 22 km vom Planungsgebiet entfernt. Im Umweltprüfungsbericht wird davon ausgegangen, dass die Speicherung von Kohlendioxid keinen Einfluss auf das Natura 2000-Gebiet „Doggerbank“ haben wird (Dänische Energieagentur 2022).

Für die deutsche AWZ finden aktuell Untersuchungen statt, welches Potenzial zur Speicherung von Kohlendioxid vorhanden ist. Hierfür werden unter anderem für zwei Gebiete reservoirgeologische Modelle erstellt (siehe Abb. 4.13).

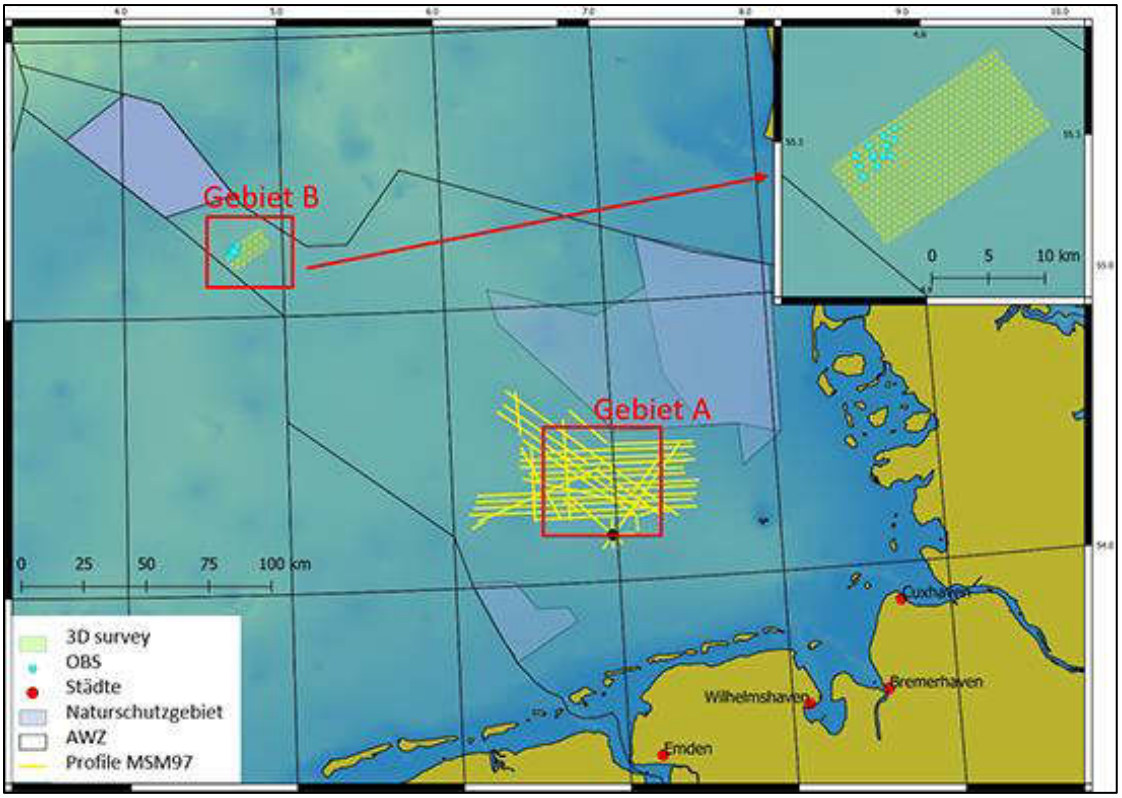


Abb. 4.13 *Karte der Nordsee mit der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) und den beiden Messgebieten der BGR-(Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe) Ausfahrten Geo-Hifi und GeoBasis3D (gelbe Linien) mit den zwei ausgewählten Modellgebieten (rote Umrandung) und vorhandenen Naturschutzgebieten (lila) Quelle: (BGR 2022).*

Im Rahmen der Initiative Aqua Ventus existieren Überlegungen, in der Nordsee OWP zur Erzeugung von grünem Wasserstoff mit einer Erzeugungsleistung von 10 GW einer dazu gehörigen Pipeline-Transportinfrastruktur zu planen. Laut aktuellem Planungsstand soll die Anlandung unter anderem durch das NSG „Doggerbank“ erfolgen (RWE 2020).

Im NSG „Doggerbank“ liegen keine militärischen Übungsgebiete, es kann allerdings dennoch militärisch genutzt werden (BfN 2020b). Bisher sind keine Beseitigungen militärischer Altlasten im NSG „Doggerbank“ oder dem nahen Umfeld bekannt. Aufgrund ehemaliger Minensperren stuft das BfN die Beseitigung militärischer Altlasten als eine potentiell zu erwartende Nutzung, im Rahmen der Verlegung von Erdgasleitungen, ein (BfN 2020b).

Laut Managementplan für das NSG „Doggerbank“ finden Forschungsaktivitäten statt, welche unter anderem ein Monitoring im Rahmen des Bund-Länder-Messprogramms nach FFH- und Vogelschutzrichtlinie umfassen. Zudem finden Forschungsflüge mit kleinen Propellerflugzeugen statt (BfN 2020b).

Wracks bzw. Unterwasserhindernisse stellen zwar keine Nutzung als solche dar, sind aber potenzielle Hindernisse beim Bau von Windenergieanlagen.

4.4 Schutzgut Pelagische Primärproduktion

4.4.1 Datengrundlage

Für eine umfangreiche Darstellung der verwendeten Datengrundlage wird auf Kapitel A.1.1.1 im Anhang verwiesen.

4.4.2 Bestandsbeschreibung und Bewertung der Datengrundlage

Eine umfangreiche Bestandsbeschreibung und Bewertung der Datengrundlage ist den Kapiteln A.1.1.2 sowie A.1.1.3 im Anhang zu entnehmen.

4.4.3 Bedeutung des NSG „Doggerbank“ für das Schutzgut Pelagische Primärproduktion

Das NSG „Doggerbank“ hat vermutlich keine überragende Bedeutung für das Phytoplankton (verantwortlich für die pelagische Primärproduktion), sondern vielmehr wird die hohe pelagische Primärproduktion zur Bedeutung der Doggerbank für andere Schutzgüter beitragen. Jedwede Änderung in der Primärproduktion wird sich im Nahrungsangebot der höheren trophischen Ebenen widerspiegeln und zu Änderungen in deren Vitalität, Reproduktion, Überlebensrate und – letztendlich – in der Abundanz anderer Schutzgüter führen.

4.4.4 Auswirkungen von OWP

In Tabelle 5.1 wurden insgesamt 14 Wirkfaktoren identifiziert, die in unterschiedlichem Maße verschiedene Schutzgüter beeinträchtigen. Pelagische Primärproduktion wird von mindestens zwei dieser Wirkfaktoren maßgeblich beeinflusst: Hindernisse im Wasserkörper und Einbringung von Hartsubstrat, wie im Folgenden dargelegt wird. Sedimentaufwirbelungen und – umlagerungen, Schallemissionen, Visuelle Unruhe, Lichtimmissionen, Flächeninanspruchnahme, Hindernisse und Sichtbarkeit im Luftraum, Nutzungseinschränkung, Stoffeinträge im Wasser, Elektromagnetische Felder, Wärmeemissionen und windparkbezogener Schiffsverkehr wirken höchstens indirekt auf die Pelagische Primäproduktion.

Die folgenden Wirkfaktoren können sich beim Bau und Betrieb eines OWP signifikant auf die Pelagische Primärproduktion auswirken:

Hindernisse im Wasserkörper

Die Fundamente von Windkraftanlagen verursachen u. a. zwei Effekte, welche pelagische Primärproduzenten beeinflussen können: eine Veränderung der Strömungsverhältnisse sowie einen Anstieg epibenthischer Konsumenten. Beide Effekte sind in den letzten Jahren in der Deutschen Bucht

untersucht worden (Slavik et al. 2019, Mavraki et al. 2020, Daewel et al. 2022, Christiansen et al. 2023).

Strukturbedingte Turbulenzen (Windsog-Effekte) durch OWP beeinflussen die hydrodynamischen Bedingungen im Meer, was sich auch auf die marine Primärproduktion auswirkt. Numerischer Modelle zeigen, dass die Windwellen in der Nordsee großräumige Veränderungen der jährlichen Primärproduktion mit lokalen Veränderungen von bis zu ±10 % nicht nur in den OWP-Clustern, sondern auch über ein größeres Gebiet verteilen. Das Modell prognostiziert auch eine Zunahme des Sedimentkohlenstoffs in tieferen Gebieten der südlichen Nordsee aufgrund verringerter Strömungsgeschwindigkeiten und eine einhergehende Abnahme gelösten Sauerstoffs in einem Gebiet mit bereits niedriger Sauerstoffkonzentration (Daewel et al. 2022).

Die Strömung an vertikalen Zylindern, wie z.B. Windkraftanlagenfundamenten, und die damit verbundene turbulente Vermischung ist seit längerem untersucht worden. Modellierte Auswirkungen des Monopile-Widerstands auf die hydrodynamischen Bedingungen wurden anhand aktueller In-situ-Messungen validiert. Obwohl die anthropogene Durchmischung auf die Standorte von OWP beschränkt ist, zeigen Simulationen, dass die strukturinduzierte Durchmischung viel größere, regionale Skalen betrifft (siehe Abb. 4.14). Die zusätzliche Turbulenzproduktion entpuppt sich als der treibende Mechanismus hinter den Auswirkungen der Monopiles und führt zu Veränderungen sowohl der Strömungsgeschwindigkeiten (einschl. eines Verlustes von Gezeitenenergie) als auch der Schichtung mit Größenordnungen von etwa 10 %, die ähnlich groß sind wie die regionalen jährlichen und interannuellen Schwankungen (Christiansen et al. 2023).

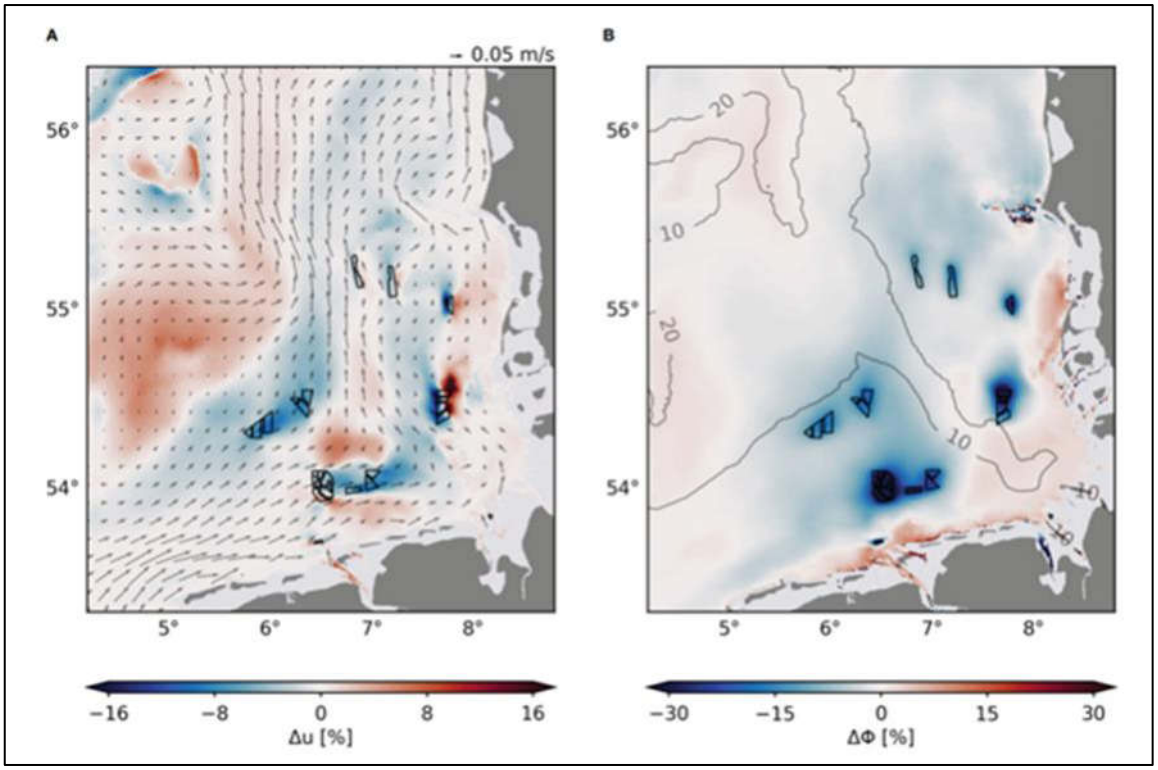


Abb. 4.14: Langfristige, proportionale Änderungen in der horizontalen Geschwindigkeit u (Abb. A) und in der potenziellen Energie phi (Abb. B) gemittelt über die gesamte Wassersäule und die Jahre 2011-2015. Die mittlere Restgeschwindigkeit wird in Abb. A durch graue Pfeile angezeigt, wohingegen die Isolinien in Abb. B die mittlere Anomalie der potenziellen Energie [J/m³] darstellen. Schwarze Polygone zeigen die Windparks an. Wassertiefen von weniger als 5 m werden nicht dargestellt (entnommen aus Christiansen et al. 2023).

Einbringung von Hartsubstrat

Durch die Errichtung von OWP werden künstliche Hartsubstrate in Gebiete mit natürlichem Weichboden eingebracht, wodurch sich die lokale Artenvielfalt verändert. Die Turbinenfundamente werden schnell von kolonisierenden Organismen besiedelt, bei denen es sich hauptsächlich um Suspensionskonsumenten (inkl. Filtrierer) handelt, die den Bestand der lokalen Primärproduzenten potenziell verringern können. Die Miesmuschel *Mytilus edulis* zeigte die höchste biomassenspezifische Kohlenstoffassimilation, während die hohe Dichte des Amphipoden *Jassa herdmani* zur höchsten Gesamtkohlenstoffassimilation führte. Durch Extrapolation auf die Gesamtzahl der installierten Offshore-Windturbinen in der belgischen Nordsee wird geschätzt, dass diese Arten den Bestand an lokalen Primärproduzenten in dem Gebiet um ca. 1,3 % reduzieren können im Vergleich zur natürlichen Makrofauna in den autochthonen Weichsedimenten (Mavraki et al. 2020).

Die Anhäufung von Epifauna, dominiert von dem Filtrierer *M. edulis* (Miesmuschel), beeinflusst die pelagische Primärproduktivität und das Funktionieren des Ökosystems in der südlichen Nordsee (siehe Abb. 4.15, Abb. 4.16). Die geschätzte Verbreitung auf der Grundlage der aktuellen Projektionen der Turbinenstandorte und der gemeldeten Siedlungsmuster von *M. edulis* wird in moderne

hydrodynamische und Ökosystemmodelle integriert. Die Simulationen zeigen nicht vernachlässigbare potenzielle Veränderungen der regionalen jährlichen Primärproduktivität von bis zu 8 % innerhalb des Offshore-Windparkgebiets und induzierte maximale Steigerungen der gleichen Größenordnung bei der Tagesproduktivität auch fernab der OWP (Slavik et al. 2019).

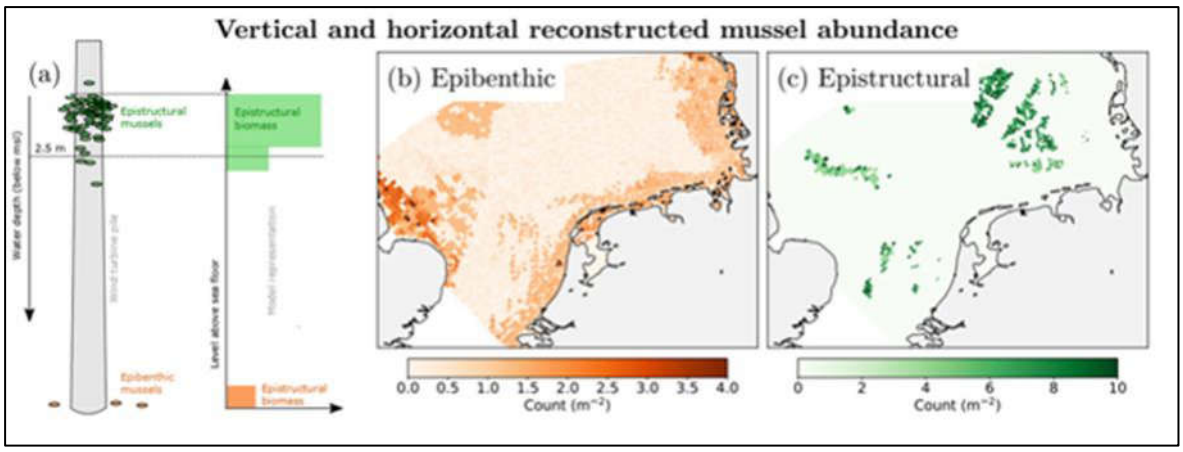


Abb. 4.15: ***(a)*** *Die vertikale Verteilung benthischer und aufgewachsener Miesmuscheln wie beobachtet (links) und wie modelliert (rechts). Benthische Muscheln sind homogen verteilt in der untersten Modellebene, wohingegen aufgewachsene Muscheln gleichmäßig verteilt sind in allen Modellschichten der obersten 250 cm der Wassersäule. In dem Zwischenbereich wurden keine Mollusken beachtet.* ***(b)*** *Modellierte Miesmuscheldichten am Meeresboden, geschätzt nach Anwesenheit, Zähldaten und Sedimenthabitat-Kartierung. Muschelfelder mit Einheitsdichte von 170 Ind./m² werden als schwarze Punkte dargestellt.* ***(c)*** *Muscheldichten an Turbinenfundamenten, extrapoliert vom Monitoring einzelner Anlagen in das grobe Modellraster (entnommen aus Slavik et al. 2019).*

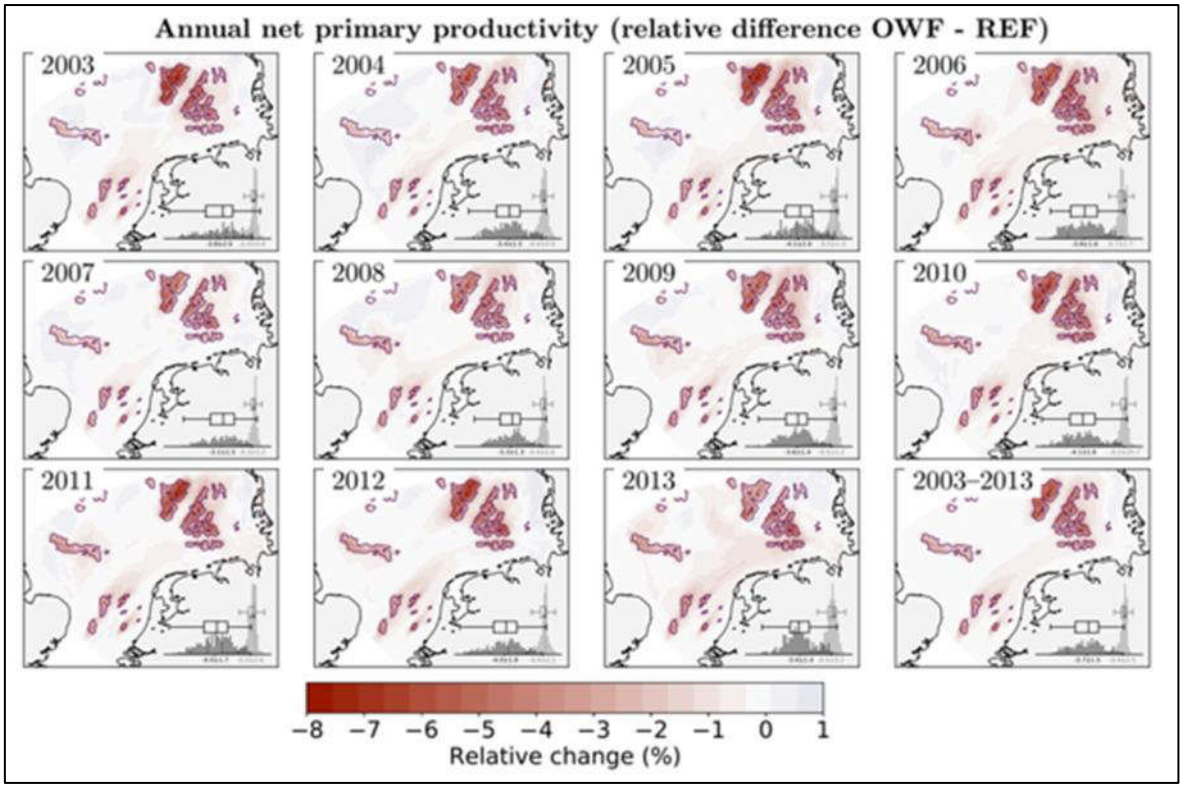


Abb. 4.16: Modellierte relative Abnahme der jährlichen Nettoprimärproduktion 2003-2013 zwischen Modellierungen mit und ohne Muschelaufwuchs, berechnet als prozentuale Abweichung vom Referenzwert (entnommen aus Slavik et al. 2019).

Eine völlige Vermeidung dürfte bei Anlagenbau nicht möglich sein, doch könnten Gründungen ohne massive Monopile-Fundamente, d.h., mit deutlich geringeren Durchmessern, vermutlich zu einer Minderung führen. Desgleichen könnte das Einbringen von Hartsubstrat minimiert werden. Zum Minderungserfolg beider Maßnahmen stehen Untersuchungen allerdings noch aus (vgl. auch Krone et al. 2013a, 2013b, Hutchison et al. 2020, Degraer et al. 2021).

4.4.5 Schutzgutbezogene Sensitivitätsanalyse

Beim Schutzgut Pelagische Primärproduktion wird ein Prozess betrachtet, der direkt oder indirekt die Nahrungsgrundlage aller nachgeordneten trophischen Ebenen darstellt. Das bedeutet, dass nicht einzelne pelagische Primärproduzenten auf Artniveau betrachtet werden. Somit ist eine Bewertung der Empfindlichkeit (Sensitivität) – definitionsgemäß – beruhend auf der Bedeutung des Gebietes für die Art, des Erhaltungszustands der Art, sowie der Empfindlichkeit der Art gegenüber den Störfaktoren, die mit dem Bau und Betrieb von Offshore-Windkraftanlagen einhergehen, nicht möglich. Die pelagische Primärproduktion auf der Doggerbank sowie ihre Empfindlichkeit gegenüber Offshore-Windkraftanlagen werden vielmehr als ein grundlegender Prozess mit hoher Bedeutung bewertet, da sie die Lebensgrundlage für alle nachfolgenden trophischen Ebenen darstellt.

Mit Hilfe von detaillierten ECOSMO II-Modellierungen (auf Datengrundlage von 2010) u. a. des marinen Phyto- und Zooplanktons, bei dem bestehenden OWEA-Ausbau in der Nordsee (mit einer horizontalen Auflösung von etwa 2 km und einer temporalen Auflösung von 90 s) konnten Daewel et al. (2022) windfeldverursachte Verwirbelungen im Wasserkörper verbunden mit kleinräumigen Änderungen der Netto-Primärproduktion von bis zu ±10 % (im Mittel -1,2 % innerhalb der OWP) prognostizieren. Starke Reduktionen können anderenorts durch starke Zunahmen nahezu ausgeglichen werden. Daewel et al. (2022) erwarten nachfolgende Habitateffekte insbesondere für benthische Konsumenten wie z. B. den Kleinen Sandaal (*Ammodytes marinus*). Die erwarteten Änderungen in der räumlichen Verteilung der Primärproduktion betreffen die Überlebenswahrscheinlichkeit von Jungfischen in bestimmten Gebieten durch zeitweisen Nahrungs- und/oder Sauerstoffmangel. Desweiteren werden Änderungen in der Verteilung und Menge organischer Sedimente erwartet, welche die Habitatqualität insbesondere für benthische Arten in der südlichen Nordsee beeinflussen.

Gleichzeitig modellierten Christiansen et al. (2023) den Einfluss von Monopile-Fundamenten mit einem Durchmesser von etwa 8 m auf die Verwirbelung des Wasserkörpers (in der Deutschen Bucht mit einem dreidimensionalen SCHIS-Modell [Semi-implicit Cross-scale Hydroscience Integrated System Model, ein numerisches Modell, welches Reynolds-gemittelte Navier-Stokes-Gleichungen basierend auf der Boussinesq-Näherung nutzt] auf einer Datengrundlage von 2011-2015). Die simulierte Tidenströmung wurde dabei lokal um 1 % bis 10 % (im Mittel 5 % in der Deutschen Bucht) durch die Monopiles reduziert, und die Stratifizierung des Wasserkörpers in den Monaten Juni bis August gestört (bei einer Mächtigkeit der Pyknokline von etwa 9 m und einem Temperaturgradienten von 3 °C). Horizontale Strömungen und Dichtestratifikationen werden lokal um etwa 10% reduziert.

Slavik et al. (2019) modellierten mit einem MOSSCO-Modell für die südliche Nordsee (etwa im Dreieck Esbjerg/DK – Hull/UK – Bruges/B, einschließlich der südwestlichen Hälfte der Doggerbank) die zusätzliche Prädation des vermehrten Epibenthos, welches sich auf dem ausgebrachten Hartsubstrat ansiedelt (‚biofouling' oberflächennah durch bis zu 48 $kg*m^{-2}$ Miesmuscheln). Für alle 2015 geplanten und bis 2030 gebauten OWP erwarten sie eine Besiedlung mit einer Gesamtabundanz von $7*10^{10}$ Miesmuschel-Individuen (entsprechend 42 Mio. t Trockengewicht), was nahezu einer Verdoppelung des natürlichen Vorkommens entspricht. In direkter Umgebung der OWP führt das zu einer Reduktion der Netto-Primärproduktion um bis zu 8 % (im Mittel 3,7 ± 1,5 %). Um diese Modellierungsprognosen zu verifizieren, wird es weiterer Forschungen bedürfen.

In einer Makrofauna-Untersuchung im belgischen Teil der Nordsee quantifizierten Mavraki et al. (2020) die Biomasse-spezifische Kohlenstoff-Assimilation mit Hilfe von ^{13}C-Isotopen, wobei die Miesmuschel die höchsten Assimilationswerte aufwies. Sie assimilieren täglich etwa 3 % ihres eigenen Gewichts an Phytoplankton (jeweils bezogen auf Kohlenstoff), jedoch wird nur etwa ein Sechstel des gefressenen Kohlenstoffes wirklich aufgenommen, so dass die Miesmuschel-Prädation um ein Mehrfaches höher liegen dürfte.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass das Schutzgut Pelagische Primärproduktion nach jüngsten Forschungsergebnissen aus der Deutschen Bucht auf Verwirbelungen des Wasserkörpers reagiert, wie sie insbesondere durch die massiven Fundamente von Offshore-Windkraftanlagen entstehen

können. Darüber hinaus reagiert es sensibel auf den vervielfachten Fraßdruck des eingewanderten Epibenthos, welches sich auf dem ausgebrachten Hartsubstrat vermehren kann.

Darüber hinaus ist die pelagische Primärproduktion zusammen mit dem Wasserkörper in der Regel vertikal strukturiert, doch lässt sich in der Fläche keine Strukturierung feststellen und somit auch keine besonders sensiblen Räume abgrenzen. Der modellierte Primärproduktionsverlust durch die Verwirbelungen des Wasserkörpers wirkt nach Modellberechnungen über eine größere Region (Daewel et al. 2022).

4.4.6 Relevante Vorbelastungen

Mögliche Vorbelastungen z. B. durch bodennahe Sauerstoffzehrungen (Deoxygenation) können darüber hinaus durch reduzierte Strömungsgeschwindigkeiten verstärkt werden, z. B. wenn sich Detritus in Senken ansammeln kann (Daewel et al. 2022).

4.4.7 Überlegungen zur Tragfähigkeit

Eine Reduktion in der Produktion durch veränderte Strömungsverhältnisse und eine weitere Reduktion durch Konsumenten werden vermutlich nicht das Schutzgut selbst an eine Tragfähigkeitsgrenze bringen (siehe intra- und interannuelle Bestandsminima). Es ist jedoch von Kaskadeneffekten auszugehen, wobei jede Reduktion der pelagischen Primärproduktion sich über die Nahrungskette hindurch fortsetzen kann und zu einer Reduktion der Fischbestände und der Piscivoren-Populationen (Haie, Cetaceen und Seevögel) in ähnlicher Größenordnung führen könnte (Van Berkel et al. 2020). Auch hierzu scheinen weitere Forschungen notwendig zu sein.

4.5 Schutzgut Benthische Lebensräume und geschützte Biotope

4.5.1 Datengrundlage

Für eine umfangreiche Darstellung der verwendeten Datengrundlage wird auf Kapitel A.1.2.1 im Anhang verwiesen.

4.5.2 Bestandsbeschreibung und Bewertung der Datengrundlage

Eine umfangreiche Bestandsbeschreibung und Bewertung der Datengrundlage ist den Kapiteln A.1.2.2 sowie A.1.2.3 im Anhang zu entnehmen.

4.5.3 Bedeutung des NSG „Doggerbank“ für das Schutzgut Benthische Lebensräume und geschützte Biotope

Das NSG „Doggerbank“ ist als schützenswerter FFH-Lebensraumtyp „Sandbänke“ in Kombination mit der besonderen küstenfernen Ausprägung der *Bathyporeia-Tellina*-Gemeinschaft ein einzigartiger Lebensraum in der zentralen Nordsee. Sie ist in Bezug auf Fläche die größte Sandbank in der Nordsee und erstreckt sich bis in die angrenzenden Gebiete von Großbritannien, Niederlande und Dänemark. Durch ihre Lage stellt sie ein besonderes Ökosystem dar, das einen Übergangsbereich zwischen kälte- und wärmeliebenden Arten darstellt (Kröncke & Knust 1995). Die Artenvielfalt auf der Doggerbank ist höher als auf umliegenden Sandbänken und zeichnet sich durch ihre besonders an die einzigartige Hydrodynamik angepasste benthische Fauna aus. Im Zuge der Klimaerwärmung und den somit steigenden Meerestemperaturen sind vor allem kälteangepasste Benthosarten im Gebiet der Nordsee auf dem Rückzug und gelten als besonders bedroht (Wieking & Kröncke 2003). Das NSG „Doggerbank“ gilt als eines der wenigen Gebiete in der südlichen Nordsee, in dem die kälteliebende Muschel *Arctica islandica* noch regelmäßig vorkommt. Die Bedeutung des NSG „Doggerbank“ wird somit für das Schutzgut benthische Lebensräume als **hoch** eingestuft.

4.5.4 Auswirkungen von OWP

Die folgenden Wirkfaktoren können sich beim Bau und Betrieb eines OWP signifikant auf das Benthische Lebensräume und geschützte Biotope auswirken:

Sedimentaufwirbelungen/Trübungsfahnen

Durch Bautätigkeiten wie der parkinternen Verkabelung, Installation der Fundamente und ggf. der Einbringung von Kreuzungsbauwerken können kurzfristige Beeinträchtigungen durch Sedimentaufwirbelungen und Trübungsfahnen entstehen. Durch diese Verwirbelung des Sediments können Benthos-Organismen einerseits freigespült werden und andererseits stärker überdeckt werden. Zudem verringern Trübungsfahnen die Lichtdurchlässigkeit der Wassersäule und können bei suspensionsfressenden Benthos-Organismen Auswirkungen auf die Nahrungsaufnahme haben.

Durch die hohe Konzentration partikulärer Substanzen in der Wassersäule kann z. B. der Filterapparat von Muscheln geschädigt werden (BIOCONSULT Schuchardt & Scholle 2019). Eier und Larven reagieren meist empfindlicher als adulte Tiere und können kurzfristig und lokal durch die Trübungsfahnen Schaden davontragen.

Sedimentumlagerung/Sedimentverdichtung

Während der Kabellegung wird das oberflächennahe Sediment im Arbeitsbereich verdichtet und umgelagert. Dies stellt eine direkte mechanische Störung des oberflächennahen Sediments dar, was eine Schädigung des darin heimischen Benthos zur Folge hat (BIOCONSULT Schuchardt & Scholle 2019).

Zu beiden Seiten des Kabelgrabens entsteht eine Zone mit nach außen hin abnehmendem Ausmaß der Beeinträchtigung des Benthos. Über dem Kabelgraben hinaus bildet sich durch Nachrutschen der Böschungen in den Verlegegraben eine Zone, in der das Benthos mittelbar geschädigt wird. Organismen können in den Spülgraben abrutschten, durch das Böschungsrutschen freigelegt und in ihrer Gefügestruktur gestört werden. Auch in diesem Bereich wird es zu Mortalität von benthischen Organismen kommen. Besonders sessile Lebewesen (wie endobenthische Mollusca und Polychaeta) sind hiervon betroffen, während sich beweglichere Arten wie Crustacea zum Teil aus dem betroffenen Gebiet entfernen können (Meißner et al. 2006).

Flächeninanspruchnahme

Durch die Errichtung der Fundamente sowie ggf. der Kreuzungsbauwerke inkl. Kolkschutz wird kleinräumig marines Sediment durch Steinschüttungen dauerhaft versiegelt und geht als Lebensraum für die ansässige benthische Fauna verloren.

Einbringung von Hartsubstrat

Durch die Einbringung von Fundamenten und entsprechenden Kolkschutz sowie ggf. Kreuzungsbauwerken entstehen Habitatstrukturen aus Hartsubstrat, welche für das Gebiet eher untypisch sind. Es kommt zudem an dieser Stelle zu einem vollständigen Lebensraumverlust der Weichboden-Lebensgemeinschaft. Dies fördert die Ansiedlung von gebietsfremden Arten der Hartbodenfauna (Degraer et al. 2020).

Die zusätzliche Biomasse auf dem Meeresboden (Hart- wie Weichsubstrat) wird vor allem große, mobile Prädatoren und Aasfresser (Krebse und Seesterne) anlocken (Krone et al. 2013a). Außerdem dienen die strukturierenden Hartsubstrate als Versteckmöglichkeiten und ziehen somit diese Arten ebenfalls an. Dabei kann es punktuell zu einer Erhöhung des Fraßdrucks auf Beutetiere der Infauna wie z. B. Muscheln kommen.

Hindernisse im Wasserkörper (verändertes Strömungsregime, Auskolkung)

Das Einbringen von Bauwerken in die Wassersäule hat Veränderungen des Strömungsregimes zur Folge. Dies kann wiederum die Sedimentdynamik verändern. In der unmittelbaren Umgebung von einer OWEA oder einem Kreuzungsbauwerk können sich im Strömungsschatten feine Sediment und Schill ablagern, was eine Veränderung des Habitats und somit eine Verschiebung der Dominanzverhältnisse in der Benthosgemeinschaft zur Folge hat (Schröder et al. 2005).

Nutzungseinschränkung

Die Realisierung des Vorhabens wird aufgrund der rechtlichen Rahmenbedingungen und der bisherigen Praxis die lokale Einstellung der fischereilichen Nutzung mittels Baumkurren und Schleppnetzen innerhalb der Windparkfläche zur Folge haben. Innerhalb der Sicherheitszone kann passive Fischerei z. B. mittels Reusen zugelassen werden. Dies könnte sich positiv auf die lokale Benthosgemeinschaft auswirken, da die größte Belastung des benthischen Lebensraumes, die

grundberührende Fischerei, teilweise oder ganz wegfallen (Reiss et al. 2009). Studien zur Regeneration von Weichbodenbiotopen nach Einstellung der grundberührenden Fischerei haben gezeigt, dass vor allem langlebige und fragile Muschelarten wie *Arctica islandica* und *Fabulina (Tellina) fabula* und grabende Krebse wie z. B. *Callianassa subterranea* in Fischereiverbotszonen in höheren Dichten als in befischten Referenzgebieten auftreten (Duineveld et al. 2007, Bergman et al. 2015). Außerdem wurde ein Abundanzrückgang von kleinen Räubern und aasfressenden Arten beobachtet (Dannheim et al. 2014). Dabei zeigten sich hauptsächlich Zunahmen in Biomasse und Artenzahl des Aufwuchses auf den Gründungsstrukturen (Gutow et al. 2014a, PGU 2018). Während es hier mehrfach Hinweise auf eine Erholung des Epibenthos gab, konnten Effekte auf die Infauna oft nicht festgestellt werden (Duineveld et al. 2007, Gutow et al. 2014a, Bergman et al. 2015). Dies wird damit begründet, dass durch die Bauaktivitäten Beeinträchtigungen der Epifauna entstehen, die zu einer Veränderung während der Bauphase führen. Im zweiten Jahr nach Errichtung des OWP hatte jedoch eine Regeneration stattgefunden, wodurch sich Unterschiede zwischen Referenz- und Vorhabengebiet nicht mehr zeigten (Wrede & Dannheim 2018, zitiert in BIOCONSULT Schuchardt & Scholle 2019). Für die Regeneration und Wiederherstellung einer durch Schleppnetzfischerei unbeeinträchtigten Gemeinschaft wird ein viel längerer Zeitraum erwartet. Auf Basis o. g. Studien wird von einer Dauer von etwa sieben Jahren nach Schließung eines Gebietes für die Fischerei ausgegangen, bis eine Erholung erkennbar wird (BIOCONSULT Schuchardt & Scholle 2019).

Zusammen mit der Einschränkung der Fischerei in weiteren OWP (gemäß EU-Aktionsplan „Schutz und Wiederherstellung von Meeresökosystemen für eine nachhaltige und widerstandsfähige Fischerei“ (21.02.2023) war das Ziel, dass bis 2023 ein Drittel der deutschen Meeresgewässer durch die Einschränkung der Fischerei von dieser Nutzungsform befreit werden soll), die bereits bestehen oder zukünftig gebaut werden, sind positive Effekte auf die Benthosfauna zu erwarten.

Elektromagnetische Felder

In Betrieb befindliche Seekabelsysteme erzeugen Elektromagnetische Felder, deren Stärke und Reichweite abhängig von Betriebs- und Bauart sowie von der Stromstärke sind. Bei der üblichen Verwendung von Drehstrom werden nur schwache magnetische Felder mit sehr geringen Feldstärken erzeugt, die deutlich unter denen des natürlichen Erdmagnetfeldes liegen (Meißner et al. 2006). Nach derzeitigem Kenntnisstand ist davon auszugehen, dass die Wirkungen zwar dauerhaft, aber kleinräumig und von geringer Intensität und somit als gering einzuschätzen sind.

Wärmeemissionen

Im Nahbereich der Kabel entsteht Abwärme, die je nach Lastzuständen zu geringfügig positiven Temperaturanomalien im Sediment und Bodenwasser führt. Dies könnte auf mehrere Weisen Auswirkungen auf das Benthos haben. Auf der einen Seite kann dies zu einer Verringerung der winterlichen Mortalität der Infauna führen, auf der anderen Seite können kaltwasserliebende Arten aus

dem Bereich der Kabeltrassen verdrängt werden, was wiederum zu einer Veränderung der benthischen Gemeinschaft dort führt (BSH 2022).

Um eine negative Beeinflussung des Benthos, vor allem der arktischen Arten, zu vermeiden, ist eine Einhaltung des 2 K-Kriteriums maßgeblich. Das bedeutet, dass eine kabelinduzierte Sedimenterwärmung in 20 cm Tiefe unter dem Meeresboden 2 K in der deutschen AWZ nicht überschreiten darf.

Potenzielle Minderungsmaßnahmen

Neben den vorgeschriebenen Verlegetiefen für die Stromkabel aufgrund der unbedingt einzuhaltenden Grenzwerte für die Sedimenterwärmung (2 K-Kriterium) sollten die folgenden Maßnahmen ergriffen werden um die Auswirkungen auf den benthischen Lebensraum so minimal wie möglich zu halten. Die baubedingte Störung der oberflächennahen Sedimente sollte möglichst geringgehalten werden, um die Beeinträchtigung der morphologischen Situation am Standort zu minimieren (Sedimentaufwirbelungen/Trübungsfahnen, Resuspension von Sediment, Sedimentumlagerung). Dementsprechend wären Jackets als Gründungsstruktur eine entsprechende Minderungsmaßnahme um den Flächenverlust so gering wie möglich zu halten. Die parkinterne Verkabelung sollte möglichst mittels Einspülverfahren (Jetting) in den Meeresboden eingebracht werden, da bei diesem Verfahren der Eingriff in das Sediment und damit die unmittelbare Schädigung des dort vorkommenden Biotoptyps bzw. des dort lebenden Benthos als geringer angesehen wird. Der Einsatz eines Pfluges (Trenching) über die gesamte Kabelstrecke sollte nur auf die Verlegebereiche begrenzt werden, in denen aufgrund der Bodenbeschaffenheit die Verlegung im Einspülverfahren nicht möglich ist.

Das Einbringen von Hartsubstrat in einem durch Weichböden geprägten Raum der Nordsee sollte auf das unbedingt notwendige Maß beschränkt werden. Auch sollten der Kolkschutz und das Abmaß der Kreuzungsbauwerke auf das unbedingt notwendige Maß beschränkt werden. Hier bieten sich wiederum Jackets als Gründungsstrukturen an, da ein Kolkschutz hier bei entsprechendem Design nicht benötigt wird.

4.5.5 Schutzgutbezogene Sensitivitätsanalyse

Rote-Liste-Arten nach Rachor et al. (2013) kommen im gesamten Bereich der Doggerbank in geringen Anzahlen regelmäßig vor. Das charakteristische Arteninventar ist größtenteils vorhanden, wenn auch teilweise in nur geringen Abundanzen.

Besonders empfindlich gegenüber den Auswirkungen von OWP sind sessile, langlebige Filtrierer wie z. B. die Islandmuschel *Arctica islandica* oder *Ensis ensis*. Diese wurde bevorzugt im nördlichen und südlichen Bereich des NSG „Doggerbank“ angetroffen.

Lanice conchilega und *Spiophanes bombyx* sind durch ihre röhrenbauenden Lebensweisen wichtige Strukturbildner der Doggerbank. Sie gehören zu den kurzlebigen, opportunistischen Arten und gel-

ten als widerstandsfähiger gegenüber Störungen. So wurde der Polychaet *Spiophanes bombyx* bereits ca. acht Monate nach der Bauphase in zwei belgischen OWP in hohen Dichten festgestellt (Coates 2014).

Sensible Räume für Benthische Lebensräume und geschützte Biotope

Die benthische Lebensgemeinschaft ist in erster Linie durch die dauerhafte Flächeninanspruchnahme durch OWEA und deren Kolkschutz beeinträchtigt. Basierend auf der räumlichen Verteilung der langlebigen Muschelart *Arctica islandica* sowie anderer Rote-Liste-Arten und der im zentralen Bereich des NSG „Doggerbank“ durch hauptsächlich kurzlebige, opportunistische Arten geprägten Bank-Gemeinschaft lässt sich in Bezug auf das Schutzgut Benthische Lebensräume und geschützte Biotope der nördliche und südliche Hangbereich als tendenziell sensiblerer Raum für das Schutzgut gegenüber den Auswirkungen der Offshore-Windenergienutzung hervorheben.

4.5.6 Relevante Vorbelastungen

Der Benthische Lebensraum ist im NSG „Doggerbank“ vor allem durch Schleppnetz- und Kurrenfischerei anthropogen vorbelastet. Zwar ist aufgrund von EU-Regularien seit Anfang der 2000er in der Nordsee ein Rückgang der Fischerei zu verzeichnen, jedoch sind die Benthos-Gemeinschaften weiterhin stark davon betroffen (Hiddink et al. 2019). Neben einer negativen Korrelation zwischen epibenthischer Artenanzahl und Intensität der stattfindenden Kurrenfischerei (Callaway et al. 2002) ist die Verschiebung von langlebigen hin zu kurzlebigen Arten mit hoher Reproduktionsrate durch direkte Störungen des Sediments durch Fischereitätigkeit hervorzuheben (Hiddink et al. 2019).

Während in den 1980er Jahren noch hohe Werte an Blei und Cadmium im Sediment der Doggerbank festgestellt wurden (Kröncke & Knust 1995), liegen die aktuellen Belastungen mit PCB 153, Hexachlorbenzol (HCB), Pyrenen, Fluoranthen, Hexachlorobiphenyl, Benzpyrilen und anderen derweil bei niedrigen bis mittleren Werten. Die Belastung durch Blei ist jedoch nach wie vor vergleichbar zu der in Küstengewässern (BIOCONSULT Schuchardt & Scholle 2019).

4.5.7 Überlegungen zur Tragfähigkeit

Um eine Aussage zur Tragfähigkeit des benthischen Lebensraumes und geschützten Biotops im NSG „Doggerbank“ in Bezug auf den Ausbau von Offshore-Windenergie treffen zu können, wird sich hier aufgrund des dauerhaften Charakters auf Flächenentzug durch Überbauung und Einbringung von Hartsubstrat konzentriert. Gemäß der Grundannahme nach Lambrecht und Trautner (2007) handelt es sich bei dem LRT 1110 „Sandbänke“ im NSG „Doggerbank“ um ein einen zu schützenden Bestand. Jeglicher direkter und dauerhafter Flächenentzug durch z. B. Überbauung oder Versiegelung bedeutet somit eine erhebliche Beeinträchtigung. Jedoch stellt nicht jede direkte Flächeninanspruchnahme zwangsläufig eine erhebliche Beeinträchtigung dar, wenn sich das Maß der Veränderung nicht entscheidend auf den günstigen Erhaltungszustand eines Lebensraumes in einem FFH-Gebiet auswirkt. In diesem Kontext wird ein solcher Flächenverlust auch als „Bagatelle“ bezeichnet.

In Anlehnung an das Vorgehen in einer FFH-Verträglichkeitsprüfung wird jedem Lebensraumtyp neben dem 1 %-Kriterium ein absoluter Orientierungswert zugeordnet, ab welchem ein Flächenentzug als erheblich gilt. Gemäß der Einstufung des LRT 1110 „Sandbänke“ in die Klasse 6b gilt bei einem relativen Verlust von ≤0,1 % ein Orientierungswert von 5 ha (siehe Tab. 4.2). Übertragen auf das NSG „Doggerbank“, in dem der LRT 1110 mit einer Ausdehnung von 162.370 ha vorkommt, entspräche das einem maximalen Flächenverlust von 5 ha (0,0031 %) und wäre hier als absolute Obergrenze für den Flächenverbrauch durch OWEA, Konverter und deren Kolkschutz anzusehen (0,1 % entsprechen bereits 162 ha).

Tab. 4.2 Orientierungswerte bei direktem Flächenentzug in Lebensraumtypen nach Anhang I FFH-RL als Teil des Fachkonventionsvorschlags zur Beurteilung der Erheblichkeit von Beeinträchtigungen (Auszug aus Lambrecht & Trautner 2007)

Lebensraumtyp nach Anhang I FFH-RL		**Orientierungswerte „quantitativ-absoluter Flächenverlust“** Der Flächenverlust des Lebensraumtyps darf in Abhängigkeit vom Gesamtbestand des Lebensraumtyps im Gebiet die folgenden Orientierungswerte nicht überschreiten			
Code	**Name**	**Klasse**	**Stufe I:** wenn rel. Verlust **≤ 1 %**	**Stufe II:** wenn rel. Verlust **≤ 0,5 %**	**Stufe III:** wenn rel. Verlust **≤ 0,1 %**
1110	Sandbänke mit nur schwacher ständiger Überspülung durch Meerwasser	6b	0,5 ha	2,5 ha	**5 ha**

Eine Beeinträchtigung und Veränderung des LRT „Sandbänke“ und der Benthosgemeinschaft im NSG „Doggerbank“ ist zumindest punktuell durch die Einbringung von Hartsubstrat und entlang der Kabeltrassen durch die Bauaktivitäten zu erwarten. Aufgrund des Wegfalls der grundberührenden Fischerei ist jedoch mit langfristig positiven Auswirkungen auf das Schutzgut zu rechnen.

4.6 Schutzgut Fische

4.6.1 Datengrundlage

Für eine umfangreiche Darstellung der verwendeten Datengrundlage wird auf Kapitel A.1.3.1 im Anhang verwiesen.

4.6.2 Bestandsbeschreibung und Bewertung der Datengrundlage

Eine umfangreiche Bestandsbeschreibung und Bewertung der Datengrundlage ist den Kapiteln A.1.3.2 sowie A.1.3.3 im Anhang zu entnehmen.

4.6.3 Bedeutung des NSG „Doggerbank“ für das Schutzgut Fische

Bedingt durch die geringen Wassertiefen, den geringen Anteil an Schwebstoffen in der Wassersäule und den dadurch entstehenden hohen Lichteinfall bietet das NSG „Doggerbank“ Lebens- und Wachstumsbedingungen für eine reiche Fischfauna. Vor allem die Randbereiche des Gebiets weisen eine hohe Artenvielfalt auf. Für Arten wie den Sandaal, welcher als Schüsselkomponente im Nahrungsnetz als Bindeglied zwischen den Trophieebenen dient und hohe Lebensraumansprüche aufweist, stellt die „Doggerbank“ einen wichtigen Lebensraum dar. Darüber hinaus weisen ehemals hohe Fangzahlen darauf hin, dass es sich bei dem Schutzgebiet um einen potenziell geeigneten Lebensraum für Spitzenprädatoren wie den Dornhai oder den Nagelrochen handelt. Im Rahmen einer Studie zur Bestimmung von räumlich und zeitlich konsistenten Kerngebieten verschiedener Arten basierend auf IBTS-Daten im Zeitraum von 1998-2018 identifizierten Probst et al. (2021) die Doggerbank als Kerngebiet für verschiedene Hai- und Rochenarten.Die Bedeutung des NSG „Doggerbank“ für das Schutzgut Fische wird daher als **hoch** eingestuft.

4.6.4 Auswirkungen von OWP

Die folgenden Wirkfaktoren können sich beim Bau und Betrieb eines OWP auf das Schutzgut Fische auswirken:

Sedimentaufwirbelungen/ Trübungsfahnen

Durch Bautätigkeiten wie der parkinternen Verkabelung und Netzanbindung sowie den Gründungsarbeiten für OWEA, Umspann- und Konverterplattformen kommt es zur Resuspension von Sediment und somit zu einer erhöhten Schwebstoffkonzentration in der Wassersäule. In der Folge kann dies zu einer Abnahme der allgemeinen Fitness und Mobilität sowie zu einer Einschränkung der Reproduktionsfähigkeit führen. Bei einzelnen Arten ruft die Aufwirbelung von Sediment eine Flucht- oder Meidereaktion hervor.

Schallemissionen

Starke Schallemissionen können sowohl bei der Gründung von Windenergieanlagen, als auch durch den allgemeinen Baubetrieb sowie den Serviceverkehr in der Betriebsphase des OWP entstehen. Fische können den Schall über Teilchenbewegungen im Innenohr wahrnehmen. In Abhängigkeit von der Art und der Größe der Fische kann Unterwasserschall zu unterschiedlichen und teilweise widersprüchlichen Verhaltensreaktionen führen. Vergrämende Wirkungen wie Flucht-, Vermeidungs- und Schreckreaktionen wurden ebenso beobachtet wie Lockwirkungen durch niederfrequenten Schall. Im Nahbereich lauter Schallquellen lassen sich physische Schädigungen von Fischen nicht ausschließen.

Lichtimmissionen

Künstlich emittiertes Licht unter Wasser kann bei Fischen Verhaltensänderungen, wie z. B. positive oder negative Phototaxis, Schwarmbildung oder Erstarrung während des Lichteinflusses, hervorrufen, wobei die Ausprägung der Verhaltensänderung von der Lichtintensität, der Ausdehnung des Lichtes sowie der art- bzw. entwicklungsspezifischen Reaktion und Empfindlichkeit gegenüber Licht abhängig ist. Jedoch erfolgen die vorhabenbedingten Lichtimmissionen unter Wasser zeitlich begrenzt. Nach Beendigung der Bautätigkeiten enden die vorhabenbedingten Lichtimmissionen unter Wasser. Die betriebsbedingte Befeuerung der OWEA hat keine Auswirkungen für Fische, da diese seitlich abstrahlt.

Messtechnisch erfassbare Veränderungen auf Populationsebene des Zustandsaspektes Fische, welche sich auf dessen Ökosystemfunktion auswirken, werden aus den oben genannten Gründen und aufgrund der hohen Mobilität des Schutzgutes ausgeschlossen.

Flächeninanspruchnahme

Durch den Bau von Offshore-Windenergieanlagen, sowie durch die Errichtung von Kreuzungsbauwerken und Kabelschutzsystemen käme es zu einem dauerhaften Habitatverlust für demersal lebende Fische. Am Kolkschutz der neuen Strukturen werden Weichsubstratarten verdrängt, gleichzeitig entsteht jedoch Lebensraum für hartsubstratassoziierte Arten. Da die Flächeninanspruchnahme in der Regel in einem sehr geringen Anteil des gesamten Vorhabengebietes (Erfahrungswert: < 0,1 %) erfolgt, werden die Auswirkungen als geringfügig eingestuft.

Einbringung von Hartsubstrat

Mit der Installation großer baulicher Anlagen (Fundamente) wird künstliches Hartsubstrat in einer von Sandboden geprägten Umgebung geschaffen. Auch durch Kolkschutz, Kabelschutzsysteme und Kreuzungsbauwerke, die aus Steinschüttungen bestehen, entstehen künstlich Riffstrukturen. Durch die Ansiedelung von Makrophyten auf dem eingebrachten Hartsubstrat kann es lokal zu einer Veränderung des Nahrungsspektrums kommen. Durch das höhere Nahrungsaufkommen kann eine Attraktionswirkung auf die Fischfauna entstehen, so wurden bei 89 wissenschaftlichen Studien zu künstlichen Riffen bei 94 % positive oder keine Effekte durch künstliche Riffe auf die Abundanz und Biodiversität der Fischfauna nachgewiesen (Glarou et al. 2020). Da der Einflussbereich einer OWEA auf die Fischfauna auf 200-300 m für pelagische Fische und auf bis zu 100 m für demersale Fische abgeschätzt wird, ist jedoch davon auszugehen, dass jedes Fundament bzw. jede Steinschüttung als eigenes, relativ wenig strukturiertes „Riff" wirkt und die Auswirkung nicht die gesamte Windparkfläche umfasst. Die Bereiche zwischen den Anlagen, die vorher schon durch Weichsubstratarten besiedelt waren, werden weiterhin durch Weichsubstratarten geprägt sein. Die Stärke der Ausprägung dieses Effektes ist jedoch von der gewählten Unterwasserkonstruktion abhängig.

Nutzungseinschränkung

Innerhalb von OWP wird die Fischerei eingeschränkt (Ausschluss aktiver Fischerei). Die Nutzung durch Fischerei ist durch den raumordnerischen Grundsatz 2.2.2 (4) (BSH 2021b) geregelt, wonach

Fischereifahrzeuge den OWP auf dem Weg zu ihren Fanggründen durchfahren können. Die passive Fischerei mit Reusen und Körben soll in der Sicherheitszone außerhalb der bebauten Windparkflächen möglich sein. Die Einschränkung der Fischerei kann prinzipiell in ähnlicher Weise auf die Fischfauna wirken, wie ein marines Schutzgebiet (MPA) und positive Effekte auf die Häufigkeit und die Altersverteilung innerhalb der OWP-Fläche haben. Zusammen mit der Einschränkung der Fischerei in weiteren OWP (gemäß EU-Aktionsplan „Schutz und Wiederherstellung von Meeresökosystemen für eine nachhaltige und widerstandsfähige Fischerei“ (21.02.2023) war das Ziel, dass bis 2023 ein Drittel der deutschen Meeresgewässer durch die Einschränkung der Fischerei von dieser Nutzungsform befreit werden soll), die bereits bestehen oder zukünftig gebaut werden, sind positive Refugium-Effekte auf die Fischfauna zu erwarten.

Stoffeinträge ins Wasser

Über die Auswirkungen der stofflichen Immissionen aus dem Korrosionsschutz auf Fische gibt es bisher keine belastbaren Erkenntnisse. Bekannt ist aber, dass es eine Umwelttoxizität von Aluminium unter säurehaltigen Bedingungen für Fische gibt (Kirchgeorg et al. 2018) und dass hohe Zinkkonzentrationen bei einigen Fischarten zu Problemen bei der Atmung führen können (Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie 2013). Es ist jedoch davon auszugehen, dass die aufgrund des Korrosionsschutzes in das Wasser emittierten Aluminium- und Zinkanteile schnell und großräumig in der Wassersäule verteilt werden. Auswirkungen auf das Schutzgut Fische sind daher potenziell nicht zu erwarten.

Elektromagnetische Felder

Bei Seekabeln (z. B. parkinterne Verkabelung, Netzanbindung) kommt es zur Ausbildung elektromagnetischer Felder. Viele Fischarten, darunter Haie und Rochen, können elektromagnetische Felder wahrnehmen oder orientieren sich mit Hilfe des Erdmagnetfeldes. Durch Änderungen im natürlichen Magnetfeld bedingte Orientierungsstörungen können demnach potenziell auftreten, jedoch konnte dies bislang wissenschaftlich nicht eindeutig belegt werden. Effekte von EMF (elektromagnetische Felder) auf Fische liegen nach Stand der Forschung im Bereich von Verhaltensänderungen, wie kurzzeitiger Änderung der Schwimmrichtung oder erhöhter Nahrungssuche (vgl u.a. Gill et al. 2005, 2009, 2014). Es gibt bisher keine Hinweise auf signifikant negative Beeinträchtigungen von Fischen.

Potenzielle Minderungsmaßnahmen

Ähnlich wie bei marinen Säugern (siehe Kapitel 5.9.4) können Schallminderungsmaßnahmen während der Gründungsphase durch den Einsatz von Blasenschleiern, Hüllrohr und ähnlichen Methoden auch bei Fischen das Verletzungsrisiko mindern. Da signifikante Schallemissionen vornehmlich bei der Gründung von Monopiles entstehen, können alternative schallärmere Gründungsmethoden ebenfalls zu einer Minderung der Effekte führen. Für weitere potenzielle Minderungsmaßnahmen wird auf Kapitel 4.5.4 (Schutzgut Benthos – Potenzielle Minderungsmaßnahmen) verwiesen.

4.6.5 Relevante Vorbelastungen

Das Schutzgut Fische ist in der Nordsee und somit im NSG „Doggerbank“ Vorbelastungen unterschiedlichen Ursprungs ausgesetzt. Die vermutlich stärkste Belastung erfolgt durch die in der Nordsee intensiv betriebene internationale Fischerei, welche den natürlichen Lebensraum und die Fischgemeinschaften nachhaltig beeinträchtigen kann. Fischereiliche Aktivitäten erhöhen die Sterblichkeit bei Ziel- und häufig ebenso bei Nichtzielarten, bedingt durch Zusammenhänge innerhalb des Nahrungsnetzes. Im Rahmen der Zustandsbewertung der Meeresschutzgebiete der deutschen AWZ der Nordsee (BfN 2017) wurde für das NSG „Doggerbank“ die intensive Befischung durch grundberührende Fischerei mittels Baumkurren und Grundschleppnetzen, sowie eine nennenswerte Belastung durch pelagische Schleppnetze festgestellt. Für eine detaillierte Beschreibung der fischereilichen Nutzung wird auf Kapitel 5.3.2 verwiesen. Die daraus resultierenden Belastungen umfassen zum einen die Störung und potenzielle Zerstörung des benthischen Lebensraums, zum anderen kommt es zu einer Entnahme von Ziel- und Nichtzielarten (Beifang), welche neben Fischen auch Vögel und marine Säuger umfassen kann (ICES 2022a). Von den 45 Fischbeständen für die 2022 eine Bewertung der Fischereiintensität unter Berücksichtigung des Konzeptes des maximalen Dauerertrages (MSY) sowie des Vorsorgeansatzes (PA) erfolgte, werden nach Einschätzung des ICES 30 Bestände nachhaltig, d. h. mit einer fischereilichen Sterblichkeit unterhalb des festgelegten Referenzwertes, bewirtschaftet. Für 15 weitere Bestände liegt die Fischereiintensität oberhalb des Referenzwertes, für die übrigen 73 Bestände und somit die überwiegende Anzahl konnten bislang keine Referenzwerte festgelegt werden und somit keine Bestandsbewertung erfolgen (ICES 2022a).

Zusätzlich zur kommerziellen Fischerei gilt die erhöhte Nährstoffbelastung oder Eutrophierung als weitere anthropogene Belastung in der deutschen AWZ der Nordsee (BMU 2018). Sauerstoffmangel und Beeinträchtigungen des Makrozoobenthos können nicht nur die Artzusammensetzung und Biodiversität im Schutzgebiet beeinträchtigen, sondern im weiteren Verlauf auch Auswirkungen auf die Reproduktionsfähigkeit haben, da die Entwicklung von Fischeiern und -larven einiger Arten stark von der Sauerstoffkonzentration abhängig ist.

Darüber hinaus kommt es im NSG zur direkten Belastung durch Schiffsverkehr und somit zur Belastung durch Lärm und erhöhte Schadstoffkonzentrationen. Das NSG „Doggerbank“ wird derzeit von 2 Schifffahrtsrouten durchkreuzt (siehe Kapitel 5.3.1), welche das Untersuchungsgebiet zum einen in Nord-Süd Richtung (SN18), zum anderen am südöstlichen Rand (SN16) kreuzen (ROP 2021). Die konkreten Auswirkungen auf das Schutzgut Fische sind jedoch nur schwierig nachzuweisen.

4.6.6 Schutzgutbezogene Sensitivitätsanalyse

Infolge der geringen Anzahl an Erfassungen im Untersuchungsgebiet gibt es nur wenige Informationen über das aktuelle Vorkommen und die Verbreitung der Fischbestände auf der Doggerbank. Verbreitungskarten, welche die Bedeutung der verschiedenen Teile des Naturschutzgebietes verdeutlichen, können daher nur für ausgewählte Arten erstellt werden (siehe A.1.3.2). Vergangene Studien (Sell et al. 2007, Van Moorsel 2011, Sonnewald & Türkay 2012a, 2012c, Sell & Kröncke 2013, Hahn et al. 2023) zeigen jedoch eine große Artenvielfalt mit erheblichen Unterschieden zwischen

Arten und Gemeinschaftstrukturen. Bei Betrachtung der gesamten Doggerbank bestätigen Sell et al. (2007) die Beobachtungen von Callaway et al. (2002) wonach bei der Fischfauna der Nordsee anhand der 50 m Tiefenlinie zwischen einer südlichen und einer nördlichen Art-Gemeinschaft unterschieden werden kann. In den flacheren Gebieten der Doggerbank wurde dementsprechend überwiegend die für die südliche Nordsee typische Fischfauna festgestellt, in tieferen Gebieten in den Randbereichen der Doggerbank vermehrt die der nördlichen Art-Gemeinschaft (siehe A.1.3.2). Insgesamt bietet der LRT Sandbänke aufgrund geringer Wassertiefen, dem geringen Anteil an Schwebstoffen in der Wassersäule und dem dadurch entstehenden hohen Lichteinfall optimale Bedingungen für benthisches Algenwachstum und durch die hohe Primärproduktion optimale Wachstumsbedingungen für die Fischfauna der Doggerbank. Bei Betrachtung der räumlichen Verbreitung der Gesamtfischfauna auf der erweiterten Doggerbank wird ersichtlich, dass die Artenvielfalt und das Vorkommen in den Randgebieten der Doggerbank deutlich ausgeprägter scheint als in den flachen Bereichen in der Mitte der Doggerbank (Van Moorsel 2011). Sell et al. (2007) stellten darüber hinaus eine erhöhte Gesamtbiomasse im nordöstlichen Bereich sowie an der südwestlichen Flanke fest, wohingegen die Biomasse an Stationen in flacherem Wasser auf der zentralen Doggerbank deutlich geringer ausfiel (siehe A.1.3.2). Die Bedeutung der Randbereiche und somit der Hänge für die Fischfauna zeigt sich bei Betrachtung der für das Ökosystem wichtigen Arten wie dem Sandaal sowie bei Betrachtung des Vorkommens langlebiger Prädatoren wie dem Dornhai.

Durch seine Rolle als Bindeglied zwischen niederen Trophieebenen (Zooplankton) und den im Nahrungsnetz höher angesiedelten Prädatoren wie Seevögeln, darunter Basstölpel und Trottellummen, und Säugetieren wie Schweins- oder Zwergwalen (Arnott & Ruxton 2002, Frederiksen et al. 2007, Van Moorsel 2011) gilt der Sandaal als Schlüsselkomponente im Nahrungsnetz. Direkte und indirekte Veränderung der Nahrungsnetzdynamik infolge einer Abnahme der Sandaalbestände können demnach, aufgrund der Funktion dieser Art bei der Nährstoffversorgung, nicht ausgeschlossen werden (Frederiksen et al. 2007). Neben seiner Funktion als Nahrungsquelle, wird darüber hinaus vermutet, dass der Sandaal bedingt durch seine Lebensweise als grabende Art eine Rolle bei der Bioturbation spielt und dabei den Nähr- und Sauerstofftransport zwischen Wassersäule und Meeresboden unterstützt (Widdicombe et al. 2004). Die Abundanz des Sandaals auf der Doggerbank scheint dabei weniger von der Planktondichte, sondern vor allem von der Beschaffenheit des Substrats, welches aus grobem Sand mit feinem bis mittleren Kies und geringem Schluffgehalt bestehen sollte (Wright et al. 2000), abhängig zu sein. Darüber hinaus scheinen außerdem die Bodentemperatur sowie der Salzgehalt Auswirkungen auf die räumliche Verteilung des Sandaals zu nehmen (van der Kooij et al. 2008). Aufgrund ihrer spezifischen Anforderung an den Lebensraum sind Sandaale in ihrer räumlichen Verbreitung recht eingeschränkt. Außerhalb der Wachstums- und Laichperiode verlässt *A. marinus* nur selten seinen Rückzugsort im Sandboden oder gar seine „Heimatsandbank“ (van Deurs et al. 2010, Jensen et al. 2011) und gilt dadurch als recht sessil. Neben seinem Vorkommen auf der zentralen Doggerbank scheinen vor allem die Randgebiete und Hänge des Schutzgebietes einen wichtigen Lebensraum für den Sandaal darzustellen (Van Moorsel 2011). Diese Randbereiche zeichnen sich durch eine hohe Sandaaldichte aus, was durch die Verteilung des Fischereiaufwandes bestätigt wird. Aufgrund ihrer Eigenschaft sich dort zu dichten Schwärmen zu aggregieren, erhöht sich die Sensitivität dieser Art gegenüber Störungen (Fischerei etc.) in diesem Bereich (Van Moorsel 2011, *Joint Recommendation for Offshore Fisheries Management on the International Dogger Bank* 2016).

Eine weitere Reduktion der Sandaalbestände sowie weiterer Mesoprädatoren durch die auf der Doggerbank bestehenden oder geplanten Nutzungsformen wie der Fischerei könnte sich darüber hinaus negativ auf das Vorkommen von Spitzenprädatoren wie Haie oder Schweinswale auswirken, deren Überlebensraten maßgeblich von einem ausreichenden Nahrungsangebot abhängig sind. Aufgrund der aktiven Fischerei auf einige dieser Spitzenprädatoren ist eine Rekonstruktion des Ausgangszustandes/ der Initialbiomasse dieser Bestände nicht möglich. Ein deutlicher Rückgang, bedingt durch die gezielte und ungezielte Fischerei und die Entnahme von Beständen, die als Nahrungsquellen fungieren, konnte in der Vergangenheit jedoch belegt werden (Engelhard et al. 2008, Dureuil et al. 2018). In den vergangenen Jahren wurde bereits eine Änderung in der Artenzusammensetzung auf der Doggerbank festgestellt, indem ein vermehrtes Vorkommen kurzlebiger, opportunistischer Arten und ein gleichzeitiger Rückgang empfindlicher und langlebiger Arten, wie dem Nagelrochen oder Dornhai, verzeichnet wurde (Van Moorsel 2011). Es ist daher möglich, dass Spitzenprädatoren auf der Doggerbank, bedingt durch den starken Rückgang der Abundanzen, ihre früheren ökologischen Funktionen nicht mehr erfüllen können und es infolge dessen zu Veränderungen und Beeinträchtigungen niederer Trophieebenen kommen kann. In der Literatur finden sich Hinweise auf ehemals größere Vorkommen von langlebigen Hai- und Rochenarten wie dem Dornhai oder dem Nagelrochen auf der Doggerbank (Van Moorsel 2011, ICES FishMap; vgl. Kapitel A.1.3.2). Bei jüngeren Erfassungen konnten jedoch nur vereinzelte Exemplare festgestellt werden. Dabei handelte es sich vornehmlich um Arten wie den Stern- oder Nagelrochen, sowie den Dornhai (Sell et al. 2007, Van Moorsel 2011, Sonnewald & Türkay 2012a). Durch die vorherrschenden hydrografischen Fronten und dem entsprechenden Nahrungsangebot wird davon ausgegangen, dass ein Vorkommen großer, langlebiger Arten in den Randbereichen und Hängen der Doggerbank sowie in tieferen Gebieten in der näheren Umgebung (u.a. Silverpit Krater südöstlich der Doggerbank) überwiegt (Van Moorsel 2011). Die auf der Doggerbank durchgeführten Erfassungen bestätigen dies. So wurden langlebige Arten lediglich in den tieferen Gewässern unterhalb von 30 m im östlichen Teil der Doggerbank festgestellt (Sonnewald & Türkay 2012a). Eine Reduktion der Nutzungsformen in den für langlebige und geschützte Arten wertvollen Habitaten ist, aufgrund deren später Geschlechtsreife, geringer Fruchtbarkeit und dadurch bedingter niedriger intrinsischer Wachstumsrate nach Dezimierung, erstrebenswert.

4.6.7 Überlegungen zur Tragfähigkeit

Aufgrund der aktiven Fischerei auf viele der für die Doggerbank als charakteristisch beschriebenen Arten ist eine Rekonstruktion der Initialbiomasse vieler Bestände nicht möglich. Infolgedessen kann der Ausgangszustand der Fischbestände auf der Doggerbank vor Beginn der kommerziellen Fischerei nicht quantifiziert werden. Es erfolgt daher eine qualitative Bewertung zur Ermittlung der Tragfähigkeitsgrenze für das Schutzgut Fische in Bezugnahme zu der in Kapitel 5.1 beschriebenen Definition.

Die Einbringung einer neuen Nutzungsform, wie die der Windenergie, kann Auswirkungen auf die im Vorhabengebiet befindliche Fischfauna haben. Eine ausführliche Beschreibung der Wirkfaktoren und deren Auswirkungen auf das Schutzgut Fische erfolgte in Kapitel 5.6.4. Für die Fischfauna auf der Doggerbank konnte bereits in der Vergangenheit eine Veränderung in der Artzusammensetzung

beobachtet werden mit einem vermehrten Vorkommen kurzlebiger, opportunistischer Arten und einem gleichzeitigen Rückgang empfindlicher und langlebiger Arten (Van Moorsel 2011). Eine der maßgeblich an der Veränderung der Fischbestände beteiligten Nutzungsformen ist die kommerzielle Fischerei (BfN 2017). Unter Voraussetzung des Fortbestehens des raumordnerischen Grundsatzes 2.2.2 (4) (BSH 2021b), welcher die aktive Fischerei innerhalb von OWP ausschließt, käme es auf der Doggerbank auf den bebauten Flächen zu einer deutlichen Reduktion des fischereilichen Drucks auf die Meeresumwelt, insbesondere die Fischfauna. Bei der Realisierung könnten Fischereifahrzeuge demnach den OWP auf dem Weg zu ihren Fanggründen durchfahren, die aktive Fischerei innerhalb des OWP sowie in der 500 m breiten Sicherheitszone würde hingegen entfallen. Die Fischerei mit passivem Fanggerät, wie Reusen und Körben, soll in den Sicherheitszonen der OWP möglich sein. Dies gilt jedoch nicht für den Bereich, der von den äußeren Anlagen des OWP umgrenzt wird, und nicht für den unmittelbaren Nahbereich der äußeren Anlagen.

Die durch die Nutzungseinschränkung entstehende Minderung des Fischereidrucks kann prinzipiell in ähnlicher Weise auf die Fischfauna wirken wie ein marines Schutzgebiet (MPA), in dem ein Fischereiverbot gilt. Die Minderung der durch grundberührende Fischerei bedingten Störung benthischer Gemeinschaften ermöglicht die Erholung der dort vorherrschenden Artgemeinschaft, wodurch sich positive Auswirkungen für höhere Trophieebenen ergeben können (Leonhard et al. 2011, Lindeboom et al. 2011, Wilhelmsson & Langhamer 2014). Die Abnahme des Fischereidrucks kann sich zudem positiv auf die Häufigkeit und Altersverteilung innerhalb der OWP-Fläche auswirken, da die Entnahme großer und somit kommerziell relevanter Längenklassen entfällt. Da vor allem diese, bedingt durch ihre hohe Fekundität, die Reproduktionsfähigkeit eines Bestandes maßgeblich beeinflussen, lässt dies eine positive Entwicklung der Bestandsgröße erwarten. Darüber hinaus kann sich, durch die Einbringung von Hartsubstrat in einer überwiegend von Sandboden geprägten Umgebung, die Heterogenität eines Habitats erhöhen. Auch durch Kolkschutz, Kabelschutzsysteme und Kreuzungsbauwerke, die aus Steinschüttungen bestehen, entstehen künstlich Riffstrukturen. Innerhalb der euphotischen Zone ist mit der Ansiedlung von Makrophyten auf dem neu eingebrachten Hartsubstrat zu rechnen. Wirbellose (z. B. Miesmuscheln, Makroalgen, Blumentiere) können das neue Substrat über die gesamte Wassersäule besiedeln (Bohnsack & Sutherland 1985, Leitão et al. 2008, Degraer et al. 2020, Coolen et al. 2020). Beide Effekte können lokal zu einer Veränderung des Nahrungsspektrums für die vorkommende Fischfauna führen. Erhöhte Fischvorkommen in der unmittelbaren Nähe solcher künstlichen Riffe bedingt durch ein erhöhtes Nahrungsvorkommen und eine Reduktion äußerer Stressoren, konnten in der Vergangenheit festgestellt werden (Fabi et al. 2006, Leitão et al. 2007, Andersson & Öhman 2010, Leonhard et al. 2011, Reubens et al. 2011, 2013, 2014, Lindeboom et al. 2011, Bergström et al. 2013, Wilhelmsson & Langhamer 2014, Stenberg et al. 2015). Dies gilt nicht nur für mobile Arten wie Kabeljau, Wittling, Makrele, Hering und Sprotte, sondern ebenso für demersale Plattfische. Die positiven Auswirkungen auf die Abundanz und Biomasse von Plattfischen wie Scholle oder Kliesche konnte sowohl an belgischen als auch an niederländischen OWP festgestellt werden (Leonhard et al. 2011, Stenberg et al. 2015, Vandendriessche et al. 2015). Für sessilere Arten wie den Sandaal kann, aufgrund der spezifischen Bedürfnisse dieser Art an ihren Lebensraum vermutet werden, dass jede Form von Störung, die die physikalische Struktur des Sediments beeinträchtigen kann, eine Belastung für den Bestand darstellt. Dennoch konnten bei Langzeitstudien vor, während und nach dem Bau des dänischen OWP Horns Rev 1 keine negative Auswirkung auf die dort angesiedelte Sandaalpopulation festgestellt

werden (Leonhard et al. 2011, Stenberg et al. 2015). Im Gegenteil zeigten die Ergebnisse der Studie, dass sich der Bau des OWP auf kurzfristige Sicht (1 Jahr) positiv auf den Sandaal im Einwirkungsbereich auswirkte, was sowohl durch die zeitweilige Zunahme der vom Sandaal präferierten Sedimentpartikelgröße begründet, als auch auf eine Veränderung im Vorkommen von Prädatoren zurückgeführt wird (Leonhard et al. 2011, Stenberg et al. 2015). So ist bekannt, dass die durch die Rammung emittierten Schallwellen bei Fischen und Säugern Meidereaktionen hervorrufen (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 2013, Brandt et al. 2018). Eine Verschiebung des Räuber-Beute Verhältnis ist daher als Begründung für die kurzzeitige Zunahme der Sandaalabundanz nicht auszuschließen. Längerfristige Auswirkungen, 7 Jahre nach der Errichtung, konnten wiederum nicht festgestellt werden (Leonhard et al. 2011, Stenberg et al. 2015). Lindeboom et al. (2011) konnten bei Studien zu den Auswirkungen eines OWP in der niederländischen Küstenzone ähnliche Beobachtungen machen. Der durch die Fundamentstrukturen hervorgerufene Habitatverlust scheint aufgrund der begrenzten Größe (üblicherweise < 1 % der OWP-Fläche) demnach keine erheblichen Auswirkungen auf die Sandaalpopulation zu haben. Neben einem erhöhten Nahrungsvorkommen und einem durch die Fundamentstrukturen bedingten Refugium-Effekt, bietet das künstliche geschaffene Riff einigen Substratlaichern die Möglichkeit zur Eiablage, sowohl auf den Fundamenten und dem Kolkschutz selbst als auch in dem sich ansiedelnden Algenbewuchs im durchlichteten Bereich des Wasserkörpers, wodurch sich weitere positive Effekte auf die Fischfauna ergeben können.

Glarou et al. (2020) fassten zusammen, dass bei 89 wissenschaftlichen Studien zu künstlichen Riffen bei 94 % positive oder keine Effekte durch künstliche Riffe auf die Abundanz und Biodiversität der Fischfauna nachwiesen werden konnten. In 49 % dieser 89 Studien wurden lokal erhöhte Fischabundanzen nach der Errichtung von künstlichen Riffen beobachtet. Der Einflussbereich einer Windenergieanlage, in der eine veränderte Artengemeinschaft angetroffen wird, kann mit 200-300 m für pelagische Fische und mit bis zu 100 m für demersale Fische abgeschätzt werden (Grove et al. 1989). Aufgrund des üblicherweise deutlich größeren Abstandes zwischen den einzelnen OWEA ist daher davon auszugehen, dass jedes Fundament bzw. jede Steinschüttung als eigenes, relativ wenig strukturiertes „Riff" wirkt und die Auswirkung nicht die gesamte Windparkfläche umfasst. Die Bereiche zwischen den Anlagen, die vorher schon durch Weichsubstratarten besiedelt waren, werden weiterhin durch Weichsubstratarten geprägt sein. Die Stärke der Ausprägung dieses Effektes ist jedoch von der gewählten Unterwasserkonstruktion sowie dem gewählten Kolkschutz abhängig. Untersuchungen an mehreren OWP in der Nordsee zeigten, dass eine deutlich höhere Attraktionswirkung von Monopiles mit Steinschüttungen auszugehen scheint als von Monopiles mit Sandschüttungen oder Jacket-Fundamenten (Werner et al. 2024). Anders als die direkten Effekte, die mit der Einbringung eines künstlichen Riffs einhergehen und meist lokal auf den Bereich in unmittelbarer Nähe zur Fundamentstruktur begrenzt sind, sind weiterreichende Refugiumeffekte auf der gesamten OWP Fläche zu erwarten. Entstehen im OWP günstige Aufwuchsbedingungen für kommerziell genutzte Arten (z. B. Dorsch), können sich auch für die Fischerei positive Auswirkungen ergeben, die von einem „Spill-over“-Effekt profitieren könnten. Generell ist jedoch fraglich, ob die Größe eines OWP ausreicht, um bei der hohen Mobilität einiger Fischarten zu signifikanten Effekten zu führen. Zusammen mit der Einschränkung der Fischerei in weiteren OWP (gemäß EU-Aktionsplan „Schutz und Wiederherstellung von Meeresökosystemen für eine nachhaltige und widerstandsfähige Fischerei“ (21.02.2023) war das Ziel, dass bis 2023 ein Drittel der deutschen Meeresgewässer

durch die Einschränkung der Fischerei von dieser Nutzungsform befreit werden soll), die in angrenzenden Gebieten zur deutschen Doggerbank bestehen (*Joint Recommendation for Offshore Fisheries Management on the International Dogger Bank* 2016) oder zukünftig gebaut werden, sowie der geplanten Teilschließung der Doggerbank für die Fischerei, welche vor allem den nördlichen Teil der deutschen Doggerbank beträfe, sind positive Refugium-Effekte auf die Fischfauna jedoch zu erwarten.

Die Bestimmung eines Signifikanzschwellenwertes ist für das Schutzgut Fische aufgrund der mangelnden Datenlage (Stand 31.07.2024) nicht möglich. Es ist zu erwarten das die Einbringung neuer Nutzungsformen wie der Windenergie Auswirkungen auf das Schutzgut üben wird, welche sich abhängig von der Art sowohl vor- als auch nachteilig auf den Wachstums- und Reproduktionserfolg der Bestände auswirken kann. Aufgrund der entstehenden Minderung des Fischereidrucks durch zu erwartende Nutzungseinschränkungen der Fischerei, ist artübergreifend jedoch mit positiven Auswirkungen auf das Schutzgut zu rechnen.

4.7 Schutzgut Rastvögel

4.7.1 Datengrundlage

Für eine umfangreiche Darstellung der verwendeten Datengrundlage wird auf Kapitel A.1.4.1 im Anhang verwiesen.

4.7.2 Bestandsbeschreibung und Bewertung der Datengrundlage

Eine umfangreiche Bestandsbeschreibung und Bewertung der Datengrundlage ist den Kapiteln A.1.4.2 sowie A.1.4.3 im Anhang zu entnehmen.

4.7.3 Bedeutung des NSG „Doggerbank“ für das Schutzgut Rastvögel

Im Folgenden wird anhand der beschriebenen Rastvogeldaten die Bedeutung des NSG „Doggerbank“ für Rastvögel betrachtet.

Artenspektrum

Das nachgewiesene Artenspektrum spiegelte die typischen Hochseearten in teilweise hohen Dichten wider und war vereinzelt um küstennah zu erwartende Arten, Durchzügler oder seltenere Arten erweitert. Die fünf im Standarddatenbogen für das NSG „Doggerbank“ aufgeführten wertgebenden Seevogelarten (Eissturmvogel, Heringsmöwe, Basstölpel, Dreizehenmöwe und Trottellumme) kamen alle in mindestens geringen Dichten, teilweise aber in mittleren bis hohen Dichten im Gebiet vor.

Seetaucher kommen nur vereinzelt auf der Doggerbank vor. Die bekannten Überwinterungsgebiete von Stern- und Prachttaucher (BMU 2009) liegen in größerer Entfernung zur Doggerbank. Für Seetaucher hat das NSG „Doggerbank“ eine **geringe** Bedeutung.

Gelbschnabeltaucher wurden bei Erfassungen nur vereinzelt auf der Doggerbank nachgewiesen. Jedoch wurde ein kleines Überwinterungsvorkommen für die Doggerbank beschrieben. Da die Art in der deutschen Nordsee sonst kaum vorkommt, ist ein potenzielles Vorkommen hier bemerkenswert. Für Gelbschnabeltaucher wird dem NSG „Doggerbank“ daher vorsorgehalber eine **mittlere** Bedeutung zugeordnet.

Eissturmvögel kommen ganzjährig in NSG „Doggerbank“ vor, mit Schwerpunkten im Frühjahr. Nach den vorliegenden Erfassungen waren Eissturmvögel nach allen Methoden jeweils die zweithäufigste Art in den Untersuchungsgebieten. Im Frühjahr können bis zu 15 % des nationalen Rastbestandes im NSG vorkommen (BfN 2017). Da Eissturmvögel gegenüber OWP zumindest eine leichte Meidung zeigen (Garthe & Hüppop 2004, Furness et al. 2013, Leopold et al. 2013, Dierschke et al. 2016), sind küstenferne unverbaute Flächen als Rast- und Nahrungshabitat wichtig für den Fortbestand der Art. Entsprechend ist das NSG „Doggerbank“ von **hoher Bedeutung** als Rasthabitat für diese Art.

Basstölpel sind ebenfalls regelmäßig im NSG „Doggerbank“ anzutreffen, besonders aber im Sommerhalbjahr. Von Basstölpeln ist ein eher schwaches und individuell variables Meideverhalten gegenüber OWP bekannt (Petersen et al. 2006, Krijgsveld et al. 2011, Leopold et al. 2011, 2013, Lindeboom et al. 2011, Webb et al. 2015, Mendel et al. 2015, Garthe et al. 2017a, 2017b, BioConsult SH et al. 2020), daher ist auch für diese Art wichtig, dass im küstenfern gelegenen Teil der AWZ ungestörte Bereiche als Rast- und Nahrungshabitate verbleiben. Entsprechend ist das NSG „Doggerbank“ von **hoher Bedeutung** als Rasthabitat für diese Art.

Raubmöwen wie Skua, Spatelraubmöwe und Schmarotzerraubmöwe wurden im Gebiet NSG „Doggerbank“ nur vereinzelt nachgewiesen. Für diese Arten hat das NSG „Doggerbank“ vermutlich eine eher **geringe** Bedeutung.

Die **Zwergmöwe** kommt im NSG „Doggerbank“ nach aktuellem Wissensstand nur vereinzelt zu den Zugzeiten vor. Laut BfN (2017) hat das Gebiet mit einem Anteil von 20 % am Frühjahrsbestand der deutschen Nordsee jedoch eine mittlere bis hohe Bedeutung. Bei vorliegenden Erfassungen wurden Zwergmöwen nur in geringen Anzahlen nachgewiesen. Wie stark die Nutzung des Gebietes tatsächlich ist, kann bei Zugvögeln ohne intensive Untersuchungen schwer eingeschätzt werden, da diese Arten sehr kurzzeitig in hohen Zahlen auftreten können. Zwergmöwen zeigen ein eher schwach ausgeprägtes Meideverhalten von OWP (Leopold et al. 2013, IfAÖ & BioConsult SH 2014, Dierschke et al. 2016). Dennoch ist es wichtig, dass zusammenhängende Zugwege für diese Arten frei bleiben, damit sie sich möglichst gefahrlos zwischen Brut- und Winterhabitaten bewegen können. Die Bedeutung des NSG „Doggerbank“ für die Zwergmöwe wird aufgrund der unklaren Datenlage vorsorgehalber als **mittel** eingestuft.

Die **Heringsmöwe** tritt besonders im Sommerhalbjahr in geringen Dichten im NSG „Doggerbank“ auf. Bei den hier durchgeführten Auswertungen war die Heringsmöwe stets präsent, jedoch in eher

geringen Anzahlen. Die Heringsmöwe ist nicht besonders störempfindlich gegenüber OWP und zeigt teilweise sogar eine Attraktion (Christensen et al. 2003, Gill et al. 2008, Percival 2013, IfAÖ & BioConsult SH 2014, Vanermen et al. 2015, 2019). Die Art ist weder für die Nahrungssuche noch für die Rast an ungestörte oder besonders küstenferne Gebiete gebunden. Für die Heringsmöwe ist das NSG „Doggerbank" von eher **geringer** Bedeutung.

Für andere *Larus*-Möwen, wie **Mantel**-, **Silber**- und **Sturmmöwen** ist das NSG „Doggerbank" ebenfalls von **geringer** Bedeutung, da diese Arten küstenferne Bereiche kaum nutzen.

Die **Dreizehenmöwe** nutzt das NSG „Doggerbank" ganzjährig, mit den höchsten Dichten im Winter (BfN 2017), jedoch wurden bei den hier ausgewerteten Erfassungen auch im Sommer mittlere bis hohe Dichten der Art festgestellt. Die Dreizehenmöwe war bei den hier ausgewerteten Erfassungen nach allen Methoden jeweils die dritthäufigste Art im Gebiet. Die Meidung der Dreizehenmöwe gegenüber OWP wurde lange als gering eingeschätzt, jedoch muss nach neueren Studien von einer Meidung der OWP und der umliegenden Bereiche ausgegangen werden (Christensen et al. 2003, Gill et al. 2008, Leopold et al. 2013, IfAÖ & BioConsult SH 2014, Dierschke et al. 2016, BioConsult SH et al. 2020, Peschko et al. 2020a). Ungestörte Rast- und Nahrungshabitate sind demnach für diese Art wichtig. Entsprechend ist das NSG „Doggerbank" von **hoher Bedeutung** als Rasthabitat für diese Art.

Seeschwalben, wie Brand-, Fluss- und Küstenseeschwalben wurden im NSG „Doggerbank" während der Zugzeiten nachgewiesen. Fluss- und Küstenseeschwalben traten in geringen Anzahlen auf, Brandseeschwalben nur sehr vereinzelt. Wie stark die Nutzung tatsächlich ist, ist schwer zu sagen, da Zugvögel teilweise sehr kurzzeitig in hohen Zahlen auftreten können. Seeschwalben zeigen ein schwach ausgeprägtes Meideverhalten von OWP und umfliegen diese im Nahbereich (Petersen et al. 2006, Leopold et al. 2013, IfAÖ & BioConsult SH 2014, Vanermen et al. 2015, Dierschke et al. 2016, BioConsult SH et al. 2020). Dennoch ist es wichtig, dass zusammenhängende Zugwege für diese Arten frei bleiben, damit sie sich möglichst gefahrlos zwischen Brut- und Winterhabitaten bewegen können. Es ist anzunehmen, dass das NSG „Doggerbank" für die Brandseeschwalbe eine untergeordnete Rolle spielt. Für **Fluss- und Küstenseeschwalben** mag die Bedeutung des NSG „Doggerbank" vorsorgehalber als **mittel** eingestuft werden.

Die **Trottellumme** kommt in hohen Dichten im Gebiet vor, besonders im Winter und Frühjahr. Sie war nach allen hier ausgewerteten Erfassungsmethoden die häufigste Art im Gebiet. Im Winter halten sich dort bedeutende Anteile des deutschen Rastbestandes auf. Trottellummen zeigen deutliches Meideverhalten gegenüber OWP mit teilweise hohen Meideradien (Petersen et al. 2006, Lindeboom et al. 2011, Mendel et al. 2013, 2015, Webb et al. 2015, Vanermen et al. 2015, Vallejo et al. 2017, BioConsult SH et al. 2020, Peschko et al. 2020b, 2020a, 2024), sodass ungestörte Rast- und Nahrungsgebiete für diese Art besonders wichtig ist. Das NSG „Doggerbank" ist von **hoher** Bedeutung für die Trottellumme.

Der **Tordalk** kommt im NSG „Doggerbank" im Herbst, Winter und Frühjahr regelmäßig vor, mit den höchsten Dichten im Winter. Bei den vorliegenden Erfassungen wurden Tordalken regelmäßig

nachgewiesen, jedoch eher in geringen bis mittleren Dichten. Dies liegt jedoch daran, dass die Erfassungen hauptsächlich im Sommerhalbjahr stattfanden. Aufgrund von Literaturangaben muss von hohen Dichten im Winter ausgegangen werden. Der Tordalk zeigt Meidung gegenüber OWP und der Umgebung bis in einige Kilometer Entfernung (Petersen et al. 2006, Lindeboom et al. 2011, Mendel et al. 2013, Webb et al. 2015, Vanermen et al. 2015, BioConsult SH et al. 2020). Für diese Art muss demnach von einer **mittleren** Bedeutung des Gebietes ausgegangen werden.

Papageitaucher treten in der deutschen AWZ nur selten auf. Im NSG „Doggerbank“ gibt jedoch regelmäßige Vorkommen in geringen Dichten, mit den höchsten Anzahlen im Winter. Die vorkommenden Individuen entstammen vermutlich den britischen Brutpopulationen und das Gebiet des NSG „Doggerbank“ stellt den äußeren Rand ihres Verbreitungsgebietes dar. Damit stellen die dort vorkommenden Individuen zwar den Großteil des deutschen Vorkommens der Art, jedoch nur einen geringen Anteil der eigentlichen Population dar. Dennoch sind im NSG zeitweise auch mittlere Dichten an Papageitauchern zu erwarten. Das NSG „Doggerbank“ ist somit vorsorgehalber von **mittlerer** Bedeutung für die Art.

Nachweise relevanter **Krabbentaucher**-Vorkommen in der Literatur und den Erfassungen gibt es nur wenige im Gebiet des NSG „Doggerbank“, da das Gebiet im Winter nicht intensiv untersucht wurde. Berichte aus der britischen Seite der Doggerbank deuten jedoch darauf hin, dass Krabbentaucher im Gebiet im Winter auch in mittleren bis hohen Dichten vorkommen. Damit ist das NSG das einzige Gebiet in Deutschland, wo diese Art in nennenswerten Dichten vorkommt. Das NSG „Doggerbank“ wird somit vorsorgehalber als von **mittlerer** Bedeutung für die Art eingestuft.

Insgesamt gibt es einige Arten, für die das NSG „Doggerbank“ anhand der vorliegenden Daten von mittlerer Bedeutung ist und nach unserer Einschätzung auch vier Arten (Eissturmvogel, Basstölpel, Dreizehenmöwe, Trottellumme), für die das Gebiet eine hohe Bedeutung hat. Obwohl das Gebiet ein geringeres Artenspektrum aufweist als küstennäher gelegene Gebiete, sind typische Offshore-Arten auf Gebiete wie die Doggerbank spezialisiert und nutzen diese. Dierschke et al. (2024) beschrieben in einer Studie über die Sensitivität von Rastvögeln für die Doggerbank zwar insgesamt einen geringen Gebiets-Sensitivitäts-Index, jedoch wurde das Gebiet für die Gruppe der Oberflächenfresser (zu denen auch Eissturmvogel, Basstölpel und Dreizehenmöwe gehören) eine mittlere Sensitivität beschrieben. Wir würden für das Gebiet von einer mittleren Bedeutung für das Schutzgut Rastvögel ausgehen.

4.7.4 Auswirkungen von OWP

Die folgenden Wirkfaktoren (näheres dazu in BSH (2023c)) können sich beim Bau und Betrieb eines OWP signifikant auf Rastvögel auswirken):

Visuelle Unruhe

Während der Bauphase gehen vom Schiffsverkehr und der Bautätigkeit selbst optische Störreize in Form einer visuellen Unruhe aus, die für Rastvögel im Luftraum, aber auch für auf der Wasseroberfläche rastende Tiere, gut sichtbar sind.

Hindernisse und Sichtbarkeit im Luftraum

Die weithin sichtbaren Anlagen stellen für einige Vogelarten eine Störung des Rast- bzw. Nahrungshabitats dar. Teile des Rastbestandes störungsempfindlicher Arten werden den OWP und die Umgebung meiden, den Anlagen ausweichen bzw. sie großräumig umfliegen (Barriereeffekt), sodass der für sie nutzbare Raum verkleinert wird (Habitatverlust). Negative Auswirkungen sind Energieverluste, Schwächung der Kondition und die Einschränkung der Nahrungsverfügbarkeit durch Lebensraumverlust.

Durch das Vorhandensein der Anlagen, die Bewegung der sich drehenden Rotoren und die Veränderung des Windfeldes (Nachlaufströmungen) besteht die Gefahr des Vogelschlags an Hindernissen im Luftraum (Kollision).

Lichtimmission

Die Auswirkungen der Beleuchtung und Farbgebung sind bislang quantitativ und qualitativ nicht von den beiden obigen Punkten (Hindernis im Luftraum und Sichtbarkeit im Luftraum) zu trennen. Durch Beleuchtung und Farbgebung der Anlagen können die oben beschriebenen Effekte beeinflusst werden. Bei einem Scheucheffekt kann es zu Lebensraumverlust kommen, gleichzeitig sinkt aber das Kollisionsrisiko; bei einem Anlockeffekt steigt das Kollisionsrisiko und damit die Gefahr des Vogelschlages.

Nutzungseinschränkung

Für das Gebiet innerhalb von OWP in der Deutschen Bucht sowie innerhalb einer 500 m breiten Sicherheitszone ist ein Ausschluss der aktiven Fischerei vorgesehen. Dieses hat u. a. zur Folge, dass sich in den Windparkgebieten mit Ausnahme der zum Betrieb des OWP erforderlichen Fahrzeuge (Wartungsschiffe) der Schiffsverkehr deutlich verringert.

Windparkbezogener Schiffsverkehr

Der wartungsbezogene Schiffsverkehr und die damit verbundene Scheuchwirkung bzw. der Lebensraumverlust hängt direkt von der Frequenz des windparkassoziierten Schiffsverkehrs ab. Grundsätzlich reagieren Vögel unterschiedlich auf Schiffsverkehr.

Potenzielle Minderungsmaßnahmen

Minderungsmaßnahmen für Rastvögel haben einerseits zum Zweck, Kollisionen mit OWEA möglichst zu verhindern und zum zweiten, die Scheuchwirkung des OWP zu verringern, sodass der Habitatverlust insgesamt geringer wird.

Für Seevögel, die die OWP nicht meiden und in Rotorhöhe fliegen, besteht die Gefahr einer Kollision. Bisher gibt es wenige aussagekräftige Studien zu Minderungsmaßnahmen auf See (aber siehe z. B.: Martin 2022), jedoch besteht die Annahme, dass eine Kennzeichnung der Rotorblätter die frühzeitige Sichtbarkeit des OWP verbessern kann, wodurch sich die Kollisionsrate senken lässt. Zu-

nehmend werden auch Systeme getestet, die Vögel in einer definierten Gefahrenzone wahrnehmen und diese dann aktiv verscheuchen können (siehe z. B. Corbeau et al. 2021, Gradolewski et al. 2021). Die Sichtbarkeit zu erhöhen hat jedoch möglicherweise zur Folge, dass sich auch die Scheuchwirkung vergrößert.

Die Sichtbarkeit des OWP kann nachts durch eine bedarfsgerechte Befeuerung verringert werden, welche vornehmlich zum Schutz der Zugvögel eingerichtet wird (Wehkamp et al. 2021), sich aber auch positiv auf Rastvögel auswirken kann. Die Reduktion der Beleuchtung an OWEA kann die Scheuchwirkung für Rastvögel und damit den Habitatverlust reduzieren. Konkrete Belege dafür gibt es bislang jedoch nicht.

Für Rastvögel wird momentan angenommen, dass weniger und dafür größere Anlagen mit größeren Abständen eine geringere Scheuchwirkung haben als viele kleine Anlagen. Dies wurde in einigen Studien vorgeschlagen (Masden et al. 2012, Leopold et al. 2013, 2014 (Annex C)), konnte aber bisher erst für eine Art nachgewiesen werden (van Bemmelen et al. 2023). Es ist daher möglich, dass andere Arten auch anders reagieren.

4.7.5 Schutzgutbezogene Sensitivitätsanalyse

4.7.5.1 Bereiche mit Vorkommen gefährdeter oder seltener Arten

Geschützte Arten, wie Stern- und Prachttaucher, Fluss-, Küsten- und Brandseeschwalben sowie Zwergmöwe (siehe Tab. 8.3) wurden nur in geringen Anzahlen im NSG „Doggerbank“ nachgewiesen. Vögel, die das Gebiet auch als Durchzugsgebiet nutzen, wie die Seeschwalben und die Zwergmöwe, können jedoch zeitweilig dennoch in hohen Dichten im Gebiet vorkommen, da Zugbewegungen bei stichprobenhaften Erfassungen leicht verpasst werden können.

Arten mit einem hohen Gefährdungsgrad, wie die Dreizehenmöwe, der Eissturmvogel sowie der Papageitaucher (siehe Tab. 8.3), kamen teilweise in hohen Dichten vor.

4.7.5.2 Sensitivitätsanalyse

Die Bewertung der Empfindlichkeit (Sensitivität) beruht auf der Bedeutung des Gebietes für die Art, des Erhaltungszustands der Art, sowie der Empfindlichkeit der Art gegenüber den Störfaktoren, die durch den Bau und Betrieb von OWP einher gehen. Die Bewertungsaspekte sind „Bedeutung des NSG „Doggerbank“ für die Art“, „Schutzstatus der Art“, „Empfindlichkeit gegenüber Wirkfaktoren“ werden jeweils in hoch mittel gering eingeordnet. Anhand der Bewertungsmatrix in Tab. 4.3 wird je nach Ausprägung der Bewertungsaspekte die Sensitivität als hoch, mittel oder gering eingestuft. Die Bewertung der Ausprägung der einzelnen Bewertungsaspekte und die Gesamtbewertung der Sensitivität wird im Folgenden dargelegt.

Tab. 4.3 Bewertungsmatrix der Sensitivität.

Sensitivität	Bedeutung des NSG „Doggerbank“ für die Art	Schutzstatus der Art	Empfindlichkeit gegenüber Wirkfaktoren
hoch	hoch	hoch	hoch
	hoch	hoch	mittel
mittel	hoch	mittel	mittel
	hoch	mittel	gering
	mittel	mittel	mittel
	mittel	mittel	gering
gering	mittel	gering	gering
	gering	gering	gering

In Tab. 4.4 sind die im NSG „Doggerbank“ regelmäßig vorkommenden Rastvogelarten nach ihrem Schutzstatus (Tab. 8.3) sowie der Bedeutung des NSG „Doggerbank“ für die Population (Kapitel 5.7.3) aufgeteilt. Als Arten mit hohem Schutzstatus und hoher Bedeutung des Gebietes wurden die Arten Eisturmvogel, Dreizehenmöwe, Trottellumme und Tordalk identifiziert. Arten, die einen hohen Schutzstatus haben und für die das Gebiet eine mittlere Bedeutung hat, sind Zwergmöwe und Fluss-/Küstenseeschwalben. Eine Art, die von mittlerem Schutzstatus sind und für die das Gebiet eine hohe Bedeutung hat ist der Basstölpel. Arten, für die das Gebiet eine geringe Bedeutung haben, werden im Folgenden aus der Betrachtung ausgeschlossen, da nicht zu erwarten ist, dass sie in relevanten Anzahlen im Gebiet vorkommen bzw. da das Gebiet für die Art keine besondere funktionelle Bedeutung hat.

Tab. 4.4 Einordnung der Arten nach Schutzstatus und der Bedeutung des NSG „Doggerbank“.

		Schutzstatus*		
		hoch	mittel	gering
Bedeutung des NSG „Doggerbank“ für die Population	hoch	Eissturmvogel, Dreizehenmöwe, Trottellumme,	Basstölpel	
	mittel	Gelbschnabeltaucher, Zwergmöwe, Fluss-/Küstenseeschwalben, Tordalk, Papageitaucher		Krabbentaucher
	gering	Stern-/Prachttaucher, Brandseeschwalbe, Silbermöwe	Schmarotzerraubmöwe	Heringsmöwe, Mantelmöwe, Spatelraubmöwe, Skua

**Definition der Einteilung hoch: mind. 2 Einträge in Kategorien SPEC 1-3, Anhang I-Arten, IUCN EN Rote Liste D; mittel: 1 Eintrag in Kategorien; niedrig: kein Eintrag in Kategorien*

Für diese Arten ergibt sich unter Bezugnahme auf die verschiedenen Wirkfaktoren (siehe Kapitel 5.7.4) folgende Sensitivitäten:

Für **Gelbschnabeltaucher** gibt es zur Zeit noch keine konkreten Nachweise, wie sie auf die beschriebenen Wirkfaktoren reagieren. Da jedoch die nah verwandte Art Sterntaucher in diesem Bereich sehr gut untersucht wurde, wird hier angenommen, dass sich Gelbschnabeltaucher ähnlich verhalten. Sterntaucher sind als eine der empfindlichsten Arten gegenüber OWP bekannt und zeigen große Meideabstände (z. B. Petersen et al. 2014, Heinänen 2016, Garthe et al. 2018, 2023, Mendel et al. 2019, Heinänen et al. 2020, Vilela et al. 2021). Daher wird für den Gelbschnabeltaucher vorsorgehalber ein Meideradius von 10 km angenommen (Wirkfaktor „Sichtbarkeit im Luftraum“). Die meisten Flüge von Seetauchern finden unter Rotorhöhe statt (Furness et al. 2013) und da sie zusätzlich ein Meideverhalten gegenüber OWP zeigen, ist die Artgruppe nicht kollisionsgefährdet (Wirkfaktor „Hindernis im Luftraum“). Seetaucher sind sehr empfindlich gegenüber Schiffsverkehr und meiden Schiffe teilweise in sehr hohen Entfernungen (> 1 km) (Bellebaum et al. 2006, Schwemmer et al. 2011), sodass sich Baubetrieb und Serviceverkehr negativ auf die Artengruppe Seetaucher auswirken können (Wirkfaktoren „visuelle Unruhe“ und „wartungsbezogener Schiffsverkehr“). Seetaucher zeigen nur geringe Nachtaktivität (Garthe & Hüppop 2004, Furness et al. 2013), dennoch kann der Wirkfaktor „Lichtimmissionen“ aufgrund der generellen Meidung von OWP eine Störung durch die Beleuchtung (=erhöhte Sichtbarkeit des OWP) und damit einhergehend Habitatverlust auslösen. Einschätzungen zur Empfindlichkeit für Gelbschnabeltaucher aus einer britischen Studie im Bereich der Doggerbank (Forewind 2014) bewerteten die Empfindlichkeit der Art als hoch. Aufgrund der Unsicherheiten bezüglich des Meideverhaltens und der Gefahr, die Meidung zu unterschätzen, würden wir vorsorgehalber von einer hohen Empfindlichkeit für Gelbschnabeltaucher ausgehen.

Eissturmvögel zeigen eine Meidung gegenüber OWP (Wirkfaktor „Sichtbarkeit im Luftraum“), jedoch wird bisher von einer vergleichsweise geringen Meidung gegenüber OWP ausgegangen (Garthe & Hüppop 2004, Furness et al. 2013, Leopold et al. 2013, Dierschke et al. 2016). Die Ergbnisse der meisten Studien sind jedoch aufgrund geringer Stichprobengrößen oft wenig belastbar, sodass der Art kein genauer Meideradius zugeordnet werden kann. Da die Art Meidung zeigt, jedoch das Meideverhalten nicht so stark ausgeprägt zu sein scheint, wie bei empfindlichen Arten, wird für den Eissturmvogel der eher geringe Meideradius von 2 km angenommen. Da Eissturmvögel i. d. R. sehr tief über dem Wasser fliegen (1 % auf Höhe der Rotoren gemäß Furness et al. 2013) und zudem vermutlich ein Meideverhalten gegenüber OWP zeigen, sind Kollisionen dieser Art mit Windenergieanlagen nicht als Faktor relevant (Wirkfaktor „Hindernis im Luftraum“). Eissturmvögel zeigen gegenüber Schiffsverkehr nur eine geringe Sensitivität (geringste Sensitivitätsstufe für ‘Disturbance by ship and helicopter traffic’ gemäß Garthe & Hüppop 2004), sodass sowohl die visuelle Unruhe durch den Baubetrieb als auch der Wirkfaktor „wartungsbezogener Schiffsverkehr“ zu keinen negativen Auswirkungen führen werden. Wirkfaktor „Lichtimmissionen“ könnten für diese Art eine Rolle spielen, da Eissturmvögel eine hohe nächtliche Aktivität aufweisen (höchste Aktivitätsstufe für ‘Nocturnal flight activity’ gemäß Garthe & Hüppop 2004). In Dierschke et al. (2024) wurde dem Eissturmvogel ein geringer Sensitivitätsindex (SSI=12) zugeordnet. Einschätzungen zur Empfindlichkeit für Eissturmvögel aus einer britischen Studie im Bereich der Doggerbank (Forewind 2014) kam zu dem Schluss, dass die Art eine sehr geringe Empfindlichkeit hat. Aufgrund der Unsicherheiten bezüglich des Meideverhaltens und der Gefahr, die Meidung zu unterschätzen, gehen wir von einer geringen Empfindlichkeit für Eissturmvögel aus.

Für **Basstölpel** zeigen die meisten Studien ein Meideverhalten bis in wenige Kilometer um OWP (Petersen et al. 2006, BioConsult SH et al. 2008, 2020, Krijgsveld et al. 2011, Leopold et al. 2011, 2013, Lindeboom et al. 2011, Webb et al. 2015, Mendel et al. 2015). Studien an markierten Individuen zeigten, dass Basstölpel generell seltener in OWP hinein fliegen, aber auch keinen großen Abstand hielten (Garthe et al. 2017a, 2017b). Jedoch war das Verhalten individuell sehr unterschiedlich: einige Vögel besuchten die OWP-Fläche nie oder nur einmal, andere flogen gelegentlich in OWP hinein und ein einzelnes Individuen nutzte die OWP-Flächen häufig (Garthe et al. 2017b). Basierend auf diesen Studien wird für Basstölpel ein Meideradius von 2 km um die OWP angenommen (Wirkfaktor „Sichtbarkeit im Luftraum"). Da Basstölpel häufiger auch in Rotorhöhe fliegen und nicht sehr wendig im Flugverhalten sind, besteht für die Art eine Kollisionsgefahr (Furness et al. 2013), welche jedoch durch das generelle Meideverhalten mitigiert wird (Wirkfaktor „Hindernis im Luftraum"). Gegenüber Schiffsverkehr (Wirkfaktor „Wartungsbezogener Schiffsverkehr") sind Basstölpel nicht sehr empfindlich (Garthe & Hüppop 2004). Die nächtliche Aktivität ist für diese Art eher gering (Garthe & Hüppop 2004), daher werden Lichtimmissionen eine eher geringe Rolle spielen (Wirkfaktor „Lichtimmission"). In Dierschke et al. (2024) wurde dem Basstölpel ein geringer Sensitivitätsindex (SSI=9) zugeordnet. Eine britische Studie im Bereich der Doggerbank (Forewind 2014) kam zu dem Schluss, dass Basstölpel eine sehr geringe Empfindlichkeit aufweisen. Aufgrund des dokumentierten Meideverhaltens und Möglichkeit, dass die Meidung unterschätzt wurde, und der möglichen Kollisionsgefahr aufgrund der artspezifischen Flughöhen auf Rotorebene gehen wir jedoch vorsorgehalber von einer mittleren Empfindlichkeit für Basstölpel aus.

Die **Zwergmöwe** weicht OWP aus, scheint aber keinen großen Meideradius einzuhalten (Leopold et al. 2013, IfAÖ & BioConsult SH 2014, BioConsult SH et al. 2020). Die Zwergmöwe ist zwar kein typischer Schiffsfolger, sucht jedoch Nahrung auch im Schraubenwasser von Schiffen (Mendel et al. 2008). Basierend auf diesen Studien wird für Zwergmöwen ein Meideradius von 2 km um die OWP angenommen (Wirkfaktor „Sichtbarkeit im Luftraum"). Die Zwergmöwe sind sehr wendig im Flug und fliegen meist in geringen Höhen (Garthe & Hüppop 2004), jedoch können sie als Zugvögel möglicherweise überraschend auf den OWP treffen und daher von Kollision betroffen sein (Wirkfaktor „Hindernis im Luftraum). Sie sind gegenüber Störung durch Schiffsverkehr (Wirkfaktor „Wartungsbezogener Schiffsverkehr") nicht empfindlich (Garthe & Hüppop 2004). Die nächtliche Aktivität ist für diese Art ebenfalls eher gering (Garthe & Hüppop 2004), entsprechend ist die Störung durch Lichtimmissionen (Wirkfaktor „Lichtimmissionen") für diese Art vermutlich gering. In Dierschke et al. (2024) wurde der Zwergmöwe ein mittlerer Sensitivitätsindex (SSI=20,3) zugeordnet. In Forewind (2014) wurde die Art nicht bewertet. Für die Zwergmöwe wird von einer geringen Empfindlichkeit gegenüber OWP ausgegangen.

Für die **Dreizehenmöwe** wurde lange angenommen, dass sie wie andere Möwen eine geringe Meidung gegenüber OWP oder sogar eine Attraktion zeigt (Christensen et al. 2003, z. B. Blew et al. 2008, Gill et al. 2008, Leopold et al. 2013, IfAÖ & BioConsult SH 2014, Dierschke et al. 2016, BioConsult SH et al. 2020). Andere Studien deuten jedoch an, dass die Meidung für diese Art möglicherweise bislang unterschätzt wurde (Peschko et al. 2020a). Aufgrund dieser Unsicherheit wird für Dreizehenmöwen vorsorgehalber ein Meideradius von 2 km um OWP angenommen (Wirkfaktor „Sichtbarkeit im Luftraum"). Dreizehenmöwen sind sehr wendige Flieger jedoch halten sie sich nicht selten in Rotorhöhe auf, sodass das Risiko einer Kollision (Wirkfaktor „Hindernis im Luftraum) für

diese Art erhöht ist (Furness et al. 2013). Neuere Studien weisen für die Dreizehenmöwe (und für Silber- und Mantelmöwe, sowie für Basstölpel) artspezifisches und sehr effektives Ausweichverhalten nach (Tjornlov et al. 2023). Innerhalb einer 2-jährigen Studie wurden mittels verschiedenster technischer Methoden in einem britischen OWP keine Kollisionen festgestellt. Die nächtliche Aktivität der Art ist eher hoch, sodass durch die Beleuchtung der OWP (Wirkfaktor „Lichtimmissionen“) möglicherweise eine Störung oder Attraktion ausgehen kann (Garthe & Hüppop 2004). Dreizehenmöwen sind typische Schiffsfolger (Mendel et al. 2008) und zeigen eine geringe Empfindlichkeit gegenüber Schiffs- und Helikopterverkehr (Garthe & Hüppop 2004), daher ist durch den Wirkfaktor „Wartungsbezogener Schiffsverkehr“ kein starker Effekt auf die Dreizehenmöwe zu erwarten. In Dierschke et al. (2024) wurde der Dreizehenmöwe ein mittlerer Sensitivitätsindex (SSI=20) zugeordnet. Eine britische Studie im Bereich der Doggerbank (Forewind 2014) bewertete die Empfindlichkeit der Dreizehenmöwe als gering. Auch wir gehen für die Art von einer geringen Empfindlichkeit aus.

Fluss- und Küstenseeschwalben weichen OWP aus, scheinen aber keinen großen Meideradius einzuhalten (Christensen et al. 2003, Petersen et al. 2006, Leopold et al. 2013, IfAÖ & BioConsult SH 2014, Vanermen et al. 2015, BioConsult SH et al. 2020). Basierend auf diesen Studien wird für Fluss-/Küstenseeschwalben ein Meideradius von 2 km um die OWP angenommen (Wirkfaktor „Sichtbarkeit im Luftraum“). Seeschwalben sind sehr wendig im Flug und halten sich eher selten in Rotorhöhe auf, jedoch verbringen sie sehr viel Zeit im Flug, sodass das Risiko einer Kollision (Wirkfaktor „Hindernis im Luftraum) für diese Art mittel ist (Furness et al. 2013). Die nächtliche Aktivität dieser Arten ist sehr gering (Garthe & Hüppop 2004), entsprechend ist die Störung durch Lichtimmissionen (Wirkfaktor „Lichtimmissionen“) für diese Art vermutlich gering. Fluss-/Küstenseeschwalben sind gegenüber Störung durch Schiffsverkehr (Wirkfaktor „Wartungsbezogener Schiffsverkehr“) nicht empfindlich (Garthe & Hüppop 2004). In Dierschke et al. (2024) wurde der Fluss- bzw. der Küstenseeschwalbe jeweils ein geringer Sensitivitätsindex (SSI=8,3 bzw. 7,5) zugeordnet. Fluss- und Küstenseeschwalben wurden in Forewind (2014) nicht bewertet. Für die Fluss-/Küstenseeschwalbe wird von einer geringen Empfindlichkeit gegenüber OWP ausgegangen.

Die **Trottellumme** zeigt ein ausgeprägtes Meideverhalten, welches in vielen Studien dokumentiert ist. Die Meideabstände schwanken in den meisten Studien zwischen 2 km und 6 km (Petersen et al. 2006, Mendel et al. 2013, 2015, Webb et al. 2015, Vanermen et al. 2015, BioConsult SH et al. 2020). Nur wenige Studien zeigten ein geringeres oder kein Meideverhalten (Lindeboom et al. 2011, Vallejo et al. 2017, Trinder et al. 2024). Andere Studien deuten jedoch einen deutlich weiterreichenden Meideeffekt von 9 km bzw. 19 km an (Peschko et al. 2020a, 2024). Mercker et al. (2024) zeigten anhand von Modellierungen, dass es aufgrund von Meideverhalten mit zunehmendem Ausbau der Windkraft in der Nordsee zu einem deutlichen Habitatverlust für die Trottellumme kommen kann. Aufgrund der Unsicherheiten in den Literaturwerten wird für die Trottellumme vorsorgehalber ein Meideradius von 10 km angenommen (Wirkfaktor „Sichtbarkeit im Luftraum“). Trottellummen sind nicht sehr beweglich im Flug, jedoch schwimmen sie die meiste Zeit auf dem Wasser und wenn sie fliegen, dann in sehr geringer Höhe (Garthe & Hüppop 2004), sodass das Risiko einer Kollision (Wirkfaktor „Hindernis im Luftraum) für diese Art sehr gering ist (Furness et al. 2013). Trottellummen sind nachts nicht sehr aktiv (Garthe & Hüppop 2004), da sie jedoch mit deutlicher Meidung auf OWP

reagieren, ist eine Störung durch die Beleuchtung (=erhöhte Sichtbarkeit des OWP) und ein einhergehender Habitatverlust für diese Art möglich (Wirkfaktor „Lichtimmissionen“). Gegenüber Schiffsverkehr (Wirkfaktor „Wartungsbezogener Schiffsverkehr“) sind Trottellummen tendenziell empfindlich (Garthe & Hüppop 2004). In Dierschke et al. (2024) wurde der Trottellumme ein hoher Sensitivitätsindex (SSI=36) zugeordnet. Eine britische Studie der Doggerbank (Forewind 2014) bewertete die Empfindlichkeit der Trottellumme als mittel. Aufgrund der hohen Empfindlichkeit gegenüber OWP wird hier für die Trottellumme eine hohe Empfindlichkeit angenommen.

Der **Tordalk** verhält sich ähnlich wie die Trottellumme und wird daher in Studien oft mit der häufiger vorkommenden Trottellumme zusammengefasst. Das Meideverhalten wird demnach ebenfalls dem der Trottellumme ähnlich beschrieben, mit Meideradien zwischen 2 km und 6 km (Petersen et al. 2006, Mendel et al. 2013, 2015, Webb et al. 2015, Vanermen et al. 2015, BioConsult SH et al. 2020). Nur wenige Studien zeigten ein geringeres oder kein Meideverhalten (Lindeboom et al. 2011, Vallejo et al. 2017, Trinder et al. 2024). Der Verdacht auf einen deutlich weiterreichenden Meideeffekt besteht für den Tordalken bisher jedoch nicht (Garthe et al. 2022). Für den Tordalken wird vorsorgehalber ein Meideradius von 10 km angenommen (Wirkfaktor „Sichtbarkeit im Luftraum“). Auch Tordalken sind nicht sehr beweglich im Flug, schwimmen jedoch meiste Zeit oder fliegen in sehr geringer Höhe (Garthe & Hüppop 2004), sodass das Risiko einer Kollision (Wirkfaktor „Hindernis im Luftraum) für diese Art sehr gering ist (Furness et al. 2013). Tordalken zeigen geringe Nachtaktivität (Garthe & Hüppop 2004), da sie jedoch mit deutlicher Meidung auf OWP reagieren, ist wie bei der Trottellumme eine Störung durch die Beleuchtung (=erhöhte Sichtbarkeit des OWP) und ein einhergehender Habitatverlust für diese Art möglich (Wirkfaktor „Lichtimmissionen“). Gegenüber Schiffsverkehr (Wirkfaktor „Wartungsbezogener Schiffsverkehr“) sind Tordalken ebenfalls eher empfindlich (Garthe & Hüppop 2004). In Dierschke et al. (2024) wurde dem Tordalken ein mittlerer Sensitivitätsindex (SSI=21) zugeordnet. Eine britische Studie der Doggerbank (Forewind 2014) bewertete die Empfindlichkeit der Trottellumme ebenfalls als mittel. Aufgrund der Empfindlichkeit gegenüber OWP wird hier jedoch für den Tordalk vorsorgehalber von einer hohen Empfindlichkeit ausgegangen.

Für den **Papageitaucher** und **Krabbentaucher** gibt es bisher noch wenig einschlägige Studien zu Meidung an OWP oder Empfindlichkeiten gegenüber Störung an Schiffen. Trinder et al. (2024) berichten für den Papageitaucher keine Meidung an OWP, jedoch zeigte diese Studie auch für Trottellummen und Tordalken keine Meidung, was dem Großteil der Literatur entgegen steht. Der Papageitaucher ist eine Art, die im Falle von Meidung mit deutlich erhöhten energetischen Kosten bei der Nahrungssuche zu erwarten haben (Masden et al. 2010). Da Papageitaucher und Krabbentaucher nah verwandt mit Trottellumme und Tordalk sind, die beide ein ausgeprägtes Meideverhalten zeigen, wird für diese Arten aufgrund der unzureichenden Datenlage vorsorgehalber ein Meideradius von 10 km angenommen (Wirkfaktor „Sichtbarkeit im Luftraum“). Papageitaucher und Krabbentaucher sind nicht sehr agil, fliegen aber generell nicht in Rotorhöhe und sind daher nicht stark kollisionsgefährdet (Wirkfaktor „Hindernis im Luftraum) (Furness et al. 2013). Papageitaucher und Krabbentaucher zeigen geringe Nachtaktivität (Furness et al. 2013), jedoch ist wie bei der Trottellumme eine Störung durch die Beleuchtung (=erhöhte Sichtbarkeit des OWP) und ein einhergehender Habitatverlust für diese Art möglich (Wirkfaktor „Lichtimmissionen“). Gegenüber Schiffsverkehr (Wirkfaktor „Wartungsbezogener Schiffsverkehr“) sind Papageitaucher (Garthe & Hüppop 2004)

und Krabbentaucher wohl moderat empfindlich (Furness et al. 2013). In Dierschke et al. (2024) wurde dem Papageitaucher ein geringer Sensitivitätsindex (SSI=11,3) zugeordnet. Krabbentaucher wurden nicht bewertet. Forewind (2014) bewerteten die Empfindlichkeit des Papageitauchers als sehr gering, die des Krabbentauchers als gering. Da Papageitaucher und Krabbentaucher nah verwandt mit Trottellumme und Tordalk sind, die beide ein ausgeprägtes Meideverhalten und eine hohe Empfindlichkeit zeigen, wird für diese Arten aufgrund der unzureichenden Datenlage jedoch vorsorgehalber eine hohe Empfindlichkeit angenommen.

Ergebnis der Sensitivitätsanalyse

Die Sensitivität wird im Folgenden entsprechend der Bewertungsmatrix in Tab. 4.3 als hoch, mittel oder gering eingestuft.

Für den **Eissturmvogel** ergibt sich eine mittlere „Bedeutung des NSG „Doggerbank“ für die Art, ein hoher „Schutzstatus der Art“ und eine geringe „Empfindlichkeit gegenüber Wirkfaktoren“. Damit ist die Empfindlichkeit insgesamt mittel.

Für den **Eissturmvogel** ergibt sich eine hohe „Bedeutung des NSG „Doggerbank“ für die Art“, ein hoher „Schutzstatus der Art“ und eine mittlere „Empfindlichkeit gegenüber Wirkfaktoren“. Damit ist die Empfindlichkeit insgesamt hoch.

Für den **Basstölpel** ergibt sich eine hohe „Bedeutung des NSG „Doggerbank“ für die Art“, ein mittlerer „Schutzstatus der Art“ und eine mittlere „Empfindlichkeit gegenüber Wirkfaktoren“. Damit ist die Empfindlichkeit insgesamt mittel.

Für die **Zwergmöwe** ergibt sich eine mittlere „Bedeutung des NSG „Doggerbank“ für die Art“, ein hoher „Schutzstatus der Art“ und eine geringe „Empfindlichkeit gegenüber Wirkfaktoren“. Damit ist die Empfindlichkeit insgesamt mittel.

Für die **Dreizehenmöwe** ergibt sich eine hohe „Bedeutung des NSG „Doggerbank“ für die Art“, ein hoher „Schutzstatus der Art“ und eine geringe „Empfindlichkeit gegenüber OWP“. Damit ist die Empfindlichkeit insgesamt hoch.

Für die **Fluss-/Küstenseeschwalbe** ergibt sich eine mittlere „Bedeutung des NSG „Doggerbank“ für die Art“, ein hoher „Schutzstatus der Art“ und eine geringe „Empfindlichkeit gegenüber Wirkfaktoren“. Damit ist die Empfindlichkeit insgesamt mittel.

Für die **Trottellumme** ergibt sich eine hohe „Bedeutung des NSG „Doggerbank“ für die Art“, ein hoher „Schutzstatus der Art“ und eine hohe „Empfindlichkeit gegenüber Wirkfaktoren“. Damit ist die Empfindlichkeit insgesamt hoch.

Für den **Tordalk** ergibt sich eine mittlere „Bedeutung des NSG „Doggerbank“ für die Art“, ein hoher „Schutzstatus der Art“ und eine hohe „Empfindlichkeit gegenüber Wirkfaktoren“. Damit ist die Empfindlichkeit insgesamt hoch.

Für den **Papageitaucher** ergibt sich eine mittlere „Bedeutung des NSG „Doggerbank“ für die Art“, ein hoher „Schutzstatus der Art“ und eine hohe „Empfindlichkeit gegenüber Wirkfaktoren“. Damit ist die Empfindlichkeit insgesamt hoch.

Für den **Krabbentaucher** ergibt sich eine mittlere „Bedeutung des NSG „Doggerbank“ für die Art“, ein geringer „Schutzstatus der Art“ und eine hohe „Empfindlichkeit gegenüber Wirkfaktoren“. Damit ist die Empfindlichkeit insgesamt hoch.

Die Tab. 4.5 enthält eine Zusammenfassung der Ergebnisse der Sensititivätsanalyse.

Tab. 4.5 Ergebnis der Sensitivitätsanalyse für relevante Arten im NSG „Doggerbank“.

Art	Empfindlichkeit		
	hoch	mittel	gering
Gelbschnabeltaucher	X		
Eissturmvogel		X	
Basstölpel		X	
Zwergmöwe		X	
Dreizehenmöwe	X		
Fluss-/Küstenseeschwalbe		X	
Trottellumme	X		
Tordalk	X		
Papageitaucher	X		
Krabbentaucher		X	

4.7.5.3 Sensible Räume für Rastvögel im NSG „Doggerbank“

Generell zeigte sich bei den meisten vorkommenden Rastvogelarten im NSG „Doggerbank“ eine relativ weiträumige Verteilung im Gebiet. Da Rastvögel generell mobil und Erfassungen zeitlich begrenzt sind, ist es schwierig, besonders sensible Räume festzulegen. Für einige Arten zeigten sich jedoch besonders im Süden des NSG „Doggerbank“ teilweise erhöhte Dichten. Diese Einschätzung beruht jedoch auf einem eingeschränkten Datensatz, sodass die Verteilung basierend auf diesen Daten nur unter Vorbehalt bewertet werden kann.

Die Verteilung des Gelbschnabeltauchers im Gebiet ist nicht bekannt. Der Gelbschnabeltaucher hat eine hohe Empfindlichkeit gegenüber dem Betrieb von OWP im Gebiet NSG „Doggerbank“.

Der Eissturmvogel kam im gesamten Gebiet des NSG „Doggerbank“ vor, zeigte jedoch sowohl bei den Flugtransekt-Erfassungen sowie den Schiffstransekt-Erfassungen eine leichte Konzentration im Süden des NSG sowie südlich davon und im Osten in der dänischen AWZ (siehe Abb. 8.32). Der

Eissturmvogel hat eine mittlere Empfindlichkeit gegenüber dem Betrieb von OWP im Gebiet NSG „Doggerbank“.

Basstölpel kommen im gesamten Gebiet vor. Spezifische sensible Räume können nicht abgeleitet werden. Der Basstölpel hat eine mittlere Empfindlichkeit gegenüber dem Betrieb von OWP im Gebiet NSG „Doggerbank“.

Die *Larus*-Möwen, wie Heringsmöwe und Mantelmöwe kamen eher in den Randbereichen des NSG vor, vor allem am südlichen und östlichen Rand. *Larus*-Möwen haben eine geringe Empfindlichkeit gegenüber dem Betrieb von OWP im Gebiet NSG „Doggerbank“.

Die Dreizehenmöwe nutzt das gesamte Gebiet, zeigte jedoch im Sommer bei Flugtransekt-Erfassungen Konzentrationen an den nördlichen Rändern, am südlichen Rand sowie über das NSG hinaus im Osten in der dänischen AWZ. Die Dreizehenmöwe hat eine hohe Empfindlichkeit gegenüber dem Betrieb von OWP im Gebiet NSG „Doggerbank“.

Fluss- und Küstenseeschwalben zeigten eine großflächige Verteilung, jedoch im Herbst besonders hohe Dichten in der südlichen Ecke des NSG. Fluss- und Küstenseeschwalben hat eine mittlere Empfindlichkeit gegenüber dem Betrieb von OWP im Gebiet NSG „Doggerbank“.

Die Trottellumme nutzt das gesamte Gebiet des NSG „Doggerbank“, leichte saisonale Schwerpunkte zeigten sich im nördlichen Bereich des NSG sowie am südlichen Rand. Die Trottellumme hat eine hohe Empfindlichkeit gegenüber dem Betrieb von OWP im Gebiet NSG „Doggerbank“.

Der Tordalk zeigte keinen spezifischen Verbreitungsschwerpunkt. Der Tordalk hat eine hohe Empfindlichkeit gegenüber dem Betrieb von OWP im Gebiet NSG „Doggerbank“.

Der Papageitaucher kam fast flächendeckend vor, ohne besonderen Verbreitungsschwerpunkt. Der Papageitaucher hat eine hohe Empfindlichkeit gegenüber dem Betrieb von OWP im Gebiet NSG „Doggerbank“.

Die Verteilung des Krabbentauchers im Gebiet ist nicht bekannt. Der Krabbentaucher hat eine mittlere Empfindlichkeit gegenüber dem Betrieb von OWP im Gebiet NSG „Doggerbank“.

4.7.6 Relevante Vorbelastungen

Vorbelastungen bestehen für Rastvögel durch Schiffsverkehr, Fischerei, Verschmutzung (z. B. Plastikmüll etc.) sowie der zunehmende Ausbau an OWP. Die Belastung durch Fischerei und Schiffsverkehr ist im Gebiet bereits relativ hoch (siehe Kapitel 5.3). Im direkten Umfeld des NSG „Doggerbank“ ist laut Flächenentwicklungsplan (BSH 2024) direkt nordwestlich an das NSG angrenzend im Gebiet N-19 eine Nutzung für die Windkraft vorgesehen. Direkt südöstlich an das NSG angrenzend sind die Fläche N-17b und weitere südlich gelegenen Flächen als „Mögliches Erweiterungsgebiet“ gekennzeichnet. Von den Flächen N-19 und N-17b würde im Fall der Umsetzung ein Teil des NSG „Doggerbank“ für Rastvögel durch Meideradien direkt vorbelastet sein. Auf deutscher Seite bestehen im nordwestlichen Bereich der deutschen AWZ bisher keine OWP, jedoch sind westlich und östlich des

Verkehrstrennungsgebietes SN10 auf der gesamten Breite der deutschen AWZ-Gebiete für die Windkraftnutzung vorgesehen. Sollten diese umgesetzt werden, können sie eine Vorbelastung für Rastvögel im Gebiet NSG „Doggerbank“ darstellen. Auf niederländischer und dänischer Seite sind bisher im Gebiet angrenzend an die Doggerbank oder im direkten Umfeld keine OWP geplant. Jedoch sind, wie auch in der deutschen AWZ, nordwestlich des Verkehrstrennungsgebietes SN10 große Gebiete für die Windkraftnutzung vorgesehen. Zusammen mit den auf deutscher Seite vorgesehenen Gebieten, könnten diese OWP (sollten sie alle umgesetzt werden) für Arten, die ein Meideverhalten zeigen, die Konnektivität des Lebensraums zwischen den küstennahen Gebieten der deutschen AWZ und der nördlich bzw. nordwestlich gelegenen Nordsee einschränken. Auf britischer Seite ist der OWP „Doggerbank C“ in der Planungsphase in ca. 70 km Entfernung. In größerer Entfernung auf britischer Seite entstehen momentan die OWP „Doggerbank A“, „Doggerbank B“ und „Sofia“.

4.7.7 Überlegungen zur Tragfähigkeit

Zurzeit ist der Bestand der Rastvögel im Gebiet NSG „Doggerbank“ bedingt natürlich. Geringe menschliche Auswirkungen auf den Rastbestand einiger Arten entsteht durch die zwei Schifffahrtsrouten im Gebiet sowie die Fischerei, die teilweise Schiffsfolger wie die *Larus*-Möwen, die sich sonst eher küstennah auftreten, in das Gebiet locken aber auch die Verteilung von Seevogelarten wie Eissturmvogel oder Dreizehenmöwe beeinflussen können. Da die zum NSG „Doggerbank“ am nächsten gelegenen OWP, die sich aktuell im Bau befinden mehr als 70 km entfernt sind, liegt aktuell keine Beeinflussung der Rastvogelgemeinschaft im NSG durch Offshorewindenergie vor.

Das Errichten eines OWP im Bereich des NSG „Doggerbank“ wird zu einer Änderung in der Verteilung der Rastvogelarten führen. Eine ausführliche Beschreibung der Wirkfaktoren und deren Auswirkungen auf das Schutzgut Rastvögel erfolgt in den Kapiteln 5.7.4 und 5.7.5. Besonders für die störungsempfindlichen Arten, wie die Trottellumme (siehe Kapitel 5.7.5), wird es für einen Teil der Individuen zu einem Habitatverlust kommen. Dieser wird über die Grenzen des OWP hinausgehen und bis zu einer artspezifischen Distanz zu einer geringeren Nutzung des Gebietes führen. Hierbei ist zu bedenken, dass der Norden und Süden des Gebietes ggf. bereits durch die Meidereaktion der Vögel auf die OWP auf den Flächen N-19 und N-17b beeinträchtigt sein wird, falls diese errichtet werden. In Kapitel 5.7.5 ist beschrieben, welche Arten im Gebiet besonders hohe Sensitivität zeigen.

Für die Arten Gelbschnabeltaucher, Trottellumme, Tordalk, Papageitaucher und Krabbentaucher muss aufgrund von starker Meidung von einem deutlichen Habitatverlust zumindest für einen Teil der Individuen ausgegangen werden. Je nachdem, wo und wie weiträumig die OWEA aufgestellt werden, wird ein unterschiedlich großer Anteil des NSG betroffen sein (siehe Kapitel 6). Da die Arten Gelbschnabeltaucher, Papageitaucher und Krabbentaucher in der deutschen AWZ der Nordsee fast ausschließlich im Bereich der Doggerbank bzw. dem Entenschnabel vorkommen, kommt der dortigen Population eine besondere nationale Bedeutung zu, auch wenn bezogen auf die Gesamtpopulation nur ein geringer Anteil im NSG „Doggerbank“ vorkommen. Ein Ausbau von OWP im Bereich des NSG bzw. N-19 und N.17 könnte somit zu einer Reduktion der nationalen Rastbestände

dieser Arten führen. Auch für die Trottellumme und den Tordalk würde sich der Rastbestand aufgrund des Ausbaus, je nach Fläche des OWP und Stärke der Vertreibungswirkung, in diesem Gebiet voraussichtlich verringern. Wenn der Ausbau im NSG „Doggerbank“ in Verbindung mit den zusätzlichen Ausbauplänen für die AWZ der deutschen Nordsee betrachtet wird, werden die unbeeinträchtigten Gebiete für diese Rastvogelarten deutlich reduziert. Mit zunehmender Abnahme ungestörter Ausweichflächen ist nicht auszuschließen, dass es für diese Arten zu einem Rückgang in der Rastpopulation insgesamt kommen. Die im FEP 2023 (BSH 2023c) festgelegten Vorhaben N-9 bis N-13 sowie Vorhaben in angrenzenden niederländischen und dänischen Gewässern bilden nach Fertigstellung eine durchgehende Front, die sich in Richtung Südwest nach Nordost erstreckt. Dies schränkt die Konnektivität der Lebensräume der deutschen AWZ der Nordsee und der angrenzenden Länder in einem Bereich ein, wo Trottellumme und Tordalk im Herbst aus den britischen Brutgebieten in die deutsche AWZ einwandern. Um in ihre angestammten Rasthabitate in der südlichen deutschen AWZ zu gelangen, müssten diese Arten große Strecken durch mit OWP bebauten Flächen durchstreifen. Aufgrund des bekannten Meideverhaltens dieser Arten ist es unklar, wie die Individuen darauf reagieren.

Für die Arten Eissturmvogel, Basstölpel, Zwergmöwe, Dreizehenmöwe und Fluss-/Küstenseeschwalbe, für die ein Meideradius von ca. 2 km angenommen wurde, muss ein moderater Habitatverlust für zumindest einen Teil der Individuen innerhalb des OWP und bis in 2 km angenommen werden. Auch hier kann, je nach Größe der betroffenen Fläche, ein großer Teil des NSG „Doggerbank“ als Habitat beeinträchtigt werden.

Eine Überschreitung der Tragfähigkeit für den Ausbau der Windkraft im Gebiet ist dann anzunehmen, wenn die Dichten der im Gebiet vorkommenden Arten sich aufgrund der OWP deutlich verringern.

4.8 Schutzgut Zugvögel

4.8.1 Datengrundlage

Für eine umfangreiche Darstellung der verwendeten Datengrundlage wird auf Kapitel A.1.5.1 im Anhang verwiesen.

4.8.2 Bestandsbeschreibung und Bewertung der Datengrundlage

Eine umfangreiche Bestandsbeschreibung und Bewertung der Datengrundlage ist den Kapiteln A.1.5.2 sowie A.1.5.3 im Anhang zu entnehmen.

4.8.3 Bedeutung des NSG „Doggerbank“ für das Schutzgut Zugvögel

Für den ungehinderten Durchzug der Zugvögel dürfte das NSG „Doggerbank“ eine sehr ähnliche Bedeutung haben, wie andere Meeresgebiete in der zentralen Nordsee, wobei sich die Populationen an die kumulierenden Hindernisse noch im Laufe ihrer Evolution anpassen müssen.

4.8.4 Auswirkungen von OWP

In Tabelle 5.1 wurden insgesamt 14 Wirkfaktoren identifiziert, die in unterschiedlichem Maße verschiedene Schutzgüter beeinträchtigen. Zugvögel werden bekanntermaßen von mindestens zwei dieser Wirkfaktoren maßgeblich beeinflusst: Lichtimmissionen sowie Hindernisse und Sichtbarkeit im Luftraum, wie im Folgenden dargelegt wird. Sedimentaufwirbelungen und – umlagerungen, Schallemissionen, Visuelle Unruhe, Flächeninanspruchnahme, Einbringung von Hartsubstrat, Hindernisse im Wasserkörper, Nutzungseinschränkung, Stoffeinträge im Wasser, Elektromagnetische Felder, Wärmeemissionen und windparkbezogener Schiffsverkehr wirken höchstens indirekt auf Zugvögel.

Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf das Schutzgut Zugvögel sind einerseits als optisch wahrnehmbare Barrieren für Tagzieher, die sie zu energetisch negativen (d. h., Energie verbrauchenden) Ausweichbewegungen veranlassen (siehe Abb. 4.17), und andererseits als erhöhtes Mortalitätsrisiko durch Vogelschlag unter schlechten Witterungsbedingungen für Nachtzieher zu erwarten (Hill et al. 2014, Bernotat & Dierschke 2021). Welcker & Nehls (2016) konnten z. B. für mehrere tagziehende Möwen- und Seeschwalbenarten signifikantes Ausweichverhalten um einen OWP herum dokumentieren. Modellierungen von Barriere-Effekten durch Speakman et al. (2009) deuten für große, tagziehende Vogelarten darauf hin, dass das einmalige Vermeiden (z. B. durch Umfliegen) eines OWP auf dem Zug vernachlässigbare Folgen für das Energiebudget hat (Verbrauch von weniger als 2 % der Fettreserven).

In Abhängigkeit von der Sichtbarkeit der Offshore-Windenergieanlagen kann das Schutzgut direkter und indirekter Mortalität unterliegen, insbesondere durch Kollisionen bei schlechter Sicht (siehe Kelm 1978, Müller 1981, Aumüller et al. 2011) bzw. erhöhtem Energiebedarf bei wiederholten Ausweichbewegungen. Genaue Kollisionsraten sind aus der zentralen Nordsee nicht bekannt.

Als mögliche Vermeidungsmaßnahmen bieten sich bedarfsgesteuerte Abschaltungen während Zugnächten im Frühjahr und Herbst an. Da es sich bei der bedarfsgerechten Abschaltung um die einzige bekannte praktikable Minderungsmaßnahme handelt, sollte ihre Anwendung unbedingt eingehalten werden.

4.8.5 Schutzgutbezogene Sensitivitätsanalyse

Beim Schutzgut Zugvögel könnte eine Betrachtung auf Artniveau vorgenommen werden, wenn das relative Vorkommen der – insbesondere der selteneren und gefährdeten – Arten bekannt wäre. Die Bewertung der Empfindlichkeit (Sensitivität) soll dann beruhen auf der Bedeutung des Gebietes für

die Art, des Erhaltungszustands der Art, sowie der Empfindlichkeit der Art gegenüber den Störfaktoren, die mit dem Bau und Betrieb von Offshore-Windkraftanlagen einhergehen. Die Bedeutung der Doggerbank für Zugvögel dürfte ähnlich hoch liegen wie die benachbarter Gebiete und bisher kaum quantifizierbar sein. Welcker & Vilela (2020) stellten jedoch in ihrer Datenanalyse von elf OWP der äußeren Deutschen Bucht für beide Zugzeiten einen Gradienten von abnehmender Vogelzugintensität mit zunehmender Distanz zur Küste fest. Das scheint allerdings nicht für nächtlich ziehende Drosseln zu gelten (Welcker & Vilela 2020). Bezüglich der Sensitivität dieses Schutzgutes ist zwar der Erhaltungszustand der meisten europäischen Brutvögel mehr oder weniger bekannt, nicht jedoch in jedem Fall der Verlauf ihrer Zugwege über die Nordsee. Das Gleiche gilt für ihre Empfindlichkeit gegenüber Offshore-Windkraftanlagen, sodass die Empfindlichkeit der einzelnen Arten nicht einmal vermutet werden kann.

Wie im Rahmen der Bewertung von Vogelschlagrisiko üblich, muss hier abgewogen werden, ob das spezifische Risiko eines Vogels mit einer Windenergieanlage zu kollidieren, das allgemeine Lebensrisiko eines Vogelindividuums übersteigt. Da das Kollisionsrisiko insbesondere in Nächten mit schlechten Wetterbedingungen (z. B., Niederschlag, Nebel, starker Seitenwind oder dem Auftreten einer Kaltfront) stark erhöht ist, stellt sich die Frage, ob das allgemeine Lebensrisiko der Vögel, die in ein solches Schlechtwettergebiet auf ihrem Zug geraten, auch unabhängig eines oder mehrerer zu querender OWP nicht sowieso schon so hoch ist, dass kaum ein Anstieg des Risikos durch die OWP feststellbar ist (d. h., kompensatorische Mortalität).

Solange diese Frage nicht sicher beantwortet werden kann, kann dem Vorsorgeprinzip folgend eine Abschaltung der Anlagen in solchen Risikonächten (starker Vogelzug und schlechtes Wetter) erfolgen, wodurch die Sensitivität des Schutzgutes Zugvögel hinsichtlich der Kollisionsgefahr erheblich gesenkt werden kann.

Da der Vogelzug auf dem Meer in der Regel in breiter Front vonstattengeht, lassen sich dort für Zugvögel keine besonders sensiblen Räume abgrenzen. Vielmehr dürfte sich das Kollisionsrisiko zwischen den Anlagen nicht unterscheiden und mit jeder weiteren Anlage gleichförmig ansteigen.

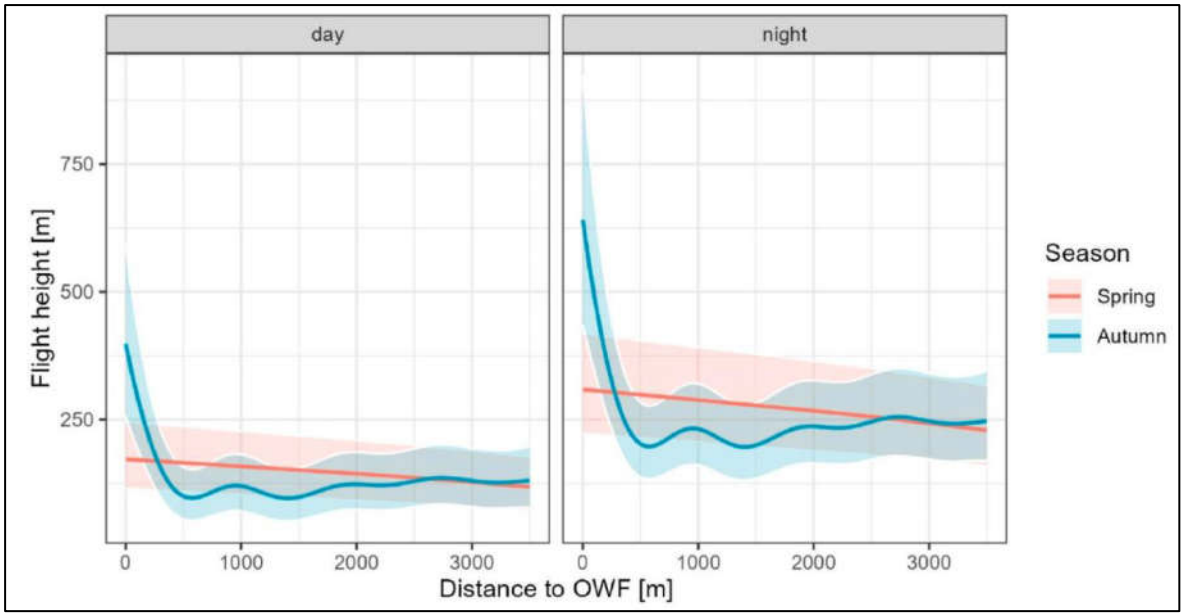


Abb. 4.17 *Barrierewirkung: GAMM-basierte Vorhersagen der Flughöhe [in Metern] im Frühjahr (rot) und im Herbst (blau) bei Tag (links) und Nacht (rechts) in Abhängigkeit von der Distanz zum nächsten Windpark [in Metern]. Die Schattenbereiche geben die 95 %-Vertrauensbereiche wieder (entnommen aus Schwemmer et al. 2023). Der Anstieg der Flughöhe in der Nähe von Windparks wird von den Autoren als vertikale Ausweichreaktion interpretiert, die mit energetischen Kosten verbunden ist, ohne dass diese jedoch von ihnen quantifiziert werden.*

4.8.6 Relevante Vorbelastungen

Die skandinavischen Brutvogelpopulationen unterliegen einer Vielzahl von Vorbelastungen, nicht zuletzt einer Reihe von direkten und indirekten Klimafolgen, welche den Vogelzug nachweislich beeinflussen (Jonzen et al. 2006, Chen et al. 2011). Ob in Bezug auf Windkraftanlagen kumulierende Effekte einer Vielzahl von OWP entlang ihrer Zugwege zu einer Vorbelastung durch einen erhöhten Energieverbrauch führen (siehe Abb. 5.17), wird aktuell diskutiert. Da Langstreckenzieher ihre Körperreserven und ihren Energieverbrauch im Laufe der Evolution optimiert haben (Sergio et al. 2019, Bradaric et al. 2020), könnte ein erhöhter Energieverbrauch in Form sogenannter Carry-over-Effekte die anschließende Reproduktion (Fortpflanzungsrate) reduzieren (Newton 2008, Brlik et al. 2020, Halupka et al. 2023). Hierzu sind bisher keine Daten aus der zentralen Nordsee bekannt.

4.8.7 Überlegungen zur Tragfähigkeit

Eine Tragfähigkeitsgrenze für das Schutzgut Zugvögel kann auf zwei Faktoren abgestellt werden: Kollision (sogenannter Vogelschlag) und Barrierewirkung. Zu beiden Aspekten liegen aber aus dem Offshore-Bereich zu geringe Kenntnisse vor, um hierzu quantitative Grenzen festzulegen. Zum Vogelschlag kann angenommen werden, dass Tragfähigkeitsgrenzen erreicht werden könnten, wenn Vogelzug auf schlechte Wetterbedingungen (z. B., mangelnde Sicht oder starker Niederschlag oder Seitenwind) trifft (vgl. Kelm 1978, Müller 1981, Aumüller et al. 2011). In diesem Fall kann allerdings

dem Problem durch Abschaltung entgegengewirkt werden, so dass hier eine Mitigationsmöglichkeit besteht, die keine Tragfähigkeitsgrenze in Bezug auf Vogelschlag erfordert.

Modellierungen von Barriere-Effekten durch Speakman et al. (2009) deuten für Nichtsingvögel wie Sterntaucher (*Gavia stellata*), Trauerente (*Melanitta nigra*), Brandseeschwalbe (*Sterna sandvicensis*) und Singschwan (*Cygnus cygnus*) darauf hin, dass das einmalige Umfliegen eines einzelnen OWP auf dem Zug zwischen Überwinterungs- und Brutgebieten vernachlässigbare Folgen für das Energiebudget von großen Zugvögeln hat. Die energetischen Kosten für mehrmaliges Überfliegen werden allerdings mit 4,6-6 % der Fettreserven pro 15 Flugkilometer als möglicherweise signifikant auf längeren Strecken vorhergesagt (Speakman et al. 2009). Somit ist dieser Effekt bei einer zunehmenden Anzahl von OWP entlang der Zugroute nur schwer einzuschätzen und eine Tragfähigkeitsgrenze nicht auszuschließen, aber aktuell noch nicht definierbar.

4.9 Schutzgut Marine Säugetiere

4.9.1 Datengrundlage

Für eine umfangreiche Darstellung der verwendeten Datengrundlage wird auf Kapitel A.1.6.1 im Anhang verwiesen.

4.9.2 Bestandsbeschreibung und Bewertung der Datengrundlage

Eine umfangreiche Bestandsbeschreibung und Bewertung der Datengrundlage ist den Kapiteln A.1.6.2 sowie A.1.6.3 im Anhang zu entnehmen.

4.9.3 Bedeutung des NSG „Doggerbank“ für marine Säugetiere

Schweinswal

Aufgrund der teilweise hohen Dichten und der Funktion des Gebietes für die Reproduktion des Schweinswals wird die Bedeutung des Gebiets als **hoch** eingestuft. Die ausgewerteten Daten deuten darauf hin, dass möglicherweise eine Zunahme der Bedeutung des Gebietes für den Schweinswal über den Zeitraum 2002-2024 stattgefunden hat.

Seehund/Kegelrobbe

Sowohl Seehunde als auch Kegelrobben nutzen die Doggerbank als Nahrungshabitat, werden jedoch nur gelegentlich gesichtet. Das Gebiet ist prinzipiell ein geeignetes Nahrungshabitat und kann eine wichtige Trittsteinfunktion bei großräumigen Wanderungen erfüllen. Aufgrund der Entfernung zur Küste wird die Bedeutung des Gebiets für beide Arten als **mittel** eingestuft. Die ausgewerteten Daten und Studien weisen darauf hin, dass im Vergleich zwischen den beiden Robbenarten Kegelrobben die Doggerbank stärker nutzen als Seehunde.

Zwergwal

Vor allem saisonal im Frühjahr kann es zu hohen Zwergwaldichten in NSG „Doggerbank“ kommen, wenn Sandaale als Nahrungsquelle zur Verfügung stehen. Dann werden offenbar vor allem die Hangbereiche der unterseeischen Sandbank genutzt. Die Bedeutung des Gebiets für den Zwergwal wird als **mittel** eingestuft.

Weißschnauzendelfin

Weißschnauzendelfine nutzen das NSG „Doggerbank“ gelegentlich und sind eher in den tieferen Bereichen nördlich des NSGs anzutreffen. Es handelt sich um das südlichste Verbreitungsgebiet des in der nördlichen Nordsee bzw. dem Nordatlantik beheimateten Delfins. Die Bedeutung des Gebietes für die Art wird daher als **gering** eingestuft.

4.9.4 Auswirkungen von OWP

Die folgenden Wirkfaktoren können sich beim Bau und Betrieb eines OWP auf Marine Säugetiere auswirken:

Schallemissionen

Bei der Gründung von Windenergieanlagen (insbes. Gründung von Monopiles) entstehen starke Schallemissionen. Diese können ohne Minderungsmaßnahmen zu Verletzungen der Hörorgane von marinen Säugetieren führen und weitreichende Vertreibungseffekte haben.

Bartenwale, wie zum Beispiel der Zwergwal, kommunizieren in tiefen Frequenzbereichen. Für die in der deutschen AWZ vorkommende Zwergwalart *Balaenoptera acutorostrata* ist bekannt, dass ihre Vokalisationen verschiedene Lautarten umfassen, die zwischen 50 Hz und 9,4 kHz liegen (Gedamke et al. 2001). Versuche zum Hörvermögen dieser Tiere gibt es nur wenige. Eine Studie, die biomechanische Modellberechnungen des Hörorgans und dessen beste Hörfähigkeit untersuchte, ergab eine Gehörsensitivität im Bereich von 40 Hz bis 15 kHz (Ketten & Mountain 2011). Eine ähnliche Studie, in der ebenfalls die Hörsensitivität von Zwergwalen anhand der Struktur des Hörorgans modelliert wurde, ergab eine Gehörsensitivität zwischen 30 Hz und 7,5 kHz bzw. zwischen 100 Hz und 25 kHz, je nachdem, welche Gehörstruktur stimuliert wurde (Tubelli et al. 2012).

In Feldversuchen mit militärischen Sonaren wurden starke aversive Reaktionen bei Zwergwalen beobachtet (Sivle et al. 2015, Kvadsheim et al. 2017). Die verwendeten Sonare operierten in Frequenzbereichen von 1 bis 2 kHz (Sivle et al. 2015) und 1 bis 4 kHz (Kvadsheim et al. 2017), sodass eine Gehörsensitivität in diesen Fquenzbereichen angenommen wird. Basierend auf diesen verschiedenen Feld- und Modellstudien ermittelten Southall et al. (2019) rechnerische Grenzwerte für marine Säugetierarten (kategorisiert nach Kommunikationsfrequenzbereichen), bei denen ein vorübergehender (TTS) oder ein permanenter (PTS) Hörverlust in bestimmten Frequenzen zu erwarten sind. Diese Grenzwerte wurden für Dauerschall und Impulsschall berechnet. Für tieffrequent kommuni-

zierende Walarten, wie den Zwergwal, berechneten sie einen gewichteten Schallgrenzwert bei Dauerschall von 179 dB SEL für einen TTS und 199 dB SEL für eine PTS (Southall et al. 2019). Für Impulsschall, wie er bspw. während OWEA Installationen vorkommt, ermittelten sie einen gewichteten Schallgrenzwert von 168 dB SEL für TTS und 213 dB SEL für PTS (Southall et al. 2019) (Definition für SEL s. Kapitel 3.2.1.1, S. 98). Wichtig zu erwähnen ist, dass auch bei den Berechnungen der Grenzwerte für tieffrequent kommunizierende Walarten aussagekräftige Studien zur Hörsensitivität fehlen. Die Berechnungen von Southall et al. (2019) basieren daher ebenfalls auf den genannten Studien mit militärischen Sonaren und Modellberechnungen des Hörorgans dieser Walarten.

Anthropogene Schallquellen wie der Schiffsverkehr, Schiffssonare und Installationsarbeiten wie OWP-Rammungen emittieren Schall in sehr tiefen Frequenzbereichen (bspw. Garrett et al. 2016, Cruz et al. 2021). Während der Rammungen von OWEA liegen die höchsten Schalldruckpegel (ungewichtet und gewichtet für tieffrequent kommunizierende Walarten) in Frequenzbereichen bis 5 kHz (Tougaard & Mikaelsen 2024). Tieffrequenter Schall kann sich aufgrund seiner physikalischen Eigenschaften, im Gegensatz zu hochfrequentem Schall, im Wasser sehr weit verbreiten und kann noch in hunderten Kilometern Entfernung aufgezeichnet werden. Das derzeit in der deutschen AWZ für die Installation von OWP eingesetzte Schallschutzkonzept (BMU 2013) orientiert sich am Schweinswal als Leitart für den Unterwasserschall. Die Kommunikation und auch das Gehör des Schweinswals liegt jedoch in sehr hohen Frequenzen. Bei einer differenzierten Betrachtung der Schallpegel während der Installation von OWEA könnten unterschiedliche Schallpegelwerte für Schweinswale und Zwergwale ermittelt werden. So gelten die Schallpegelwerte für den Schweinswal in einer Entfernung von über 750 Metern Entfernung zur Rammung als unbedenklich, während die Schallpegelwerte für den Zwergwal auch noch in größeren Entfernungen zur Rammposition zu einem TTS führen könnten.

Demnach berücksichtigt das derzeitige Schallschutzkonzept nicht den Einfluss des Rammschalls auf tieffrequent kommunizierende Arten wie den Zwergwal.

Der Betriebsschall, der von installierten OWEA ausgeht, ist vor allem tieffrequent und für Arten wie Delfine und Schweinswale, die im hochfrequenten Bereich hören und kommunizieren, nur im Nahbereich bis etwa 100 m wahrnehmbar (Bellmann et al. 2023). Es ist unwahrscheinlich, dass dies zu Störungen für diese Arten führt. Bartenwale hören und kommunizieren im tieffrequenten Bereich, Zwergwale haben den Bereich des besten Hörens zwischen 0,03-7,5 kHz (Todd et al. 2015). OWEA, die im Betrieb vor allem im niedrigfrequenten Bereich emittieren, sind für diese Arten in einer ruhigen Umgebung in einer Entfernung von bis zu einigen Kilometern hörbar (Madsen et al. 2006). Die Hörbarkeit hängt jedoch auch stark von den Umgebungsgeräuschen ab, die z. B. durch Schiffsverkehr oder natürliche Ursachen stark erhöht sein können, so dass die Betriebsgeräusche von OWEA bereits im Nahbereich überlagert werden können (Madsen et al. 2006).

Windparkbezogener Schiffsverkehr

Häufige Frequentierung durch Schiffsverkehr kann zu einer Meidung von Meeresgebieten durch marine Säugetiere führen (Pigeault et al. 2024). Dies trifft auch auf den windparkbezogenen Schiffs-

verkehr zu, der während der Bauphase sowie in der Betriebsphase des OWP entsteht und zu Schallemissionen mit Scheuchwirkungen auf marine Säugetiere führen kann (Culloch et al. 2016, Pigeault et al. 2024).

Zusätzlich zur Scheuchwirkung besteht ein Kollisionsrisiko durch den Serviceverkehr für marine Säugetiere. Alle hier betrachteten Arten können Opfer von Kollisionen werden, jedoch gibt es Unterschiede in der Häufigkeit von Kollisionen. Große Wale, wie Finnwale und Pottwale, sind besonders gefährdet, aber auch die im NSG zeitweise zahlreich vorkommenden Zwergwale werden anteilig häufig getroffen, wohingegen Zahnwale seltener Kollisionsopfer werden (Evans et al. 2011, Song 2013, Winkler et al. 2020).

Einbringung von Hartsubstrat

Das eingebrachte Hartsubstrat kann zu einer Anreicherung von sessilen Arten und riffassoziierter Fischfauna führen (siehe Auswirkungen auf Fische in Kapitel 5.6.4), die auf marine Säugetiere attraktiv wirken kann.

Nutzungseinschränkung

Innerhalb der Sicherheitszone von OWP wird die aktive Fischerei vollständig ausgeschlossen, die passive Fischerei mit Reusen und Körben wird auf die Sicherheitszone außerhalb der bebauten Windparkfläche beschränkt. Von einer Nutzungseinschränkung der Fischerei würden die marinen Säugetiere durch positive Effekte auf Nahrungsfischbestände profitieren (s. auch Kapitel 4.6.4).

Potenzielle Minderungsmaßnahmen

Schallminderung beim Rammen von Fundamenten kann mithilfe verschiedener Maßnahmen erreicht werden (Blasenschleier, Hüllrohr, etc.; siehe Kapitel 3.2.5), das Minderungspotenzial im tieffrequenten Bereich, der vor allem für den Zwergwal relevant ist, ist für den derzeit in Deutschland standardmäßig eingesetzten Blasenschleier allerdings begrenzt, der insbesondere hochfrequenten Schall effektiv mindern kann (Schweinswal). Schallminderungsmaßnahmen wie Hydroschalldämpfer und Hüllröhren können hingegen auch tiefe Frequenzen mindern. In der Regel werden diese sekundären Systeme kombiniert eingesetzt und könnten zukünftig mit weiterentwickelten primären Schallminderungsmaßnahmen ergänzt werden.

Technische Alternativen für die Gründung mittels Monopile (z. B. Suction Bucket oder schwimmende Fundamente; siehe Kapitel 4.2) können Schallemissionen derart mindern, dass es nicht zu Verletzungen und großräumigen Vertreibungen von Meeressäugern über die Effekte von Schiffsverkehr und Baustellenbetrieb hinaus kommt.

Vertreibungseffekte durch Schiffsverkehr in der Betriebsphase lassen sich in begrenztem Maß über Geschwindigkeitsbegrenzung und die Steuerung der Anfahrtswege mindern. So wird in der Regel eine Minimierung der erforderlichen Schiffsbewegungen z. B. durch Bündelung von Fahrten angestrebt.

Eine Geschwindigkeitsbegrenzung des Serviceverkehrs in diesem für marine Säugetiere wichtigen Gebiet könnte das Risiko für Schiffskollisionen deutlich reduzieren, wie es z.B. für den Atlantischen Nordkaper (*Eubalaena glacialis*) für eine Geschwindigkeitsbegrenzung auf 10 kn gezeigt wurde (Conn & Silber 2013).

4.9.5 Schutzgutbezogene Sensitivitätsanalyse

4.9.5.1 Räumliche Sensitivitätsanalyse

Für den Schweinswal ist aufgrund der großen Variabilität der Abundanzen eine Abgrenzung von sensiblen Räumen anhand der erhobenen Daten nicht möglich. Sichtungen von Robben zeigen ebenfalls keine Verbreitungsschwerpunkte innerhalb des NSG. Weißschnauzendelfine wurden selten gesichtet. Die meisten Sichtungen wurden an den Hangbereichen nördlich des NSG in Wassertiefen > 40 m und selten innerhalb des NSG gemacht. Aufgrund der geringen Sichtungsrate ist eine Aussage zur Habitatpräferenz auch für den Weißschnauzendelfin schwierig. Zwergwale wurden vor allem an den Hangbereichen im Norden als auch im Süden des NSG „Doggerbank“ verstärkt gesichtet und scheinen eine Präferenz für diese Bereiche zu haben.

Aufgrund der Variabilität der hochmobilen Arten und den teilweise geringen Sichtungsraten bilden die Daten Habitatpräferenzen nicht unbedingt ab, wahrscheinlich ist jedoch, dass alle betrachteten Arten von den produktiven Hangbereichen profitieren und diese verstärkt aufsuchen.

4.9.5.2 Zeitliche Sensitivitätsanalyse

Alle betrachteten Arten sind vor allem während der Bauphase eines OWP gegenüber Unterwasserschall sensibel, wohingegen eine Beeinträchtigung während der Betriebsphase nach aktuellem Stand der Wissenschaft als eher unwahrscheinlich eingestuft wird. Für Schweinswale gilt eine sensible Zeit zwischen Mai-August, in der Kalbung und Paarung stattfinden. Zwergwale treten in größeren Abundanzen zwischen März bis Juni im Bereich der Doggerbank auf. Für Weißschnauzendelfine liegen Hinweise für eine ähnliche Saisonalität vor. Da der Zwergwal im Besonderen schallsensitiv ist, ist die Zeit zwischen März bis August als insgesamt sensibel für marine Säugetiere einzustufen.

4.9.6 Relevante Vorbelastungen

Die Auswirkungen der aktuellen Nutzungen auf die Schutzgüter sind in BfN (2017) analysiert und bewertet worden. Demnach stellen die grundberührende Fischerei mit starken Auswirkungen auf den Schweinswal und mittleren Auswirkungen auf den Seehund und die Stellnetzfischerei (starke Auswirkungen auf den Schweinswal, geringe Auswirkungen auf den Seehund) die größten Vorbelastungen dar. Die intensive Fischerei führt durch die Entnahme von Beutefischen zu einer Verringerung der Beuteverfügbarkeit. Die Stellnetzfischerei stellt aufgrund der Beifangrate eine starke Gefährdungsursache für Schweinswale und Robben dar. Weitere geringe Auswirkungen entstehen

durch die Aufsuchung und Gewinnung von Kohlenwasserstoffen (BfN 2017), die voraussichtlich zukünftig keine Rolle mehr spielen wird, sowie durch die Berufsschifffahrt. Es ist zu erwarten, dass insbesondere der Serviceverkehr für zukünftig errichtete OWP aufgrund des starken Ausbaus und damit einhergehende Scheuchwirkung auf Meeressäuger in der Nordsee zunehmen wird. Alle weiteren Nutzungen haben aktuell gemäß BfN (2017) keine bis vernachlässigbare Auswirkungen auf das Schutzgut. Zukünftig könnten gemäß BfN (2017) auch die Verlegung und der Betrieb von Rohrleitungen, die Aufsuchung von CO_2-Lagerstätten und CO_2-Speicherung sowie die Beseitigung militärischer Altlasten zu erhöhten Auswirkungen führen. Ebenfalls können während der Gründung weiterer OWP nördlich und südlich des Schutzgebietes zukünftig temporäre Vorbelastungen durch Unterwasserschall für marine Säugetiere im Schutzgebiet entstehen.

4.9.7 Überlegungen zur Tragfähigkeit

Meeressäugetiere können bei der Nutzung von Meeresgebieten durch die Offshore-Windenergie hauptsächlich durch den Eintrag von Unterwasserschall beeinträchtigt werden. Dieser entsteht einerseits durch Rammschall bei der Gründung von Fundamenten, andererseits durch den bau- und betriebsbedingten Schiffsverkehr. Bei der Gründung von Fundamenten mittels Rammverfahren entsteht Impulsschall, der ohne Minderungsmaßnahmen im Nahbereich zu Verletzungen des Innenohrs und infolgedessen auch zum Tod von Meeressäugern führen kann. Um eine Schädigung des Hörvermögens von Schweinswalen vorzubeugen, hat das Bundesumweltministerium (BMUV) in einem Schallschutzkonzept für Schweinswale in der deutschen AWZ der Nordsee die folgenden verbindlichen Lärmschutzwerte festgelegt (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 2013):

- Schallobergrenzen von 160 dB re 1 µPa^2 s Schallereignispegel (SEL) und Spitzenschalldruckpegel (SPL) von 190 dB re 1 µPa^2 s in 750 m Entfernung sind einzuhalten.
- Für Bereiche, in denen höhere Schalldrücke auftreten, ist durch geeignete Maßnahmen (z. B. Einsatz von Vergrämungssystemen, „soft-start-procedure“) sicherzustellen, dass sich zum Zeitpunkt der Schallereignisse hier keine Tiere aufhalten.
- Es wird eine Reaktionsschwelle von 140 dB re 1 µPa^2 s (SEL) festgelegt. Bei Einhaltung der Schallobergrenzen kommt es bei Rammungen von OWEA-Fundamenten zu Meideradien von ca. 8 km. Um der temporären Einwirkung von Rammschall Rechnung zu tragen, wird die für eine Bewertung zugrunde zu legende Störungsfläche als eine Kreisfläche mit 8 km Radius (bei Einhaltung der Grenzwerte) vom Mittelpunkt des OWP-Polygons gerechnet.
- Es dürfen kumulativ nicht mehr als 10 % der Fläche der AWZ durch Rammschall gestört werden. In Hauptkonzentrationsgebieten des Schweinswals gilt eine Erheblichkeitsschwelle von 1 % in der sensiblen Zeit. Analog ist innerhalb von FFH-Gebieten, in denen der Schweinswal Erhaltungsziel ist, eine Beeinträchtigung durch Rammschall von > 10 % der Gebietsfläche unzulässig.
- Innerhalb von FFH-Gebieten, in denen auch die Reproduktion des Schweinswals ein Erhaltungsziel darstellt, sind Störradien im sensiblen Zeitraum Mai-August mit mehr als 1 % der Gebietsfläche unzulässig.

Bei Einhaltung der Lärmschutzwerte ist davon auszugehen, dass Gehörschädigungen für Schweinswale vermieden werden können (Bellmann et al. 2020). Eine Überschreitung der Grenzwerte aus dem Schallschutzkonzept wäre als erhebliche Beeinträchtigung für das FFH-Gebiet zu werten. Es wird davon ausgegangen, dass mit dem Erreichen der Schallgrenzwerte auch die Tragfähigkeitsgrenze des Schutzguts erreicht ist.

Auch die Verlärmung durch Schiffsverkehre sollte bei der Tragfähigkeit des Schutzgutes berücksichtigt werden. Analog zu den Schallschutzvorgaben bei der Gründung von Fundamenten ist davon auszugehen, dass die Tragfähigkeit des Schutzgutes erreicht ist, wenn durch Schiffsverkehr oder kumulativ durch Impulsschall mehr als 10 %, bzw. 1 % in der sensiblen Zeit, der Gebietsfläche durch anthropogenen Schall mit mehr als 140 dB gestört werden.

Das derzeit in der deutschen AWZ für die Installation von OWP eingesetzte Schallschutzkonzept orientiert sich am Schweinswal als Leitart für den Unterwasserschall.

Da Rammschall vor allem tieffrequente Anteile hat, der über weite Strecken im Meer transportiert wird, sind Arten, die in diesem Frequenzbereich ihr bestes Hörvermögen haben, wie Bartenwale, besonders sensibel. Diese Arten werden im Schallschutzkonzept jedoch nicht berücksichtigt. Aktuell standardmäßig eingesetzte Schallminderungsmaßnahmen wie der doppelte Große Blasenschleier weist eine sehr gute Schalldämpfung in höheren Frequenzbereichen auf, kann jedoch nur eine begrenzte Schalldämpfung für tieffrequente Bereiche bieten, wohingegen andere Minderungssysteme wie Hydroschalldämpfer und Höllröhren auch im tieffrequenten Bereich effektiv Schall mindern können. Tieffrequenter Schall kann sich aufgrund seiner physikalischen Eigenschaften, im Gegensatz zu hochfrequentem Schall, im Wasser sehr weit verbreiten und kann noch in hunderten Kilometern Entfernung aufgezeichnet werden. Zu Störungsradien für Zwergwale liegen nach Literaturrecherche derzeit keine Kenntnisse vor. Für den Zwergwal bestehen Wissenslücken in Bezug auf die Auswirkungen von Unterwasserschall, sodass eine konkrete Tragfähigkeitsgrenze für den Zwergwal nicht definiert werden kann.

4.10 Schutzgut Fledermäuse

4.10.1 Datengrundlage

Für eine umfangreiche Darstellung der verwendeten Datengrundlage wird auf Kapitel A.1.7.1 im Anhang verwiesen.

4.10.2 Bestandsbeschreibung und Bewertung der Datengrundlage

Eine umfangreiche Bestandsbeschreibung und Bewertung der Datengrundlage ist den Kapiteln A.1.7.2 sowie A.1.7.3 im Anhang zu entnehmen.

4.10.3 Bedeutung des NSG „Doggerbank“ für Fledermäuse

Aufgrund der Lage des NSG „Doggerbank“ mit über 250 km Abstand zur nächstgelegenen Küste ist eine regelmäßige Nutzung durch Fledermäuse, auch für den Zeitraum der Migration, auszuschließen. So sind zwar für die Rauhautfledermaus (eine der am weitesten ziehenden Arten) Wanderungen von über 2.000 km bekannt, diese Wanderungen verlaufen jedoch über mehrere Nächte. Pro Nacht werden Strecken von maximal 100 km zurückgelegt. Aufgrund fehlender (Quartier-) Strukturen müsste zudem davon ausgegangen werden, dass die im NSG auftretenden Fledermäuse zuvor von Quartierstandorten auf dem Festland gestartet sind. Lässt man die Windgeschwindigkeit außen vor und betrachtet lediglich die bekannten maximalen Fluggeschwindigkeiten der gegebenen Arten von bis zu 30 km/h (z. B. Troxell et al. 2019, Bach et al. 2022), so wäre ein Auftreten im NSG „Doggerbank“ erst nach einem Flug von über 8 h möglich. Da diese Tiere dann mindestens die gleiche Zeit benötigen würden, um eine weitere Küste zu erreichen, wäre eine Flugstrecke von über 500 km mit einer Flugdauer von etwa 16 h ohne Rast in einem Zwischenquartier anzunehmen. Eine regelmäßige Nutzung des NSG „Doggerbank“ durch Fledermäuse, mit Ausnahme einzelner verdrifteter Tiere, kann daher, unabhängig von der Art, ausgeschlossen werden. Auf eine detailliertere Betrachtung wird daher an dieser Stelle verzichtet.

4.10.4 Auswirkungen von OWP

Da bisher keine Hinweise auf Meideverhalten von Strukturen auf See durch Fledermäuse vorliegen und auf See keine Quartierstrukturen vorhanden sind, beschränkt sich das Konfliktpotenzial auf Kollisionen + Barotraumata und die daraus resultierende Schädigung oder Tötung von Individuen. Von sich langsam bewegenden oder feststehenden Objekten ist keine Gefährdung für Fledermäuse bekannt, lediglich durch die drehenden Rotoren der Windenergieanlagen kann eine Gefährdung nicht ausgeschlossen werden. Kollisionen von Fledermäusen mit Windenergieanlagen auf dem Festland sind wiederum in zahlreichen Studien belegt (z. B. Behr et al. 2015) und demnach auch für Fledermäuse auf See anzunehmen.

Betrachtet man die Aussagen aus den vorangegangenen Kapiteln, so sind Fledermäuse auf offener See mehr oder weniger gleichmäßig verteilt und überwiegend unterhalb der Gefahrenbereiche der Rotoren (< 10 m) zu erwarten (Seebens-Hoyer et al. 2021). Grundsätzlich ist daraus ein eher geringeres Kollisionsrisiko abzuleiten. Dennoch sind zwei Effekte zu berücksichtigen, welche an Windenergieanlagen sowohl an Land wie auch auf See beobachtet wurden:

Hindernisse und Sichtbarkeit im Luftraum sowie Lichtemissionen

In der Literatur sind Fledermausaktivitäten im Bereich anthropogener Strukturen auf offener See beschrieben (z. B. Skiba 2007). Diese reichen von einfachen An- und Vorbeiflügen, über (intensives) Erkundungs- und Jagdverhalten (z. B. Ahlén et al. 2009) bis hin zum Aufsuchen von potenziellen Quartieren (z. B. Brabant et al. 2020).

Mehrere Untersuchungen an Land (z. B. Behr et al. 2015) sowie an küstennahen Windenergieanlagen (z. B. Ahlén et al. 2009, Rydell & Wickman 2015) zeigen ähnliche Effekte, wobei nicht bekannt

ist, ob dies auf einen direkten Anlockeffekt durch Emissionen (z. B. Wärme, Licht, Geräusche, Silhouette) oder indirekt auf Anlockeffekte durch potenzielle Nahrung (z. B. Insekten; Heydmann 1967)) zurückzuführen ist. Dabei gehen mehrere Studien aufgrund der Besonderheiten auf See, wie einer stärkeren Beleuchtung der OWEA oder der strukturärmeren Umgebung davon aus, dass dieser Effekt stärker ausgeprägt ist, bzw. einen weiteren Wirkradius besitzt (z. B. Hüppop & Hill 2016).

Neben diesen großräumigen Effekten beschreiben mehrere Studien eine Änderung des Verhaltens von Fledermäusen im Nahbereich von OWEA. So beschrieben Ahlén et al. (2007, 2009) das regelmäßige Jagdverhalten von Fledermäusen an küstennahen Anlagen. Dabei näherten sich die Tiere den OWEA in niedrigen Höhen und nutzten bei der Jagd auch regelmäßig den Höhenbereich der drehenden Rotoren. Auch Brabant et al. (2020) beschrieben für einen belgischen OWP, dass ein Teil der Tiere ein ausgeprägtes Erkundungs- oder Jagdverhalten zeigte. Dieses fand zwar überwiegend in niedrigeren Höhen statt, bezog in Teilen jedoch auch die Gondel und somit den Gefahrenbereich mit ein.

Potenzielle Minderungsmaßnahmen

Es ist davon auszugehen, dass etwaige negative Auswirkungen auf Fledermäuse durch fledermausbezogene Abschaltungen minimiert werden können. Die Bedingungen für solche sind jedoch noch zu definieren. Hierzu reicht der Kenntnisstand momentan noch nicht aus.

4.10.5 Schutzgutbezogene Sensitivitätsanalyse

Wie bereits aufgeführt ist grundlegend von einer Sensitivität von Fledermäusen gegenüber OWEA auf See auszugehen, welche sich auf das Risiko von Kollisionen mit den sich drehenden Rotoren und Barotraumata bezieht. Dabei kann für Standorte auf offener See mit zunehmendem Abstand zur Küste von einer geringen Fledermausaktivität und daraus abgeleitet von einem geringeren Kollisionsrisiko ausgegangen werden. Für den Bereich des NSG „Doggerbank“ in der zentralen Nordsee im nordwestlichen Teil der deutschen AWZ ist aufgrund der Entfernung von über 250 km zur nächsten Küste von keiner regelmäßigen Aktivität von Fledermäusen auszugehen, da dieser außerhalb der üblichen Verbreitungsgebiete der Tiere liegt. Es lassen sich somit keine Bereiche besonderer Sensitivität für Fledermäuse innerhalb des NSG „Doggerbank“ ausmachen.

4.10.6 Relevante Vorbelastungen

Fledermäuse nutzen die offene See in küstenfernen Bereichen einzig während der Migration. Eine Vorbelastung besteht dabei durch die bereits bestehenden sowie die zukünftig geplanten OWP, von welchen ein Kollisionsrisiko für die Tiere ausgeht (siehe Ausführungen oben). Weitere Vorbelastungen sind in Bezug auf die Artengruppe der Fledermäuse auf der offenen See nicht zu erwarten.

4.10.7 Überlegungen zur Tragfähigkeit

Die Überlegungen zur Tragfähigkeit können in Bezug auf das Schutzgut Fledermäuse auf den Faktor Kollisionen und Barotraumata beschränkt werden. Wie bereits ausgeführt, spielen dabei jedoch mehrere Faktoren eine Rolle (siehe groß- und kleinräumige Anlockeffekte), wodurch in Bezug auf OWEA die Ermittlung einer quantitativen Grenze anhand des vorhandenen Wissensstandes nicht möglich ist. Aufgrund der ausschließlichen Nutzung des NSG „Doggerbank“ durch vereinzelte verdriftete Tiere ist diese in Bezug auf die Umsetzung eines Windenergievorhabens in dem geplanten Bereich jedoch als nicht relevant einzustufen.

4.11 Schutzgutübergreifende Sensitivitätsanalyse

Basierend auf den Auswertungen in den Schutzgutkapiteln (siehe Kapitel 5.4 bis Kapitel 5.10) werden in Abb. 4.18 die sensiblen Bereiche des NSG „Doggerbank“ für die biologischen Schutzgüter zusammenfassend dargestellt. Dabei ist zu beachten, dass das gesamte Gebiet durch die genannten Schutzgüter genutzt wird, jedoch einige Bereiche für einzelne Schutzgüter eine höhere Bedeutung haben.

Eine Bewertung der Schutzgüter im räumlichen Zusammenhang ergab, dass auf einer dreistufigen Skala (gering, mittel, hoch) dem gesamten NSG „Doggerbank“ ganzflächig für die Schutzgüter Pelagische Primärproduktion, Benthische Lebensräume, Fische, Rastvögel, Zugvögel und Marine Säugetiere eine mindestens geringe bis mittlere Bedeutung zuzuweisen ist (siehe Abb. 4.18, gelbe Färbung), da davon auszugehen ist, dass die genannten Schutzgüter in verschieden hohen Dichten im NSG „Doggerbank“ vorkommen. Aufgrund der Entfernung von über 250 km zur nächsten Küste ist von keiner regelmäßigen Aktivität von Fledermäusen im NSG „Doggerbank“ auszugehen, da dieser außerhalb der üblichen Verbreitungsgebiete der Tiere liegt.

Für einige Schutzgüter wurden zudem besonders sensible Bereiche innerhalb des NSG „Doggerbank“ ableiten (siehe Abb. 4.18, Schraffierungen). Für das Schutzgut Marine Säuger zeigten sich Hinweise darauf, dass vor allem die Hangbereiche präferierte Habitate darstellen. Da das Schutzgut (hier: Schweinswal) jedoch im gesamten NSG „Doggerbank“ vorkommt und dieses als Fortpflanzungsort nutzt, muss für das gesamte NSG „Doggerbank“ eine hohe Bedeutung für das Schutzgut Marine Säugetiere angenommen werden. Für die Schutzgüter Benthische Lebensräume und Fische sind ebenfalls besonders die Hänge am Rande der Sandbank durch eine höhere Artenvielfalt gekennzeichnet (hohe Bedeutung). Rastvögel zeigten teilweise erhöhte Dichten besonders im südlichen Randbereich des NSG „Doggerbank“ aber auch am östlichen und nördlichen Rand (hohe Bedeutung).

In den Bereichen von hoher Bedeutung für ein Schutzgut kann ein höheres Konfliktpotenzial mit dem Ausbau von Windenergie bestehen, falls vom OWP negative Effekte auf das jeweilige Schutzgut ausgehen. Aber auch in den Bereichen geringerer Bedeutung kommen die betrachteten Schutzgüter vor und können von Auswirkungen des Offshore-Windparkausbaus betroffen sein.

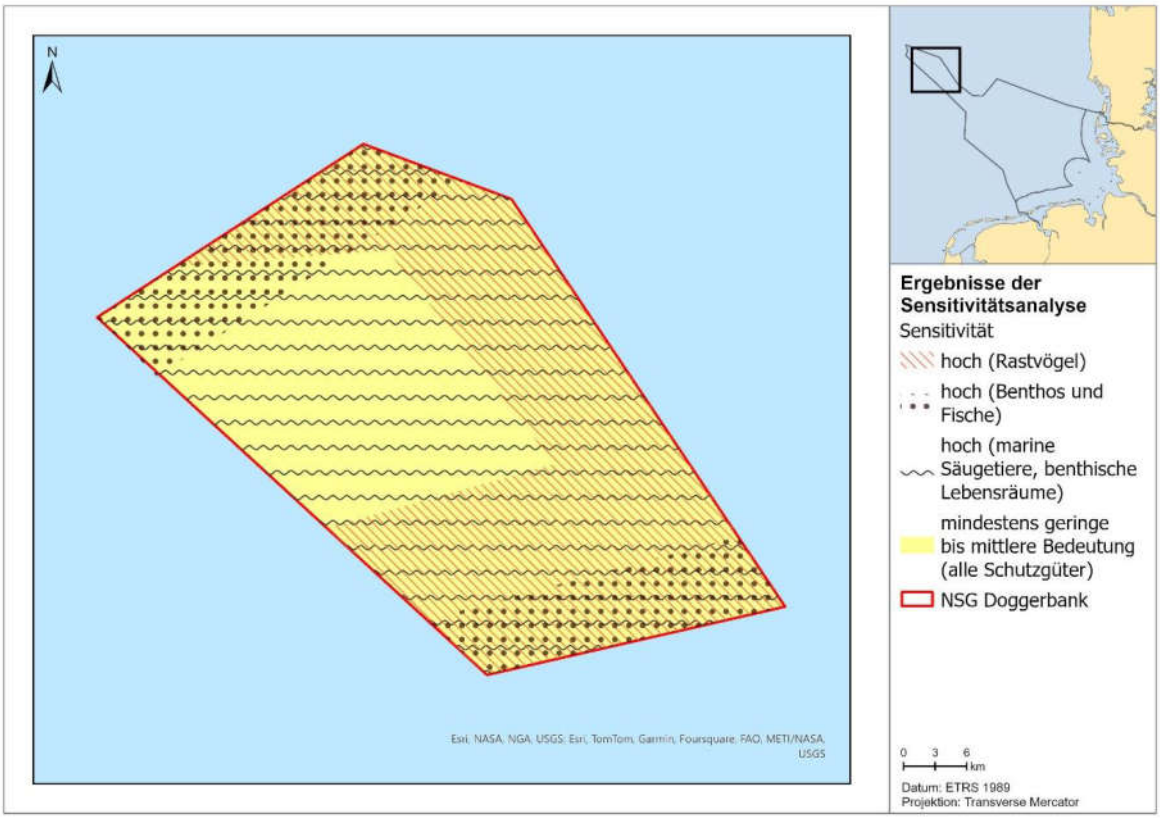


Abb. 4.18 Bedeutung des NSG „Doggerbank“ für die Schutzgüter Pelagische Primärproduktion, Benthische Lebensräume, Fische, Rastvögel, Zugvögel, Marine Säugetiere und Fledermäuse als Ergebnis der Sensitivitätsanalyse.

4.12 Ökosystemare Zusammenhänge

Die bislang einzeln betrachteten biologischen Schutzgüter sind Teil des marinen Ökosystems. Sie stehen in Abhängigkeit voneinander und beeinflussen einander über verschiedene Prozesse. Diese Abhängigkeiten sind komplex und nicht vollständig vorhersehbar. Auswirkungen eines OWP können auf abiotischer Ebene (Effekte auf Strömung, Wind, Sonneneinstrahlung, etc.) oder auf biotischer Ebene (Effekte auf Lebewesen) stattfinden. Sowohl abiotische als auch biotische Faktoren haben einen Einfluss auf das Ökosystem als Ganzes. Einige Ansätze zur Modellierung von ökosystemaren Zusammenhängen und Nahrungsnetzen in OWP wurden bereits vorgeschlagen (z. B. Burkhard et al. 2011, Burkhard & Gee 2012, Van Der Molen et al. 2014, Pezy et al. 2019, 2020a, 2020b, Pınarbaşı et al. 2019, Coolen et al. 2020, Baulaz et al. 2023). Diese betrachten häufig nur einen Teil des gesamten Ökosystems und müssen eine Reihe von Annahmen treffen. Auch die Zusammenhänge eines Nahrungsnetzes in OWPs sind in der Literatur beschrieben (z. B. Lindeboom et al. 2011, Bergström et al. 2014, Degraer et al. 2020, Niquil et al. 2020). In allen Fällen hängen die Ergebnisse stark von den lokalen Begebenheiten ab, weshalb konkrete Daten am Standort vonnöten sind.

Für eine ökosystemare Bewertung des Eingriffs durch den Bau eines OWP im NSG „Doggerbank“ fehlen Grundlagendaten. Erschwerend kommt hinzu, dass das NSG ein offenes System ist und sich dieses Gebiet von der sie umgebenden Meeresfläche nicht abgrenzen lässt. Es gibt, im Gegensatz

zu deutlich abgegrenzten Lebensräumen wie einem See oder einem Baum, keine Arten oder Schutzgüter, die nur und ausschließlich im NSG „Doggerbank“ vorkommen, bzw. auf dieses Gebiet zum Überleben angewiesen ist. Das NSG „Doggerbank“ ist selbst auch Teil des gesamten marinen Lebensraums „Nordsee“.

Grundsätzlich stehen die hier betrachteten Schutzgüter alle in einem trophischen Zusammenhang, in einem sogenannten Nahrungsnetz, in dem sich Veränderungen im Bestand einer Gruppe jeweils auf die darüber und darunter liegenden trophischen Ebenen auswirken können. Einzig die Schutzgüter Zugvögel und Fledermäuse sind hierbei vernachlässigbar, da diese im Gebiet weder rasten noch Nahrung aufnehmen und somit auch nicht von Veränderungen in der Nahrungskette beeinflusst werden.

Die trophischen Beziehungen sind komplex und vernetzt, jedoch ist an der Basis die Primärproduktion angesiedelt, welche durch die Verfügbarkeit von Licht und Nährstoffen im Wasser die Populationsdynamik der Artgruppen im Nahrungsnetz stark beeinflusst. Somit ist zu erwarten, dass sich Eingriffe in den Naturhaushalt, die beispielsweise die pelagische Primärproduktion beeinflussen, auf sämtliche andere Schutzgüter auswirken. Wie in Kapitel 5.4 beschrieben, gibt es aktuelle Modellierungen, die auch durch den Bau von OWP eine Reduktion der Primärproduktion erwarten lassen. Diese Reduktion könnte dann eine Reduktion auf den höheren trophischen Ebenen auslösen („bottom-up“). Aufgrund fehlender Datenlage kann dieser Zusammenhang jedoch aktuell nicht eingeschätzt werden. Dieses Phänomen würde unabhängig des Standortes auf der Doggerbank auf alle OWP zutreffen. Gleichzeitig können Prädatoren die niedrigeren trophischen Ebenen durch Prädationsdruck beeinflussen, was wiederum Einfluss auf die Primärproduktion haben kann („top-down“). Dabei können die Effekte jeweils positiv, negativ oder auch neutral sein.

Veränderungen in der Artzusammensetzung einer trophischen Ebene können auch auf den Bestand oder die Zusammensetzung jeder anderen trophischen Ebene Auswirkungen haben. Durch das Einbringen von Hartsubstrat, welches im Gebiet bisher kaum vorhanden ist, wird voraussichtlich die Benthosgemeinschaft und die Fischgemeinschaft in ihrer Artzusammensetzung grundlegend verändert. Die Ansiedlung von Suspensionsfressern (z. B. Miesmuschel *Mytilus edulis*), könnte zu einer erhöhten Filtrierung des Meerwassers in diesem Gebiet führen, wodurch sich das Größenspektrum der Partikel, die sedimentieren und somit dem Weichboden-Benthos zur Verfügung stehen, verschiebt. Dies kann zu einer Veränderung der Faunengemeinschaft im OWP führen (Gutow et al. 2014b). Planktivore Arten werden zumindest kleinräumig eine Reduktion, der ihnen zur Verfügung stehenden Nahrungsgrundlage erfahren. An den Fundamenten kann die Benthos-Biomasse punktuell mehr als das 35-fache der umgebenden Weichbodenfauna betragen (Krone et al. 2013b). Die zusätzliche Biomasse auf dem Meeresboden (Hart- wie Weichsubstrat) wird vor allem große, mobile Prädatoren und Aasfresser (Krebse und Seesterne) anlocken. Außerdem dienen die strukturierenden Hartsubstrate als Versteckmöglichkeiten und ziehen somit diese Arten aber auch räuberische Fischarten an. Durch das erhöhte Nahrungsaufkommen in der unmittelbaren Nähe künstlicher Riffe konnte bereits bei mehreren OWP eine Zunahme bestimmter Fischdichten beobachtet werden, was auf eine erhöhte Attraktionswirkung dieser Strukturen auf die Fischfauna hinweist. Sowohl Plattfische als auch Kabeljau und Aal sind in der Nähe künstlicher Riffe vermehrt anzutreffen. Darüber hinaus gibt es Hinweise darauf, dass die Fundamente Substratlaichern die Möglichkeit zur

Eiablage bieten, sowohl auf den Fundamenten und dem Kolkschutz selbst als auch in dem sich ansiedelnden Algenbewuchs im durchlichteten Bereich des Wasserkörpers. Im Nahrungsnetz höher angesiedelter Arten wie Seevögel oder marine Säugetiere können von diesem erhöhten Nahrungsangebot profitieren und das Gebiet vermehrt aufsuchen.

Durch die Einbringung von Hartsubstrat können jedoch auch Arten wie der Sandaal durch Habitatverlust im Bestand im Vergleich zu einem ansonsten anthropogen ungenutzen System zurückgehen. Der Sandaal ist ein wichtiger Nahrungsfisch u. a. für den Schweinswal, Zwergwal und Alkenvögel, und sein Bestand hat eine hohe Bedeutung für die Populationen dieser Arten. Andere Fischarten können jedoch durch das Einbringen von Hartsubstrat, auf dem sich bisher gebietsfremde benthische Organismen ansiedeln, eine verbesserte Nahrungsbasis und ein geeignetes Habitat vorfinden und sich somit im Bestand erhöhen. Dies kann sich wiederum auf fischfressende Arten positiv auswirken. Da für einige Seevogelarten aufgrund des Meideverhaltens gegenüber OWP eine geringere Dichte innerhalb der OWP-Flächen erwartet werden kann, kann möglicherweise auch der Fraßdruck für einige Fischarten geringer werden, welche dann potenziell im Bestand zunehmen und wiederum den Fraßdruck auf benthische Organismen oder Plankton erhöhen.

In dem Zusammenhang ist jedoch auch die langfristige Wirkung eines Fischereiausschlusses zu beachten, welches eine Erholung des benthischen Lebensraums und der Fische ermöglicht, was wiederum mit den Riff-Effekten zu Synergien und Wechselwirkungen führen kann. Fischerei stellt eine direkte Entnahme von sich reproduzierenden Organismen aus dem System dar. Wird diese eingestellt, können sich Nahrungsnetze anders entwickeln.

Diese Beispiele verdeutlichen, wie Veränderungen an jedem Punkt innerhalb des Nahrungsnetzes weitreichende Auswirkungen auf die gesamte Ökosystemstruktur haben können. Da die Abhängigkeiten unter den Schutzgütern komplex sind, ist es nicht immer möglich vorauszusehen, wie Eingriffe das Ökosystem als Ganzes verändern werden. Es ist jedoch sicher, dass Auswirkungen nicht isoliert auftreten, sondern stets ein Zusammenwirken entsteht. Eine Übersicht, basierend auf Experteneinschätzung, über wahrscheinlich auftretende Wechselwirkungen in Bezug auf die im Zuge des Baus eines OWP auftretenden Wirkfaktoren sind in Tab. 4.6 aufgelistet.

Tab. 4.6 Übersicht für voraussichtlich auftretende Wechselwirkungen zwischen OWP in Bau und Betrieb und den relevanten Schutzgütern (Experteneinschätzung).

Wirkfaktor	Wechselwirkungen
Sedimentaufwirbelungen/Trübungsfahnen	• Überdeckung benthischer Lebensräume→ temporäre Veränderungen in der Benthosgemeinschaft → temporär verschlechterte Nahrungsverfügbarkeit für benthosfressende Fische → temporär verschlechterte Nahrungsverfügbarkeit für marine Säuger und Seevögel • Scheuchwirkung für Fische → temporär veränderte Nahrungsverfügbarkeit für marine Säuger und Seevögel → temporäre Änderungen in der biologischen Vielfalt • (Letale) physische Schäden an Fischeiern, -larven oder adulten Fischen → temporär veränderte Nahrungsverfügbarkeit für marine Säuger und Seevögel → temporäre Änderungen in der biologischen Vielfalt
Sedimentumlagerung/Sedimentverdichtung	• Veränderung der Sedimentstruktur → Veränderungen in der Benthosgemeinschaft → verschlechterte Nahrungsverfügbarkeit für benthosfressende Fische → verschlechterte Nahrungsverfügbarkeit für marine Säuger und Seevögel
Schallemissionen	• Meidereaktionen von Fischen und marinen Säugern → temporär reduzierter Fraßdruck für Benthos und Fischfauna
Lichtimmissionen	• Negative Phototaxis oder Schwarmbildung von Fischen → temporär veränderte Nahrungsverfügbarkeit für marine Säuger und Seevögel → temporäre Änderungen in der biologischen Vielfalt
Flächeninanspruchnahme	• Habitatverlust für die vorherrschende Benthosgemeinschaft → verschlechterte Nahrungsverfügbarkeit für benthosfressende Fische → verschlechterte Nahrungsverfügbarkeit für marine Säuger und Seevögel → Änderungen in der biologischen Vielfalt

Wirkfaktor	Wechselwirkungen
Einbringung von Hartsubstrat	• Veränderung der Habitatstruktur → Verlust von Weichbodenfauna → veränderte Nahrungsverfügbarkeit für an den Lebensraum angepasste Fische → veränderte Nahrungsverfügbarkeit für marine Säuger und Seevögel → Änderungen in der biologischen Vielfalt • Veränderung der Habitatstruktur → Ausdehnung der Hartbodenfauna → Veränderung der Benthosgemeinschaft durch Ansiedlung gebietsfremder Arten → veränderte Nahrungsverfügbarkeit für marine Säuger und Seevögel → Änderungen in der biologischen Vielfalt • Veränderung der Habitatstruktur → Ansiedlung von Filtrierern → Reduzierung der Phytoplanktonbiomasse → Reduzierung der Nahrung für Zooplankton → Reduzierte Zooplanktonbiomasse → Reduzierung der Nahrung für Benthos und Fische → Reduzierte Biomasse von Benthos und Fischen → Reduzierung der Nahrung für Meeressäuger und Rastvögel
Hindernisse im Wasserkörper	• Reduzierung der Phytoplanktonbiomasse → Reduzierung der Nahrung für Zooplankton → Reduzierte Zooplanktonbiomasse → Reduzierung der Nahrung für Benthos und Fische → Reduzierte Biomasse von Benthos und Fischen → Reduzierung der Nahrung für Meeressäuger und Rastvögel • Veränderung der Habitatstruktur → Veränderung der Benthosgemeinschaft → Veränderungen der Nahrungsverfügbarkeit für Fische, marine Säuger und Seevögel
Hindernisse und Sichtbarkeit im Luftraum und visuelle Unruhe	• Veränderung der Habitatstruktur → Scheuchwirkung auf Seevögel → Verringerung des Fraßdrucks auf Fische → Veränderung der Artzusammensetzung Fische → Veränderung der Artzusammensetzung Benthos
Nutzungseinschränkung	• Durch Ausschluss der Fischerei störungsfreie Entwicklung der Biotope und Lebensgemeinschaften → Erhöhung der Nahrungsverfügbarkeit für Benthos, Fische, marine Säuger und Seevögel
Stoffeinträge ins Wasser	• Reduzierung der allgemeinen Fitness von Fischen durch erhöhte Schadstoffkonzentrationen → temporär veränderte Nahrungsverfügbarkeit für marine Säuger und Seevögel → temporäre Änderungen in der biologischen Vielfalt
Elektromagnetische Felder	• Verhaltensveränderungen von Knorpel- und Knochenfischen möglich → temporär veränderter Fraßdruck → temporär veränderte Nahrungsverfügbarkeit für marine Säuger und Seevögel → temporäre Änderungen in der biologischen Vielfalt

Wirkfaktor	Wechselwirkungen
Wärmeemissionen	• Potenzielle Auswirkungen auf Benthos → Veränderung Artzusammensetzung bzw. Biomasse des Benthos → veränderte Nahrungsverfügbarkeit für Fische, Säuger, Seevögel
Windparkbezogener Schiffsverkehr	• Scheuchwirkung auf Vögel und marine Säugetiere → Verringerung des Fraßdrucks auf Fische → Veränderung der Artzusammensetzung Fische → Veränderung der Artzusammensetzung Benthos

4.13 Fazit

In den Kapiteln 5.4 bis 5.10 wurden die Bestände der relevanten Schutzgüter ausführlich dargestellt und bewertet. Darüber hinaus wurden die wahrscheinlichen Wirkungen eines OWP auf die einzelnen Schutzgüter im Gebiet beschrieben und Überlegungen zur Tragfähigkeit des Gebietes angestellt. Insgesamt ist die Datenbasis ausreichend, für alle betrachteten Schutzgüter die momentane Situation im Gebiet sowie die Auswirkungen durch den Ausbau der Windenergie im NSG „Doggerbank“ grundsätzlich einzuschätzen.

Insgesamt ergibt sich die Einschätzung, dass das gesamte NSG „Doggerbank“ eine allgemeine Bedeutung für die Schutzgüter Pelagische Primärproduktion, Benthische Lebensräume, Fische, Rastvögel, Zugvögel, Marine Säugetiere und Fledermäuse aufweist. Dies bedeutet, dass die Schutzgüter innerhalb des NSG „Doggerbank“ vorkommen. Für einige der Schutzgüter konnten darüber hinaus folgende Abgrenzungen getroffen werden: Es zeigte sich für die Schutzgüter Benthische Lebensräume und Fische eine erhöhte Artenvielfalt an den Hangbereichen an den nördlichen und südlichen Rändern des NSG (Abb. 4.18 bzw. Abb. 8.115). Für marine Säuger ließen sich zwar insgesamt keine klaren Präferenzen abgrenzen, jedoch wurden auch hier hohe Dichten an den Hangbereichen festgestellt (z. B. für Zwergwale), vermutlich aufgrund der hohen Produktivität in diesem Bereich. Dennoch muss für marine Säuger insgesamt davon ausgegangen werden, dass das gesamte Gebiet des NSG ein wichtiges Habitat darstellt (Abb. 4.18 bzw. Abb. 8.117). Rastvögel wurden auch im gesamten Gebiet nachgewiesen, jedoch zeigten einige Arten zumindest zeitweilig erhöhte Dichten am südlichen Rand des NSG, sowie auch am östlichen und nördlichen Rand (Abb. 4.18 bzw. Abb. 8.116). Dies überschneidet sich teilweise ebenfalls mit den Hanglagen, die andere Schutzgüter bevorzugen. Eine besondere Bedeutung kommt somit scheinbar den produktiven Hangbereichen im Norden und Süden des Gebietes zu.

Für Zugvögel und Fledermäuse lässt sich kein bevorzugter Bereich der Nutzung abgrenzen. Da diese Arten im Gebiet weder rasten noch Nahrung aufnehmen, kann davon ausgegangen werden, dass das gesamte NSG „Doggerbank“ zum Durchzug genutzt wird.

Als Ergebnis der vorangestellten Sensitivitätsanalyse lässt sich festhalten, dass innerhalb des NSG „Doggerbank“ Flächen für den Bau eines OWP abgegrenzt werden können, die einen geringe-

ren Konflikt mit den jeweilig betrachteten Schutzgütern aufweisen als andere Flächen. Entsprechend der Sensitivitätsanalyse weisen vor allem die Hangbereichen im Norden und Süden des NSG ein erhöhtes Konfliktpotenzial auf, während die Bereiche im Westen und im zentralen Bereich des NSG „Doggerbank“ im Vergleich ein geringeres Konfliktpotenzial aufweisen.

Die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse werden im nächsten Schritt bei der Positionierung möglicher OWP-Standorte im NSG „Doggerbank“ berücksichtigt.

5 MÖGLICHE SZENARIEN DES OFFSHORE-WINDENERGIE AUSBAUS IM NSG „DOGGERBANK“

Es wurden vier verschiedene Szenarien für den Ausbau der Offshore-Windenergie im NSG „Doggerbank“ herausgearbeitet, welche beschrieben und hinsichtlich ihrer Naturverträglichkeit bewertet werden. Hierfür wird die in Kapitel 5.1 herausgearbeitete Definition der Tragfähigkeit herangezogen (einschließlich der schutzgutspezifischen Überlegungen zur Tragfähigkeit). Es erfolgt eine ökosystemare Betrachtung der möglichen Ausbau-Szenarien sowie eine Priorisierung der Ausbau-Pfade auf Schutzgutebene.

5.1 Methodik für die Ableitung geeigneter Szenarien

Die Erarbeitung der nachfolgend betrachteten Szenarien beruht auf den Ergebnissen des Screenings weiterer Technologieentwicklungen (siehe Kapitel 4), den Ergebnissen der Sensitivitätsanalyse (siehe Kapitel 5; Abb. 4.18) sowie auf den raumplanerischen Festlegungen im NSG „Doggerbank“.

Auswahl der relevanten technischen und raumplanerischen Standortparameter

Für die OWEA wurden die in Tab. 5.1 dargestellten technischen Annahmen getroffen.

Tab. 5.1 Angenommene Anlagenkonfiguration zur Szenarienerstellung.

	Nennleistung [MW]	Rotordurchmesser [m]	Nabenhöhe [m]
OWEA-Typ 1	22	290	175
OWEA-Typ 2	28	330	195

Der OWEA-Typ 1 entspricht einem Windenergieanlagenmodell für eine mögliche Inbetriebnahme im Jahr 2040 und der OWEA-Typ 2 einem Typ für eine mögliche Inbetriebnahme im Jahr 2050. Die Anlagen innerhalb des OWP wurden in allen Szenarien soweit möglich mit einem Abstand des 7-fachen Rotordurchmessers (2.030 m bei OWEA-Typ 1 und 2.310 m bei OWEA-Typ 2) in Hauptwindrichtung und des 5-fachen Rotordurchmessers (1.450 m bei OWEA-Typ 1 und 1.650 m bei OWEA-Typ 2) in Nebenwindrichtung platziert, dies entspricht einer Leistungsdichte von ca. 10 MW/km². Diese Annahmen werden als gängige Praxis in der Offshore-Branche zur initialen Abschätzung eines möglichen Windparklayouts unter Verwendung eines möglichst optimalen Abstands der Windenergieanlagen hinsichtlich der dynamischen Lasten der Anlagen durch Nachlaufeffekte und betriebswirtschaftlicher Gesichtspunkte verwendet. Zusätzlich wurden die Effekte der zwei benachbarten Offshore-Windparkflächen N-17 und N-19 berücksichtigt, die im Nordwesten und Südosten des NSG „Doggerbank“ liegen. Die Überplanung beider Flächen erfolgte beispielhaft mit dem OWEA-Typ 1 mit 22 MW Nennleistung, einem Rotordurchmesser von 290 m und einer Nabenhöhe von 175 m. Im Gebiet N-17 wird auf Basis von Informationen aus vergangenen FEP-Entwürfen mit einer Gesamtleistung von 3 GW kalkuliert, im Gebiet N-19 mit einer Gesamtleistung

von 6 GW. Daraus resultiert ein Abstand der OWEA untereinander in Höhe des 6-fachen Rotordurchmessers (1.740 m) in Hauptwindrichtung und des 4.5-fachen Rotordurchmessers (1.305 m) in Nebenwindrichtung.

In den Szenarien wurden Monopiles, Jackets und Suction Bucket Jackets als mögliche Gründungsarten berücksichtigt (die Grundlagen dafür finden sich in Kapitel 4.2). Dies ergibt sich insbesondere durch die Wassertiefen im NSG „Doggerbank“, für welche die genannten Gründungen geeignet sind. Für das NSG „Doggerbank“ liegen nur wenige verwertbare Analysen der Baugrundeigenschaften vor. Die ausgewerteten Daten haben grundsätzlich keine ausschließende Wirkung auf eine der genannten Gründungen. Entsprechend der gängigen Praxis wurde innerhalb eines Szenarios bzw. Clusters keine gemischte Anwendung von Fundamenttypen berücksichtigt. Grund hierfür ist der unverhältnismäßig hohe wirtschaftliche Aufwand insbesondere bei Planung, Installation und Betrieb für zwei unterschiedliche Gründungsstrukturen auf einer Fläche. Die im Rahmen der Szenarien entwickelten Parklayouts entsprechen keiner tatsächlichen Windparkplanung, da hierfür weitreichende Voruntersuchungen (z. B. geophysikalische und geotechnische Voruntersuchungen) zur Evaluierung der Standorte und des Fundamentdesigns notwendig sind.

In allen Szenarien wird davon ausgegangen, dass im Hinblick auf die Windparkanbindung die Standardübertragungsleistung von 2.000 MW für Konverterplattformen als Standardnetzanbindungskonzept, wie im FEP beschrieben, langfristig etabliert wird, sodass sich Cluster mit jeweils 2 GW Gesamtleistung ergeben. Mit der gewählten Anlagenkonfiguration ist eine weitgehend flexible Platzierung der Konverterplattform innerhalb der Cluster möglich. Die Sicherheitsabstände von 1.000 m um die Konverterplattform und 500 m um die OWEA können bei den o. g. Abständen zwischen den OWEA auch bei einer Anordnung der Konverterplattform mitten im OWP eingehalten werden, ohne das Layout der OWEA wesentlich anpassen zu müssen. Zur Vereinfachung der Logistik, wird die Plattform mit hoher Wahrscheinlichkeit an den Rand des OWP und nahe des Leitungskorridors platziert. So kann beispielsweise bei Installation und Betrieb die Durchquerung des OWP vermieden werden. Da die Wahl des Standorts der Konverterplattform hinsichtlich des Einflusses auf die Meeresumwelt und für den Entwurf der Szenarien keine entscheidende Bedeutung zugemessen wird, wird diese vernachlässigt. In den Szenarien wurde keine Abweichung der tatsächlich installierten Leistung von der zugewiesenen Netzanbindungskapazität von bis zu 10 % berücksichtigt, wie sie laut FEP möglich wäre.

Für die Gestaltung der Szenarien wurden die raumplanerischen Festlegungen des ROP 2021 berücksichtig. Wesentlichen Einfluss haben die Vorbehaltsgebiete für Leitungen und die Schifffahrtsstraßen im NSG „Doggerbank“. Aktuell wird eine Umstrukturierung der Schifffahrtsstraßen in diesem Bereich bei den zuständigen Behörden diskutiert. Der aktuelle Planungsstand (Stand: 31.07.2024) und damit eine Abweichung von den im ROP 2021 ausgewiesenen Schifffahrtsstraßen wurde berücksichtigt.

Methodik für die Ermittlung der Energieerträge

Für die Berechnung der Energieerträge werden die mittleren jährlichen Windbedingungen und die Jahresenergieerträge der OWEA prognostiziert. Die Prognose erfolgt nach dem Prinzip des Europäischen Windatlasverfahrens (Petersen et al 1990). Für die Berechnung der Windverhältnisse im NSG „Doggerbank“ werden als Basis die Windeingangsdaten zur Untersuchung der meteorologischen Bedingungen auf der Windfläche N-9.1 herangezogen (Deutsche WindGuard 2024). In der Untersuchung werden die Windverhältnisse für die in der deutschen Nordsee gelegenen Offshore-Windflächen N-9.1, N-9.2 und N-9.3, die zum Gebotstermin am 1. August 2024 ausgeschrieben werden, prognostiziert. Hinsichtlich der verwendeten Vorgehensweise wird auf den zuvor genannten Bericht verwiesen. Die Verwendung der Langzeit-Windverteilung von den Flächen N-9.1 bis N-9.3 als meteorologische Basisdaten für die Übertragung auf die potenziellen Flächen im NSG „Doggerbank“ wird als geeignet angesehen. Mit Hilfe der Software WINDPRO (Version 3.6) des dänischen Entwicklers EMD[212] erfolgt die Ermittlung der Windverhältnisse und der zu erwartenden Jahresenergieerträge am Standort NSG „Doggerbank“ für die verschiedenen Bebauungsszenarien. Für die Ermittlung der Jahresenergieerträge ist neben den Windverhältnissen das Vorliegen von Leistungskennlinien nötig. Weiterhin werden Schubbeiwertkennlinien für die Ermittlung der Abschattungseffekte (Wake-Verluste) von benachbarten OWEA benötigt. Im vorliegenden Fall werden für den verwendeten OWEA-Typ 1 und OWEA-Typ 2 diesbezügliche Kennlinien generiert. Die Generierung basiert auf der entsprechenden OWEA-Technologie und den Erfahrungswerten der Deutschen WindGuard aus dem Bereich der Leistungskurvenvermessung.

Die Energieerträge für die jeweiligen geplanten Bebauungsszenarien und der verwendeten Beispiel-OWEA-Typ 1 (22 MW) und Typ 2 (28 MW) werden in zwei Stufen angegeben:

- **Brutto-Energieertrag;** enthält weder Verluste aufgrund von Abschattungseffekten durch benachbarte WEA noch jegliche anderen Verluste,

- **Netto-Energieertrag;** enthält die Verluste, die sich durch die Abschattungseffekte der benachbarten OWEA ergeben (Wake-Verluste) und die Verluste, die im realen Betrieb in der Regel auftreten. Dies können bspw. technische Verluste (elektrische Übertragungsverluste, technische Nichtverfügbarkeit der OWEA, physikalische Degradation der Rotorblätter, etc.) sein.

Im nachfolgenden Abschnitt wird auf die Verluste eingegangen, die bei der Ermittlung des Netto-Energieertrags für den Standort NSG „Doggerbank“ berücksichtigt wurden.

Die Verluste, die den größten Effekt auf den Energieertrag haben, sind die **Abschattungsverluste (Wake-Effekte) durch andere OWEA**. Zusätzlich zu den OWEA der jeweiligen Bebauungsszenarien für den Standort NSG „Doggerbank“ werden auch die Effekte der zwei benachbarten Windgebiete N-17 und N-19 berücksichtigt.

212 Vgl. www.emd.dk

Neben dem zuvor genannten Abschattungsverlust treten im realen Betrieb der OWEA weitere technische Verluste auf, die bei der Ermittlung des Netto-Energieertrags ebenso berücksichtigt werden. Hierbei handelt es sich im Wesentlichen um folgende Verlustquellen:

- Verluste durch technische Nichtverfügbarkeit der OWEA;
- Elektrische Übertagungsverluste;
- Verluste infolge des Leistungsverhaltens der OWEA (z. B. Abschalthysterese bei Starkwind, standortspezifische Anpassungen der Leistungskennlinie, suboptimaler Betrieb);
- Verluste durch Umgebungsbedingungen (Vereisung, physikalische Degradation der Rotorblätter, etc.)

Die hier aufgeführten Verluste erheben für den Einzelfall keinen Anspruch auf Vollständigkeit. So werden Ertragsverluste durch sog. Einspeisemanagement („EinsMan“) oder infolge von Abschaltungen durch Direktvermarkter generell nicht betrachtet. Eine entsprechende Vorhersage oder Annahme für die Entwicklung solcher Abschaltungen für einen Betriebszeitraum ab 2040 ist aufgrund der vielen beeinflussenden Parameter wie z. B. den Netzausbau nicht seriös durchzuführen.

Die Produktion von Wasserstoff sowie eine Anbindung des NSG „Doggerbank“ mit einer Pipeline wird nicht berücksichtigt.

5.2 Vorstellung der Szenarien und Bewertung der Naturverträglichkeit

5.2.1 Szenario 1: Keine Bebauung des NSG „Doggerbank“ mit Windenergie

5.2.1.1 Beschreibung des Szenarios

Es erfolgt keine Bebauung des NSG „Doggerbank“ durch Offshore-Windenergie.

5.2.1.2 Bewertung der Naturverträglichkeit

5.2.1.2.1 Pelagische Primärproduktion

Mit Ausnahme möglicher Eutrophierungseffekte (z. B. über große Zuflüsse oder die Luft) scheint die pelagische Primärproduktion im NSG „Doggerbank“ bisher weitgehend unbeeinträchtigt von menschlicher Aktivität zu sein. Die beiden Hauptwirkfaktoren, welche das Phytoplankton (verantwortlich für den Prozess der pelagischen Primärproduktion) beeinflussen, sind die Durchmischung der Wassersäule durch Turbulenzen an Anlagenfundamenten einerseits und die Prädation durch den Fraßdruck des auf dem eingebrachten Hartsubstrat (Fundamente und Steinschüttungen) neu angesiedelten Epibenthos andererseits. Beide Wirkfaktoren würden linear mit der Anzahl der Anlagen zunehmen.

5.2.1.2.2 Benthische Lebensräume und geschützte Biotope

Das Benthos ist im NSG „Doggerbank“ vor allem durch Schleppnetz- und Kurrefischerei anthropogen vorbelastet. Neben einer negativen Korrelation zwischen epibenthischer Artenanzahl und Intensität der stattfindenden Kurrefischerei (Callaway et al. 2002) ist die Verschiebung von langlebigen hin zu kurzlebigen Arten mit hoher Reproduktionsrate durch direkte Störungen des Sediments durch Fischereitätigkeit hervorzuheben (Hiddink et al. 2019). Bei einer Nichtdurchführung des Plans wäre das Benthos im NSG „Doggerbank“ vor allem durch Schifffahrt und bodenberührende Fischerei durch den Menschen beeinflusst. Vor allem hinsichtlich der Fischerei ist davon auszugehen, dass das Gebiet bei Nichtdurchführung des Plans weiterhin genutzt wird und seine Funktion als Refugium somit nicht gegeben wäre. Lediglich die geplante Schließung des NSG für die Fischerei im nördlichen und nordwestlichen Bereich könnte in diesen Bereichen eine Erholung für das Benthos bedeuten (*Joint Recommendation for Offshore Fisheries Management on the International Dogger Bank* 2016). Die zahlreichen kleinräumigen Auswirkungen durch die Einbringung von gebietsfremdem Hartsubstrat entfielen jedoch.

5.2.1.2.3 Fische

Überlieferungen von ehemals hohen Abundanzen deuten auf eine hohe Bedeutung des NSG „Doggerbank“ als potenziellen Lebensraum für Prädatoren wie dem Dornhai hin. Neben der gezielten Fischerei auf diese Arten, die in der Vergangenheit zur deutlichen Reduktion der Bestände geführt hat, spielt auch die Fischerei auf Beuteorgansimen und somit die Reduktion der Nahrungsverfügbarkeit eine wichtige Rolle. Es ist davon auszugehen, dass sich bei einer Nicht-Bebauung des Gebietes durch die Offshore-Windenergie, Stressoren die durch Nutzungsarten wie Fischerei und Schiffsverkehr entstehen, weiterhin negativ auf das Schutzgut Fische auswirken und die Bestände der Ziel- und Nicht-Zielfangarten weiter reduziert werden. Unklar ist bislang wann es zu einer Umsetzung der geplanten Teilschließung der Fischerei kommt, wie sie derzeit für die nördlich und westlich gelegenen Bereiche des NSG geplant ist (*Joint Recommendation for Offshore Fisheries Management on the International Dogger Bank* 2016). Es ist zu erwarten, dass sich die damit verbundene Reduktion des fischereilichen Drucks positiv auf viele Bestände auswirken kann.

5.2.1.2.4 Rastvögel

Im Falle einer Nicht-Bebauung des NSG „Doggerbank“ wird das Gebiet weiterhin, trotz der aktuell bestehenden Vorbelastung durch Schifffahrt und Fischerei, einen vergleichsweise ungestörten Lebensraum für Rastvögel bieten. Da in der deutschen AWZ in den kommenden Jahren laut FEP (BSH 2024) eine große Anzahl an OWEA errichtet werden und auch im angrenzenden Ausland ein zunehmender Ausbau geplant ist, werden sich die Bedingungen für Rastvögel in der deutschen AWZ bis 2040 grundlegend verändern. Es wird voraussichtlich für viele Arten, aber besonders die empfindlichen Arten, zu einem deutlichen Habitatverlust und einer Umverteilung im Raum kommen. Bisher weniger stark belastete Gebiete, wie das NSG „Doggerbank“, könnten als Ausweichflächen genutzt werden.

Allerdings sind nördlich und südlich des NSG ebenfalls Windparkflächen vorgesehen (N-17 und N-19; BSH 2024), welche voraussichtlich Auswirkungen haben werden, die in das NSG hineinwirken

werden. Auch die geplante Verlegung der Schifffahrtsstraßen SN18 und SN16, die durch das NSG verlaufen (siehe Kapitel 5.3.1), kann sich auf Rastvögel auswirken, da die neue Streckenführung durch den von Rastvögeln stark genutzten südlichen Bereich des NSG führt. Der Grad der Auswirkung wäre jedoch abhängig vom Verkehrsaufkommen im Gebiet.

Es ist möglich, dass sich im Falle von Szenario 1 die Dichten erhöhen und evtl. auch die Artzusammensetzung und die Verteilungsschwerpunkte der Rastvögel im NSG „Doggerbank“ ändern werden, falls Arten, die ein ausgeprägtes Meideverhalten zeigen, aus angrenzenden Gebieten in das NSG ausweichen.

5.2.1.2.5 Zugvögel

Der unzulängliche Wissenstand zum Vogelzug über der zentralen Nordsee erlaubt noch keinen Ausblick auf eine möglicherweise unbeeinflusste Entwicklung dieses Schutzgutes. Sicher ist lediglich, dass Vogelpopulationen weltweit sich einer Vielzahl von Herausforderungen des Klimawandels anpassen müssen. Diese und andere Wirkfaktoren außerhalb des NSG „Doggerbank“ (wie z. B. das Auftreten von Seuchen wie HPAI in vielen Seevogelkolonien in jüngster Zeit) wirken vermutlich kumulativ und verstärken sich gegenseitig. Mit solchen „Vorbelastungen“ werden sich alle Vogelpopulationen – in unterschiedlichem Maße – arrangieren müssen, wobei insbesondere die Spätfolgen, z. B. für die Reproduktion, bisher kaum abzuschätzen sind.

5.2.1.2.6 Marine Säugetiere

Die ausgewerteten Daten deuten auf eine Zunahme der Bedeutung des Gebiets für Schweinswale im betrachteten Zeitraum 2002-2024 hin. Auch für die anderen betrachteten Arten gab es in den jüngsten Erfassungen oft hohe Abundanzen. Über die Gründe dafür kann höchstens spekuliert werden. Allgemeiner Populationsanstieg, hohe Nahrungsverfügbarkeit im NSG, bzw. Überfischung in anderen Gebieten, Abwanderung aus anderen Bereichen aufgrund menschlicher Aktivitäten, wie dem zunehmenden Ausbau von OWEA und damit verbundenen Schalleinträgen, Schwankungen in der Beuteverfügbarkeit aufgrund natürlicher Faktoren oder dem Klimawandel könnten denkbare Ursachen sein. Unklar ist, ob sich dieser Trend in der Zukunft fortsetzen wird oder sich auch wieder umkehren könnte. Das Schutzgut ist eng an den Zustand des Schutzgutes Fische gekoppelt. Bei einer Nichtdurchführung des Plans entfielen die positiven Effekte, die sich durch eine Nutzungseinschränkung der aktiven Fischerei auf der Fläche des OWP ergäben. Eine Teilschließung der Fischerei, wie sie aktuell für etwa die Hälfte der NSG-Fläche im nördlichen und westlichen Bereich vorgeschlagen ist (*Joint Recommendation for Offshore Fisheries Management on the International Dogger Bank* 2016), würde sich jedoch auch bei Nicht-Bebauung positiv auf die Nahrungsfischbestände (z. B. Sandaal) auswirken mit positiven trophischen Effekten auf marine Säugetiere. Es kann vermutet werden, dass, falls es tatsächlich zu der geplanten Teilschließung der Fischerei kommt, das NSG „Doggerbank“ auch im Jahr 2040 eine insgesamt hohe Bedeutung für marine Säugetiere haben wird.

5.2.1.2.7 Fledermäuse

Es ist davon auszugehen, dass bei einer Nicht-Bebauung des NSG „Doggerbank“ durch Offshore-Windenergie weiterhin von einer ausnahmsweisen Nutzung der offenen See und damit auch des NSG „Doggerbank“ durch Fledermäuse während der Migration auszugehen ist. Der Schwerpunkt der Fledermaus-Migration wird weiterhin in den küstennahmen Bereich liegen und dem NSG „Doggerbank“ damit weiterhin eine untergeordnete Rolle für Fledermäuse zukommen.

5.2.2 Szenario 2: Bebauung mit 4 GW Windenergieleistung

5.2.2.1 Beschreibung des Szenarios

In Szenario 2 wurden zwei Cluster südwestlich und nordöstlich der Schifffahrtsstraße SN18 mit einer Gesamtwindenergieleistung von 4 GW entwickelt. Die Anordnung wird in der folgenden Abb. 5.1 bzw. Abb. 5.2 dargestellt. In Abb. 5.1 ist das Layout mit OWEA-Typ 1 mit 22 MW Nennleistung (Szenario 2.1) und in Abb. 5.2 mit OWEA-Typ 2 mit 28 MW Nennleistung (Szenario 2.2) dargestellt. Durch die Planung mit diesen beiden Anlagentypen werden Unwägbarkeiten hinsichtlich der Anlagenentwicklung und des möglichen Inbetriebnahmezeitpunkts berücksichtigt.

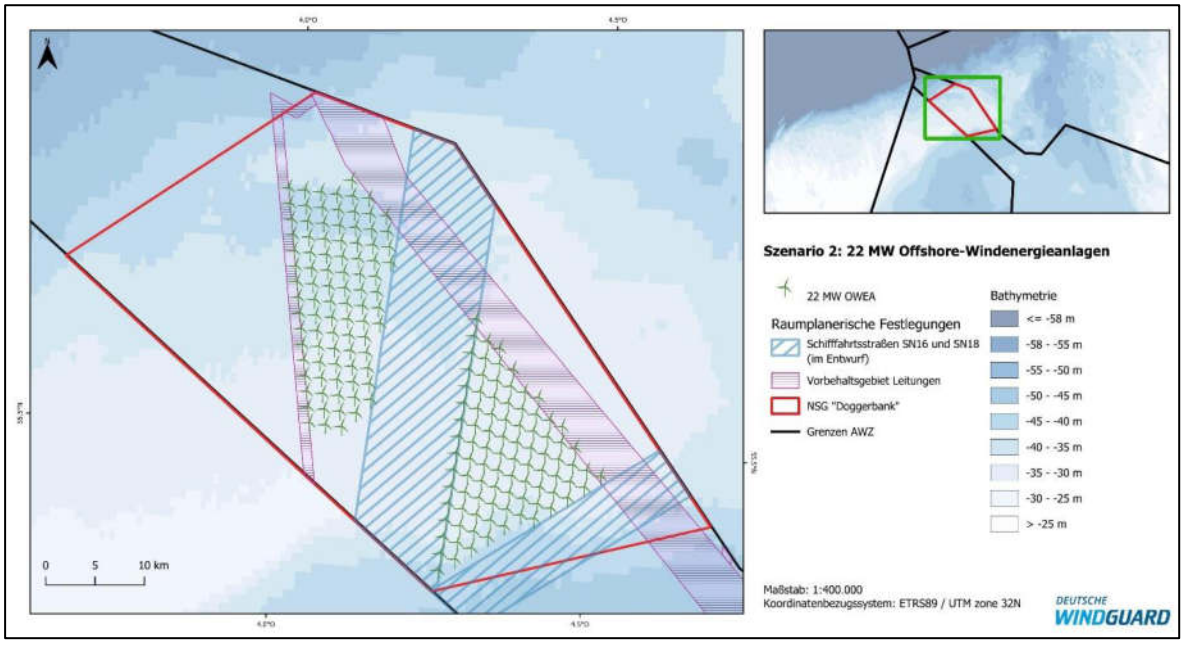


Abb. 5.1 Layout für Szenario 2.1 mit 22 MW OWEA.

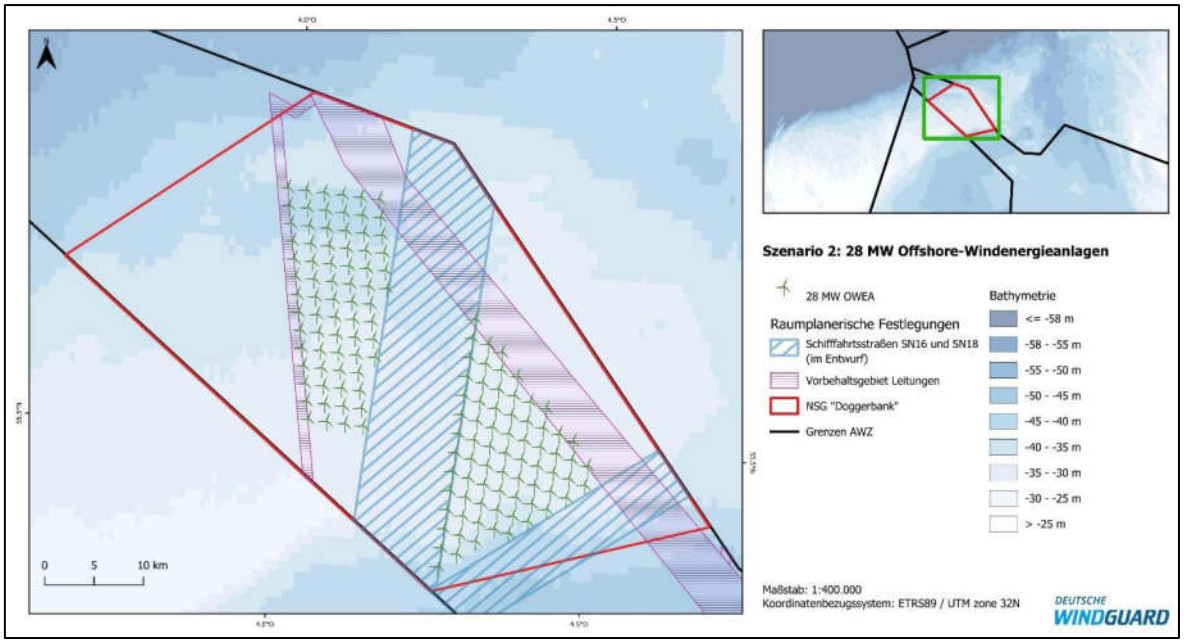


Abb. 5.2 Layout für Szenario 2.2 mit 28 MW OWEA.

Die Anordnung erlaubt eine direkte Anbindung an die Vorbehaltsgebiete für Leitungen. Die Netzanbindung kann ohne die Querung weiterer Gebiete im NSG „Doggerbank“ realisiert werden. Für die Innerparkverkabelung werden bei Einsatz der 22 MW OWEA ca. 440 km Kabel, bei Einsatz der 28 MW OWEA ca. 420 km Kabel für 4 GW Gesamtleistung benötigt.

Die Ergebnisse der Energiebetragsberechnung sind in der folgenden Tab. 5.2 dargestellt.

Tab. 5.2 Ergebnisse der Jahresenergieertragsberechnungen für Szenario 2.

	Szenario 2.1 OWEA-Typ 1 (22MW)	**Szenario 2.2** OWEA-Typ 2 (28 MW)
Gesamte installierte Leistung (GW)	4	4
Brutto-Energieertrag des Gesamtparks (GWh/a)	22.360	22.761
Netto-Energieertrag des Gesamtparks (GWh/a)	17.208	17.755
Volllaststunden (h/a)	4.298	4.403

Bei einer installierten Gesamtleistung von 4 GW können entsprechend des Szenarios 17.208 GWh/a bzw. 17.755 GWh/a elektrische Energie produziert werden. Daraus lassen sich Volllaststunden in Höhe von 4.298 h/a bzw. 4.403 h/a ableiten. Diese liegen deutlich über den im Mittel zu erwartenden Volllaststunden von 3.400 h/a bei Vollausbau der Nordsee mit Offshore-Windenergie und entsprechen den Prognosen für das Gebiet in der Zone 5 (N-19) der AWZ. Die vergleichsweise hohen

Volllaststunden können aufgrund der freien Anströmung aus der Hauptwindrichtung aus südwestlicher Richtung erreicht werden. Der zunehmende Ausbau der Windenergie und die eintretenden Wake-Effekte reduzieren in küstennäheren und in dichter mit OWP bebauten Gebieten die Volllaststunden, sodass in diesen Gebieten teilweise lediglich noch 3.000 h/a erreicht werden.

5.2.2.2 Bewertung der Naturverträglichkeit

5.2.2.2.1 Pelagische Primärproduktion

Die beiden Hauptwirkfaktoren, welche das Phytoplankton (verantwortlich für den Prozess der pelagischen Primärproduktion) beeinflussen, sind die Durchmischung der Wassersäule durch Turbulenzen am Anlagenfundament einerseits und die Prädation durch den Fraßdruck des auf dem eingebrachten Hartsubstrat neu angesiedelten Epibenthos andererseits. Beide Faktoren sind unabhängig vom Standort einzelner OWEA und nehmen linear mit der Anzahl der Anlagen zu.

Die Größe der Wirbelschleppen und der Umfang der Durchmischung wird u. a. maßgeblich beeinflusst vom Durchmesser des Fundamentes zwischen Sedimentoberfläche und Wasseroberfläche. Für eine Monopile-Gründung wird der Durchmesser je nach Anlagengröße mit 10-14 m (für 22 MW) bzw. mit 12-16 m (für 28 MW) angenommen. Für eine Jacket-Gründung hingegen wird er in beiden Fällen mit 1,5-3 m und für eine Suction-Bucket-Jacket-Gründung in beiden Fällen mit 10-15 m angenommen, wobei für diese beiden Gründungen jeweils 3-4 Gründungselemente zum Tragen kommen (statt des einen beim Monopile). Auch ohne (publizierte) Forschung zur Verwirbelung an Jacket-Fundamenten kann davon ausgegangen werden, dass die wesentlich geringeren Durchmesser eine wesentlich geringere Durchmischung des Wasserkörpers nach sich ziehen. Die Suction-Bucket-Jacket-Gründung hingegen besitzt einen 3–4-fachen Pfahldurchmesser wie ein Monopile und dürfte somit eine entsprechend größere Wirbelschleppe nach sich ziehen. Daher könnte eine Jacket-Gründung eine akzeptable Mitigationsmaßnahme darstellen.

Die Biomasse des neu angesiedelten Epibenthos wird direkt proportional vom eingebrachten Hartsubstrat (Kolkschutz und Gründung) abhängen. Eine flächenhafte Versiegelung ist bei allen drei Gründungstypen zu erwarten, jedoch in sehr unterschiedlicher Ausprägung, u. a., weil die Jacket-Gründung bei entsprechendem Design auf einen Kolkschutz durch eine Schotterschüttung verzichtet werden kann. Die Gesamtflächen-Versiegelung für eine Monopile-Gründung wird je nach Anlagengröße 490 - 3.120 m^2 (für 22 MW) bzw. 710 - 4.070 m^2 (für 28 MW) pro OWEA betragen. Für die Jacket-Gründung hingegen wird sie in beiden Fällen nur 5 – 28 m^2 und für eine Suction-Bucket-Jacket-Gründung in beiden Fällen 1.260 – 10.500 m^2 pro OWEA betragen. Die Gesamtflächenversiegelung unterscheidet sich demnach je nach Gründungstyp um Größenordnungen, und nur die Jacket-Gründung kann die Versiegelung – und somit auch eine Besiedlung von Filtrierern – weitgehend vermeiden. Daher könnte für dieses Schutzgut nur eine Jacket-Gründung ohne Kolkschutz wiederum eine akzeptable Maßnahme darstellen.

5.2.2.2.2 Benthische Lebensräume und geschützte Biotope

Die baubedingten kurzfristigen Störungen des Sediments durch Aufwirbelungen und Verdichtungen beschränken sich auf den direkten Eingriffsbereich während der Installation der 182 bzw. 144 OWEA, der zwei Konverterplattformen und der Kabelverlegung. Für das Szenario 2 wird eine Kabelverlegung auf einer Länge von ca. 440 km (22 MW) bzw. 420 km (28 MW) angenommen und würde bei einer ungefähren Eingriffsbreite von ca. 8 m somit eine Fläche von ca. 3,5 km² (bzw. 3,4 km²) baubedingt beeinträchtigen.

Die Realisierung des Vorhabens wird aufgrund der rechtlichen Rahmenbedingungen und der bisherigen Praxis die lokale Einstellung der fischereilichen Nutzung mittels Baumkurren und Schleppnetzen innerhalb der Windparkfläche zur Folge haben. Innerhalb der Sicherheitszone kann passive Fischerei z. B. mittels Reusen zugelassen werden. Dies könnte sich positiv auf die lokale Benthosgemeinschaft auswirken, da negative Fischereieffekte wie die Störung des Meeresbodens teilweise oder ganz auf einer Fläche von insgesamt ca. 421 km² (28 MW) bzw. 436 km² (22 MW) im NSG „Doggerbank“ wegfallen.

In Szenario 2 werden die beiden südlich und nördlich der Schifffahrtsstraße SN 18 gelegenen Flächen bebaut. Somit kommt es zu Nutzungseinschränkung für die grundberührende Fischerei beiderseits der Schifffahrtsroute SN 18. Zusammen mit der geplanten Teilschließung der nördlichen Bereiche des NSG „Doggerbank“ sind positive Auswirkungen auf den benthischen Lebensraum zu erwarten. Als sensibel identifizierte Randbereiche im Norden und Süden des NSG „Doggerbank“ verbleiben unbebaut.

Monopile

Anlagebedingt kommt es durch die Installation der Fundamente inkl. des Kolkschutzes zu einem gesamten Flächenverlust – je nach Gründungsdurchmesser – zwischen 89.339 (10 m Durchmesser) und 567.339 m² (14 m Durchmesser) für das 22 MW-Szenario bzw. zwischen 101.788 und 586.297 m² für das 28 MW-Szenario. Dies entspricht einem dauerhaften Habitatverlust des LRT „Sandbänke“ im NSG „Doggerbank“ zwischen 0,0055 % und 0,0349 % für das 22 MW-Szenario (182 OWEA) und 0,0063 % bis 0,0361 % für das 28 MW-Szenario (144 OWEA). Da von einer Überschreitung der Tragfähigkeit des LRT „Sandbänke“ bei einem dauerhaften Flächenverlust ab 50.000 m² (bzw. 0,0031 % des vorkommenden LRT „Sandbänke“ im NSG „Doggerbank“) ausgegangen wird, werden die Auswirkungen der Flächeninanspruchnahme der Szenarien mit Monopiles als Gründungsstruktur als erheblich nachteilig für das Schutzgut Benthische Lebensräume und Geschützte Biotope eingestuft.

Anlagebedingt kommt es zu einer Einbringung von Hartsubstrat in ein Feinsandbiotop, was im Eingriffsbereich einen vollständigen Lebensraumverlust der Weichboden-Lebensgemeinschaft auf einer Fläche von insgesamt 75.045 – 539.322 m² (22 MW-Szenario) bzw. 85.502 – 557.344 m² zur Folge hat und durch eine erhöhte Habitatkomplexität eine Ansiedlung von gebietsfremden Arten der Hartbodenfauna punktuell um die OWEA fördert. Die Flächenverluste durch den Kolkschutz lie-

gen in beiden Szenarien bereits über dem angenommenen Grenzwert von 50.000 m² für einen maximalen tragbaren Flächenverlust für den LRT „Sandbänke“ und sind somit als erheblich nachteilig für das Schutzgut Benthische Lebensräume und Geschützte Biotope einzustufen.

Jacket

Anlagebedingt kommt es durch die Installation der Fundamente zu einem gesamten Flächenverlust – je nach Gründungsdurchmesser und Anzahl Gründungselemente – zwischen 965 (3 Gründungselemente mit je 1,5 m Durchmesser) und 5.146 m² (4 Gründungselemente mit je 3 m Durchmesser) für das 22 MW-Szenario bzw. zwischen 763 und 4.072 m² für das 28 MW-Szenario. Dies entspricht einem dauerhaften Habitatverlust des LRT „Sandbänke“ im NSG „Doggerbank“ zwischen 0,0001 % und 0,0003 % für das 22 MW-Szenario (182 OWEA) und 0,00005 % bis 0,0003 % für das 28 MW-Szenario (144 OWEA). Da von einer Überschreitung der Tragfähigkeit des LRT „Sandbänke“ ab einem dauerhaften Flächenverlust von 50.000 m² (bzw. 0,0031 % des vorkommenden LRT im NSG „Doggerbank“) ausgegangen wird, werden die Auswirkungen der Flächeninanspruchnahme der Szenarien mit Jackets als Gründungsstruktur als unerheblich nachteilig für das Schutzgut Benthische Lebensräume und Geschützte Biotope eingestuft.

Bei der Verwendung von Jackets als Gründungsstrukturen kann bei entsprechendem Design auf einen Kolkschutz verzichtet werden, weshalb dieser hier als Wirkfaktor entfällt.

Suction Bucket Jacket

Anlagebedingt kommt es durch die Installation der Fundamente inkl. des Kolkschutzes zu einem gesamten Flächenverlust – je nach Anzahl Gründungselemente und Gründungsdurchmesser– zwischen 229.320 (3 Gründungselemente mit je 10 m Durchmesser) und 1.911.000 m² (4 Gründungselemente mit je 15 m Durchmesser) für das 22 MW-Szenario bzw. zwischen 181.440 und 1.512.000 m² für das 28 MW-Szenario. Dies entspricht einem dauerhaften Habitatverlust des LRT „Sandbänke“ im NSG „Doggerbank“ zwischen 0,0141 % und 0,1177 % für das 22 MW-Szenario (182 OWEA) und 0,0112 % bis 0,0931 % für das 28 MW-Szenario (144 OWEA) und liegt somit um ein Vielfaches über dem Flächenverlust der Szenarien mit Monopiles. Da von einer Überschreitung der Tragfähigkeit des LRT „Sandbänke“ ab einem dauerhaften Flächenverlust von 50.000 m² (bzw. 0,0031 % des vorkommenden LRT im NSG „Doggerbank“) ausgegangen wird, werden die Auswirkungen der Flächeninanspruchnahme der Szenarien mit Suction Bucket Jackets als Gründungsstruktur als erheblich nachteilig für das Schutzgut Benthische Lebensräume und Geschützte Biotope eingestuft.

Anlagebedingt kommt es zu einer Einbringung von Hartsubstrat in ein Feinsandbiotop, was im Eingriffsbereich einen vollständigen Lebensraumverlust der Weichboden-Lebensgemeinschaft von insgesamt 186.437 – 1.782.352 m² (22 MW-Szenario) bzw. 136.201 – 1.410.212 m² (28 MW-Szenario) zur Folge hat und durch eine erhöhte Habitatkomplexität eine Ansiedlung von gebietsfremden Arten der Hartbodenfauna fördert. Die Flächenverluste durch den Kolkschutz liegen in beiden Szenarien weit über dem angenommenen Grenzwert von 50.000 m² für einen maximalen tragbaren Flächenverlust für den LRT „Sandbänke“.

Zusätzlich sind in diesem Szenario zwei Konverterplattformen mit jeweils 11.000 m^2 Flächeninanspruchnahme durch Gründungen und Kolkschutz vorgesehen. Hierdurch werden die oben beschriebenen Einstufungen der verschiedenen Gründungstypen in ihrer Erheblichkeit in Bezug auf Flächenverluste jedoch nicht verändert.

5.2.2.2.3 Fische

Das Parklayout von Szenario 2 ist günstig für das Schutzgut Fische, da die Anlagen recht zentral im NSG „Doggerbank“ platziert sind. Aufgrund der Bebauung sowohl der nördlichen als auch der südlichen Teile kommt es zu Nutzungseinschränkung der Fischerei beiderseits der Schifffahrtsroute auf einer Fläche von ca. 421 km^2 (28 MW) bzw. 436 km^2 (22 MW). Zusammen mit der geplanten Teilschließung der nördlichen Bereiche des NSG ist eine Erholung der Fischbestände zu erwarten. Als sensibel identifizierte Randbereiche der Doggerbank, welche eine erhöhte Artenvielfalt aufweisen verbleiben unbebaut und somit als Lebensraum erhalten.

Monopile

Die Hauptwirkfaktoren für das Schutzgut Fische sind zum einen die Einbringung von Hartsubstrat, zum anderen die durch den raumordnerischen Grundsatz 2.2.2 (4) (BSH 2021b) geregelte Nutzungseinschränkung der Fischerei innerhalb von OWP. Durch die Einbringung von Hartsubstrat kann es aufgrund der Ansiedlung von Makrophyten lokal zu einer Veränderung des Nahrungsspektrums kommen und durch das höhere Nahrungsaufkommen eine Attraktionswirkung auf die Fischfauna entstehen. Da der Einflussbereich einer OWEA auf die Fischfauna auf 200-300 m für pelagische Fische und auf bis zu 100 m für demersale Fische abgeschätzt wird, die Abstände der Anlagen zueinander in diesem Szenario jedoch deutlich größer ausfallen (> 1.000 m in Haupt- und Nebenwindrichtung), ist davon auszugehen, dass jedes Fundament bzw. jede Steinschüttung als eigenes, relativ wenig strukturiertes „Riff" wirkt und die Auswirkungen nicht die gesamte Windparkfläche umfassen. Die mit der Umsetzung dieses Szenarios entstehenden Nutzungseinschränkungen der Fischerei beträfen Flächen beidseitig (nordwestlich und südöstlich) der Schifffahrtsroute auf den zentralen Flächen des NSG „Doggerbank. Zusammen mit der Einschränkung der Fischerei in weiteren OWP (EU-Aktionsplan „Schutz und Wiederherstellung von Meeresökosystemen für eine nachhaltige und widerstandsfähige Fischerei“ (21.02.2023)) und die geplante Teilschließung der Fischerei in den nördlichen Bereichen der Doggerbank (*Joint Recommendation for Offshore Fisheries Management on the International Dogger Bank* 2016), sind positive Refugium-Effekte zu erwarten.

Darüber hinaus können bei der Umsetzung von Szenario 1 Auswirkungen durch Trübungsfahnen/ Sedimentation entstehen (siehe Kapitel 5.6.4). Da diese jedoch zeitlich auf die Bauphase begrenzt und nur im direkten Nahbereich der Tätigkeiten auftreten, sind keine erheblichen Auswirkungen auf das Schutzgut zu erwarten.

Durch die Installation von Monopiles hervorgerufene Schallemissionen können sowohl eine vergrämende Wirkung als auch eine Lockwirkung hervorrufen. Im Nahbereich der Rammungen lassen sich physische Schädigungen von Fischen nicht ausschließen. Jedoch können durch Schallminderungsmaßnahmen, welche gemäß Schallschutzkonzept (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz

und Reaktorsicherheit 2013) zum Schutz von marinen Säugern eingesetzt werden, auch erhebliche Beeinträchtigungen auf das Schutzgut Fische gemindert werden.

In Abhängigkeit von dem Durchmesser der Gründung käme es bei der Einbringung von 182 Anlagen der 22-MW-Klasse zu einer Flächenversiegelung durch Gründung inkl. Kolkschutz von 89.339 m^2 (Ø 10 m) bzw. von 567.339 m^2 (Ø 14 m) und somit zu einem dauerhaften Habitatverlust auf 0,005 % bzw. auf 0,033 % der NSG-Fläche. Bei Verwendung von Anlagen der 28-MW-Klasse bewirkt die Installation von 144 Anlagen eine Flächenversiegelung von 101.788 m^2 (Ø 12 m) bzw. von 586.297 m^2 (Ø 16 m). Dies entspräche einem Habitatverlust auf 0,0055 % bzw. auf 0,035 % der NSG-Fläche. Zusätzlich wird eine Kabelverlegung auf einer Länge von ca. 440 km (22 MW) bzw. 420 km (28 MW) angenommen und würde bei einer ungefähren Eingriffsbreite von ca. 8 m somit eine Fläche von ca. 3,5 km^2 (bzw. 3,4 km^2) baubedingt beeinträchtigen. Da die dauerhafte Flächeninanspruchnahme in einem sehr geringen Anteil des gesamten NSG (< 0,1 %) erfolgt, werden die Auswirkungen als nicht erheblich für das Schutzgut Fische eingestuft.

Geringfügige Auswirkungen durch Stoffeinträge ins Wasser, Elektromagnetische Felder und Lichtimmissionen sind möglich, unter Einhaltung des 2 K Kriteriums sowie der Vorgaben aus dem Emissionskonzept werden die Beeinträchtigungen jedoch als gering eingestuft.

Jacket

Bei der Verwendung von Jackets als Gründungsstrukturen kann bei entsprechendem Design auf einen Kolkschutz verzichtet werden, weshalb die Einbringung von Hartsubstrat hier als Wirkfaktor entfällt.

Emissionen durch Rammschall fallen bei dieser Gründungsmethode aufgrund eines geringeren Pfahldurchmessers (Ø 1,5-3 m) deutlich geringer aus als bei der Verwendung von Monopiles. Erhebliche Beeinträchtigungen auf das Schutzgut Fische werden gemindert.

In Abhängigkeit von dem Durchmesser der Gründungspfähle käme es bei der Einbringung von 182 Anlagen der 22-MW-Klasse zu einer Flächenversiegelung durch Gründung inkl. Kolkschutz von 965 m^2 (Ø 1,5 m) bzw. von 5.146 m^2 (Ø 3 m) und somit zu einem dauerhaften Habitatverlust auf 0,0001 % bzw. auf 0,0003 % der NSG-Fläche. Bei Verwendung von Anlagen der 28-MW-Klasse bewirkt die Installation von 144 Anlagen eine Flächenversiegelung von 763 m^2 (Ø 1,5 m) bzw. von 4.072 m^2 (Ø 3 m). Dies entspräche einem Habitatverlust auf 0,00005 % bzw. auf 0,0003 % der NSG-Fläche. Zusätzlich wird eine Kabelverlegung auf einer Länge von ca. 440 km (22 MW) bzw. 420 km (28 MW) angenommen und würde bei einer ungefähren Eingriffsbreite von ca. 8 m somit eine Fläche von ca. 3,5 km^2 (bzw. 3,4 km^2) baubedingt beeinträchtigen. Da die dauerhafte Flächeninanspruchnahme in einem sehr geringen Anteil des gesamten NSG (< 0,1 %) erfolgt, werden die Auswirkungen als nicht erheblich für das Schutzgut Fische eingestuft.

Für eine Beschreibung der Wirkpfade Nutzungseinschränkungen, Trübungsfahnen/Sedimentation, Stoffeinträge ins Wasser, Elektromagnetische Felder und Lichtimmissionen wird auf den obigen Abschnitt („Monopiles“) verwiesen.

Suction Bucket Jacket

Neben Monopiles und Jackets kommt es auch bei der Verwendung von Suction Bucket Jackets als Gründungsstrukturen zur Einbringung von Hartsubstrat, wodurch künstliche Riffstrukturen entstehen können. Für eine genau Beschreibung siehe Kapitel 5.6.4. Durch die Größe und Anzahl der Saugnapffundamente erfolgt die Einbringung von deutlich größeren Mengen an Hartsubstrat als bei der Verwendung von Monopiles oder Jacketstrukturen. Für die dadurch entstehenden Riffstrukturen wird somit eine hohe Attraktionswirkung angenommen.

Emissionen durch Rammschall entfallen bei dieser Gründungsmethode vollends. Davon ausgenommen sind Schallemissionen durch Schiffsverkehr, welche im Rahmen der Bauphase zu erwarten sind. Erhebliche Beeinträchtigungen auf das Schutzgut Fische sind nicht zu erwarten.

In Abhängigkeit von dem Durchmesser der Gründungspfähle käme es bei der Einbringung von 182 Anlagen der 22-MW-Klasse zu einer Flächenversiegelung durch Gründung inkl. Kolkschutz von 229.320 m^2 (Ø 10 m) bzw. von 1.911.000 m^2 (Ø 15 m) und somit zu einem dauerhaften Habitatverlust auf 0,014 % bzw. auf 0,112 % der NSG-Fläche. Bei Verwendung von Anlagen der 28-MW-Klasse bewirkt die Installation von 144 Anlagen eine Flächenversiegelung von 181.440 m^2 (Ø 10 m) bzw. von 1.512.000 m^2 (Ø 15 m). Dies entspräche einem Habitatverlust auf 0,011 % bzw. auf 0,089 % der NSG-Fläche. Da die Flächeninanspruchnahme bei Installation der 28 MW Anlagen in einem sehr geringen Anteil des gesamten NSG (< 0,1 %) erfolgt, werden die Auswirkungen als nicht erheblich eingestuft. Bei Installation der 22 MW Anlagen ist eine Flächeninanspruchnahme von > 0,1 % der Fläche möglich, sodass negative Auswirkungen auf das Schutzgut Fische nicht ausgeschlossen werden können. Zusätzlich wird eine Kabelverlegung auf einer Länge von ca. 440 km (22 MW) bzw. 420 km (28 MW) angenommen und würde bei einer ungefähren Eingriffsbreite von ca. 8 m somit eine Fläche von ca. 3,5 km^2 (bzw. 3,4 km^2) baubedingt beeinträchtigen.

Für eine Beschreibung der Wirkpfade Nutzungseinschränkungen, Trübungsfahnen/Sedimentation, Stoffeinträge ins Wasser, Elektromagnetische Felder und Lichtimmissionen wird auf den obigen Abschnitt („Monopiles“) verwiesen.

5.2.2.2.4 Rastvögel

Die südlichen OWEA bedecken in diesem Layout einen großen Teil der sensibelsten Zonen der Rastvögel (siehe Abb. 5.17). Darüber hinaus wird das Habitat durch die über den Park hinausreichende Scheuchwirkung beeinträchtigt. Für die Arten Gelbschnabeltaucher, Trottellumme, Tordalk, Papageitaucher und Krabbentaucher wird unter Berücksichtigung eines Meideradius von 10 km ca. 1.962 km^2 (davon 1.537 km^2 im NSG) und damit ca. 91 % der Fläche des NSG „Doggerbank“ beeinträchtigt (siehe Abb. 6.3). Es ist zu beachten, dass auch darüber hinaus noch Effekte entstehen können, diese jedoch geringer sein werden. Die Flächen im Norden und Osten sind quasi vollständig beeinträchtigt. Im Süden ist der Bereich, wo viele Arten ihre höchsten Dichten zeigen, vollständig entweder durch OWEA belegt oder durch Meideradien belastet. Nur im Nordwesten besteht eine Fläche, wo davon ausgegangen werden kann, dass die Belastung vergleichsweise gering ist. Dies ist unter der Annahme, dass um das NSG „Doggerbank“ keine weiteren OWP bestehen. Sollten die

geplanten Gebiete N-19 nordwestlich des NSG und N-17 südöstlich des NSG realisiert werden, müssen deren Meideradien ebenfalls berücksichtigt werden. Da das Gebiet N-19 sehr nah am NSG angrenzt, kann hier auch unter Szenario 2 davon ausgegangen werden, dass für die Arten Gelbschnabeltaucher, Trottellumme, Tordalk, Papageitaucher und Krabbentaucher diese noch vergleichsweise wenig belastete Fläche im Nordwesten des NSG als Habitat ebenfalls beeinträchtigt wäre. N-17 im Südwesten schließt ebenfalls nah am NSG an, hier ist jedoch unter Szenario 2 bereits eine starke Belastung gegeben. Durch windparkbezogenen Schiffsverkehr kann zusätzliche Störung entstehen.

Für die Arten Eissturmvogel, Basstölpel, Zwergmöwe, Dreizehenmöwe und Fluss-/Küstenseeschwalbe werden unter Berücksichtigung eines 2 km Meideradius unter Szenario 2 ca. 656 km² (davon 654 km² innerhalb des NSG) und damit ca. 38 % der Fläche des NSG „Doggerbank“ beeinträchtigt (siehe Abb. 5.3). Auch bei diesen Arten können Effekte ebenfalls in weiterer Entfernung auftreten. Sollten die geplanten Gebiete N-19 nordwestlich des NSG und N-17 südöstlich des NSG realisiert werden, würde, je nach Layout des OWP, nördlich und südlich möglicherweise zusätzliche Fläche des NSG durch Störung beeinträchtigt. Für wenig störungsempfindliche Arten bleibt unter Szenario 2 zumindest ein Teil des bevorzugten Habitats weniger stark von Störung belastet.

Es ist möglich, dass für die betroffenen Arten ein Unterschied besteht, ob mehrere kleinere oder weniger große Anlagen in größerem Abstand aufgestellt werden. In Szenario 2.1 sind 182 OWEA geplant, in Szenario 2.2 auf quasi derselben Fläche nur 144. Es wird generell angenommen, dass die Meidereaktion bei weniger und weiter entfernten OWEA geringer ist, dies ist jedoch bisher für die hier vorkommenden Arten nicht belegt. Sofern dieser Zusammenhang besteht, wäre Szenario 2.2 (28 MW) dem Szenario 2.1 (22 MW) vorzuziehen. Aufgrund der großen beeinträchtigen Fläche und einer daraus folgenden Verringerung der Dichten, ist für das Schutzgut Rastvögel dennoch davon auszugehen, dass die Tragfähigkeit des NSG „Doggerbank“ in beiden Szenarien überschritten wird.

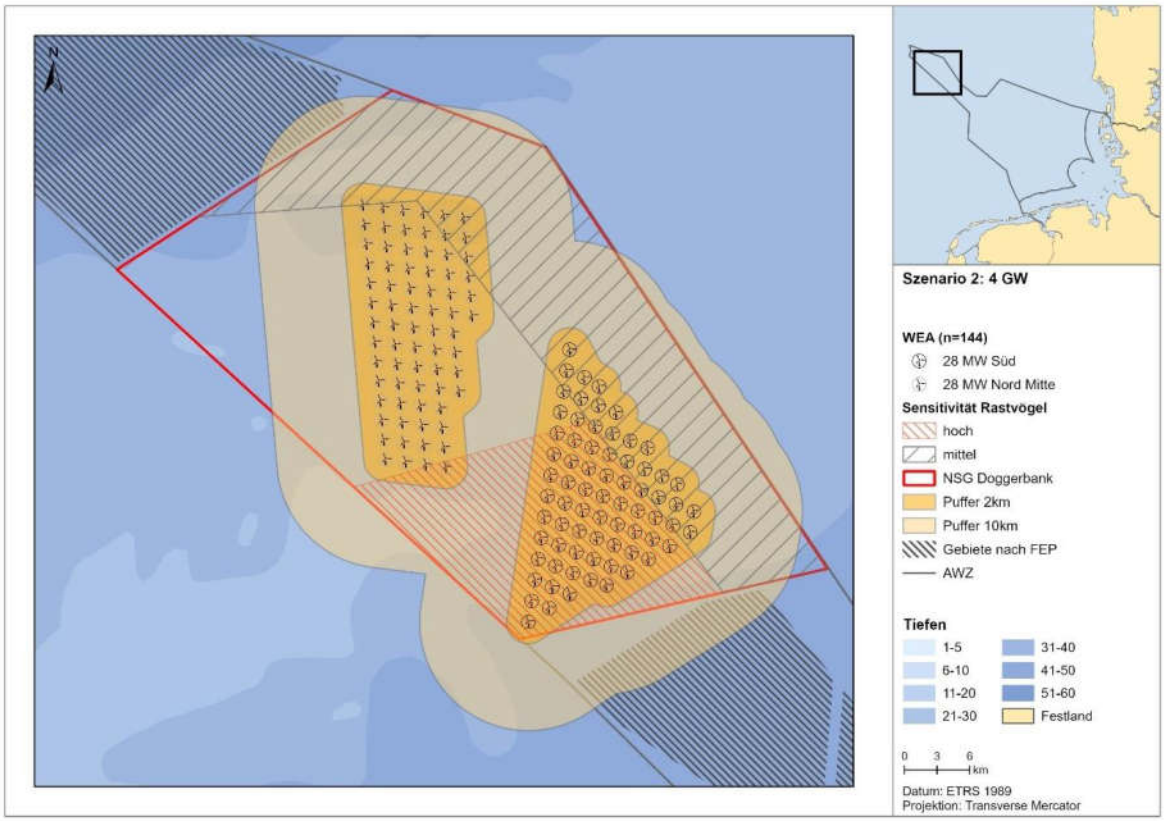


Abb. 5.3 Habitatverlust für Rastvögel unter Szenario 2 (hier: 28 MW Anlagen) im NSG „Doggerbank“ unter Annahme eines Meideradius von 2 km bzw. 10 km.

5.2.2.2.5 Zugvögel

Die beiden wahrscheinlichsten Wirkpfade von OWEA auf aktiv ziehende Zugvögel sind einerseits eine Barrierewirkung mit zusätzlichem Energieverbrauch für deren Überwindung während der Hellphase (tagsüber) und andererseits die Wahrscheinlichkeit einer letalen Kollision (meist) mit den Rotorblättern vor allem während der Dunkelphase (nachts) bei schlechtem Wetter. Energieverbrauch und Kollisionswahrscheinlichkeit dürften vom Standort der Anlage innerhalb des NSG wegen des Breitfrontzuges unabhängig sein. Wenn das individuelle Kollisionsrisiko von der Flughöhe abhängig ist, so ist der von den Rotoren bestrichene Luftraum – und somit auch das Gesamtkollisionsrisiko – weniger, großer Anlagen für dieselbe Gesamtleistung (!) trotz größerer Rotordurchmesser niedriger (Johnston et al. 2014, Shimada 2021). Inwieweit die Anlagendichte in Hauptwindrichtung und quer dazu eine Rolle spielen, ist nicht bekannt. Da jedoch die Hauptwindrichtung und die Hauptzugrichtung (SW – NE bzw. umgekehrt) fast übereinstimmen, könnte die höhere Anlagendichte in der Nebenwindrichtung (‚quer‘ zur Hauptzugrichtung beträgt der Anlagenabstand nur 71 % von dem der Hauptwindrichtung) beide Wirkfaktoren (d. h., Barriere-Effekte und Kollisionsrisiko) verstärken.

Gegen die Barrierewirkung scheint es (außer einer linearen OWEA-Anordnung entlang der Zugrichtung) bisher keine sinnvolle Mitigationsmaßnahme zu geben, doch gegen möglichen Vogelschlag

könnte eine bedarfsgesteuerte Abschaltung der OWEA helfen. Da eine vermehrte Kollisionsgefahr für den nächtlichen Vogelzug nur für die Zugnächte mit schlechtem Wetter angenommen werden muss, dürfte eine völlige Abschaltung auch nur in einer überschaubaren Anzahl von Zugnächten erfolgen müssen.

5.2.2.2.6 Marine Säugetiere

Monopile

Rammschall mit max. 160 dB SEL gemäß Schallschutzkonzept (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 2013) würde zu einer Scheuchwirkung auf ca. 12 % der Gebietsfläche und zu einer erheblichen Beeinträchtigung des Schweinswals als Erhaltungsziel des FFH-Gebiets führen. Weitere Schallemissionen entstehen durch Bauschiffe. Wenn durch effektive Schallminderungsmaßnahmen und Bauzeitenregelung kumulativ durch Rammschall und Baufahrzeuge nicht mehr als 10 % der Gebietsfläche mit > 140 dB außerhalb der sensiblen Zeit für Schweinswale Mai-August verlärmt werden, kann eine erhebliche Beeinträchtigung für die marinen Säugetiere vermieden werden (siehe Überlegungen zur Tragfähigkeit, Kapitel 5.9.7). Für den Zwergwal kann aufgrund von Wissenslücken derzeit nicht bewertet werden, ob eine Monopile-Gründung unter Einhaltung der derzeitigen Vorgaben des Schallschutzkonzeptes naturverträglich möglich ist. Bereiche, in denen es zu einer Verletzung von Hörorganen kommen könnte, sowie Vertreibungseffekte könnten aufgrund der Ausbreitung von tieffrequentem Schall im Wasser größer sein als für den Schweinswal. In jedem Fall würde ein Bauzeitenausschluss zwischen März und Juni zu einer Minderung von Störungen führen. Hierbei ist jedoch darauf hinzuweisen, dass eine Begrenzung des Bauzeitenfensters in den Frühjahrs- und Sommermonaten technisch schwer umsetzbar ist.

Jacket

Die Gründungsmethode führt aufgrund der reduzierten Pfahldurchmesser zu deutlich geringeren Schallemissionen während der Bauphase. Erhebliche Beeinträchtigungen durch Scheuchwirkungen können dabei leichter vermieden werden als bei Monopile-Gründungen. Dies hängt jedoch von den tatsächlich zu erwartenden Schalleinträgen bei der Fundamentgründung sowie von der Anzahl und den Schallemissionen der eingesetzten Bauschiffe ab. Für den Zwergwal besteht auch hier eine Wissenslücke.

Suction Bucket Jacket

Die Gründungsmethode führt zu einer fast geräuschlosen Einbringung der Fundamente. Erhebliche Beeinträchtigungen durch Scheuchwirkungen können dabei leichter vermieden werden als bei Monopile-Gründungen.

Da auch bei schallarmen Gründungsmethoden Störwirkung auf marine Säugetiere durch Baufahrzeuge entsteht, führt eine Bauzeitenregelung außerhalb März-August bei allen Gründungsarten zu einer Minderung der baubedingten Störungen für marine Säugetiere. Hierbei ist jedoch darauf hinzuweisen, dass eine Begrenzung des Bauzeitenfensters in den Frühjahrs- und Sommermonaten technisch schwer umsetzbar ist.

Das Parklayout des Szenario 2 ist für das Schutzgut günstig, da die marinen Säugetiere von der Nutzungseinschränkung der Fischerei in der Betriebsphase des OWP auf einem Flächenanteil von rund 25 % des NSG profitieren würden. Die Windparkflächen des Szenario 2 liegen größtenteils außerhalb der nördlichen und nordwestlichen Bereiche der Doggerbank, für die zusätzlich eine Teilschließung der Fischerei geplant ist (*Joint Recommendation for Offshore Fisheries Management on the International Dogger Bank* 2016). Der überwiegende Teil des Schutzgebiets wäre bei Realisierung des Szenario 2 frei von aktiver Fischerei. Es ist zu erwarten, dass dies zu einer Erholung der Nahrungsfischbestände führt mit einer verbesserten Beuteverfügbarkeit für marine Säugetiere.

Negative Auswirkungen entstehen in der Betriebsphase durch den Serviceverkehr, von dem eine Scheuchwirkung sowie die Gefahr von Kollisionen ausgeht. Diese Wirkungen lassen sich über Geschwindigkeitsbegrenzung und Lenkung der Anfahrtswege mindern. Da der grundberührenden Fischerei im Schutzgebiet aktuell starke negative Auswirkungen auf das Schutzgut zugeschrieben werden (BfN 2017), wird prognostiziert, dass die positiven Effekte in der Betriebsphase (Fischereieinschränkung) gegenüber den negativen Effekten (Scheuchwirkung und Kollisionsrisiko durch Serviceverkehr) überwiegen.

Die Größe und Anzahl der Anlagen (Szenario 2.1 vs. 2.2) hat voraussichtlich keinen Einfluss auf die Auswirkungen auf marine Säugetiere.

5.2.2.2.7 Fledermäuse

Die Datengrundlage zeigen nach wie vor große Kenntnislücken zum Fledermauszug über der Nordsee auf. Es ist davon auszugehen, dass OWEA bei Fledermäusen zu groß- und kleinräumigen Anlockeffekten führen können, woraus sich ein Kollisionsrisiko und ein Risiko für Barotraumata ergibt. Die Anordnung der OWP-Cluster sowie das Parklayout nimmt keinen Einfluss auf die Fledermäuse. Für den Bereich des NSG „Doggerbank“ in der zentralen Nordsee im nordwestlichen Teil der deutschen AWZ der Nordsee, ist aufgrund der Entfernung von über 250 km zur nächsten Küste von keiner regelmäßigen Aktivität von Fledermäusen auszugehen, da dieses außerhalb der üblichen Verbreitungsgebiete der Tiere liegt. Zudem ist davon auszugehen, dass Fledermäuse auf offener See mehr oder weniger gleichmäßig verteilt und überwiegend unterhalb der Gefahrenbereiche der Rotoren (< 10 m) zu erwarten sind (Seebens-Hoyer et al. 2021). Kollisionen einzelner Tiere mit OWEA im NSG „Doggerbank“ können nicht ausgeschlossen werden. Als Minderungsmaßnahme könnten Abschaltungen bei entsprechendem Fledermausvorkommen eingesetzt werden. Die Bedingungen für effektive Abschaltungen sind noch zu klären. Bei einem effektiven Einsatz von Abschaltungen in Bezug auf Fledermäuse kann eine Überschreitung der Tragfähigkeit ausgeschlossen werden.

5.2.2.2.8 Zusammenfassung

In Tab. 5.3 erfolgt eine Zusammenfassung der schutzgutspezifischen Bewertungen der Naturverträglichkeit hinsichtlich des vorgestellten Szenario 2.

Tab. 5.3 Szenario 2 – Zusammenfassung der schutzgutspezifischen Bewertung der Naturverträglichkeit (grün = kein Konflikt mit dem Erhalt der (lokalen) Population zu erwarten; gelb = ein negativer Effekt auf den Erhalt der Populationsgröße, aber keine Überschreitung einer kritischen Grenze (dauerhafter Verlust oder Populationsrückgang) zu erwarten; rot = durch den Eingriff ist ein dauerhafter Rückgang der Population zu erwarten; grau = eine kritische Bewertung ist nicht ausgeschlossen, aber Kenntnislücken lassen keine Aussagen zu).

Szenario 2							
Schutzgut/Nutzung		**ungeminderte Auswirkungen**	**Bewertung ungemindert**		**Auswirkungen bei hinzuziehen von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen**	**Bewertung gemindert**	
Pelagische Primärproduktion	Monopile	Durchmischung des Wasserkörpers durch Turbulenzen an den Anlagenfundamenten	Großräumige Veränderungen der jährlichen Primärproduktion	Grau	Deutliche Reduktion der Anzahl der Turbulenzen verursachenden Anlagenfundamente	Keine andere Minderung möglich	Grau
		Prädation durch Fraßdruck des neu auf dem eingebrachten Hartsubstrat angesiedelten Epibenthos	Potenzielle Veränderungen der regionalen jährlichen Primärproduktivität	Grau	Deutliche Reduktion der eingebrachten Hartsubstrat-Fläche der Anlagen	Keine andere Minderung möglich	Grau
	Jacket	Durchmischung des Wasserkörpers durch Turbulenzen an den Anlagenfundamenten	Vermutlich geringere Verwirbelung an Jacket-Fundamenten dank geringerer Fundamentdurchmesser	Grau	Anscheinend keine Minderungsmaßnahmen möglich	Bisher liegen keine Forschungen zur verbleibenden Reduktion der jährlichen Primärproduktion vor.	Grau
		Prädation durch Fraßdruck des neu auf dem eingebrachten Hartsubstrat angesiedelten Epibenthos	Flächenversiegelung nur wenige Quadratmeter bei Jacket-Fundamenten ohne Kolkschutz (um Faktor 100 geringer ohne Steinschüttung)	Grün	Keine Minderungsmaßnahmen nötig	-	Grün

Szenario 2							
Schutzgut/Nutzung		**ungeminderte Auswirkungen**	**Bewertung ungemindert**		**Auswirkungen bei hinzuziehen von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen**	**Bewertung gemindert**	
	Suction Bucket Jacket	Durchmischung des Wasserkörpers durch Turbulenzen an den Anlagenfundamenten	Großräumige Veränderungen der jährlichen Primärproduktion	Grau	Deutliche Reduktion der Anzahl der Turbulenzen verursachenden Anlagenfundamente	Keine andere Minderung möglich	Grau
		Prädation durch Fraßdruck des neu auf dem eingebrachten Hartsubstrat angesiedelten Epibenthos	Potenzielle Veränderungen der regionalen jährlichen Primärproduktivität	Grau	Deutliche Reduktion der eingebrachten Hartsubstrat-Fläche der Anlagen	Keine andere Minderung möglich	Grau
Benthische Lebensräume und geschützte Biotope	Allgemein	Schädigung des Benthos durch Sedimentaufwirbelungen/Trübungsfahnen	Baubedingt und deshalb kurzfristige und kleinräumige Auswirkungen auf Individuen	Grün	Möglichst schonende Kabelverlegeverfahren mit geringer Eingriffsbreite und möglichst geringe Anlagenzahl	Kurzfristige und kleinräumige Auswirkungen auf Individuen	Grün
		Individuenverluste durch Sedimentumlagerung/-verdichtung	Baubedingte, kurzfristige und kleinräumige Beeinträchtigungen von Individuen	Grün	Möglichst schonende Kabelverlegeverfahren mit geringer Eingriffsbreite und möglichst geringe Anlagenzahl	Baubedingte, kurzfristige und kleinräumige Beeinträchtigungen von Individuen	Grün
		Veränderung der Sedimentzusammensetzung durch Auskolkung und Verschiebung der Artenzusammensetzung	Auswirkungen auf den unmittelbaren Nahbereich der Fundamente begrenzt	Grün	Verwendung von Jackets, um Eintrag von Hartsubstrat zu reduzieren	Geringfügige Auswirkungen aufgrund geringer Auskolkung	Grün
		Störung des Meeresbodens entfällt durch Nutzungseinschränkung der Fischerei	Positive Auswirkungen erwartet	Grün	-	-	Grün

Szenario 2							
Schutzgut/Nutzung		**ungeminderte Auswirkungen**	**Bewertung ungemindert**		**Auswirkungen bei hinzuziehen von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen**	**Bewertung gemindert**	
		Parklayout: sensible Bereiche sind ausgespart, Nutzungseinschränkungen im zentralen Bereich	Positive Auswirkung durch großflächige Nutzungseinschränkung erwartet	Grün	Beschränkung auf südlichen Bereich	Positive Auswirkungen durch Nutzungseinschränkung in südlichen Bereich und keine Flächeninanspruchnahme im Norden	Grün
	Monopile	Dauerhafter Habitatverlust durch Flächeninanspruchnahme	Dauerhafte Auswirkungen für beide Szenarien (22 und 28 MW) über der definierten Tragfähigkeit	Rot	Reduzierung der Anlagen, sodass ein Flächenverlust von 5 ha nicht überschritten wird	Dauerhafte und kleinräumige Auswirkungen auf die Benthosgemeinschaft	Gelb
	Monopile	Attraktion gebietsfremder Arten und ggf. Änderung der Artgemeinschaft durch Einbringung von Hartsubstrat	Flächenverlust überschreitet Tragfähigkeitsgrenze, Änderung Artengemeinschaft punktuell zu erwarten	Rot	Reduzierung der Anlagen, sodass ein Flächenverlust von 5 ha nicht überschritten wird	Dauerhafte und kleinräumige Auswirkungen auf die Benthosgemeinschaft	Gelb
	Jacket	Dauerhafter Habitatverlust durch Flächeninanspruchnahme	Dauerhafte, kleinräumige Auswirkungen für beide Szenarien (22 und 28 MW) innerhalb der definierten Tragfähigkeit	Grün	Reduzierung Anlagen, um Flächenverlust zu reduzieren	Dauerhafte und kleinräumige Auswirkungen auf die Benthosgemeinschaft	Grün
	Jacket	Ggf. kein Kolkschutz nötig	Keine bis geringe Attraktion von gebietsfremden Arten	Grün	-	-	Grün
	Suction Bucket Jacket	Dauerhafter Habitatverlust durch Flächeninanspruchnahme	Dauerhafte Auswirkungen für beide Szenarien (22 und 28 MW) über der definierten Tragfähigkeit	Rot	Reduzierung der Anlagen, sodass ein Flächenverlust von 5 ha nicht überschritten wird	Dauerhafte und kleinräumige Auswirkungen auf die Benthosgemeinschaft	Gelb
	Suction Bucket Jacket	Attraktion gebietsfremder Arten und ggf. Änderung der Artgemeinschaft durch Einbringung von Hartsubstrat	Flächenverlust überschreitet Tragfähigkeitsgrenze, Änderung Artengemeinschaft punktuell zu erwarten	Rot	Reduzierung der Anlagen, sodass ein Flächenverlust von 5 ha nicht überschritten wird	Dauerhafte und kleinräumige Auswirkungen auf die Benthosgemeinschaft	Gelb

Szenario 2							
Schutzgut/Nutzung		**ungeminderte Auswirkungen**	**Bewertung ungemindert**		**Auswirkungen bei hinzuziehen von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen**	**Bewertung gemindert**	
Fische	Allgemein	Abnahme der allgemeinen Fitness und Mobilität sowie Einschränkung der Reproduktionsfähigkeit durch Trübungsfahnen/Sedimentation möglich	Da die Auswirkungen zeitlich und räumlich begrenzt sind, wird keine Überschreitung der Tragfähigkeitsgrenze erwartet	Grün	Derzeit keine Minderungsmaßnahmen notwendig, da Auswirkungen zeitlich und räumlich begrenzt	Da die Auswirkungen zeitlich und räumlich begrenzt sind, wird keine Überschreitung der Tragfähigkeitsgrenze erwartet	Grün
		Positive Effekte auf die Häufigkeit und Altersverteilung durch Nutzungseinschränkungen der Fischerei	Positive Auswirkung durch großflächige Nutzungseinschränkung erwartet	Grün	Beschränkung auf Bereiche die nicht von einer geplanten Teilschließung betroffen sind.	Großflächige Nutzungseinschränkungen ohne zusätzliche Stressoren im nördlichen Bereich.	Grün
		Geringfügige Auswirkungen durch Stoffeinträge ins Wasser, Elektromagnetische Felder und Lichtimmissionen möglich	Geringfügige Beeinträchtigungen möglich	Gelb	Einhaltung des 2 K Kriteriums, Einhaltung der Vorgaben aus dem Emissionskonzept	Aufgrund der Geringfügigkeit der Beeinträchtigung wird keine Überschreitung der Tragfähigkeitsgrenze erwartet	Grün
		Parklayout: Sensible Bereich sind ausgespart. Nutzungseinschränkungen in zentralem Bereich	Positive Auswirkung durch großflächige Nutzungseinschränkung erwartet	Grün	Beschränkung auf Bereiche die nicht von einer geplanten Teilschließung betroffen sind.	Großflächige Nutzungseinschränkungen ohne zusätzliche Stressoren im nördlichen Bereich.	Grün
	Monopile	Vergrämungs- und Lockwirkung sowie physische Schädigungen durch Schallemissionen möglich	Beeinträchtigung können die Tragfähigkeitsgrenze überschreiten	Gelb	Minderung der Auswirkungen durch Einsatz von Schallminderungsmaßnahmen und durch Verwendung schallärmerer Gründungsmethoden.	Auswirkungen innerhalb der Tragfähigkeitsgrenzen	Grün

Szenario 2							
Schutzgut/Nutzung		**ungeminderte Auswirkungen**	**Bewertung ungemindert**		**Auswirkungen bei hinzuziehen von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen**	**Bewertung gemindert**	
		Habitatverlust durch Flächeninanspruchnahme	Flächeninanspruchnahme erfolgt in einem geringen Anteil des NSG (< 0,1%), ist jedoch dauerhaft	Gelb	Reduzierung der Anlagen	Flächeninanspruchnahme liegt innerhalb der Tragfähigkeitsgrenzen	Grün
		Attraktionswirkung und ggf. Änderung der Artgemeinschaft durch Einbringung von Hartsubstrat	Ausmaß der Auswirkungen auf den unmittelbaren Nahbereich der Steinschüttungen begrenzt	Gelb	Größere Abstände zwischen den Anlagen ermöglichen Weichsubstratarten eine Besiedlung der Bereiche zwischen den Anlagen	Auswirkungen innerhalb der Tragfähigkeitsgrenzen	Grün
	Jacket	Vergrämungs- und Lockwirkung sowie physische Schädigungen durch Schallemissionen möglich	Beeinträchtigung können die Tragfähigkeitsgrenze überschreiten	Gelb	Minderung der Auswirkungen durch Einsatz von Schallminderungsmaßnahmen und durch Verwendung schallärmerer Gründungsmethoden.	Auswirkungen innerhalb der Tragfähigkeitsgrenzen	Grün
	Jacket	Habitatverlust durch Flächeninanspruchnahme	Flächeninanspruchnahme erfolgt in einem geringen Anteil des NSG (< 0,1%), ist jedoch dauerhaft	Gelb	Reduzierung der Anlagen	Flächeninanspruchnahme liegt innerhalb der Tragfähigkeitsgrenzen	Grün
	Jacket	Kein Kolkschutz nötig	Keine Attraktion von gebietsfremden Arten	Grün	-	-	Grün

Szenario 2							
Schutzgut/Nutzung		**ungeminderte Auswirkungen**	**Bewertung ungemindert**		**Auswirkungen bei hinzuziehen von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen**	**Bewertung gemindert**	
	Suction Bucket Jacket	Vergrämungs- und Lockwirkung durch Schallemissionen des Schiffsverkehrs möglich	Da die Auswirkungen zeitlich begrenzt sind, wird keine Überschreitung der Tragfähigkeitsgrenze erwartet	Grün	Keine Minderungsmaßnahmen nötig	Da die Auswirkungen zeitlich begrenzt sind, wird keine Überschreitung der Tragfähigkeitsgrenze erwartet	Grün
		Habitatverlust durch Flächeninanspruchnahme	Bei Installation von 22 MW Anlagen (Szenario 2.1) ist eine Flächeninanspruchnahme von > 0,1 % der Fläche möglich. Negative Auswirkungen können nicht ausgeschlossen werden.	Gelb	Installation von 28 MW Anlagen (Szenario 2.2), da Flächeninanspruchnahme geringer (< 0,1%)	Flächeninanspruchnahme liegt innerhalb der Tragfähigkeitsgrenzen	Grün
		Attraktionswirkung und ggf. Änderung der Artgemeinschaft durch Einbringung von Hartsubstrat	Ausmaß der Auswirkungen auf den unmittelbaren Nahbereich der Steinschüttungen begrenzt	Gelb	Größere Abstände zwischen den Anlagen ermöglichen Weichsubstratarten eine Besiedlung der Bereiche zwischen den Anlagen	Auswirkungen innerhalb der Tragfähigkeitsgrenzen	Grün
Rastvögel	Allgemein	Habitatverlust durch Flächeninanspruchnahme und Meidung – Szenario 2.1	Habitatverlust von je Art zwischen 38 % und 91 % der Schutzgebietsfläche	Rot	-	-	Rot
		Habitatverlust durch Flächeninanspruchnahme und Meidung – Szenario 2.2	Habitatverlust identisch mit Szenario 2.1. Bei weniger OWEA mit größeren Abständen (Szenario 2.2) ist die Meidung jedoch evtl. geringer. Die Unterschiede sind jedoch nicht belegt und vermutlich gering.	Rot	-	-	Rot

Szenario 2							
Schutzgut/Nutzung		**ungeminderte Auswirkungen**	**Bewertung ungemindert**		**Auswirkungen bei hinzuziehen von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen**	**Bewertung gemindert**	
		Parklayout - Beeinträchtigung besonders sensibler Bereiche	Die OWEA im südlichen Bereich befinden sich zum großen Teil in dem Bereich, in dem einige Rastvogelarten in besonders hohen Dichten nachgewiesen wurden.	Rot	-	-	Rot
		Störung durch Serviceverkehr in der Betriebsphase	Störungen durch Serviceverkehr ist abhängig von der tatsächlichen Anzahl an Servicefahrzeugen und deren Geschwindigkeit und Schallemissionen. Die Störungen kommen jeweils zu dem oben genannten Habitatverlust hinzu.	Gelb	Durch Kanalisierung des Schiffsverkehrs in geregelte Routen und eine geringe Fahrtgeschwindigkeit können die Auswirkungen minimiert werden.	Auswirkungen von Schiffsverkehr vermutlich gering	Grün
Zugvögel	Allgemein	Für alle Gründungstypen: Barrierewirkung (tagsüber)	Zusätzlicher Energieverbrauch zur Überwindung (kumulierend); Langzeitwirkung unbekannt; bisher nur wenig Tageszug dokumentiert	Grau	Lineare Anordnung der OWEA in Zugrichtung und Reduktion der Anzahl der Anlagen	Keine andere Minderung möglich, aber bisher nur wenig Tageszug dokumentiert	Grün
		Für alle Gründungstypen: Kollisionsgefahr mit Rotorblättern (nachts und bei schlechter Sicht)	Hohe Mortatilitätsraten möglich in Massenzugnächten bei einsetzendem Schlechtwetter	Gelb	Abschaltung der OWEA während Zugnächten	Ausreichende Wirksamkeit bedarfsgesteuerter Abschaltungen vorausgesetzt; Restmortalität	Grün
Marine Säugetiere	Monopile	Schweinswal: Bei Einhaltung von 160 dB SEL Rammschall Scheuchwirkung auf ca. 12 % der Schutzgebietsfläche für den Schweinswal, zusätzlich Scheuchwirkung durch Baufahrzeuge	Tragfähigkeit wird aufgrund von Scheuchwirkung/Verletzung überschritten	Rot	Schallminderungsmaßnahmen führen kumulativ mit Schiffsschall zu einer Störwirkung auf < 10 % der Gebietsfläche. Bauzeiten befinden sich außerhalb der sensiblen Zeit Mai-August.	Scheuchwirkung liegt innerhalb der Tragfähigkeitsgrenze	Grün

Szenario 2							
Schutzgut/Nutzung		**ungeminderte Auswirkungen**	**Bewertung ungemindert**		**Auswirkungen bei hinzuziehen von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen**	**Bewertung gemindert**	
		Zwergwal: Gefahr von Verletzungen der Hörorgane und großräumige Vertreibung möglich	Keine Bewertung möglich aufgrund von Kenntnislücken	Grau	Schallminderungsmaßnahmen, die im tieffrequenten Bereich wirken, sowie ein Bauzeitenausschluss zwischen März und Juni können Auswirkungen vorauss. mindern.	Keine Bewertung möglich aufgrund von Kenntnislücken	Grau
	Jacket	Schweinswal: Kleinräumige Scheuchwirkung durch Rammschall und Baufahrzeuge	Auswirkungen durch Schall in der Bauphase vorauss. innerhalb Tragfähigkeitsgrenzen, jedoch möglicherweise nicht, wenn innerhalb der sensiblen Zeit gebaut wird (abhängig von den tatsächlichen Schalleinträgen)	Gelb	Minderung der Störwirkung durch Bauzeitenregelung außerhalb Mai-August (technisch schwer umsetzbar)	Auswirkungen durch Schall in der Bauphase vorauss. innerhalb Tragfähigkeitsgrenzen	Grün
		Zwergwal: Vertreibungseffekte wahrscheinlich	Keine Bewertung möglich aufgrund von Kenntnislücken	Grau	Schallminderungsmaßnahmen, die im tieffrequenten Bereich wirken, sowie ein Bauzeitenausschluss zwischen März und Juni können Auswirkungen vorauss. mindern.	Keine Bewertung möglich aufgrund von Kenntnislücken	Grau
	Suction Bucket Jacket	Scheuchwirkung nur durch Baufahrzeuge	Auswirkungen durch Schall in der Bauphase vorauss. innerhalb Tragfähigkeitsgrenzen, jedoch möglicherweise nicht, wenn innerhalb der sensiblen Zeit gebaut wird (abhängig von den tatsächlichen Schalleinträgen)	Gelb	Minderung der Störwirkung durch Bauzeitenregelung außerhalb März-August (technisch schwer umsetzbar)	Auswirkungen durch Schall in der Bauphase voraussichtlich innerhalb Tragfähigkeitsgrenzen	Grün

Szenario 2							
Schutzgut/Nutzung		**ungeminderte Auswirkungen**	**Bewertung ungemindert**		**Auswirkungen bei hinzuziehen von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen**	**Bewertung gemindert**	
	Allgemein	Störungen und Kollisionsrisiko durch Serviceverkehr in der Betriebsphase auf einem Anteil von ca. 22 % des Schutzgebiets	Störungen und Kollisionsrisiko durch Serviceverkehr vermutlich unterhalb Tragfähigkeitsgrenze, aber abhängig von der tatsächlichen Anzahl an Servicefahrzeugen und deren Geschwindigkeit und Schallemissionen.	Gelb	Geschwindigkeitsbegrenzung und Lenkung des Serviceverkehrs führen zu Minderung von Scheuchwirkung und Kollisionsrisiko	Auswirkungen von Schiffsverkehr gering	Grün
	Allgemein	Parklayout führt zu räumlich zusätzlicher Fischereieinschränkung auf ca. 25 % des NSG. Es sind positive Effekte auf Nahrungsfischbestände zu erwarten.	Positive Auswirkungen erwartet	Grün	-	-	Grün
Fledermäuse	Allgemein	Groß- und kleinräumige Anlockeffekte, Kollisionsrisiko	Auswirkungen aufgrund der geringen zu erwartenden Fledermausaktivität vermutlich unterhalb der Tragfähigkeitsgrenze, deutliche Kenntnislücken	Grau	Minderung des Kollisionsrisikos durch fledermausbezogene Abschaltungen (Bedingungen sind noch zu definieren)	Geringe Restmortalität	Grün

5.2.3 Szenario 3: Bebauung mit 4 GW Windenergieleistung

5.2.3.1 Beschreibung des Szenarios

In Szenario 3 wurden zwei Cluster mit jeweils 2 GW nordöstlich der Schifffahrtsstraße SN18 entwickelt, die von einem Vorbehaltsgebiet für Leitungen (LN14) durchquert werden. Die Anordnung wird in der folgenden Abb. 5.4 bzw. Abb. 5.5 dargestellt. Dabei bezieht sich Abb. 5.4 auf das Layout mit OWEA-Typ 1 mit 22 MW Nennleistung (Szenario 3.1) und Abb. 5.5 auf das Layout mit OWEA-Typ 2 mit 28 MW Nennleistung (Szenario 3.2).

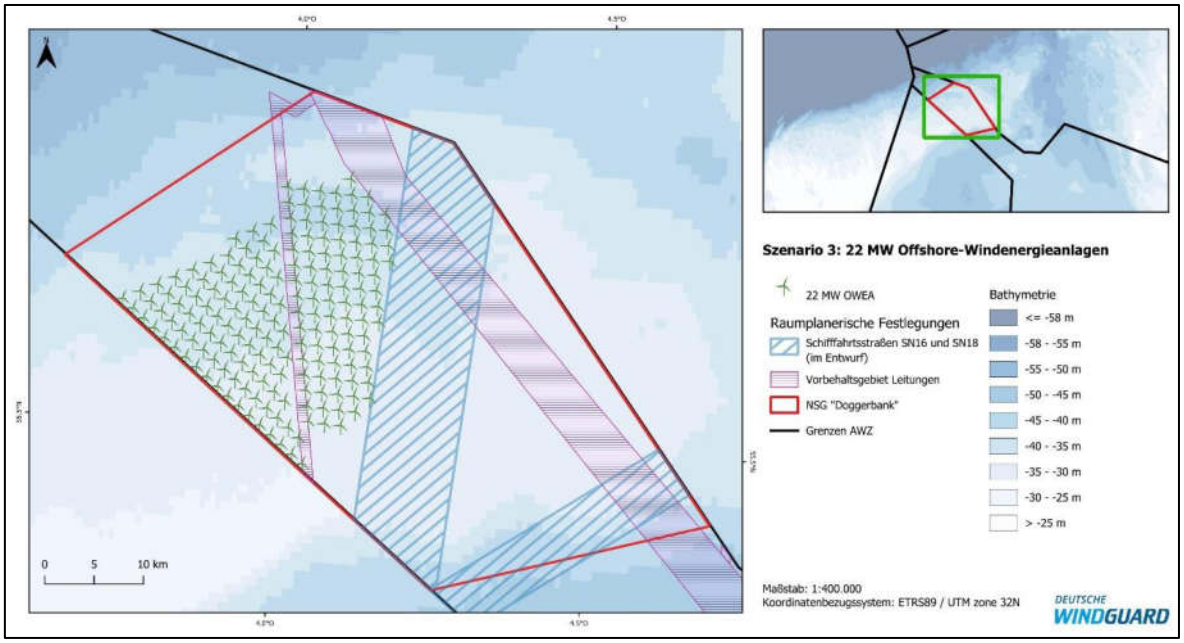


Abb. 5.4 Layout für Szenario 3.1 mit 22 MW OWEA.

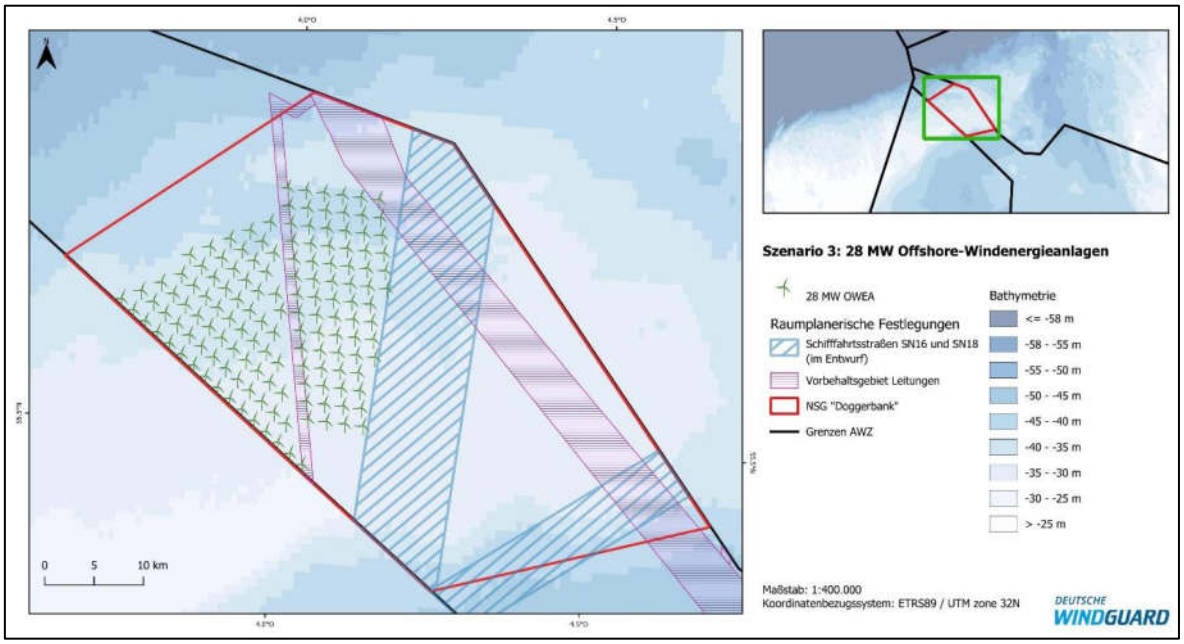


Abb. 5.5 Layout für Szenario 3.2 mit 28 MW OWEA.

Das Szenario berücksichtigt die Ausweisung besonders sensibler Gebiete (siehe Abb. 4.18), welche in Kapitel 5 identifiziert wurden.

Die Anordnung erlaubt eine direkte Anbindung an die Vorbehaltsgebiete für Leitungen. Die Netzanbindung kann ohne die Querung weiterer Gebiete im NSG „Doggerbank“ realisiert werden. Für die Innerparkverkabelung werden für das 4 GW Cluster bei Einsatz der 22 MW OWEA Kabel mit einer Länge von ca. 440 km und bei Einsatz der 28 MW OWEA ca. 420 km benötigt.

Die Ergebnisse der Energiebetragsberechnung sind in der folgenden Tab. 5.4 dargestellt.

Tab. 5.4 Ergebnisse der Jahresenergieertragsberechnung für Szenario 3.

	Szenario 3.1 OWEA-Typ 1 (22MW)	**Szenario 3.2** OWEA-Typ 2 (28 MW)
Gesamte installierte Leistung (GW)	4	4
Brutto-Energieertrag des Gesamtparks (GWh/a)	22.360	22.761
Netto-Energieertrag des Gesamtparks (GWh/a)	16.629	17.228
Volllaststunden (h/a)	4.153	4.273

Für Szenario 3 mit einer installierten Gesamtleistung von 4 GW belaufen sich die Jahresenergieerträge auf 16.629 GWh bzw. 17.228 GWh. Dies entspricht Volllaststunden in Höhe von 4.153 h/a bzw. 4.273 h/a. Im Vergleich zu Szenario 2 fällt der Jahresenergieertrag damit um 3,4% für OWEA-Typ 1 mit 22 GW Nennleistung und 3,0 % für OWEA-Typ 2 mit 28 GW Nennleistung. Dies wird in erster Linie auf die Abschattungseffekte zwischen den OWEA zurückgeführt. Durch die Hauptanströmungsrichtung aus Südwest beeinflussen sich die OWEA aufgrund der räumlichen Nähe der OWP gegenseitig intensiver als im Szenario 2. Der Effekt ist bei der Anordnung des OWEA-Typ 1 größer als bei dem leistungsstärkeren OWEA-Typ 2, von dem für die gleiche installierte Gesamtleistung weniger Anlagen benötigt werden.

5.2.3.2 Bewertung der Naturverträglichkeit

5.2.3.2.1 Pelagische Primärproduktion

Da die räumliche Anordnung der OWEA für dieses Schutzgut nicht von Bedeutung ist und die beiden Wirkfaktoren linear mit der Anzahl der Anlagen ansteigen, gilt für dieses Szenario ebenfalls die Bewertung wie in Kapitel 6.2.2.2.1.

5.2.3.2.2 Benthische Lebensräume und geschützte Biotope

Für eine Beschreibung der bau- und anlagebedingten Auswirkungen wird auf die vorherige Bewertung in Kapitel 6.2.2.2.2 verwiesen, da hier die gleichen Parameter zu Anzahl und Größen der OWEA gelten.

In Szenario 3 werden die beiden nördlich der Schifffahrtsstraße SN 18 gelegenen Flächen bebaut. Somit kommt es zu Nutzungseinschränkung der Fischerei lediglich nördlich der Schifffahrtsroute SN 18 auf einer Fläche von insgesamt 410 km^2 (28 MW) bzw. 411 km^2 (22 MW) und somit teilweise

im Bereich der bereits geplanten Teilschließung der nördlichen Bereiche des NSG „Doggerbank“. Dies ist als ungünstig für dieses Schutzgut anzusehen. Aufgrund der sich überlappenden Nutzungseinschränkungen im nördlichen Bereich würde das Schutzgut von zusätzlichen Nutzungseinschränkungen im südlichen Bereich des NSG „Doggerbank“ deutlich mehr profitieren. Als sensibel identifizierte Randbereiche im Norden und Süden des NSG „Doggerbank“ verbleiben unbebaut.

5.2.3.2.3 Fische

Das Parklayout von Szenario 3 ist aufgrund der ausschließlichen Bebauung der nördlichen Bereiche und der damit entfallenen Nutzungseinschränkung für die Fischerei in den südlichen Teilen der Doggerbank deutlich ungünstiger für das Schutzgut Fische. Aufgrund der bereits geplanten Teilschließung der nördlichen Teile würde das Schutzgut von zusätzlichen Nutzungseinschränkungen in südlichen Teilen der Doggerbank deutlich mehr profitieren als von einer zusätzlichen Bebauung nördlich der Schifffahrtsroute. Insgesamt wäre eine Fläche von etwa 410 km² (28 MW) bzw. 411 km² (22 MW) von den Nutzungseinschränkungen betroffen. Als sensibel identifizierte Randbereiche der Doggerbank, welche eine erhöhte Artenvielfalt aufweisen verbleiben unbebaut und somit als Lebensraum erhalten.

Monopile

Für eine Beschreibung der Auswirkungen durch die Einbringung von Hartsubstrat, durch Schallemissionen, Trübungsfahnen/Sedimentation, Stoffeinträge ins Wasser, Elektromagnetische Felder und Lichtimmissionen sowie durch die gemäß raumordnerischem Grundsatz 2.2.2 (4) (BSH 2021b) mit einer Bebauung einhergehende Nutzungseinschränkung der Fischerei innerhalb des OWP wird auf Kapitel 6.2.2.2 (Abschnitt Fische - Monopile) verwiesen.

In Abhängigkeit von dem Durchmesser der Gründung käme es bei der Einbringung von 182 Anlagen der 22-MW-Klasse zu einer Flächenversiegelung durch Gründung inkl. Kolkschutz von 89.339 m² (Ø 10 m) bzw. von 567.339 m² (Ø 14 m) und somit zu einem dauerhaften Habitatverlust auf 0,005 % bzw. auf 0,033 % der NSG-Fläche. Bei Verwendung von Anlagen der 28-MW-Klasse bewirkt die Installation von 144 Anlagen eine Flächenversiegelung von 101.788 m² (Ø 12 m) bzw. von 586.297 m² (Ø 16 m). Dies entspräche einem Habitatverlust auf 0,006 % bzw. auf 0,035 % der NSG-Fläche. Zusätzlich wird eine Kabelverlegung auf einer Länge von ca. 440 km (22 MW) bzw. 420 km (28 MW) angenommen und würde bei einer ungefähren Eingriffsbreite von ca. 8 m somit eine Fläche von ca. 3,5 km² (bzw. 3,4 km²) baubedingt beeinträchtigen. Da die dauerhafte Flächeninanspruchnahme in einem sehr geringen Anteil des gesamten NSG (< 0,1 %) erfolgt, werden die Auswirkungen als nicht erheblich eingestuft.

Jacket

Für eine Beschreibung der Auswirkungen durch die Einbringung von Hartsubstrat, durch Schallemissionen, Trübungsfahnen/Sedimentation, Stoffeinträge ins Wasser, Elektromagnetische Felder und Lichtimmissionen sowie durch die gemäß raumordnerischem Grundsatz 2.2.2 (4) (BSH 2021b) mit einer Bebauung einhergehende Nutzungseinschränkung der Fischerei innerhalb des OWP wird auf Kapitel 6.2.2.2 (Abschnitt Fische - Jacket) verwiesen.

In Abhängigkeit von dem Durchmesser der Gründungspfähle käme es bei der Einbringung von 182 Anlagen der 22-MW-Klasse zu einer Flächenversiegelung durch Gründung inkl. Kolkschutz von

965 m² (Ø 1,5 m) bzw. von 5.146 m² (Ø 3 m) und somit zu einem dauerhaften Habitatverlust auf 0,0001 % bzw. auf 0,0003 % der NSG-Fläche. Bei Verwendung von Anlagen der 28-MW-Klasse bewirkt die Installation von 144 Anlagen eine Flächenversiegelung von 763 m² (Ø 1,5 m) bzw. von 4.072 m² (Ø 3 m). Dies entspräche einem Habitatverlust auf 0,00004 % bzw. auf 0,0002 % der NSG-Fläche. Zusätzlich wird eine Kabelverlegung auf einer Länge von ca. 440 km (22 MW) bzw. 420 km (28 MW) angenommen und würde bei einer ungefähren Eingriffsbreite von ca. 8 m somit eine Fläche von ca. 3,5 km² (bzw. 3,4 km²) baubedingt beeinträchtigen. Da die dauerhafte Flächeninanspruchnahme in einem sehr geringen Anteil des gesamten NSG (< 0,1 %) erfolgt, werden die Auswirkungen als nicht erheblich eingestuft.

Suction Bucket Jacket

Für eine Beschreibung der Auswirkungen durch die Einbringung von Hartsubstrat, durch Schallemissionen, Trübungsfahnen/Sedimentation, Stoffeinträge ins Wasser, Elektromagnetische Felder und Lichtimmissionen sowie durch die gemäß raumordnerischem Grundsatz 2.2.2 (4) (BSH 2021b) mit einer Bebauung einhergehende Nutzungseinschränkung der Fischerei innerhalb des OWP wird auf Kapitel 6.2.2.2 (Abschnitt Fische - Suction Bucket Jacket) verwiesen.

In Abhängigkeit von dem Durchmesser der Gründungspfähle käme es bei der Einbringung von 182 Anlagen der 22-MW-Klasse zu einer Flächenversiegelung durch Gründung inkl. Kolkschutz von 229.320 m² (Ø 10 m) bzw. von 1.911.000 m² (Ø 15 m) und somit zu einem dauerhaften Habitatverlust auf 0,014 % bzw. auf 0,112 % der NSG-Fläche. Bei Verwendung von Anlagen der 28-MW-Klasse bewirkt die Installation von 144 Anlagen eine Flächenversiegelung von 181.440 m² (Ø 10 m) bzw. von 1.512.000 m² (Ø 15 m). Dies entspräche einem Habitatverlust auf 0,011 % bzw. auf 0,089 % der NSG-Fläche. Da die Flächeninanspruchnahme bei Installation der 28 MW Anlagen in einem sehr geringen Anteil des gesamten NSG (< 0,1 %) erfolgt, werden die Auswirkungen als nicht erheblich eingestuft. Bei Installation der 22 MW Anlagen ist eine Flächeninanspruchnahme von > 0,1 % der Fläche möglich, sodass negative Auswirkungen auf das Schutzgut nicht ausgeschlossen werden können. Zusätzlich wird eine Kabelverlegung auf einer Länge von ca. 440 km (22 MW) bzw. 420 km (28 MW) angenommen und würde bei einer ungefähren Eingriffsbreite von ca. 8 m somit eine Fläche von ca. 3,5 km² (bzw. 3,4 km²) baubedingt beeinträchtigen.

5.2.3.2.4 Rastvögel

In diesem Layout ragen die OWEA nur randlich in die sensibelsten Zonen der Rastvögel (siehe Abb. 4.18) hinein. Dennoch wird das Habitat durch die über den OWP hinausreichende Scheuchwirkung beeinträchtigt. Für die Arten Gelbschnabeltaucher, Trottellumme, Tordalk, Papageitaucher und Krabbentaucher wird unter Berücksichtigung eines Meideradius von 10 km ca. 1.608 km² (davon 1.134 km² im NSG) und damit ca. 67 % der Fläche des NSG „Doggerbank“ beeinträchtigt (siehe Abb. 5.6). Es ist zu beachten, dass auch darüber hinaus noch Effekte entstehen können, diese jedoch geringer sein werden. Die Flächen im Norden und Osten sind quasi vollständig beeinträchtigt. Im Süden ist der Bereich, wo viele Arten ihre höchsten Dichten zeigten, nur am Rande durch OWEA belegt, jedoch ist knapp die Hälfte der Fläche durch Meideradien belastet. Im Südosten bleibt eine Fläche bestehen, wo davon ausgegangen werden kann, dass die Belastung vergleichsweise gering ist. Dies ist unter der Annahme, dass um das NSG „Doggerbank“ keine weiteren OWP bestehen. Sollten die geplanten Gebiete N-19 nordwestlich des NSG und N-17 südöstlich des NSG realisiert werden, müssen deren Meideradien ebenfalls berücksichtigt werden. Da das Gebiet N-17 sehr nah

an das NSG „Doggerbank“ angrenzt, kann hier auch unter Szenario 3 davon ausgegangen werden, dass für die Arten Gelbschnabeltaucher, Trottellumme, Tordalk, Papageitaucher und Krabbentaucher ein Teil der noch vergleichsweise wenig belasteten Fläche im Südosten des NSG als Habitat beeinträchtigt werden würde. N-19 im Nordwesten schließt ebenfalls nah an das NSG an, hier ist jedoch unter Szenario 3 bereits eine Belastung gegeben.

Für die Arten Eissturmvogel, Basstölpel, Zwergmöwe, Dreizehenmöwe und Fluss-/Küstenseeschwalbe werden unter Berücksichtigung eines 2 km Meideradius unter Szenario 3 ca. 606 km² (davon 551 km² innerhalb des NSG) und damit ca. 33 % der Fläche des NSG „Doggerbank“ beeinträchtigt (siehe Abb. 5.6). Auch bei diesen Arten können Effekte ebenfalls in weiterer Entfernung auftreten. Sollten die geplanten Gebiete N-19 nordwestlich des NSG und N-17 südöstlich des NSG realisiert werden, würde nördlich und südlich zusätzliche Fläche des NSG „Doggerbank“ durch Störung beeinträchtigt. Für wenig störungsempfindliche Arten bleibt unter Szenario 3 ein großer Teil des bevorzugten Habitats weniger stark durch Störung belastet.

Es ist möglich, dass für die betroffenen Arten ein Unterschied besteht, ob mehrere kleinere oder weniger große Anlagen in größerem Abstand aufgestellt werden. In Szenario 3.1 sind 182 OWEA geplant, in Szenario 3.2 auf quasi derselben Fläche nur 144. Es wird generell angenommen, dass die Meidereaktion bei weniger und weiter entfernten OWEA geringer ist, dies ist jedoch bisher für die hier vorkommenden Arten nicht belegt. Sofern dieser Zusammenhang besteht, wäre Szenario 3.2 dem Szenario 3.1 vorzuziehen. Aufgrund der beeinträchtigen Fläche und einer daraus folgenden Verringerung der Dichten, ist für zumindest für empfindliche Arten des Schutzguts Rastvögel dennoch davon auszugehen, dass die Tragfähigkeit des NSG „Doggerbank“ in beiden Szenarien überschritten wird. Für weniger empfindliche Arten ist hier von einer Verlagerung der Individuen im Gebiet, jedoch nicht unbedingt von einer Reduktion der Dichten auszugehen.

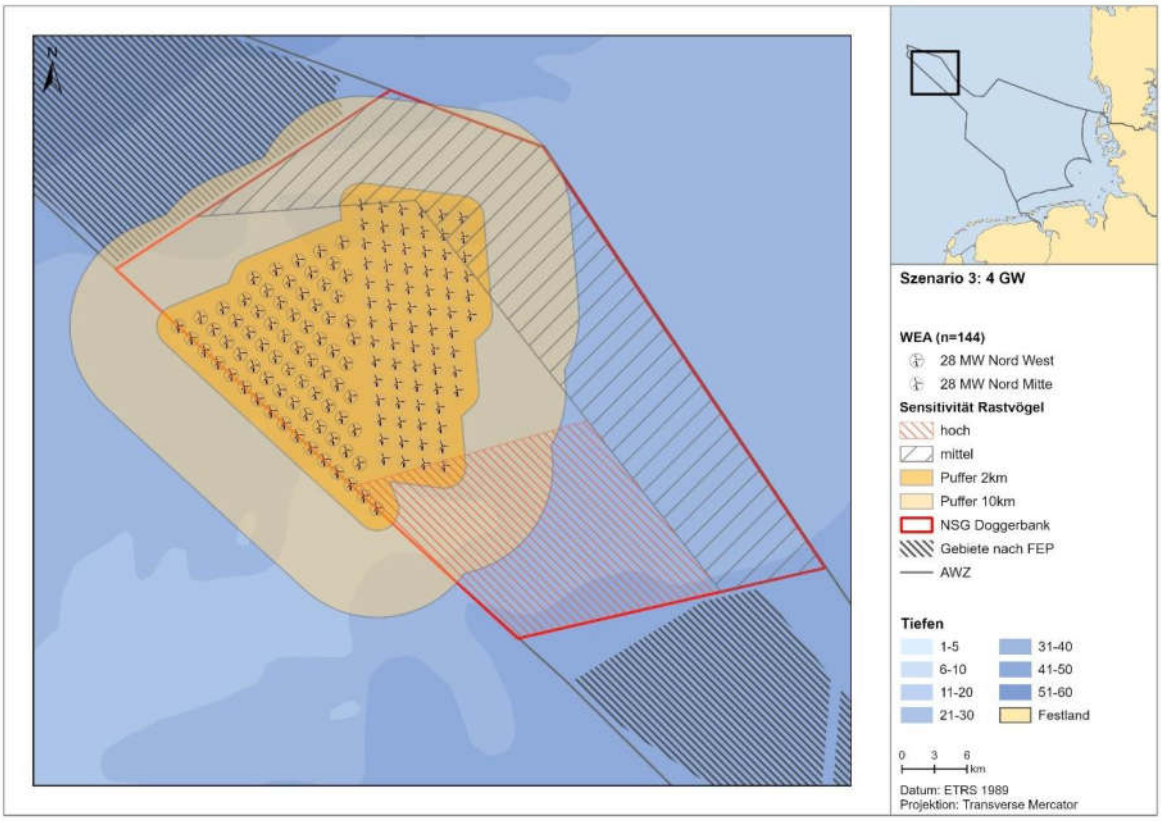


Abb. 5.6 Habitatverlust für Rastvögel unter Szenario 3 (hier: 28 MW Anlagen) im NSG „Doggerbank“ unter Annahme eines Meideradius von 2 km bzw. 10 km.

5.2.3.2.5 Zugvögel

In Nordost-Südwest-Richtung erstreckt sich die räumliche Anordnung der OWEA für dieses Schutzgut nur über etwa zwei Drittel im Vergleich zu Szenario 2. Dafür ist die zu überwindende Barriere deutlich länger. Für weitere Details wird auf die Bewertung in Kapitel 6.2.2.2.5 verwiesen.

5.2.3.2.6 Marine Säugetiere

Alle Aussagen zu den Gründungstypen aus Szenario 2 treffen in gleicher Weise auf Szenario 3 zu (siehe Kapitel 6.2.2.2 im Abschnitt Marine Säugetiere)

Das Parklayout des Szenario 3 ist für das Schutzgut ungünstig, da die Windparkfläche zu mehr als der Hälfte mit den Flächen der geplanten Teilschließung der Fischerei in den nördlichen und nordwestlichen Bereichen der Doggerbank (*Joint Recommendation for Offshore Fisheries Management on the International Dogger Bank* 2016) überlappt und das Schutzgut somit nur auf einem Anteil von < 10 % von einer zusätzlichen Nutzungseinschränkung der Fischerei profitiert. Negative Auswirkungen in der Betriebsphase durch den Serviceverkehr, von dem eine Scheuchwirkung sowie die Gefahr von Kollisionen ausgeht, bleiben durch das Parklayout gegenüber Szenario 2 unverändert.

5.2.3.2.7 Fledermäuse

Die in Kapitel 6.2.2 getroffenen Aussagen zu Szenario 2 treffen in gleicher Weise auf Szenario 3 zu.

5.2.3.2.1 Zusammenfassung

In Tab. 5.5 erfolgt eine Zusammenfassung der schutzgutspezifischen Bewertungen der Naturverträglichkeit hinsichtlich des vorgestellten Szenario 3.

Tab. 5.5 Szenario 3 – Zusammenfassung der schutzgutspezifischen Bewertung der Naturverträglichkeit (grün = kein Konflikt mit dem Erhalt der (lokalen) Population zu erwarten; gelb = ein negativer Effekt auf den Erhalt der Populationsgröße, aber keine Überschreitung einer kritischen Grenze (dauerhafter Verlust oder Populationsrückgang) zu erwarten; rot = durch den Eingriff ist ein dauerhafter Rückgang der Population zu erwarten; grau = eine kritische Bewertung ist nicht ausgeschlossen, aber Kenntnislücken lassen keine Aussagen zu).

Szenario 3							
Schutzgut/Nutzung		**ungeminderte Auswirkungen**	**Bewertung ungemindert**		**Auswirkungen bei hinzuziehen von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen**	**Bewertung gemindert**	
Pelagische Primärproduktion	Monopile	Durchmischung des Wasserkörpers durch Turbulenzen an den Anlagenfundamenten	Großräumige Veränderungen der jährlichen Primärproduktion	Grau	Deutliche Reduktion der Anzahl der Turbulenzenverursachenden Anlagenfundamente	Keine andere Minderung möglich	Grau
		Prädation durch Fraßdruck des neu auf dem eingebrachten Hartsubstrat angesiedelten Epibenthos	Potenzielle Veränderungen der regionalen jährlichen Primärproduktivität	Grau	Deutliche Reduktion der eingebrachten Hartsubstrat-Flächen der Anlagen	Keine andere Minderung möglich	Grau
	Jacket	Durchmischung des Wasserkörpers durch Turbulenzen an den Anlagenfundamenten	Vermutlich geringere Verwirbelung an Jacket-Fundamenten dank geringerer Fundamentdurchmesser; Jackets bisher unerforscht	Grau	Anscheinend keine Minderungsmaßnahmen möglich	Bisher keine Forschungsergebnisse zur verbleibenden Reduktion der jährlichen Primärproduktion.	Grau
		Prädation durch Fraßdruck des neu auf dem eingebrachten Hartsubstrat angesiedelten Epibenthos	Flächenversiegelung nur wenige Quadratmeter bei Jacket-Fundamenten ohne Kolkschutz (um Faktor 100 geringer ohne Steinschüttung)	Grün	Keine Minderungsmaßnahmen nötig		Grün

Szenario 3							
Schutzgut/Nutzung		**ungeminderte Auswirkungen**	**Bewertung ungemindert**		**Auswirkungen bei hinzuziehen von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen**	**Bewertung gemindert**	
	Suction Bucket Jacket	Durchmischung des Wasserkörpers durch Turbulenzen an den Anlagenfundamenten	Großräumige Veränderungen der jährlichen Primärproduktion	Grau	Deutliche Reduktion der Anzahl der Turbulenzenverursachenden Anlagenfundamente	Keine andere Minderung möglich	Grau
		Prädation durch Fraßdruck des neu auf dem eingebrachten Hartsubstrat angesiedelten Epibenthos	Potenzielle Veränderungen der regionalen jährlichen Primärproduktivität	Grau	Deutliche Reduktion der eingebrachten Hartsubstrat-Flächen der Anlagen	Keine andere Minderung möglich	Grau
Benthische Lebensräume und geschützte Biotope	Allgemein	Schädigung des Benthos durch Sedimentaufwirbelungen/Trübungsfahnen	Baubedingt und deshalb kurzfristige und kleinräumige Auswirkungen auf Individuen	Grün	Möglichst schonende Kabelverlegeverfahren mit geringer Eingriffsbreite und möglichst geringe Anlagenzahl	Kurzfristige und kleinräumige Auswirkungen auf Individuen	Grün
		Individuenverluste durch Sedimentumlagerung/-verdichtung	Baubedingte, kurzfristige und kleinräumige Beeinträchtigungen von Individuen	Grün	Möglichst schonende Kabelverlegeverfahren mit geringer Eingriffsbreite und möglichst geringe Anlagenzahl	Baubedingte, kurzfristige und kleinräumige Beeinträchtigungen von Individuen	Grün
		Veränderung der Sedimentzusammensetzung durch Auskolkung und Verschiebung der Artenzusammensetzung	Auswirkungen auf den unmittelbaren Nahbereich der Fundamente begrenzt	Grün	Verwendung von Jackets, um Eintrag von Hartsubstrat zu reduzieren	Geringfügige Auswirkungen aufgrund geringer Auskolkung	Grün
		Störung des Meeresbodens entfällt durch Nutzungseinschränkung der Fischerei	Positive Auswirkungen erwartet	Grün	-	-	Grün

Szenario 3							
Schutzgut/Nutzung		**ungeminderte Auswirkungen**	**Bewertung ungemindert**		**Auswirkungen bei hinzuziehen von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen**	**Bewertung gemindert**	
		Parklayout: sensible Bereiche sind ausgespart, Nutzungseinschränkungen im nördlichen Bereich	Flächeninanspruchnahme in bereits nutzungseingeschränkten Bereichen	Grün	Beschränkung auf Bereiche, die nicht von einer geplanten Teilschließung betroffen sind	Positive Auswirkungen durch Nutzungseinschränkung in südlichen Bereich und keine Flächeninanspruchnahme im Norden	Grün
	Monopile	Dauerhafter Habitatverlust durch Flächeninanspruchnahme	Dauerhafte Auswirkungen für beide Szenarien (22 und 28 MW) über der definierten Tragfähigkeit	Rot	Reduzierung der Anlagen, sodass ein Flächenverlust von 5 ha nicht überschritten wird	Dauerhafte und kleinräumige Auswirkungen auf die Benthosgemeinschaft	Gelb
	Monopile	Attraktion gebietsfremder Arten und ggf. Änderung der Artgemeinschaft durch Einbringung von Hartsubstrat	Flächenverlust überschreitet Tragfähigkeitsgrenze, Änderung Artengemeinschaft punktuell zu erwarten	Rot	Reduzierung der Anlagen, sodass ein Flächenverlust von 5 ha nicht überschritten wird	Dauerhafte und kleinräumige Auswirkungen auf die Benthosgemeinschaft	Gelb
	Jacket	Dauerhafter Habitatverlust durch Flächeninanspruchnahme	Dauerhafte, kleinräumige Auswirkungen für beide Szenarien (22 und 28 MW) innerhalb der definierten Tragfähigkeit	Grün	Reduzierung Anlagen, um Flächenverlust zu reduzieren	Dauerhafte und kleinräumige Auswirkungen auf die Benthosgemeinschaft	Grün
	Jacket	Ggf. kein Kolkschutz nötig	Keine bis geringe Attraktion von gebietsfremden Arten	Grün	-	-	Grün

Szenario 3							
Schutzgut/Nutzung		**ungeminderte Auswirkungen**	**Bewertung ungemindert**		**Auswirkungen bei hinzuziehen von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen**	**Bewertung gemindert**	
	Suction Bucket Jacket	Dauerhafter Habitatverlust durch Flächeninanspruchnahme	Dauerhafte Auswirkungen für beide Szenarien (22 und 28 MW) über der definierten Tragfähigkeit	Rot	Reduzierung der Anlagen, sodass ein Flächenverlust von 5 ha nicht überschritten wird	Dauerhafte und kleinräumige Auswirkungen auf die Benthosgemeinschaft	Gelb
		Attraktion gebietsfremder Arten und ggf. Änderung der Artgemeinschaft durch Einbringung von Hartsubstrat	Flächenverlust überschreitet Tragfähigkeitsgrenze, Änderung Artengemeinschaft punktuell zu erwarten	Rot	Reduzierung der Anlagen, sodass ein Flächenverlust von 5 ha nicht überschritten wird	Dauerhafte und kleinräumige Auswirkungen auf die Benthosgemeinschaft	Gelb
Fische	Allgemein	Abnahme der allgemeinen Fitness und Mobilität sowie Einschränkung der Reproduktionsfähigkeit durch Trübungsfahnen/Sedimentation möglich	Da die Auswirkungen zeitlich und räumlich begrenzt sind, wird keine Überschreitung der Tragfähigkeitsgrenze erwartet	Grün	Derzeit keine Minderungsmaßnahmen notwendig, da Auswirkungen zeitlich und räumlich begrenzt	Da die Auswirkungen zeitlich und räumlich begrenzt sind, wird keine Überschreitung der Tragfähigkeitsgrenze erwartet	Grün
		Positive Effekte auf die Häufigkeit und Altersverteilung durch Nutzungseinschränkungen der Fischerei	Positive Auswirkung durch großflächige Nutzungseinschränkung erwartet	Grün	Beschränkung auf Bereiche die nicht von einer geplanten Teilschließung betroffen sind.	Großflächige Nutzungseinschränkungen ohne zusätzliche Stressoren im nördlichen Bereich.	Grün
		Geringfügige Auswirkungen durch Stoffeinträge ins Wasser, Elektromagnetische Felder und Lichtimmissionen möglich	Geringfügige Beeinträchtigungen möglich	Gelb	Einhaltung des 2 K Kriteriums, Einhaltung der Vorgaben aus dem Emissionskonzept	Aufgrund der Geringfügigkeit der Beeinträchtigung wird keine Überschreitung der Tragfähigkeitsgrenze erwartet	Grün
		Parklayout: Sensible Bereiche ausgespart, zu erwartende Nutzungseinschränkungen nur nördlich der Schifffahrtsroute	Nutzungseinschränkungen in kleinem Bereich des NSG	Grün	Verlegung der Anlagen in den südlichen Bereich der Doggerbank, Nutzungseinschränkungen im nördlichen Bereich bereits in Planung	Positive Auswirkungen durch großflächige Nutzungseinschränkungen	Grün

Szenario 3							
Schutzgut/Nutzung		**ungeminderte Auswirkungen**	**Bewertung ungemindert**		**Auswirkungen bei hinzuziehen von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen**	**Bewertung gemindert**	
	Monopile	Vergrämungs- und Lockwirkung sowie physische Schädigungen durch Schallemissionen möglich	Beeinträchtigung können die Tragfähigkeitsgrenze überschreiten	Gelb	Minderung der Auswirkungen durch Einsatz von Schallminderungsmaßnahmen und durch Verwendung schallärmerer Gründungsmethoden.	Auswirkungen innerhalb der Tragfähigkeitsgrenzen	Grün
	Monopile	Habitatverlust durch Flächeninanspruchnahme	Flächeninanspruchnahme erfolgt in einem geringen Anteil des NSG (< 0,1%), ist jedoch dauerhaft	Gelb	Reduzierung der Anlagen	Flächeninanspruchnahme liegt innerhalb der Tragfähigkeitsgrenzen	Grün
	Monopile	Attraktionswirkung und ggf. Änderung der Artgemeinschaft durch Einbringung von Hartsubstrat	Ausmaß der Auswirkungen auf den unmittelbaren Nahbereich der Steinschüttungen begrenzt	Gelb	Größere Abstände zwischen den Anlagen ermöglichen Weichsubstratarten eine Besiedlung der Bereiche zwischen den Anlagen	Auswirkungen innerhalb der Tragfähigkeitsgrenzen	Grün
	Jacket	Vergrämungs- und Lockwirkung sowie physische Schädigungen durch Schallemissionen möglich	Beeinträchtigung können die Tragfähigkeitsgrenze überschreiten	Gelb	Minderung der Auswirkungen durch Einsatz von Schallminderungsmaßnahmen und durch Verwendung schallärmerer Gründungsmethoden.	Auswirkungen innerhalb der Tragfähigkeitsgrenzen	Grün
	Jacket	Habitatverlust durch Flächeninanspruchnahme	Flächeninanspruchnahme erfolgt in einem geringen Anteil des NSG (< 0,1%), ist jedoch dauerhaft	Gelb	Reduzierung der Anlagen	Flächeninanspruchnahme liegt innerhalb der Tragfähigkeitsgrenzen	Grün

Szenario 3							
Schutzgut/Nutzung		**ungeminderte Auswirkungen**	**Bewertung ungemindert**		**Auswirkungen bei hinzuziehen von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen**	**Bewertung gemindert**	
		Kein Kolkschutz nötig	Keine Attraktion von gebietsfremden Arten	Grün	-	-	Grün
	Suction Bucket Jacket	Vergrämungs- und Lockwirkung durch Schallemissionen des Schiffsverkehrs möglich	Da die Auswirkungen zeitlich begrenzt sind, wird keine Überschreitung der Tragfähigkeitsgrenze erwartet	Grün	Keine Minderungsmaßnahmen nötig	Da die Auswirkungen zeitlich begrenzt sind, wird keine Überschreitung der Tragfähigkeitsgrenze erwartet	Grün
		Habitatverlust durch Flächeninanspruchnahme	Bei Installation von 22 MW Anlagen (Szenario 3.1) ist eine Flächeninanspruchnahme von > 0,1 % der Fläche möglich. Negative Auswirkungen können nicht ausgeschlossen werden.	Gelb	Installation von 28 MW Anlagen (Szenario 3.2), da Flächeninanspruchnahme geringer (< 0,1%)	Flächeninanspruchnahme liegt innerhalb der Tragfähigkeitsgrenzen	Grün
		Attraktionswirkung und ggf. Änderung der Artgemeinschaft durch Einbringung von Hartsubstrat	Ausmaß der Auswirkungen auf den unmittelbaren Nahbereich der Steinschüttungen begrenzt	Gelb	Größere Abstände zwischen den Anlagen ermöglichen Weichsubstratarten eine Besiedlung der Bereiche zwischen den Anlagen	Auswirkungen innerhalb der Tragfähigkeitsgrenzen	Grün
Rastvögel	Allgemein	Habitatverlust durch Flächeninanspruchnahme und Meidung – Szenario 3.1	Habitatverlust von je Art zwischen 33 %* und 67 %** der Schutzgebietsfläche (Bewertung für weniger empfindliche Arten* gelb, für empfindlichere Arten** rot)	Gelb* Rot**	-	-	Gelb* Rot**

Szenario 3							
Schutzgut/Nutzung		**ungeminderte Auswirkungen**	**Bewertung ungemindert**		**Auswirkungen bei hinzuziehen von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen**	**Bewertung gemindert**	
		Habitatverlust durch Flächeninanspruchnahme und Meidung – Szenario 3.2	Habitatverlust identisch mit Szenario 3.1. Bei weniger OWEA mit größeren Abständen (Szenario 3.2) ist die Meidung jedoch evtl. geringer. Die Unterschiede sind jedoch nicht belegt und vermutlich gering. (Bewertung für weniger empfindliche Arten* gelb, für empfindlichere Arten** rot)	Gelb* Rot**	-	-	Gelb* Rot**
		Parklayout - Beeinträchtigung besonders sensibler Bereiche	Die OWEA befinden sich zum großen Teil außerhalb der als sensibel identifizierten Bereichen, in dem einige Rastvogelarten in besonders hohen Dichten nachgewiesen wurden. Für besonders empfindliche Arten wird jedoch ein Teil der sensiblen Bereiche im Süden und Norden durch Meidung beeinträchtigt. (Bewertung für weniger empfindliche Arten* gelb, für empfindlichere Arten** rot)	Gelb* Rot**	-	-	Gelb* Rot**
		Störung durch Serviceverkehr in der Betriebsphase	Störungen durch Serviceverkehr ist abhängig von der tatsächlichen Anzahl an Servicefahrzeugen und deren Geschwindigkeit und Schallemissionen. Die Störungen kommen jeweils zu dem oben genannten Habitatverlust hinzu.	Gelb	Durch Kanalisierung des Schiffsverkehrs in geregelte Routen und eine geringe Fahrtgeschwindigkeit können die Auswirkungen minimiert werden.	Auswirkungen von Schiffsverkehr vermutlich gering	Grün

Szenario 3							
Schutzgut/Nutzung		**ungeminderte Auswirkungen**	**Bewertung ungemindert**		**Auswirkungen bei hinzuziehen von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen**	**Bewertung gemindert**	
Zugvögel	Allgemein	Für alle Gründungstypen: Barrierewirkung (tagsüber)	Zusätzlicher Energieverbrauch zur Überwindung (kumulierend), Langzeitwirkung unbekannt; bisher nur wenig Tageszug dokumentiert	Grau	Lineare Anordnung der OWEA in Zugrichtung und Reduktion der Anzahl der Anlagen	Keine andere Minderung möglich, aber bisher nur wenig Tageszug dokumentiert	Grün
		Für alle Gründungstypen: Kollisionsgefahr mit Rotorblättern (nachts und bei schlechter Sicht)	Hohe Mortatilitätsraten möglich in Massenzugnächten bei einsetzendem Schlechtwetter	Gelb	Abschaltung der OWEA während Zugnächten	Ausreichende Wirksamkeit bedarfsgesteuerter Abschaltungen vorausgesetzt; Restmortalität	Grün
Marine Säugetiere	Monopile	Schweinswal: Bei Einhaltung von 160 dB SEL Rammschall Scheuchwirkung auf ca. 12 % der Schutzgebietsfläche für den Schweinswal, zusätzlich Scheuchwirkung durch Baufahrzeuge	Tragfähigkeit wird aufgrund von Scheuchwirkung/Verletzung überschritten	Rot	Schallminderungsmaßnahmen führen kumulativ mit Schiffsschall zu einer Störwirkung auf < 10 % der Gebietsfläche. Bauzeiten befinden sich außerhalb der sensiblen Zeit Mai-August.	Scheuchwirkung liegt innerhalb der Tragfähigkeitsgrenze	Grün
		Zwergwal: Gefahr von Verletzungen der Hörorgane und großräumige Vertreibung möglich	Keine Bewertung möglich aufgrund von Kenntnislücken	Grau	Schallminderungsmaßnahmen, die im tieffrequenten Bereich wirken, sowie ein Bauzeitenausschluss zwischen März und Juni können Auswirkungen vorauss. mindern.	Keine Bewertung möglich aufgrund von Kenntnislücken	Grau
	Jacket	Schweinswal: Kleinräumige Scheuchwirkung durch Rammschall und Baufahrzeuge	Auswirkungen durch Schall in der Bauphase vorauss. innerhalb Tragfähigkeitsgrenzen, jedoch möglicherweise nicht, wenn innerhalb der sensiblen Zeit gebaut wird (abhängig von den tatsächlichen Schalleinträgen)	Gelb	Minderung der Störwirkung durch Bauzeitenregelung außerhalb Mai-August (technisch schwer umsetzbar)	Auswirkungen durch Schall in der Bauphase vorauss. innerhalb Tragfähigkeitsgrenzen	Grün

Szenario 3							
Schutzgut/Nutzung		**ungeminderte Auswirkungen**	**Bewertung ungemindert**		**Auswirkungen bei hinzuziehen von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen**	**Bewertung gemindert**	
		Zwergwal: Vertreibungseffekte wahrscheinlich	Keine Bewertung möglich aufgrund von Kenntnislücken	Grau	Schallminderungsmaßnahmen, die im tieffrequenten Bereich wirken, sowie ein Bauzeitenausschluss zwischen März und Juni können Auswirkungen vorauss. mindern.	Keine Bewertung möglich aufgrund von Kenntnislücken	Grau
	Suction Bucket Jacket	Scheuchwirkung nur durch Baufahrzeuge	Auswirkungen durch Schall in der Bauphase vorauss. innerhalb Tragfähigkeitsgrenzen, jedoch möglicherweise nicht, wenn innerhalb der sensiblen Zeit gebaut wird (abhängig von den tatsächlichen Schalleinträgen)	Gelb	Minderung der Störwirkung durch Bauzeitenregelung außerhalb März-August (technisch schwer umsetzbar)	Auswirkungen durch Schall in der Bauphase voraussichtlich innerhalb Tragfähigkeitsgrenzen	Grün
	Allgemein	Störungen und Kollisionsrisiko durch Serviceverkehr in der Betriebsphase auf einem Anteil von ca. 21 % des Schutzgebiets	Störungen und Kollisionsrisiko durch Serviceverkehr vermutlich unterhalb Tragfähigkeitsgrenze, aber abhängig von der tatsächlichen Anzahl an Servicefahrzeugen und deren Geschwindigkeit und Schallemissionen.	Gelb	Geschwindigkeitsbegrenzung und Lenkung des Serviceverkehrs führen zu Minderung von Scheuchwirkung und Kollisionsrisiko	Auswirkungen von Schiffsverkehr gering	Grün
		Parklayout führt zu räumlich zusätzlicher Fischereieinschränkung auf <10 % des NSG. Es sind positive Effekte auf Nahrungsfischbestände zu erwarten.	Positive Auswirkungen erwartet, jedoch auf geringerer Fläche als bei Szenario 2 und 4	Grün	-	-	Grün

Szenario 3							
Schutz-gut/Nutzung		**ungeminderte Auswirkungen**	**Bewertung ungemindert**		**Auswirkungen bei hinzuziehen von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen**	**Bewertung gemindert**	
Fledermäuse	Allgemein	Groß- und kleinräumige Anlockeffekte, Kollisionsrisiko	Auswirkungen aufgrund der geringen zu erwartenden Fledermausaktivität vermutlich unterhalb der Tragfähigkeitsgrenze, deutliche Kenntnislücken	Grau	Minderung des Kollisionsrisikos durch fledermausbezogene Abschaltungen (Bedingungen sind noch zu definieren)	Geringe Restmortalität	Grün

5.2.4 Szenario 4: Bebauung mit 6 GW Windenergieleistung

5.2.4.1 Beschreibung des Szenarios

In Szenario 4 wurden drei Cluster mit jeweils 2 GW südwestlich und nordöstlich der Schifffahrtsstraße SN18 entwickelt. Die Anordnung wird in der folgenden Abb. 5.7 bzw. Abb. 5.8 dargestellt. Dabei bezieht sich Abb. 5.7 auf das Layout mit OWEA-Typ 1 mit 22 MW Nennleistung (Szenario 4.1) und Abb. 5.8 auf das Layout mit OWEA-Typ 2 mit 28 MW Nennleistung (Szenario 4.2).

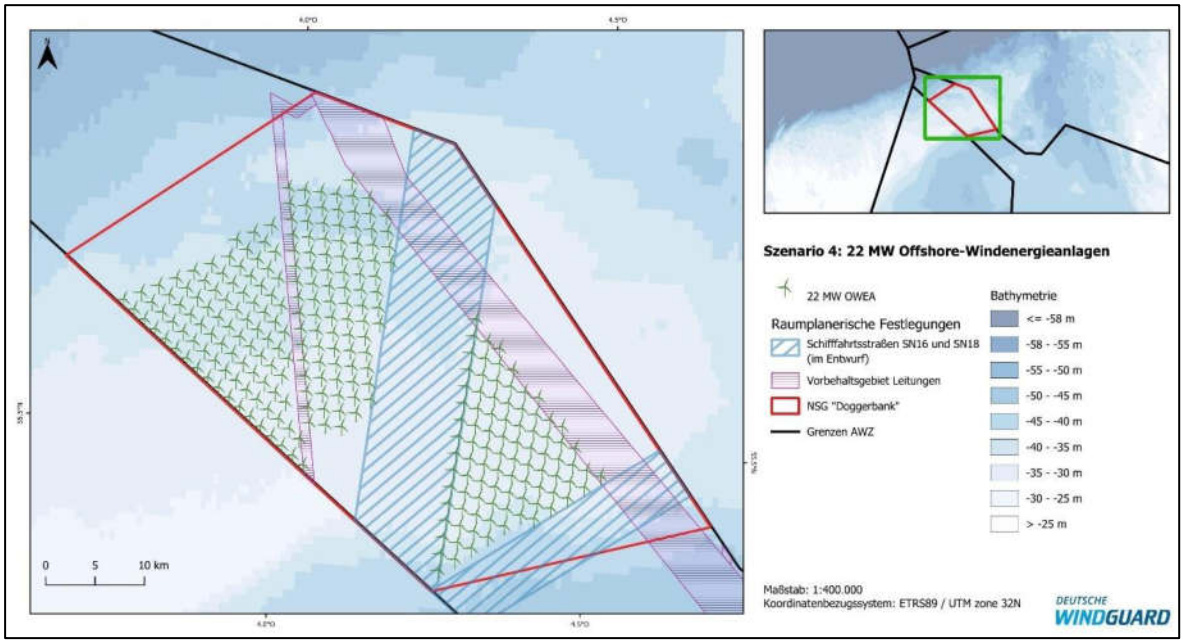


Abb. 5.7 Layout für Szenario 4.1 mit 22 MW OWEA.

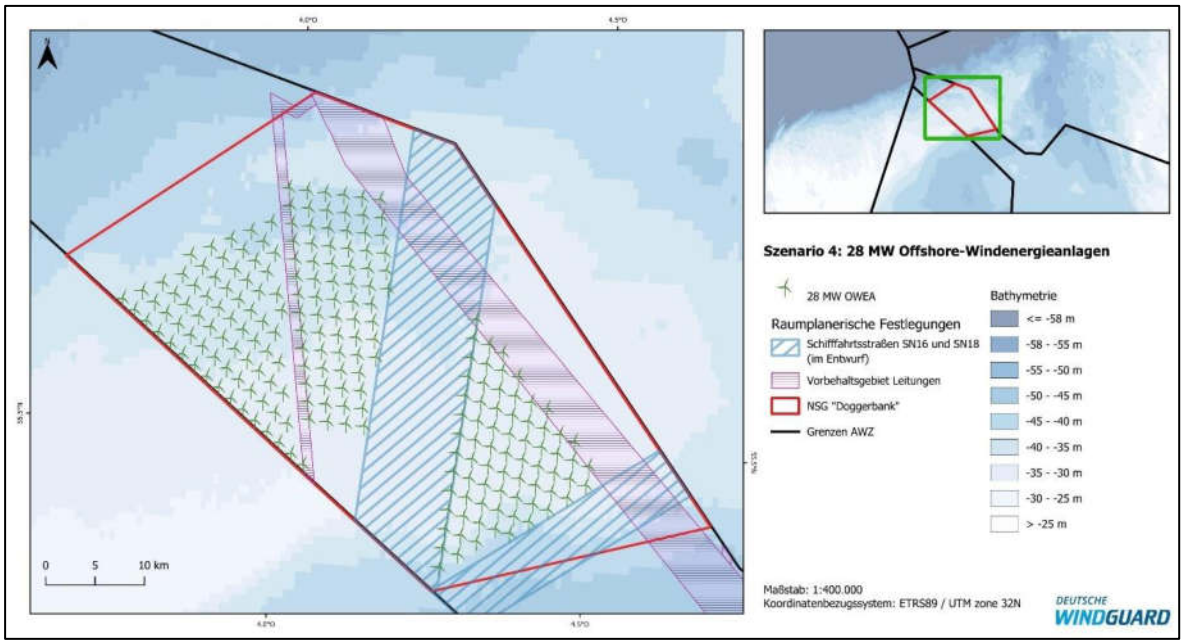


Abb. 5.8: Layout für Szenario 4.2 mit 28 MW OWEA.

Für die Innerparkverkabelung werden für das 6 GW Cluster bei Einsatz der 22 MW OWEA Kabel mit einer Länge von ca. 660 km und bei dem Einsatz der 28 MW OWEA ca. 630 km benötigt.

Die Ergebnisse der Energiebetragsberechnung sind in der folgenden Tab. 5.6 dargestellt.

Tab. 5.6: Ergebnisse der Jahresenergieertragsberechnung für Szenario 4

	Szenario 4 OWEA-Typ 1 (22MW)	**Szenario 4** OWEA-Typ 2 (28 MW)
Gesamte installierte Leistung (GW)	6	6
Brutto-Energieertrag des Gesamtparks (GWh/a)	33.540	34.142
Netto-Energieertrag des Gesamtparks (GWh/a)	25.012	25.876
Volllaststunden (h/a)	4.164	4.278

Für Szenario 4 mit einer installierten Gesamtleistung von 6 GW belaufen sich die Jahresenergieerträge auf 25.012 GWh bzw. 25.876 GWh Dies entspricht Volllaststunden in Höhe von 4.164 h/a bzw. 4.278 h/a.

5.2.4.2 Bewertung der Naturverträglichkeit

5.2.4.2.1 Pelagische Primärproduktion

Da die räumliche Anordnung der OWEA für dieses Schutzgut nicht von Bedeutung ist und die beiden Wirkfaktoren linear mit der Anzahl der Anlagen ansteigen, gilt für dieses Szenario ebenfalls die Bewertung in Kapitel 6.2.2.2.1.

5.2.4.2.2 Benthische Lebensräume und geschützte Biotope

Die baubedingten kurzfristigen Störungen des Sediments durch Aufwirbelungen und Verdichtungen beschränken sich auf den direkten Eingriffsbereich während der Installation der 273 bzw. 215 OWEA, der drei Konverterplattformen und der Kabelverlegung. Für das Szenario 4 wird eine Kabelverlegung auf einer Länge von ca. 660 km (22 MW) bzw. 630 km (28 MW) angenommen und würde bei einer ungefähren Eingriffsbreite von 8 m somit eine Fläche von ca. 5,3 km^2 (bzw. 5,0 km^2) baubedingt beeinträchtigen.

Die Realisierung des Vorhabens wird aufgrund der rechtlichen Rahmenbedingungen und der bisherigen Praxis die lokale Einstellung der fischereilichen Nutzung mittels Baumkurren und Schleppnetzen innerhalb der Windparkfläche zur Folge haben. Innerhalb der Sicherheitszone kann passive Fischerei z. B. mittels Reusen zugelassen werden. Dies könnte sich positiv auf die lokale Benthosgemeinschaft auswirken, da negative Fischereieffekte wie die Störung des Meeresbodens teilweise oder ganz auf einer Fläche von insgesamt ca. 621 km^2 (28 MW) bzw. 633 km^2 (22 MW) im NSG „Doggerbank“ wegfallen.

In Szenario 4 werden die beiden nördlich sowie die südlich der Schifffahrtsstraße SN 18 gelegenen Flächen bebaut. Es kommt zu einem großflächigen Wegfall der grundberührenden Fischerei beider-

seits der Schifffahrtsroute SN 18, was sich als sehr günstig für das Schutzgut Benthische Lebensräume darstellt. Zusammen mit der geplanten Teilschließung der nördlichen Bereiche des NSG „Doggerbank“ profitiert das Schutzgut jedoch nicht von der zusätzlichen Nutzungseinschränkung durch den Bau von OWP im nördlichen Gebiet, sondern wird zusätzlich durch die Einbringung von Hartsubstrat und den damit einhergehenden Flächenverlust für die Weichbodenfauna eher negativ beeinflusst. Als sensibel identifizierte Randbereiche im Norden und Süden des NSG „Doggerbank“ verbleiben unbebaut.

Monopile

Anlagebedingt kommt es durch die Installation der Fundamente inkl. des Kolkschutzes zu einem gesamten Flächenverlust – je nach Gründungsdurchmesser – zwischen 134.009 m^2 (10 m Durchmesser) und 851.008 m^2 (14 m Durchmesser) für das 22 MW-Szenario bzw. zwischen 151.975 und 875.373 m^2 für das 28 MW-Szenario. Dies entspricht einem dauerhaften Habitatverlust des LRT „Sandbänke“ im NSG „Doggerbank“ zwischen 0,0083 % und 0,0524 % für das 22 MW-Szenario (273 OWEA) und 0,0094 % bis 0,0539 % für das 28 MW-Szenario (215 OWEA). Da von einer Überschreitung der Tragfähigkeit des LRT „Sandbänke“ bei einem dauerhaften Flächenverlust ab 50.000 m^2 (bzw. 0,0031 % des vorkommenden LRT „Sandbänke“ im NSG „Doggerbank“) ausgegangen wird, werden die Auswirkungen der Flächeninanspruchnahme der Szenarien mit Monopiles als Gründungsstruktur als erheblich nachteilig für das Schutzgut Benthische Lebensräume und Geschützte Biotope eingestuft.

Anlagebedingt kommt es zu einer Einbringung von Hartsubstrat in ein Feinsandbiotop, was im Eingriffsbereich einen vollständigen Lebensraumverlust der Weichboden-Lebensgemeinschaft auf einer Fläche von insgesamt 112.567 – 808.983 m^2 (22 MW-Szenario) bzw. 127.659 – 832.145 m^2 zur Folge hat und durch eine erhöhte Habitatkomplexität eine Ansiedlung von gebietsfremden Arten der Hartbodenfauna punktuell um die OWEA fördert. Die Flächenverluste durch den Kolkschutz liegen in beiden Szenarien bereits über dem angenommenen Grenzwert von 50.000 m^2 für einen maximalen tragbaren Flächenverlust für den LRT „Sandbänke“ und sind somit als erheblich nachteilig für das Schutzgut Benthische Lebensräume und Geschützte Biotope einzustufen.

Jacket

Anlagebedingt kommt es durch die Installation der Fundamente zu einem gesamten Flächenverlust – je nach Gründungsdurchmesser und Anzahl Gründungselemente – zwischen 1.447 m^2 (3 Gründungselemente mit je 1,5 m Durchmesser) und 7.719 m^2 (4 Gründungselemente mit je 3 m Durchmesser) für das 22 MW-Szenario bzw. zwischen 1.140 m^2 und 6.079 m^2 für das 28 MW-Szenario. Dies entspricht einem dauerhaften Habitatverlust des LRT „Sandbänke“ im NSG „Doggerbank“ zwischen 0,0001 % und 0,0005 % für das 22 MW-Szenario (273 OWEA) und 0,0001 % bis 0,0004 % für das 28 MW-Szenario (215 OWEA). Da von einer Überschreitung der Tragfähigkeit des LRT „Sandbänke“ ab einem dauerhaften Flächenverlust von 50.000 m^2 (bzw. 0,0031 % des vorkommenden LRT im NSG „Doggerbank“) ausgegangen wird, werden die Auswirkungen der Flächeninanspruchnahme der Szenarien mit Jackets als Gründungsstruktur als unerheblich nachteilig für das Schutzgut Benthische Lebensräume und Geschützte Biotope eingestuft.

Bei der Verwendung von Jackets als Gründungsstrukturen kann bei entsprechendem Design auf einen Kolkschutz verzichtet werden, weshalb dieser hier als Wirkfaktor entfällt.

Suction Bucket Jacket

Anlagebedingt kommt es durch die Installation der Fundamente inkl. des Kolkschutzes zu einem gesamten Flächenverlust – je nach Anzahl Gründungselemente und Gründungsdurchmesser– zwischen 343.980 m² (3 Gründungselemente mit je 10 m Durchmesser) und 2.866.500 m² (4 Gründungselemente mit je 15 m Durchmesser) für das 22 MW-Szenario bzw. zwischen 270.900 und 2.257.500 m² für das 28 MW-Szenario. Dies entspricht einem dauerhaften Habitatverlust des LRT „Sandbänke“ im NSG „Doggerbank“ zwischen 0,0212 % und 0,1765 % für das 22 MW-Szenario (273 OWEA) und 0,0167 % bis 0,1390 % für das 28 MW-Szenario (215 OWEA) und liegt somit um ein Vielfaches über dem Flächenverlust der Szenarien mit Monopiles. Da von einer Überschreitung der Tragfähigkeit des LRT „Sandbänke“ ab einem dauerhaften Flächenverlust von 50.000 m² (bzw. 0,0031 % des vorkommenden LRT im NSG „Doggerbank“) ausgegangen wird, werden die Auswirkungen der Flächeninanspruchnahme der Szenarien mit Suction Bucket Jackets als Gründungsstruktur als erheblich nachteilig für das Schutzgut Benthische Lebensräume und Geschützte Biotope eingestuft.

Anlagebedingt kommt es zu einer Einbringung von Hartsubstrat in ein Feinsandbiotop, was im Eingriffsbereich einen vollständigen Lebensraumverlust der Weichboden-Lebensgemeinschaft von insgesamt 258.215 – 2.673.528 m² (22 MW-Szenario) bzw. 203.356 – 2.105.525 m² (28 MW-Szenario) zur Folge hat und durch eine erhöhte Habitatkomplexität eine Ansiedlung von gebietsfremden Arten der Hartbodenfauna fördert. Die Flächenverluste durch den Kolkschutz liegen in beiden Szenarien weit über dem angenommenen Grenzwert von 50.000 m² für einen maximalen tragbaren Flächenverlust für den LRT „Sandbänke“.

Zusätzlich sind in diesem Szenario drei Konverterplattformen mit jeweils 11.000 m² Flächeninanspruchnahme durch Gründungen und Kolkschutz vorgesehen. Hierdurch werden die oben beschriebenen Einstufungen der verschiedenen Gründungstypen in ihrer Erheblichkeit in Bezug auf Flächenverluste jedoch nicht verändert.

5.2.4.2.3 Fische

Das Parklayout von Szenario 4 ist aufgrund der großflächigen Bebauung und den damit verbundenen Nutzungseinschränkungen der Fischerei in großen Teilen des NSG recht günstig für das Schutzgut Fische hinsichtlich des wegfallenden Fischereidrucks. Insgesamt würde eine Fläche von etwa 621 km² (28 MW) bzw. 633 km² (22 MW) von den Nutzungseinschränkungen betroffen sein. Aufgrund der bereits geplanten Teilschließung der nördlichen Teile profitiert das Schutzgut bei Umsetzung dieser Pläne jedoch nicht zusätzlich von den durch die Windkraft von der aktiven Fischerei befreiten Gebieten. Das Schutzgut würde demnach deutlich mehr von einer ausschließlichen Bebauung der südlichen Bereiche profitieren. Als sensibel identifizierte Randbereiche der Doggerbank, welche eine erhöhte Artenvielfalt aufweisen verbleiben unbebaut und somit als Lebensraum erhalten.

Monopile

Für eine Beschreibung der Auswirkungen durch die Einbringung von Hartsubstrat, durch Schallemissionen, Trübungsfahnen/Sedimentation, Stoffeinträge ins Wasser, Elektromagnetische Felder und Lichtimmissionen sowie durch die gemäß raumordnerischem Grundsatz 2.2.2 (4) (BSH 2021b)

mit einer Bebauung einhergehende Nutzungseinschränkung der Fischerei innerhalb des OWP wird auf Kapitel 6.2.2.2 (Abschnitt Fische - Monopile) verwiesen.

In Abhängigkeit von dem Durchmesser der Gründung käme es bei der Einbringung von 273 Anlagen der 22-MW-Klasse zu einer Flächenversiegelung durch Gründung inkl. Kolkschutz von 134.009 m^2 (Ø 10 m) bzw. von 851.008 m^2 (Ø 14 m) und somit zu einem dauerhaften Habitatverlust auf 0,08 % bzw. auf 0,05 % der NSG-Fläche. Bei Verwendung von Anlagen der 28-MW-Klasse bewirkt die Installation von 215 Anlagen eine Flächenversiegelung von 151.975 m^2 (Ø 12 m) bzw. von 875.373 m^2 (Ø 16 m). Dies entspräche einem Habitatverlust auf 0,009 % bzw. auf 0,052 % der NSG-Fläche. Zusätzlich wird eine Kabelverlegung auf einer Länge von ca. 660 km (22 MW) bzw. 630 km (28 MW) angenommen und würde bei einer ungefähren Eingriffsbreite von ca. 8 m somit eine Fläche von ca. 5,3 km^2 (bzw. 5,0 km^2) baubedingt beeinträchtigen. Da die dauerhafte Flächeninanspruchnahme in einem sehr geringen Anteil des gesamten NSG (< 0,1 %) erfolgt, werden die Auswirkungen als nicht erheblich eingestuft.

Jacket

Für eine Beschreibung der Auswirkungen durch die Einbringung von Hartsubstrat, durch Schallemissionen, Trübungsfahnen/Sedimentation, Stoffeinträge ins Wasser, Elektromagnetische Felder und Lichtimmissionen sowie durch die gemäß raumordnerischem Grundsatz 2.2.2 (4) (BSH 2021b) mit einer Bebauung einhergehende Nutzungseinschränkung der Fischerei innerhalb des OWP wird auf Kapitel 6.2.2.2 (Abschnitt Fische - Jacket) verwiesen.

In Abhängigkeit von dem Durchmesser der Gründungspfähle käme es bei der Einbringung von 273 Anlagen der 22-MW-Klasse zu einer Flächenversiegelung durch Gründung inkl. Kolkschutz von 1.447 m^2 (Ø 1,5 m) bzw. von 7.719 m^2 (Ø 3 m) und somit zu einem dauerhaften Habitatverlust auf 0,0001 % bzw. auf 0,0005 % der NSG-Fläche. Bei Verwendung von Anlagen der 28-MW-Klasse bewirkt die Installation von 215 Anlagen eine Flächenversiegelung von 1.140 m^2 (Ø 1,5 m) bzw. von 6.079 m^2 (Ø 3 m). Dies entspräche einem Habitatverlust auf 0,0001 % bzw. auf 0,0004 % der NSG-Fläche. Zusätzlich wird eine Kabelverlegung auf einer Länge von ca. 660 km (22 MW) bzw. 630 km (28 MW) angenommen und würde bei einer ungefähren Eingriffsbreite von ca. 8 m somit eine Fläche von ca. 5,3 km^2 (bzw. 5,0 km^2) baubedingt beeinträchtigen. Da die dauerhafte Flächeninanspruchnahme in einem sehr geringen Anteil des gesamten NSG (< 0,1 %) erfolgt, werden die Auswirkungen als nicht erheblich eingestuft.

Suction Bucket Jacket

Für eine Beschreibung der Auswirkungen durch die Einbringung von Hartsubstrat, durch Schallemissionen, Trübungsfahnen/Sedimentation, Stoffeinträge ins Wasser, Elektromagnetische Felder und Lichtimmissionen sowie durch die gemäß raumordnerischem Grundsatz 2.2.2 (4) (BSH 2021b) mit einer Bebauung einhergehende Nutzungseinschränkung der Fischerei innerhalb des OWP wird auf Kapitel 6.2.2.2 (Abschnitt Fische – Suction Bucket Jacket) verwiesen.

In Abhängigkeit von dem Durchmesser der Gründungspfähle käme es bei der Einbringung von 273 Anlagen der 22-MW-Klasse zu einer Flächenversiegelung durch Gründung inkl. Kolkschutz von 343.980 m^2 (Ø 10 m) bzw. von 2.866.500 m^2 (Ø 15 m) und somit zu einem dauerhaften Habitatverlust auf 0,02 % bzw. auf 0,17 % der NSG-Fläche. Bei Verwendung von Anlagen der 28-MW-Klasse

bewirkt die Installation von 215 Anlagen eine Flächenversiegelung von 270.900 m² (Ø 10 m) bzw. von 2.257.500 m² (Ø 15 m). Dies entspräche einem Habitatverlust auf 0,02 % bzw. auf 0,13 % der NSG-Fläche. Da die Flächeninanspruchnahme bei Installation der Anlagen eine Flächeninanspruchnahme von > 0,1 % der Fläche beträgt, können negative Auswirkungen auf das Schutzgut nicht ausgeschlossen werden. Zusätzlich wird eine Kabelverlegung auf einer Länge von ca. 660 km (22 MW) bzw. 630 km (28 MW) angenommen und würde bei einer ungefähren Eingriffsbreite von ca. 8 m somit eine Fläche von ca. 5,3 km² (bzw. 5,0 km²) baubedingt beeinträchtigen.

5.2.4.2.4 Rastvögel

Die südlichen OWEA bedecken in diesem Layout einen großen Teil der sensibelsten Zonen der Rastvögel (siehe Abb. 4.18), darüber hinaus wird das Habitat durch die über den Park hinausreichende Scheuchwirkung beeinträchtigt. Für die Arten Gelbschnabeltaucher, Trottellumme, Tordalk, Papageitaucher und Krabbentaucher wird unter Berücksichtigung eines Meideradius von 10 km ca. 2.446 km² (davon 1.677 km² im NSG) und damit ca. 99 % der Fläche des NSG „Doggerbank“ beeinträchtigt (siehe Abb. 5.3). Es ist zu beachten, dass auch darüber hinaus noch Effekte entstehen können, diese jedoch geringer sind. Unter Szenario 4 ist das NSG quasi vollständig entweder durch OWEA belegt oder durch Meideradien belastet. Die entstehenden Meideradien reichen auch über das NSG hinaus. Sollten die geplanten Gebiete N-19 nordwestlich des NSG und N-17 südöstlich des NSG realisiert werden, müssen deren Meideradien ebenfalls berücksichtigt werden. Unter Szenario 4 ist es möglich, dass empfindliche Arten aus dem NSG vollständig verschwinden.

Für die Arten Eissturmvogel, Basstölpel, Zwergmöwe, Dreizehenmöwe und Fluss-/Küstenseeschwalbe werden unter Berücksichtigung eines 2 km Meideradius unter Szenario 4 ca. 928 km² (davon 871 km² innerhalb des NSG) und damit ca. 51 % der Fläche des NSG „Doggerbank“ beeinträchtigt (siehe Abb. 5.3). Auch bei diesen Arten können Effekte ebenfalls in weiterer Entfernung auftreten. Sollten die geplanten Gebiete N-19 nordwestlich des NSG und N-17 südöstlich des NSG realisiert werden, würde nördlich und südlich zusätzliche Fläche des NSG durch Störung beeinträchtigt. Für wenig störungsempfindliche Arten bleibt unter Szenario 4 zumindest ein Teil des bevorzugten Habitats weniger stark von Störung belastet.

Es ist möglich, dass für die betroffenen Arten ein Unterschied besteht, ob mehrere kleinere oder weniger große Anlagen in größerem Abstand aufgestellt werden. In Szenario 4.1 sind 273 OWEA geplant, in Szenario 4.2 auf quasi derselben Fläche nur 216 OWEA. Es wird generell angenommen, dass die Meidereaktion bei weniger und weiter entfernten OWEA geringer ist, dies ist jedoch bisher für die hier vorkommenden Arten nicht belegt. Sofern dieser Zusammenhang besteht, wäre Szenario 4.2 dem Szenario 4.1 vorzuziehen. Aufgrund der großen beeinträchtigen Fläche und einer daraus folgenden Verringerung der Dichten, ist für das Schutzgut Rastvögel dennoch davon auszugehen, dass die Tragfähigkeit des NSG „Doggerbank“ in beiden Szenarien überschritten wird.

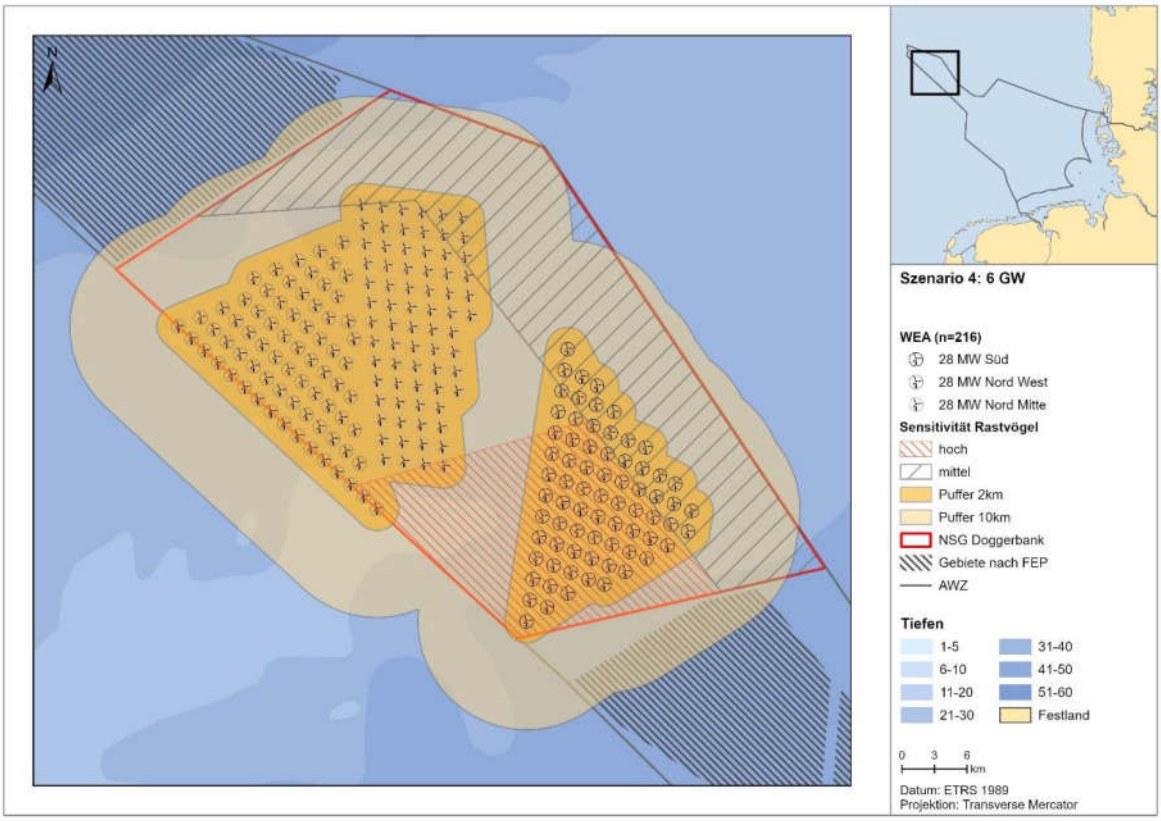


Abb. 5.9 Habitatverlust für Rastvögel unter Szenario 4 (hier: 28 MW Anlagen) im NSG „Doggerbank“ unter Annahme eines Meideradius von 2 km bzw. 10 km.

5.2.4.2.5 Zugvögel

In Nordost-Südwest-Richtung erstreckt sich die räumliche Anordnung der OWEA für dieses Schutzgut über die gleiche Distanz wie in Szenario 2, allerdings ebenfalls mit einer längeren, zu überwindenden Barriere. Für weitere Details wird auf die Bewertung in Kapitel 6.2.2.2.5 verwiesen.

5.2.4.2.6 Marine Säugetiere

Alle Aussagen zu den Gründungstypen aus Szenario 2 treffen in gleicher Weise auf Szenario 4 zu (siehe Kapitel 6.2.2.2 im Abschnitt Marine Säugetiere).

Das Parklayout des Szenario 4 ist für das Schutzgut günstig, da die marinen Säugetiere von der Nutzungseinschänkung der Fischerei in der Betriebsphase des OWP auf einem Flächenanteil von rund 37 % des NSG profitieren würden. Ca. 25 % liegen außerhalb der nördlichen und nordwestlichen Bereiche der Doggerbank, für die eine Teilschließung der Fischerei geplant ist (*Joint Recommendation for Offshore Fisheries Management on the International Dogger Bank* 2016). Der überwiegende Teil des Schutzgebiets wäre in diesem Szenario frei von aktiver Fischerei. Im Vergleich mit dem Szenario 2 treten bei diesem Parklayout jedoch Störungen und Kollisionsrisiko durch den Serviceverkehr auf einem größeren Flächenanteil (ca. 32 %) und durch die gesteigerte Anlagenzahl in höherer Frequenz auf, sodass Szenario 4 eine mittlere Position einnimmt für das Schutzgut Marine Säugetiere.

5.2.4.2.7 Fledermäuse

Die in Kapitel 6.2.2 getroffenen Aussagen zu Szenario 2 treffen in gleicher Weise auf Szenario 4 zu.

5.2.4.2.8 Zusammenfassung

In Tab. 5.7 erfolgt eine Zusammenfassung der schutzgutspezifischen Bewertungen der Naturverträglichkeit hinsichtlich des vorgestellten Szenario 4.

Tab. 5.7 Szenario 4 – Zusammenfassung der schutzgutspezifischen Bewertung der Naturverträglichkeit (grün = kein Konflikt mit dem Erhalt der (lokalen) Population zu erwarten; gelb = ein negativer Effekt auf den Erhalt der Populationsgröße, aber keine Überschreitung einer kritischen Grenze (dauerhafter Verlust oder Populationsrückgang) zu erwarten; rot = durch den Eingriff ist ein dauerhafter Rückgang der Population zu erwarten; grau = eine kritische Bewertung ist nicht ausgeschlossen, aber Kenntnislücken lassen keine Aussagen zu).

Szenario 4							
Schutzgut/Nutzung		**ungeminderte Auswirkungen**	**Bewertung ungemindert**		**Auswirkungen bei hinzuziehen von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen**	**Bewertung gemindert**	
Pelagische Primärproduktion	Monopile	Durchmischung des Wasserkörpers durch Turbulenzen an den Anlagenfundamenten	Großräumige Veränderungen der jährlichen Primärproduktion	Grau	Deutliche Reduktion der Anzahl der Turbulenzen verursachenden Anlagenfundamente	Keine andere Minderung möglich	Grau
		Prädation durch Fraßdruck des neu auf dem eingebrachten Hartsubstrat angesiedelten Epibenthos	Potenzielle Veränderungen der regionalen jährlichen Primärproduktivität	Grau	Deutliche Reduktion der eingebrachten Hartsubstrat-Flächen der Anlagen	Keine andere Minderung möglich	Grau
	Jacket	Durchmischung des Wasserkörpers durch Turbulenzen an den Anlagenfundamenten	Vermutlich geringere Verwirbelung an Jacket-Fundamenten dank geringerer Fundamentdurchmesser	Grau	Anscheinend keine Minderungsmaßnahmen möglich	Bisher liegen keine Forschungen zur verbleibenden Reduktion der jährlichen Primärproduktion vor.	Grau
		Prädation durch Fraßdruck des neu auf dem eingebrachten Hartsubstrat angesiedelten Epibenthos	Flächenversiegelung nur wenige Quadratmeter bei Jacket-Fundamenten ohne Kolkschutz (um Faktor 100 geringer ohne Steinschüttung)	Grün	Keine Minderungsmaßnahmen nötig	-	Grün

Szenario 4							
Schutzgut/Nutzung		**ungeminderte Auswirkungen**	**Bewertung ungemindert**		**Auswirkungen bei hinzuziehen von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen**	**Bewertung gemindert**	
	Suction Bucket Jacket	Durchmischung des Wasserkörpers durch Turbulenzen an den Anlagenfundamenten	Großräumige Veränderungen der jährlichen Primärproduktion	Grau	Deutliche Reduktion der Anzahl der Turbulenzen verursachenden Anlagenfundamente	Keine andere Minderung möglich	Grau
		Prädation durch Fraßdruck des neu auf dem eingebrachten Hartsubstrat angesiedelten Epibenthos	Potenzielle Veränderungen der regionalen jährlichen Primärproduktivität	Grau	Deutliche Reduktion der eingebrachten Hartsubstrat-Flächen der Anlagen	Keine andere Minderung möglich	Grau
Benthische Lebensräume und geschützte Biotope	Allgemein	Schädigung des Benthos durch Sedimentaufwirbelungen/Trübungsfahnen	Baubedingt und deshalb kurzfristige und kleinräumige Auswirkungen auf Individuen	Grün	Möglichst schonende Kabelverlegeverfahren mit geringer Eingriffsbreite und möglichst geringe Anlagenzahl	Kurzfristige und kleinräumige Auswirkungen auf Individuen	Grün
		Individuenverluste durch Sedimentumlagerung/-verdichtung	Baubedingte, kurzfristige und kleinräumige Beeinträchtigungen von Individuen	Grün	Möglichst schonende Kabelverlegeverfahren mit geringer Eingriffsbreite und möglichst geringe Anlagenzahl	Baubedingte, kurzfristige und kleinräumige Beeinträchtigungen von Individuen	Grün
		Veränderung der Sedimentzusammensetzung durch Auskolkung und Verschiebung der Artenzusammensetzung	Auswirkungen auf den unmittelbaren Nahbereich der Fundamente begrenzt	Grün	Verwendung von Jackets, um Eintrag von Hartsubstrat zu reduzieren	Geringfügige Auswirkungen aufgrund geringer Auskolkung	Grün
		Störung des Meeresbodens entfällt durch Nutzungseinschränkung der Fischerei	Positive Auswirkungen erwartet	Grün	-	-	Grün

Szenario 4							
Schutzgut/Nutzung		**ungeminderte Auswirkungen**	**Bewertung ungemindert**		**Auswirkungen bei hinzuziehen von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen**	**Bewertung gemindert**	
		Parklayout: Sensible Bereiche größtenteils ausgespart, zu erwartende Nutzungseinschränkungen auf großen Teilen des NSG	Anlagenbedingte Nutzungseinschränkungen überschneiden sich im nördlichen Bereich mit der geplanten Teilschließung der Doggerbank für die Fischerei. Damit verbundene positive Auswirkungen entfallen. Negative Auswirkungen durch Flächenverluste in nördlichen Bereichen.	Gelb	Beschränkung auf Bereiche ohne geplante Teilschließung	Großflächige Nutzungseinschränkungen ohne zusätzliche Flächenverluste im nördlichen Bereich.	Grün
	Monopile	Dauerhafter Habitatverlust durch Flächeninanspruchnahme	Dauerhafte Auswirkungen für beide Szenarien (22 und 28 MW) über der definierten Tragfähigkeit	Rot	Reduzierung der Anlagen, sodass ein Flächenverlust von 5 ha nicht überschritten wird	Dauerhafte und kleinräumige Auswirkungen auf die Benthosgemeinschaft	Gelb
	Monopile	Attraktion gebietsfremder Arten und ggf. Änderung der Artgemeinschaft durch Einbringung von Hartsubstrat	Flächenverlust überschreitet Tragfähigkeitsgrenze, Änderung Artengemeinschaft punktuell zu erwarten	Rot	Reduzierung der Anlagen, sodass ein Flächenverlust von 5 ha nicht überschritten wird	Dauerhafte und kleinräumige Auswirkungen auf die Benthosgemeinschaft	Gelb
	Jacket	Dauerhafter Habitatverlust durch Flächeninanspruchnahme	Dauerhafte, kleinräumige Auswirkungen für beide Szenarien (22 und 28 MW) innerhalb der definierten Tragfähigkeit	Grün	Reduzierung Anlagen, um Flächenverlust zu reduzieren	Dauerhafte und kleinräumige Auswirkungen auf die Benthosgemeinschaft	Grün
	Jacket	Ggf. kein Kolkschutz nötig	Keine bis geringe Attraktion von gebietsfremden Arten	Grün	-	-	Grün

Szenario 4							
Schutzgut/Nutzung		**ungeminderte Auswirkungen**	**Bewertung ungemindert**		**Auswirkungen bei hinzuziehen von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen**	**Bewertung gemindert**	
	Suction Bucket Jacket	Dauerhafter Habitatverlust durch Flächeninanspruchnahme	Dauerhafte Auswirkungen für beide Szenarien (22 und 28 MW) über der definierten Tragfähigkeit	Rot	Reduzierung der Anlagen, sodass ein Flächenverlust von 5 ha nicht überschritten wird	Dauerhafte und kleinräumige Auswirkungen auf die Benthosgemeinschaft	Gelb
		Attraktion gebietsfremder Arten und ggf. Änderung der Artgemeinschaft durch Einbringung von Hartsubstrat	Flächenverlust überschreitet Tragfähigkeitsgrenze, Änderung Artengemeinschaft punktuell zu erwarten	Rot	Reduzierung der Anlagen, sodass ein Flächenverlust von 5 ha nicht überschritten wird	Dauerhafte und kleinräumige Auswirkungen auf die Benthosgemeinschaft	Gelb
Fische	Allgemein	Abnahme der allgemeinen Fitness und Mobilität sowie Einschränkung der Reproduktionsfähigkeit durch Trübungsfahnen/Sedimentation möglich	Da die Auswirkungen zeitlich und räumlich begrenzt sind, wird keine Überschreitung der Tragfähigkeitsgrenze erwartet	Grün	Derzeit keine Minderungsmaßnahmen notwendig, da Auswirkungen zeitlich und räumlich begrenzt	Da die Auswirkungen zeitlich und räumlich begrenzt sind, wird keine Überschreitung der Tragfähigkeitsgrenze erwartet	Grün
		Positive Effekte auf die Häufigkeit und Altersverteilung durch Nutzungseinschränkungen der Fischerei	Positive Auswirkung durch großflächige Nutzungseinschränkung erwartet	Grün	Beschränkung auf Bereiche die nicht von einer geplanten Teilschließung betroffen sind.	Großflächige Nutzungseinschränkungen ohne zusätzliche Stressoren im nördlichen Bereich.	Grün
		Geringfügige Auswirkungen durch Stoffeinträge ins Wasser, Elektromagnetische Felder und Lichtimmissionen möglich	Geringfügige Beeinträchtigungen möglich	Gelb	Einhaltung des 2 K-Kriteriums, Einhaltung der Vorgaben aus dem Emissionskonzept	Aufgrund der Geringfügigkeit der Beeinträchtigung wird keine Überschreitung der Tragfähigkeitsgrenze erwartet	Grün

Szenario 4							
Schutzgut/Nutzung		**ungeminderte Auswirkungen**	**Bewertung ungemindert**		**Auswirkungen bei hinzuziehen von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen**	**Bewertung gemindert**	
		Parklayout: Sensible Bereiche größtenteils ausgespart, zu erwartende Nutzungseinschränkungen auf großen Teilen des NSG	Die zu erwartenden Nutzungseinschränkungen überschneiden sich im nördlichen Bereich mit der geplanten Teilschließung der Doggerbank für die Fischerei. Damit verbundene positive Auswirkungen entfallen. Negative Auswirkungen durch zusätzliche baubedingte Stressoren überwiegen in nördlichen Bereichen.	Gelb	Beschränkung auf Bereiche die nicht von einer geplanten Teilschließung betroffen sind.	Großflächige Nutzungseinschränkungen ohne zusätzliche Stressoren im nördlichen Bereich.	Grün
	Monopile	Vergrämungs- und Lockwirkung sowie physische Schädigungen durch Schallemissionen möglich	Beeinträchtigung können die Tragfähigkeitsgrenze überschreiten	Gelb	Minderung der Auswirkungen durch Einsatz von Schallminderungsmaßnahmen und durch Verwendung schallärmerer Gründungsmethoden.	Auswirkungen innerhalb der Tragfähigkeitsgrenzen	Grün
		Habitatverlust durch Flächeninanspruchnahme	Flächeninanspruchnahme erfolgt in einem geringen Anteil des NSG (< 0,1%), ist jedoch dauerhaft	Gelb	Reduzierung der Anlagen	Flächeninanspruchnahme liegt innerhalb der Tragfähigkeitsgrenzen	Grün
		Attraktionswirkung und ggf. Änderung der Artgemeinschaft durch Einbringung von Hartsubstrat	Ausmaß der Auswirkungen auf den unmittelbaren Nahbereich der Steinschüttungen begrenzt	Gelb	Größere Abstände zwischen den Anlagen ermöglichen Weichsubstratarten eine Besiedlung der Bereiche zwischen den Anlagen	Auswirkungen innerhalb der Tragfähigkeitsgrenzen	Grün

Szenario 4							
Schutzgut/Nutzung		**ungeminderte Auswirkungen**	**Bewertung ungemindert**		**Auswirkungen bei hinzuziehen von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen**	**Bewertung gemindert**	
	Jacket	Vergrämungs- und Lockwirkung sowie physische Schädigungen durch Schallemissionen möglich	Beeinträchtigung können die Tragfähigkeitsgrenze überschreiten	Gelb	Minderung der Auswirkungen durch Einsatz von Schallminderungsmaßnahmen und durch Verwendung schallärmerer Gründungsmethoden.	Auswirkungen innerhalb der Tragfähigkeitsgrenzen	Grün
	Jacket	Habitatverlust durch Flächeninanspruchnahme	Flächeninanspruchnahme erfolgt in einem geringen Anteil des NSG (< 0,1%), ist jedoch dauerhaft	Gelb	Reduzierung der Anlagen	Flächeninanspruchnahme liegt innerhalb der Tragfähigkeitsgrenzen	Grün
	Jacket	Kein Kolkschutz nötig	Keine Attraktion von gebietsfremden Arten	Grün	-	-	Grün
	Suction Bucket Jacket	Vergrämungs- und Lockwirkung durch Schallemissionen des Schiffsverkehrs möglich	Da die Auswirkungen zeitlich begrenzt sind, wird keine Überschreitung der Tragfähigkeitsgrenze erwartet	Grün	Keine Minderungsmaßnahmen nötig	Da die Auswirkungen zeitlich begrenzt sind, wird keine Überschreitung der Tragfähigkeitsgrenze erwartet	Grün
	Suction Bucket Jacket	Habitatverlust durch Flächeninanspruchnahme	Eine Flächeninanspruchnahme von > 0,1 % der Fläche ist möglich. Negative Auswirkungen können nicht ausgeschlossen werden.	Gelb	Reduzierung der Anlagen	Flächeninanspruchnahme liegt innerhalb der Tragfähigkeitsgrenzen	Grün

Szenario 4							
Schutz-gut/Nutzung		**ungeminderte Auswirkungen**	**Bewertung ungemindert**		**Auswirkungen bei hinzuziehen von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen**	**Bewertung gemindert**	
		Attraktionswirkung und ggf. Änderung der Artgemeinschaft durch Einbringung von Hartsubstrat	Ausmaß der Auswirkungen auf den unmittelbaren Nahbereich der Steinschüttungen begrenzt	Gelb	Größere Abstände zwischen den Anlagen ermöglichen Weichsubstratarten eine Besiedlung der Bereiche zwischen den Anlagen	Auswirkungen innerhalb der Tragfähigkeitsgrenzen	Grün
Rastvögel	Allgemein	Habitatverlust durch Flächeninanspruchnahme und Meidung – Szenario 4.1	Habitatverlust von je Art zwischen 51 und 99 % der Schutzgebietsfläche	Rot	-	-	Rot
		Habitatverlust durch Flächeninanspruchnahme und Meidung – Szenario 4.2	Habitatverlust identisch mit Szenario 4.1. Bei weniger OWEA mit größeren Abständen (Szenario 4.2) ist die Meidung jedoch evtl. geringer. Die Unterschiede sind jedoch nicht belegt und vermutlich gering.	Rot	-	-	Rot
		Parklayout - Beeinträchtigung besonders sensibler Bereiche	Die OWEA im südlichen Bereich befinden sich zum großen Teil in dem Bereich, in dem einige Rastvogelarten in besonders hohen Dichten nachgewiesen wurden. Für empfindliche Arten ist quasi das gesamte Gebiet durch Meidung belastet.	Rot	-	-	Rot
		Störung durch Serviceverkehr in der Betriebsphase	Störungen durch Serviceverkehr ist abhängig von der tatsächlichen Anzahl an Servicefahrzeugen und deren Geschwindigkeit und Schallemissionen. Die Störungen kommen jeweils zu dem oben genannten Habitatverlust hinzu.	Gelb	Durch Kanalisierung des Schiffsverkehrs in geregelte Routen und eine geringe Fahrtgeschwindigkeit können die Auswirkungen minimiert werden.	Auswirkungen von Schiffsverkehr vermutlich gering	Grün

Szenario 4							
Schutzgut/Nutzung		**ungeminderte Auswirkungen**	**Bewertung ungemindert**		**Auswirkungen bei hinzuziehen von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen**	**Bewertung gemindert**	
Zugvögel	Allgemein	Für alle Gründungstypen: Barrierewirkung (tagsüber)	Zusätzlicher Energieverbrauch zur Überwindung (kumulierend), Langzeitwirkung unbekannt; bisher nur wenig Tageszug dokumentiert	Grau	Lineare Anordnung der OWEA in Zugrichtung und Reduktion der Anzahl der Anlagen	Keine andere Minderung möglich, aber bisher nur wenig Tageszug dokumentiert	Grün
		Für alle Gründungstypen: Kollisionsgefahr mit Rotorblättern (nachts und bei schlechter Sicht)	Hohe Mortatilitätsraten möglich in Massenzugnächten bei einsetzendem Schlechtwetter	Gelb	Abschaltung der OWEA während Zugnächten	Ausreichende Wirksamkeit bedarfsgesteuerter Abschaltungen vorausgesetzt; Restmortalität	Grün
Marine Säugetiere	Monopile	Schweinswal: Bei Einhaltung von 160 dB SEL Rammschall Scheuchwirkung auf ca. 12 % der Schutzgebietsfläche für den Schweinswal, zusätzlich Scheuchwirkung durch Baufahrzeuge	Tragfähigkeit wird aufgrund von Scheuchwirkung/Verletzung überschritten	Rot	Schallminderungsmaßnahmen führen kumulativ mit Schiffsschall zu einer Störwirkung auf < 10 % der Gebietsfläche. Bauzeiten befinden sich außerhalb der sensiblen Zeit Mai-August.	Scheuchwirkung liegt innerhalb der Tragfähigkeitsgrenze	Grün
		Zwergwal: Gefahr von Verletzungen der Hörorgane und großräumige Vertreibung möglich	Keine Bewertung möglich aufgrund von Kenntnislücken	Grau	Schallminderungsmaßnahmen, die im tieffrequenten Bereich wirken, sowie ein Bauzeitenausschluss zwischen März und Juni können Auswirkungen vorauss. mindern.	Keine Bewertung möglich aufgrund von Kenntnislücken	Grau
	Jacket	Schweinswal: Kleinräumige Scheuchwirkung durch Rammschall und Baufahrzeuge	Auswirkungen durch Schall in der Bauphase vorauss. innerhalb Tragfähigkeitsgrenzen, jedoch möglicherweise nicht, wenn innerhalb der sensiblen Zeit gebaut wird (abhängig von den tatsächlichen Schalleinträgen)	Gelb	Minderung der Störwirkung durch Bauzeitenregelung außerhalb Mai-August (technisch schwer umsetzbar)	Auswirkungen durch Schall in der Bauphase vorauss. innerhalb Tragfähigkeitsgrenzen	Grün

Szenario 4							
Schutzgut/Nutzung		**ungeminderte Auswirkungen**	**Bewertung ungemindert**		**Auswirkungen bei hinzuziehen von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen**	**Bewertung gemindert**	
		Zwergwal: Vertreibungseffekte wahrscheinlich	Keine Bewertung möglich aufgrund von Kenntnislücken	Grau	Schallminderungsmaßnahmen, die im tieffrequenten Bereich wirken, sowie ein Bauzeitenausschluss zwischen März und Juni können Auswirkungen vorauss. mindern.	Keine Bewertung möglich aufgrund von Kenntnislücken	Grau
	Suction Bucket Jacket	Scheuchwirkung nur durch Baufahrzeuge	Auswirkungen durch Schall in der Bauphase vorauss. innerhalb Tragfähigkeitsgrenzen, jedoch möglicherweise nicht, wenn innerhalb der sensiblen Zeit gebaut wird (abhängig von den tatsächlichen Schalleinträgen)	Gelb	Minderung der Störwirkung durch Bauzeitenregelung außerhalb März-August (technisch schwer umsetzbar)	Auswirkungen durch Schall in der Bauphase voraussichtlich innerhalb Tragfähigkeitsgrenzen	Grün
	Allgemein	Störungen und Kollisionsrisiko durch Serviceverkehr in der Betriebsphase auf einem Anteil von ca. 32 % des Schutzgebiets.	Störungen und Kollisionsrisiko durch Serviceverkehr vermutlich unterhalb Tragfähigkeitsgrenze, aber abhängig von der tatsächlichen Anzahl an Servicefahrzeugen und deren Geschwindigkeit und Schallemissionen.	Gelb	Geschwindigkeitsbegrenzung und Lenkung des Serviceverkehrs führen zu Minderung von Scheuchwirkung und Kollisionsrisiko	Auswirkungen von Schiffsverkehr gering	Grün
		Parklayout führt zu räumlich zusätzlicher Fischereieinschränkung auf ca. 25 % des NSG. Es sind positive Effekte auf Nahrungsfischbestände zu erwarten.	Positive Auswirkungen erwartet	Grün	-	-	Grün

Szenario 4							
Schutz-gut/Nutzung		**ungeminderte Auswirkungen**	**Bewertung ungemindert**		**Auswirkungen bei hinzuziehen von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen**	**Bewertung gemindert**	
Fledermäuse	Allgemein	Groß- und kleinräumige Anlockeffekte, Kollisionsrisiko	Auswirkungen aufgrund der geringen zu erwartenden Fledermausaktivität vermutlich unterhalb der Tragfähigkeitsgrenze, deutliche Kenntnislücken	Grau	Minderung des Kollisionsrisikos durch fledermausbezogene Abschaltungen (Bedingungen sind noch zu definieren)	Geringe Restmortalität	Grün

5.2.5 Ökosystemare Betrachtungen der möglichen Ausbau-Szenarien

Auch auf ökosystemarer Ebene können Unterschiede zwischen den Ausbau-Szenarien auftreten. Besonders die Einbringung von Hartsubstrat hat Einfluss auf die Zusammensetzung und Biomasse der benthischen Organismen im Gebiet, welche sich auf sämtliche andere trophische Ebenen auswirken kann.

Die Veränderungen der Benthos- und Fischgemeinschaft aufgrund von Hartsubstratstrukturen wird auch Riff-Effekt genannt. Dieser hat, wie in Kapitel 5.12 geschildert, sowohl direkte als auch indirekte Auswirkungen auf Benthos, Fische und Plankton und entsprechend weiterreichende Auswirkungen auf höhere trophische Ebenen.

Die durch die Ansiedlung von Hartsubstratarten in großen Anzahlen an den Fundamenten zu erwartende Zunahme der Biomasse an den Gründungsstrukturen wäre bei einer Verwendung von Monopiles oder Suction Bucket Jackets durch die Fundamente und den Kolkschutz am höchsten. Bei einem Einsatz von Jackets kann bei entsprechendem Design auf einen Kolkschutz verzichtet werden, was die komplexen Auswirkungen durch Ansiedlung hartsubstratassoziierter Arten im Gegensatz zu den anderen beiden Gründungstypen reduzieren könnte. Grundsätzlich kommen diese Auswirkungen auf die benthische Gemeinschaft durch das Hartsubstrat jedoch nur punktuell im Umfeld der Fundamente zum Tragen. Durch das erhöhte Nahrungsaufkommen in der unmittelbaren Nähe künstlicher Riffe wurde hingegen bereits bei mehreren OWP eine Zunahme der Dichten bestimmter Fischarten beobachtet, was auf eine Attraktionswirkung dieser Strukturen auf die Fischfauna hinweist. Das Ausmaß der Attraktionswirkung ist dabei von vielen Parametern, wie der Wahl der Gründungsstruktur, der Anzahl an Verstrebungen und dem eingesetzten Kolkschutz, abhängig und kann für den derzeitigen Planungsstand der Szenarien nicht quantifiziert werden. Um eine Überprägung durch hartsubstratassoziierte Arten des Benthos und der Fische möglichst gering zu halten, wären Szenarien mit einer möglichst geringen Anzahl an OWEA mit möglichst großen Abständen zu bevorzugen, entsprechend also jeweils die 28 MW Szenarien.

Aufgrund der hohen Bedeutung der LRT „Sandbänke“ für Fischbestände wie den Sandaal ist davon auszugehen, dass eine großflächige Bebauung (am stärksten bei Szenario 4) mit einem Habitatverlust und somit mit nachteiligen Auswirkungen für die Bestände einhergehen würde. Es ist daher davon auszugehen, dass sich der Einsatz möglichst weniger Anlagen bei einer gleichzeitigen großräumigen Verteilung am wenigsten nachteilig auf Arten wie den Sandaal auswirken würde. Da dieser eine wichtige Nahrungsquelle für Marine Säuger und einige Rastvogelarten darstellt, sind Auswirkungen auf diese Ebenen des Nahrungsnetzes zu erwarten. Auch für den Sandaal und die Arten, die sich vom Sandaal ernähren, wären somit jeweils die 28 MW Szenarien zu bevorzugen.

Der Ausschluss der aktiven Fischerei hat im Vergleich einen viel großflächigeren und deutlich positiven Effekt auf das Benthos und die Fischfauna, als das Einbringen von Hartsubstrat. Besonders die Epifauna würde bei der Umsetzung der Szenarien 2 - 4 von einem Wegfall der Belastung durch die Grundschleppnetzfischerei profitieren. Aufgrund des Ausschlusses der aktiven Fischerei im direkten Umkreis des OWP und dem damit einhergehenden Rückgang des fischereilichen Drucks auf viele Ziel- und Nicht-Zielarten, ist auch mit einer Erholung der Fischbestände und somit der Nahrungsgrundlage für Marine Säuger und Rastvögel im NSG „Doggerbank“ zu rechnen. Bei Berücksichtigung

der geplanten Teilschließung der nördlichen Bereiche für die Fischerei würden die Schutzgüter Benthische Lebensräume und geschützte Biotope sowie Fische jedoch nicht zusätzlich von einer Bebauung nördlich der Schifffahrtsroute profitieren. Stattdessen ist zu erwarten, dass negative Auswirkungen durch zusätzliche baubedingte Stressoren in diesen Bereichen überwiegen werden. Der Ausschluss der Fischerei ist der entscheidende Faktor im Hinblick auf die Schutzgüter Benthische Lebensräume und geschützte Biotope sowie Fische im NSG „Doggerbank“.

Rastvögel treten im Gebiet hauptsächlich als Top-Prädatoren auf, die sich hauptsächlich von Fischen ernähren. Damit beeinflussen sie in einem sogenannten „Top-down“-Prozess die Fischpopulation. Unter den vorgestellten Ausbauszenarien 2 - 4 wird sich voraussichtlich die Anzahl der Rastvögel im NSG „Doggerbank“ reduzieren. Dadurch wird der Fraßdruck auf einige Fischarten geringer, was Effekte auf den Bestand dieser Arten haben kann. Zu erwarten wäre, dass besonders pelagische Schwarmfische im Bestand zunehmen. Dies kann wiederum Auswirkungen auf andere Ebenen des Nahrungsnetzes haben. Zum einen wird der Fraßdruck durch Fische auf Benthos und Plankton erhöht, andererseits können andere Top-Prädatoren, wie marine Säugetiere, von dem erhöhten Nahrungsangebot profitieren und das Gebiet des NSG „Doggerbank“ verstärkt aufsuchen, wie es für Seehunde gezeigt wurde (Russell et al. 2014). Auch Schweinswale nutzen anthropogene Strukturen offenbar gezielt zur Nahrungssuche, wie es an Gasförderplattformen in der Doggerbank festgestellt wurde (Todd et al. 2009). Der Rastvogelbestand würde voraussichtlich unter Szenario 4 am stärksten zurück gehen und unter Szenario 3 am wenigsten. Damit wären die beschriebenen Effekte voraussichtlich unter Szenario 4 am stärksten, unter Szenario 3 sind die geringsten Auswirkungen zu erwarten.

Marine Säugetiere würden bei einer schallintensiven Gründungstechnik (Monopile) aus dem Gebiet vertrieben. Schweinswale meiden die Baustellen bereits vor der Rammung von Fundamenten und kehren nach Beendigung einer Rammphase nach spätestens ein bis zwei Tagen in das Gebiet zurück (Brandt et al. 2018). Eine länger andauernde Bauphase mit vielen Anlagen (Szenario 4) würde gegenüber einer kürzeren Bauphase mit weniger Anlagen (Szenario 2 und 3) zu häufiger wiederkehrenden Störungen führen, die zur Vertreibung der marinen Säugetiere als Topprädatoren aus dem Nahrungsnetz führen würden. Dies kann möglicherweise mit geringfügigen temporären Effekten auf die Nahrungsfischbestände einhergehen. Bei schallarmen Gründungen würde es voraussichtlich nicht zu einer weitreichenden Vertreibung von marinen Säugetieren kommen, wodurch ein temporärer Ausschluss dieser Topprädatoren aus dem Nahrungsnetz verhindert werden könnte.

Aufgrund der Entfernung des NSG „Doggerbank“ zur Küste (> 250 km) ist davon auszugehen, dass das NSG „Doggerbank“ außerhalb der üblichen Verbreitungsgebiete der Fledermäuse liegt und keine regelmäßige Aktivität von Fledermäusen zu erwarten ist. Das Schutzgut Fledermäuse ist daher in der ökosystemaren Betrachtung zu vernachlässigen, da keine Wechselwirkungen zu erwarten sind. Auch Zugvögel spielen nur eine untergeordnete Rolle bei einer ökosystemaren Betrachtung, da sie sich nur kurzzeitig im Gebiet aufhalten und zumindest in trophischen Beziehungen nicht involviert sind, da sie dort kaum oder gar nicht der Nahrungssuche nachgehen.

Die ökosystemaren Zusammenhänge des Nahrungsnetzes im NSG „Doggerbank“ sind komplex und können von vielen Wirkungen eines OWP in verschiedener Weise beeinflusst werden. Generell scheint sich herauszukristallisieren, dass Szenarien mit weniger, größeren Anlagen in größerem Ab-

stand geringere Auswirkungen auf das Ökosystem als Ganzes hervorrufen. Zudem sind durch Fundamente mit möglichst schallarmer Gründung und möglichst geringer Oberfläche geringere Auswirkungen auf das bestehende Ökosystem zu erwarten. Die Position der OWEA im Raum kann je nach Schutzgut unterschiedliche Auswirkungen hervorrufen, was auch unterschiedliche ökosystemare Wirkungen nach sich zieht. Insgesamt sind die Zusammenhänge komplex und nicht im Detail vorhersehbar.

5.3 Priorisierung der erarbeiteten Szenarien

5.3.1 Pelagische Primärproduktion

Für das Schutzgut Pelagische Primärproduktion sind drei- oder vierbeinige Jacket-Fundamente eindeutig zu bevorzugen, da sie die Minimierung des Strömungswiderstandes (durch mehrere schlanke Stelzen) ermöglichen. Dadurch wird die Verwirbelung des Wasserkörpers weitgehend reduziert. Die beiden anderen Gründungstypen erreichen das nicht und sind für dieses Schutzgut ungünstiger. Dieser Wirkfaktor steigt ebenso wie der Fraßdruck durch auf dem eingebrachten Hartsubstrat angesiedeltes Epibenthos (Filtrierer) linear mit der Anzahl der Anlagen an, wobei die räumliche Anordnung der OWEA für dieses Schutzgut nicht von Bedeutung ist.

5.3.2 Benthische Lebensräume und geschützte Biotope

Für das Schutzgut Benthische Lebensräume und geschützte Biotope wäre Szenario 2.2 mit der Bebauung durch Jackets zu bevorzugen. Hier wird die geringste Fläche durch Fundamente versiegelt und Kolkschutz käme u. U. lediglich bei den Konvertern zum Einsatz. Somit wäre hier die Veränderung der Sedimenteigenschaften und die Attraktion von gebietsfremden Arten am geringsten. Das Parklayout könnte in Kombination mit dem geplanten Fischereiausschluss im nördlichen und nordwestlichen Bereich zum größtmöglichen Wegfall des Fischereidrucks und somit zur Erholung für das Sediment und Benthos beitragen. Die Umsetzung der anderen Szenarien wäre für das Schutzgut innerhalb seiner Tragfähigkeit in Bezug auf Flächenverlust nur durch die Verwendung von Jackets denkbar. Der Einsatz anderer Gründungstypen läge nur durch eine Reduzierung der Anlagenanzahl und das Einhalten des maximalen Flächenverlusts von 5 ha innerhalb der definierten Tragfähigkeit. Der Ausschluss der Fischerei hat im Vergleich zu den Auswirkungen durch die Einbringung von Hartsubstrat einen viel großflächigeren und positiven Effekt auf das Benthos, was sich vor allem bei der Epifauna zeigt. Somit wären bei der Umsetzung der Szenarien 2-4 vor allem der Wegfall der Belastung durch die Grundschleppnetzfischerei der entscheidende Faktor im Hinblick auf das Schutzgut Benthische Lebensräume und geschützte Biotope im NSG „Doggerbank“.

5.3.3 Fische

Für das Schutzgut Fische sind die mit der Bebauung einhergehenden Nutzungseinschränkungen der Fischerei besonders relevant. Eine Bebauung kleinerer Flächen nördlich und südlich der Schifffahrtsroute (siehe Szenario 2) könnte somit zusammen mit der geplanten Teilschließung der Fischerei in den nördlichen und nordwestlichen Bereichen des NSG „Doggerbank“ zu einer deutlichen

Reduktion des Fischereidruckes führen und zur Erholung des Schutzgutes beitragen. Für eine möglichst geringfügige Veränderung der Artgemeinschaft, welche durch großflächige Flächeninanspruchnahme und die Einbringung von Hartsubstrat begünstigt wird und zum Erhalt von weichsubstratassoziierten Arten sind große Abstände zwischen den Anlagen und eine geringe Anlagenanzahl zu bevorzugen.

5.3.4 Rastvögel

Das Schutzgut Rastvögel wird durch den Ausbau der Windenergie besonders stark belastet. Es gibt für den auftretenden Habitatverlust keine wirksamen Mitigationsmaßnahmen und ein Gewöhnungseffekt ist bisher bei den betrachteten Arten nicht beobachtet worden. Die drei untersuchten Windparkszenarien haben alle einen nachteiligen Effekt auf das Schutzgut Rastvögel und werden die defiierte Tragfähigkeit des Gebietes für dieses Schutzgut übersteigen. Die am wenigsten nachteilige Anordnung der OWP im Gebiet ist das Szenario 3.2, bei dem insgesamt die geringste Fläche benötigt wird und die Bereiche des NSG „Doggerbank“, in denen regelmäßig die höchsten Dichten nachgewiesen wurden, werden weniger stark belastet als in den anderen Szenarien.

5.3.5 Zugvögel

Die beiden wesentlichen Wirkfaktoren des energiezehrenden Barriere-Effektes (für Tagzieher) und des Vogelschlags bei Schlechtwetter (insbesondere für Nachtzieher) sind mangels Daten aus der zentralen Nordsee bisher nicht zu quantifizieren. Barriere-Effekte wären vermutlich nur zu minimieren, wenn die Anlagen in Zugrichtung (die mehr oder weniger identisch ist mit der Hauptwindrichtung) angeordnet würden, doch sind die physiologischen Folgen für den Einzelvogel und die betroffenen Populationen bisher nicht gemessen worden. Hier herrscht Forschungsbedarf. Das Kollisionsrisiko wird linear mit der Anzahl der Anlagen bzw. der Fläche bestrichenen Luftraumes ansteigen, wobei die Anordnung der Anlagen (im NSG) keine besondere Bedeutung haben dürfte. In Ermangelung zuverlässiger Radardaten lässt sich bisher weder das nächtliche Zugvogelaufkommen noch die Bedeutung des Wirkfaktors quantifizieren. Auch hier besteht dringender Forschungsbedarf.

5.3.6 Marine Säugetiere

Für die marinen Säugetiere wäre eine schallarme Einbringung der OWEA mittels Jacket- oder Suction Bucket Jacket-Fundament in Kombination mit einer Bauzeitenregelung eine effektive Möglichkeit Störungen im Schutzgebiet zu minimieren. Bei Szenario 2, wie auch bei Szenario 4, würde das Schutzgut von einer Nutzungseinschränkung der Fischerei in der Sicherheitszone des OWP profitieren, wohingegen das Szenario 3 zu wenig zusätzlicher fischereifreier Fläche führen würde, da dieses Parklayout in großen Teilen mit den Flächen der geplanten Teilschließung der Fischerei im Norden und Westen des NSGs überlappt (*Joint Recommendation for Offshore Fisheries Management on the International Dogger Bank* 2016). Im Gegensatz zu Szenario 4 wären Störungen durch den Serviceverkehr des OWP in der Betriebsphase bei Szenario 2 jedoch auf einen kleineren Flächenanteil des NSG beschränkt und kämen voraussichtlich aufgrund der geringeren Anlagenzahl in geringerer Fre-

quenz vor, sodass Szenario 2 das für das Schutzgut insgesamt vorteilhafteste Szenario darstellt. Störungen und Kollisionsrisiko durch Serviceverkehr ließen sich weiter durch eine Geschwindigkeitsbegrenzung und durch Lenkung der Anfahrtswege mindern.

5.3.7 Fledermäuse

Die Datengrundlage zum Fledermauszug über der Nordsee gilt als „fragmentarisch und unzureichend, um Rückschlüsse auf Zugbewegungen von Fledermäusen ziehen zu können“ (BSH 2020). Es bestehen noch deutliche Kenntnislücken zum Fledermauszug über der Nordsee (Seebens-Hoyer et al. 2021). Trotz dieser Kenntnislücken ist davon auszugehen, dass das NSG „Doggerbank“ außerhalb der üblichen Verbreitungsgebiete von Fledermäusen liegt und keine regelmäßige Aktivität von Fledermäusen zu erwarten ist. Aus diesem Grund ist generell von geringen Auswirkungen auf Fledermäuse durch eine potenzielle Offshore-Windenergienutzung im NSG „Doggerbank“ auszugehen.

Die Anordnung möglicher OWEA innerhalb des NSG „Doggerbank“ spielt in Bezug auf die Auswirkungen auf Fledermäuse keine Rolle. Es ist anzunehmen, dass bei weniger aber größeren OWEA das Kollisionsrisiko für Fledermäuse geringer ausfällt als bei vielen kleinen OWEA, da zum einen die Anzahl möglicher Kollisionsobjekte geringer ist und der untere Rotordurchmesser größerer OWEA höher ist und somit mehr Fledermäuse außerhalb des Gefahrenbereiches ziehen können.

5.4 Fazit

Es wurden vier mögliche Ausbauszenarien für das NSG „Doggerbank“ vorgestellt (siehe Kapitel 6.2.1 bis 6.2.4) und die potenziellen Auswirkungen für die einzelnen Schutzgüter sowie auf das Ökosystem (siehe Kapitel 6.2.5) beschrieben. Dabei wurde in Szenario 1 die Entwicklung ohne Windparkausbau beschrieben, in Szenario 2 ein 4 GW-Ausbau nördlich und südlich der Schifffahrtsstraße, in Szenario 3 ein 4 GW-Ausbau mit Anlagen nur nordwestlich der Schifffahrtsstraße und in Szenario 4 ein 6 GW-Ausbau mit Anlagen nordwestlich und südöstlich der Schifffahrtsstraße. Für jedes der Ausbauszenarien wurden zwei Unterszenarien mit 22 MW- und 28 MW-Anlagen unterschieden. Abschließend erfolgte für jedes Schutzgut eine Einschätzung der Unterschiede zwischen den Szenarien sowie, falls möglich, eine Priorisierung der Szenarien für die Schutzgüter (siehe Kapitel 6.3).

Für die Schutzgüter Pelagische Primärproduktion, Benthische Lebensräume und Geschützte Biotope spielt die Gründungsstruktur die wichtigste Rolle. Aufgelöste Jacket-Fundamente würden zu wesentlich geringeren Beeinträchtigungen führen als nicht aufgelöste Fundamente. Die neben Jacket-Fundamenten betrachteten Gründungsarten würden zu einer Überschreitung der Tragfähigkeit für die Schutzgüter führen. Somit wäre für die Schutzgüter Pelagische Primärproduktion, Benthische Lebensräume und Geschützte Biotope das Szenario 2.2 mit Jackets zu präferieren.

Fische profitieren von der Einschränkung der Fischerei in potenziellen OWP-Flächen, jedoch können Arten, die auf Weichsubstrat angewiesen sind durch eine Versiegelung der Fläche beeinträchtigt werden. Ähnlich wie für das Schutzgut Benthische Lebensräume wäre für das Schutzgut Fische das Szenario 2.2 daher am günstigsten.

Für Rastvögel würde in jedem Szenario die definierte Tragfähigkeit überschritten werden, da besonders für störungsempfindliche Arten nach allen Szenarien ein großer Teil des NSG „Doggerbank“ als Rasthabitat beeinträchtigt würde. Die geringsten Beeinträchtigungen sind bei Szenario 3.2 zu erwarten.

Für Zugvögel ergibt sich aus allen Szenarien ein Barriere-Effekt (für Tagzieher) sowie ein Vogelschlagrisiko (insbesondere für Nachtzieher). Barriere-Effekte könnten möglicherweise durch die Anordnung der Anlagen in Zugrichtung gemindert werden. Das Kollisionsrisiko ist abhängig u. a. von der Anzahl der Anlagen, weshalb die Szenarien mit den 28 MW-Anlagen zu präferieren wären.

Für die marinen Säugetiere ist besonders eine schallarme Einbringung der Fundamente wichtig, sodass Jacket- oder Suction Bucket Jacket-Fundamente in Kombination mit einer Bauzeitenregelung zu bevorzugen sind. Zusätzlich ist der Ausschluss der aktiven Fischerei auf der OWP-Fläche vorteilhaft für das Schutzgut, sodass Szenarien mit Ausbau im südlichen Bereich des NSG „Doggerbank“ vorteilhaft sind. Zudem ist eine möglichst geringe Frequenz von wartungsbedingtem Serviceverkehr für marine Säuger relevant, sodass insgesamt Szenario 2 für die marinen Säuger vorzuziehen ist.

Für Fledermäuse ist nicht von starken Unterschieden zwischen den Szenarien auszugehen, jedoch ist möglicherweise das Kollisionsrisiko bei weniger größeren Anlagen geringer, sodass jeweils die Szenarien mit den 28 MW Anlagen vorteilhaft wären.

Insgesamt ergeben sich für die verschiedenen Schutzgüter unterschiedliche Prioritäten für die Ausbauszenarien und kein einzelnes Szenario ist für alle Schutzgüter am günstigsten.

6 ERFORDERNISSE UND HANDLUNGSBEDARFE FÜR EINE NATURVERTRÄGLICHEN NUTZUNG DES NSG „DOGGERBANK“ DURCH OFFSHORE-WINDENERGIE

Eine naturverträgliche Nutzung des NSG „Doggerbank“ durch Offshore-Windenergie ist an verschiedene Erfordernisse und Handlungsbedarfe geknüpft.

Bei der Ermittlung der Tragfähigkeit (siehe Kapitel 5) sowie bei der Betrachtung der möglichen Ausbauszenarien (siehe Kapitel 6) wurden sowohl die naturschutzfachlichen wie auch technischen Kenntnislücken identifiziert, welche herangezogen werden, um schutzgutspezifische Handlungsbedarfe in Bezug auf die Umsetzung einer naturverträglichen Nutzung des NSG „Doggerbank“ durch die Offshore-Windenergie abzuleiten (siehe Kapitel 7.1.3).

Basierend auf den Ergebnissen der vorangegangenen Kapitel können verschiedene strategische, politische, gesetzliche sowie fachliche Erfordernisse an eine naturverträgliche Nutzung des NSG „Doggerbank“ abgeleitet werden, die in Kapitel 7.2 dargestellt werden.

6.1 Ableitung von Handlungsbedarfen

6.1.1 Kenntnislücken aus naturschutzfachlicher Sicht

6.1.1.1 Pelagische Primärproduktion

Bei dem Schutzgut Pelagischen Primärproduktion handelt es sich, im Gegensatz zu den anderen hier behandelten Schutzgütern, weniger um Taxa (des Phytoplanktons) als vielmehr um einen ökologischen Prozess. Daraus lässt sich die Bedeutung des Schutzgutes als Nahrungsbasis der höheren trophischen Ebenen erkennen, d. h. es geht also hierbei weniger um den Erhalt einzelner Arten als vielmehr um die Nahrungsversorgung höherer trophischer Ebenen, z. B. von Fischen und Fischfressern, wie auch die ökosystemare Betrachtung zeigt. Auch wenn Plankton im Allgemeinen seit langer Zeit in der Nordsee erforscht wird, so ist doch die Erforschung großflächiger Verwirbelung des Wasserkörpers und massenhaft eingebauten Hartsubstrats auf das Schutzgut ein neues Forschungsgebiet. Daher bedürfen die bisherigen Modellierungen, z. B. der Größenordnung und der räumlichen Ausdehnung, vermutlich noch der Bestätigung durch Messergebnisse im Feld. Für andere Gründungstypen als Monopiles fehlen Forschungsergebnisse gänzlich, sodass die vorteilhafteren Bewertungen der Jacket-Fundamente bisher Vermutungen bleiben. Neben den Kenntnislücken zur Intensität und geographischen Reichweite der Wirkfaktoren könnten sich weitere ergeben zum Einfluss verwandter Wirkfaktoren wie z. B. dem Einbau von Umspannstationen und der möglichen Verwendung von Antifouling-Anstrichen. Abgesehen davon, dass der Einfluss der beiden eingangs betrachteten Wirkfaktoren mit der Anzahl der Anlagen wächst, können die Kenntnislücken nicht direkt einzelnen Szenarien zugeordnet werden.

6.1.1.2 Benthische Lebensräume und geschützte Biotope

Forschungsergebnisse zu den langfristigen Auswirkungen von OWP auf das Schutzgut Benthische Lebensräume und Geschützte Biotope sind noch nicht ausreichend vorhanden. Zwar zeichnet sich eine schnelle Regeneration innerhalb einer kurzen Erholungsphase nach dem Baubetrieb ab, jedoch sind die langfristigen Wirkungen durch das Einbringen von Hartsubstrat und den Ausschluss der bodenberührenden Fischerei erst nach mehr als 7 Jahren erkennbar. Vor allem langlebige Arten haben eine höhere Regenerationszeit von bis zu 25 Jahren, was ein Betriebsmonitoring von 3 bis 5 Jahren nicht abbilden kann. Die Doggerbank gilt als eines der letzten Gebiete in der Nordsee, in denen langlebige und kälteliebende Arten wie die Islandmuschel *Arctica islandica* noch als etabliert gelten. Vor allem in Hinsicht auf diese Arten zeigt sich die äußerste Wichtigkeit, die langfristigen Auswirkungen von OWP zu betrachten, um den Erhalt dieses einzigartigen Lebensraumes zu sichern. Es bleibt zu erforschen und kann im Rahmen dieser Studie nicht abschließend geklärt werden, ob über lange Sicht die positiven Auswirkungen durch den Fischereiausschluss die potenziell negativen Auswirkungen durch das Einbringen von Hartsubstrat aufwiegen können.

6.1.1.3 Fische

Infolge der geringen Anzahl an Erfassungen und rückläufigen Abundanzen im NSG „Doggerbank“ gibt es nur wenige Informationen über das aktuelle Vorkommen und die Verbreitung der Fischbestände auf der Doggerbank. Trotz der besonderen Bezugnahme zu den Eigenschaften des Lebensraums Doggerbank erlaubt die derzeitige Datenlage keine flächenscharfe Betrachtung des Schutzgebietes und erschwert die Bestimmung eines Signifikanzschwellenwertes für die Tragfähigkeit. Derzeitige Abschätzungen der Auswirkungen eines Ausbaus der Offshore-Windenergie basieren somit lediglich auf Annahmen zu der Verteilung des Schutzgutes im NSG „Doggerbank“. Für eine detaillierte Beschreibung des Bestandes und Bewertung des Ist-Zustandes sowie für die Abschätzung von Trends in Populationsgrößen sind daher gezielte in regelmäßigen Abständen durchgeführte Beprobungen notwendig. Darüber hinaus ist eine Rekonstruktion der Initialbiomasse vieler Bestände aufgrund der aktiven Fischerei auf viele der für die Doggerbank als charakteristisch beschriebenen Arten nicht möglich. Dazu zählen für das Nahrungsnetz relevante Arten wie der Dornhai oder Nagelrochen.

Einschätzungen zu den Auswirkungen des Baus und Betriebs von OWP wie dem maximal tragbaren Flächenverlust, Beeinträchtigungen durch Schallemissionen sowie mögliche Attraktionswirkungen in Abhängigkeit der gewählten Gründungsstruktur und des Kolkschutzes sind aufgrund mangelnder Studien nur bedingt belastbar. Vor allem die Effekte auf langlebige Arten sind hier aufgrund derer erhöhten Sensitivität und langen Erholungsdauer jedoch besonders betrachtungsrelevant.

6.1.1.4 Rastvögel

Für die Rastvögel liegen aus dem Gebiet NSG „Doggerbank“ zwar relativ aktuelle Erfassungen vor, jedoch konzentrieren sich die Erfassungen fast ausschließlich auf das Sommerhalbjahr. Um eine genaue Darstellung des Bestandes im Gebiet zu gewährleisten, müssten gezielt Erfassungen über den gesamten Jahresverlauf durchgeführt werden.

Für viele Rastvogelarten ist inzwischen gut untersucht, wie sie auf OWP reagieren. Es kommen im NSG „Doggerbank“ jedoch auch einige Arten vor, die bisher nicht untersucht worden sind. Das betrifft spezifisch die Arten Papageitaucher, Krabbentaucher und Gelbschnabeltaucher. Für diese Arten mussten Annahmen getroffen werden, basierend auf dem Verhalten nah verwandter Arten.

Zudem besteht die Annahme, dass weniger und weniger dicht gestellte, dafür größere Anlagen bei Rastvögeln weniger Meidung hervorrufen. Diese Hypothese wurde jedoch bisher nur in einer Studie für die Brandseeschwalbe belegt (van Bemmelen et al. 2023). Weitere Studien zu den Unterschieden verschiedener OWP-Designs könnten für zukünftige Ausbaupläne sehr hilfreich sein.

Die Einschätzungen zu den Windparkeffekten wurden hier anhand des Ist-Zustandes durchgeführt. Allerdings ist davon auszugehen, dass sich die Begebenheiten im NSG „Doggerbank“ bis zum Beginn der Planung für einen OWP im Gebiet noch wesentlich verändern können. Da in der deutschen AWZ der Nordsee bis 2035 eine Kapazität von mindestens 50 GW (BSH 2024) aus Windenergie geplant ist, müssen eine Vielzahl an OWP errichtet werden. Auch im angrenzenden Ausland ist ein ähnlich starker Ausbau geplant. Dies wird voraussichtlich zu einem deutlichen Habitatverlust und zu einer Veränderung der Verteilungen einiger Rastvogelarten führen. Dadurch könnten sich im bislang ungestörten NSG „Doggerbank“ die Dichten einiger Arten erhöhen, da diese ungestörte Ausweichflächen aufsuchen. Im Zuge einer Planung müssten die veränderlichen Begebenheiten vor Ort berücksichtigt werden.

6.1.1.5 Zugvögel

Das Schutzgut Zugvögel ist nur im küstennahen Bereich der Deutschen Bucht besser untersucht, doch fehlen für die zentrale Nordsee u. a. publizierte Radaruntersuchungen des nächtlichen Vogelzugs noch völlig. Diese Kenntnislücken können auch durch die Anwendung deduktiver Methoden (z. B. von Beringungsergebnissen) kaum gefüllt werden. Zugintensität, Höhenverteilung der Zugvögel und das Verhalten der Zugvögel bei einsetzender Wetterverschlechterung oder gegenüber plötzlich auftauchenden Barrieren ist zumindest für nachtziehende Singvögel dort noch weitgehend unbekannt und kann höchstens von festlandnahen Forschungsergebnissen übertragen werden. Für den nächtlichen Vogelzug ist darüber hinaus die quantitative Artenzusammensetzung ebenfalls unbekannt, zumal sie auch zwischen Heim- und Wegzug (im Frühjahr bzw. Herbst) variieren dürfte. Diese Kenntnislücken betreffen alle drei Ausbauszenarien gleichermaßen.

6.1.1.6 Marine Säugetiere

Wie in Kapitel A.1.6.2 herausgearbeitet, bestehen in Bezug auf den Bestand von marinen Säugetieren im NSG „Doggerbank“ während des Winterhalbjahrs deutliche Kenntnislücken aufgrund einer fehlenden Datengrundlage. Es liegen Hinweise vor, dass die Bestände aller betrachteten Arten im Winterhalbjahr gegenüber den Sommerbeständen vermutlich gering sind, dies konnte bisher jedoch nicht mit Erfassungsdaten validiert werden.

Nationale Vorgaben für Schallgrenzwerte (Schallschutzkonzept) beziehen sich ausschließlich auf den Schweinswal. Der Schweinswal ist in den meisten Gebieten der deutschen AWZ der Nordsee

eine gut gewählte Leitart für Auswirkungen von Schall. Im Bereich der Doggerbank sowie auch nördlich und teilweise südlich davon kommt jedoch auch der Zwergwal in zeitweise größeren Abundanzen vor, einem Bartenwal, der im tiefen Frequenzbereich hört, der kaum mit dem des Schweinswals überlappt. Da Rammschall zu einem großen Anteil tieffrequent ist und sich die tiefen Frequenzen unter Wasser in größere Entfernungen fortsetzen als die hohen Frequenzen, ist der Zwergwal sensibel gegenüber Rammschall. Es ist bislang unklar, bis zu welcher Schallgrenze eine naturverträgliche Gründung von OWEA in Bezug auf den Zwergwal möglich ist. Studien zu Auswirkungen von Rammschall auf Zwergwale sind nicht bekannt.

Des Weiteren sind die Auswirkungen von OWP in der Betriebsphase relativ gut erforscht für Schweinswale und Robben und mit hinreichender Sicherheit gering. Es ist jedoch wenig bekannt über die Auswirkungen von sich in Betrieb befindlichen OWP für Zwergwale. Da Zwergwale die tieffrequenten Betriebsgeräusche von OWEA sehr viel weiter hören können als Hochfrequenzarten, ist es denkbar, dass diese Auswirkungen auf Zwergwale haben (z. B. Maskierung wichtiger Kommunikation). Es fehlen jedoch Studien, die untersuchen, ob OWP bspw. aufgrund der Betriebsgeräusche oder anderer Faktoren wie gesteigertem Schiffsverkehr, die Habitatqualität für Zwergwale verändern und diese in der Folge nach dem Bau eines OWP innerhalb eines Gebietes eine veränderte Abundanz zeigen.

Es wird deutlich, dass noch Forschungsbedarf dazu besteht, wie sich OWP in der Bau- und Betriebsphase auf Zwergwale auswirken. Die in Kapitel 6 getroffenen Aussagen zu den verschiedenen Szenarien beruhen auf Annahmen und Vermutungen in Bezug auf Zwergwale. Diese sind durch Forschungsergebnisse zu validieren, um eine Überschreitung der Tragfähigkeit durch eine Offshore-Windenergienutzung im NSG „Doggerbank“ für den Zwergwal zu vermeiden.

6.1.1.7 Fledermäuse

Die Datengrundlage zum Fledermauszug über der Nordsee gilt als „fragmentarisch und unzureichend, um Rückschlüsse auf Zugbewegungen von Fledermäusen ziehen zu können“ (BSH 2020). Seebens-Hoyer et al. (2021) zeigen nach wie vor große Kenntnislücken zum Fledermauszug über der Nordsee auf. Zum Verhalten von Fledermäusen an vertikalen Strukturen auf der offenen See ist insgesamt wenig bekannt (Seebens-Hoyer et al. 2021).

Aufgrund dieser Kenntnislücken können nur limitierte Aussagen dazu getroffen werden, wie sich ein möglicher OWP im NSG „Doggerbank“ auf das Schutzgut Fledermäuse auswirken würde. Basierend auf den Ergebnissen von Seebens-Hoyer et al. (2021) wurde in dem vorliegenden Bericht jedoch davon ausgegangen, dass aufgrund der Entfernung des NSG „Doggerbank“ von der Küste (> 250 km) von keiner regelmäßigen Aktivität von Fledermäusen im NSG „Doggerbank“ auszugehen ist.

6.1.1.8 Ökosystemare Zusammenhänge

Für eine ökosystemare Betrachtung der Auswirkungen eines OWP im NSG „Doggerbank“ fehlen Grundlagendaten. Das NSG „Doggerbank“ ist ein offenes System und lässt sich von der umgeben-

den Meeresfläche nicht abgrenzen. Zudem hat es als offshore gelegene Sandbank mit geringer Wassertiefe ozeanographische und ökologische Bedingungen, die nicht direkt mit anderen Standorten vergleichbar sind. Die ökosystemaren Zusammenhänge des Nahrungsnetzes sind komplex und können von vielen Wirkungen eines OWP in verschiedener Weise beeinflusst werden. In Bezug auf die Wechselwirkungen der unterschiedlichen trophischen Ebenen fehlen Grundlagendaten, weshalb Aussagen bzgl. einer ökosystemaren Tragfähigkeit kaum möglich sind.

6.1.2 Kenntnislücken aus technologischer Sicht

Im Screening der erwartbaren Technologieentwicklung wurden die unterschiedlichen Technologien im Hinblick auf ihre Entwicklungsprognose und Forschungsbedarfe untersucht (siehe Kapitel 4). In der folgenden Tab. 6.1 werden die für die in Kapitel 6 untersuchten Szenarien die relevanten technologischen Forschungsbedarfe gelistet und die identifizierten technologischen Kenntnislücken um die relevanten Schutzgüter ergänzt.

Tab. 6.1 Übersicht über die Forschungsbedarfe aus technologischer Sicht und die beeinflussten Schutzgüter.

Vermeidungs- oder Verminderungsmaßnahme	Wirkungsziel	Forschungsbedarfe im Hinblick auf den Einsatz im NSG „Doggerbank“	Beeinflusste Schutzgüter
Temporäre Abschaltung	Zielgerichtete Abschaltung bei Vogelzug	Feststellung der Wirkung ausstehend, Einsatz auf See ausstehend	Zugvögel
Optimierung des Betriebskonzepts (Service, Wartung, Prüfung, etc.)	Reduzierung der Schiffsbewegungen und des Schiffslärms	Stetige Optimierung und Entwicklung der Betriebskonzepte	Marine Säuger, Rastvögel, Fische
Vibroverfahren	Verminderung der Schallemissionen und Verlagerung in den Niedrigfrequenzbereich	Weiterentwicklung für zukünftige Anlagendimensionen und Verzicht auf abschließende Impulsrammung erforderlich	Marine Säuger, Fische
Impulsverlängerung	Verminderung der Schallemissionen und Verlagerung in den Niedrigfrequenzbereich	Weiterentwicklung für zukünftige Anlagendimensionen erforderlich	Marine Säuger, Fische
Jettingverfahren	Einspülen und Einsinken des Pfahls durch Eigengewicht ohne Rammungen	Industrialisierung und Entwicklung für komplexere Bodenstrukturen sowie Verzicht auf abschließende Impulsrammung erforderlich	Marine Säuger, Fische
Blasenschleier	Verminderung von Schallemissionen im Hochfrequenzbereich	Weiterentwicklung für zukünftige Anlagendimensionen erforderlich	Marine Säuger, Fische

Vermeidungs- oder Verminderungsmaßnahme	Wirkungsziel	Forschungsbedarfe im Hinblick auf den Einsatz im NSG „Doggerbank“	Beeinflusste Schutzgüter
Hydroschalldämpfer	Verminderung von Schallemissionen im Niedrig- und Hochfrequenzbereich	Weiterentwicklung für zukünftige Anlagendimensionen erforderlich	Marine Säuger, Fische
Helmholtz-Resonatoren	Verminderung von Schallemissionen insbesondere im Niedrigfrequenzbereich	Weiterentwicklung für zukünftige Anlagendimensionen erforderlich	Marine Säuger, Fische
Hüllrohr und Schallschutzmantel	Verminderung von Schallemissionen im Niedrig- und Hochfrequenzbereich	Weiterentwicklung für zukünftige Anlagendimensionen erforderlich	Marine Säuger, Fische
HexDefense Kolkschutz	Reduzierung der Flächenversiegelung	Untersuchungen über Umweltemissionen erforderlich, Überprüfung Vereinbarkeit mit bestehenden Regularien zu überprüfen	Benthische Lebensräume und geschützte Habitate
Antifouling-Anstriche der Fundamente	Reduktion des Aufwuchses von Epibenthos	Sekundäre Auswirkungen toxischer Immissionen auf die Nahrungsgrundlage	Pelagische Primärproduktion
Alternative Fundamentart (Suction Bucket Jackets)	Geringere Schallemissionen durch Installation durch Unterdruck und Eigengewicht	Weiterentwicklung für zukünftige Anlagendimensionen erforderlich	Marine Säuger, Benthische Lebensräume und geschützte Habitate
Alternative Fundamentart (Floating Foundation)	Geringere Schallemissionen durch geringere Pfahldurchmesser oder andere Verankerungsmethoden	Weiterentwicklung für zukünftige Dimensionen und niedrige Wassertiefe notwendig	Marine Säuger, Benthische Lebensräume und geschützte Habitate
Kabelmonitoring	Reduzierung der Schiffsbewegungen und des Schiffslärms	Betriebskonzepte unterliegen stetiger Verbesserung	Marine Säuger, Rastvögel, Fische
Wet cables	Reduzierung des Flächenbedarfs	Weiterentwicklung für zukünftige Anlagendimensionen erforderlich	Benthische Lebensräume und geschützte Habitate

Im Hinblick auf die technologische Entwicklung konnten viele Forschungsbedarfe aufgezeigt werden und bei vielen Technologien konnten grundsätzliche Entwicklungsbedarfe festgestellt werden. Die Präzision der bestehenden Technologien, um bspw. Modelle für den Vogelzug weiterzuentwickeln oder Monitoringmethoden zu optimieren, verbessern gleichzeitig die Effizienz der Anlagen und erhöhen den Schutz der Umwelt durch die Reduzierung von Eingriffen. Reduzierte Schiffsverkehre durch verbesserte Logistik- bzw. Betriebskonzepte sollten angestrebt und unterstützt werden. Zum Schutz der Zugvögel vor Kollisionen (Vogelschlag) sollte die frühzeitige Erkennung nahender Vogeltrupps und die bedarfsgesteuerte Abschaltung der Anlagen in Zugnächten weiterentwickelt werden.

Schallemissionen durch Impulsrammungen zur Einbringung von Monopiles (und Pin-Piles) können grundsätzlich durch alternative Einbringungsmethoden mitigiert werden. Der Monopile hat sich in den vergangenen Jahren als für die Projektentwickler bevorzugte Gründungsart insbesondere aufgrund wirtschaftlicher Vorzüge durchgesetzt. Ein Durchbruch bei der geräuscharmen oder gar geräuschlosen Installation bietet großes Potenzial für den weiteren Einsatz von Monopiles auch bei zukünftigen Windenergieanlagen mit noch höherer Nennleistung und größeren Abmessungen. Mit dem Vibro- und Jettingverfahren wurden neue Methoden zur schallärmeren Installation von Monopiles entwickelt. Dies war ein wichtiger Schritt, der nun dringend um Untersuchungen zum Nachweis der Standfestigkeit ergänzt werden muss, damit für einen naturverträglichen Ausbau zukünftig gänzlich auf Impulsrammungen verzichtet werden kann. Parallel müssen sekundäre Schallschutzmaßnahmen weiterentwickelt werden, da die Entwicklungsdauer alternativer Einbringungsmethoden für die bereits heute herausfordernde Einhaltung der Grenzwerte voraussichtlich zu lang sein wird. In diesem Zuge sei genannt, dass das Schallschutzkonzept des BMU von 2013 keine Vorgaben zu Grenzwerten bei alternativen Einbringungsmethoden, insbesondere dem Vibro- oder Jettingverfahren, macht. Weiterhin steht einzig der Schweinswal als Schutzgut im Vordergrund, sodass die seit 2013 erzielten Forschungsergebnisse für den Schweinswal und für andere Schutzgüter nicht hinreichend berücksichtigt sind. Das Konzept sieht die Notwendigkeit der regelmäßigen Überarbeitung vor; dies ist seit 2013 nicht geschehen. Im Jahr 2022 wurde die Richtlinie für Unterwasserlärm der „Danish Energy Agency“ veröffentlicht (Fortführung der Richtlinie aus dem Jahr 2016), die sich auf die Installation von Pfählen mit Impulsramm- sowie Vibrationsverfahren bezieht und sechs Spezies kategorisiert.

Die mögliche Aufbringung von Antifouling-Anstrichen auf den Fundamenten könnte den Aufwuchs von Epibenthos verzögern (nicht jedoch auf den Steinschüttungen des Kolkschutzes). Doch sollten die langfristigen Auswirkungen der toxischen Immissionen in den Wasserkörper auf die Primärproduktion und höhere trophische Ebenen vorher untersucht werden, um kontraproduktive Effekte zu vermeiden.

Alternative Fundamentarten (Suction Bucket Jacket und Floating Foundation) bedürfen insgesamt noch weiterer Forschung. Insbesondere Floating Foundations im Hinblick auf flache Gewässer mit weniger als 40 m Wassertiefe werden in der Forschung noch nicht fokussiert da bodenfixierte Fundamente sich in diesen Gewässern als etablierte Technik bewährt haben.

Die Reduzierung der Flächenversiegelung durch Stromkabel kann durch die Weiterentwicklung von „Wet cables“ vorangetrieben werden, doch eine umfassende Reduzierung des Kolkschutzes bei Monopiles zur weiteren Reduzierung der Flächenversiegelung wäre erstrebenswert. Neuartige Produkte zur Beeinflussung der Verwirbelungen können die entsprechenden Effekte zur Reduzierung der für den Kolkschutz erforderlichen Fläche erzielen, so dass auch in diesem Bereich Potenzial für weitere Untersuchungen zur Eignung dieser Verfahren besteht.

Insgesamt bestehen aus technologischer Sicht also auch 14 Jahre nach vollständiger Inbetriebnahme des ersten deutschen OWP noch Kenntnislücken. Dieser Umstand beruht allerdings bei den hier beschriebenen für das NSG „Doggerbank“ relevanten Kenntnislücken zum Teil auf dem stetigen Wachstum der OWEA mit den dazugehörigen Komponenten und den Anforderungen an den Einsatz der Technologie innerhalb eines NSG.

6.1.3 Handlungsbedarfe

6.1.3.1 Pelagische Primärproduktion

Für das Schutzgut Pelagische Primärproduktion scheint es geboten, sowohl den Fundamentdurchmesser der OWEA als auch die Fläche des eingebrachten Hartsubstrats so gering wie möglich zu halten. Beides könnte mit dem Jacket-Fundament möglich sein (siehe A.1.1.2), weshalb es auch die optimale Handlungsoption für die Pelagische Primärproduktion darstellt. Bisher fehlen allerdings noch bestätigende Forschungsergebnisse zur Eignung der Jacket-Fundamente für dieses Schutzgut. Des Weiteren sollten alle Modelldaten im Feld verifiziert und ihre langfristige Entwicklung mit Hilfe von Monitoring überwacht werden.

6.1.3.2 Benthische Lebensräume und geschützte Biotope

Für das Schutzgut Benthische Lebensräume und geschützte Biotope bedeutet vor allem das Einbringen von Hartsubstrat eine Beeinträchtigung. Dabei bestehen weiterhin Wissenslücken bezüglich der langfristigen Auswirkungen durch die eingebrachten Hartsubstrate. Daher sollte einerseits durch entsprechende Designs der Gründungsstrukturen und Parklayouts bei zukünftigen Vorhaben das Hartsubstrat auf ein notwendiges Mindestmaß reduziert werden. Andererseits fehlen Studien zu den langfristigen Entwicklungen in OWP in Bezug auf die Entwicklung von Gemeinschaften mit langlebigen Arten sowie mögliche überlagernde Effekte durch den Ausschluss der Fischerei. Daher sollten längere Monitoringzeiten in bestehenden OWP – wie z. B. auf dem britischen Teil der Doggerbank – angesetzt werden und die Ergebnisse sowie Untersuchungsergebnisse aus den durchzuführenden StUK4-Erhebungen der Öffentlichkeit bzw. Forschungsgemeinschaft zur Verfügung gestellt werden. Aber auch die Entwicklung von einem alternativen Kolkschutz, der weniger attraktiv auf hartsubstratassoziierte Arten wirkt, könnte hier die Auswirkungen auf den benthischen Lebensraum im NSG „Doggerbank“ mindern.

Der sich abzeichnende Rückgang an kälteliebenden und langlebigen Arten hin zu kurzlebigen, wärmeliebenden Arten auf der Doggerbank wie auch in der umliegenden Nordsee ist auch in Zukunft weiterhin intensiv zu beobachten. Dieser wird sowohl mit der klimabedingten Erwärmung aber auch mit dem Fischereidruck in Verbindung gebracht. Diese Entwicklungen zeigen, dass der benthische Lebensraum im NSG „Doggerbank“ bereits starken Belastungen ausgesetzt ist, die eventuell auch noch zunehmen (Erwärmung) und auch zukünftig in die Bewertung von Auswirkungen der Offshore-Windenergienutzung mit einfließen sollten. Hier wäre eine Verlängerung der schon bestehenden Monitorings im NSG „Doggerbank“ ein wichtiger Beitrag, um diese Wissenslücken zu schließen.

6.1.3.3 Fische

Enorme Wissenslücken hinsichtlich aktueller Bestandszahlen und deren Entwicklung auf der Doggerbank verweisen auf den großen Forschungsbedarf für das Schutzgut Fische. Für eine detaillierte Beschreibung des Ist-Zustandes sowie für die Abschätzung von Trends in Populationsgrößen und damit verbunden dem maximal tragbaren Flächenverlust insbesondere der demersal lebenden Ar-

ten sind daher gezielte in regelmäßigen Abständen durchgeführte Beprobungen notwendig. Darüber hinaus sollten vertiefende Studien zu möglichen Beeinträchtigungen durch Schallemissionen insbesondere von langlebigen Arten und Knorpelfischen angestrebt werden, um die nachhaltigen Auswirkungen besser abschätzen und geeignete Minderungsmaßnahmen einleiten zu können. Um den Einfluss der gewählten Gründungsstruktur und des Kolkschutzes auf die Attraktionswirkung einer OWEA zuverlässiger einstufen zu können werden vertiefende Studien empfohlen. Diese sollten nicht nur die kurzfristige Attraktionswirkung berücksichtigen, sondern darüber hinaus die langfristige Veränderung der Artgemeinschaft sowie den Einfluss und die Entwicklung von langlebigen Arten betrachten.

Für einen naturverträglicheren Ausbau sollte außerdem in Erwägung gezogen werden, inwiefern das Schutzgut Fische und darüber hinaus weitere trophische Ebenen von einem ganzheitlichen Ausschluss der aktiven und passiven Fischerei profitieren würden. Die stetige Entwicklung von langlebigen hin zu kurzlebigen Arten, welche maßgeblich durch den Fischereidruck beeinflusst wurde, ist bei der Bewertung der Auswirkungen der Offshore-Windenergienutzung zu berücksichtigen.

6.1.3.4 Rastvögel

In Anbetracht des geplanten Ausbaus der Offshore-Windenergienutzung in der gesamten deutschen Bucht und angrenzenden Staaten, muss für einen naturverträglichen Ausbau die zukünftige Entwicklung des Schutzgutes Rastvögel gründlich beobachtet werden. Es ist möglich, dass durch die Errichtung der vielen geplanten OWP in der deutschen AWZ der Nordsee, der Erhaltungszustand einiger Rastvogelarten beeinträchtigt wird. Unter diesen Bedingungen wäre dann kritisch zu prüfen, ob das NSG „Doggerbank” nicht als Rückzugsort für marine Seevögel in einem unberührten Zustand bestehen bleiben sollte. In Bezug auf das Schutzgut Rastvögel ist ein naturverträglicher Ausbau des NSG „Doggerbank” nicht uneingeschränkt möglich.

Um zu einer besseren Einschätzung des Erhaltungszustandes und der weiteren Entwicklung des Erhaltungszustandes des Schutzgutes Rastvögel im Zuge des fortschreitenden Windenergieausbaus in der gesamten AWZ zu gelangen, ist ein großflächiges und regelmäßiges Monitoring der Bestände notwendig. Hierbei ist wichtig, dass dieselben Flächen mit derselben Methode in regelmäßigen Abständen und in allen Jahreszeiten (auch im Winter) durch Erfassungen abgedeckt werden. Es muss gewährleistet sein, dass die Untersuchungen gleichartig umgesetzt werden, damit ein Vergleich über die Jahre möglich ist. Anhand eines großräumig angesetzten Monitorings mit entsprechender Auswertung könnte eine potenzielle negative Entwicklung einzelner Arten frühzeitig erkannt und ggf. gegengesteuert werden. Auch Unterschiede im Meideverhalten bei unterschiedlichen Windparkdesigns (wie hier: 22 MW ggü. 28 MW Szenarien) könnten im Laufe des zunehmenden Ausbaus möglicherweise durch ein entsprechendes Monitoring mit entsprechender Auswertung geklärt werden, da es nicht praktikabel erscheint hier ein gezieltes Experiment durchzuführen.

Aus technologischer Sicht wäre eine Optimierung der Wartung der OWEA und Kabel hilfreich, um die Störung durch Wartungsverkehr möglichst gering zu halten.

6.1.3.5 Zugvögel

Als primärer Handlungsbedarf für dieses Schutzgut ist der außerordentlich große Forschungsbedarf zu nennen, um die Wissenslücken zu schließen. Zur Vermeidung eines Barriere-Effekts könnte eine lineare Anordnung der Anlagen in SW–NE–Richtung (Hauptzugrichtung und Hauptwindrichtung) eine – nicht in jedem Fall praktikable – Handlungsoption sein. Zur Vermeidung des Vogelschlags gibt es jedoch die Handlungsoption, die Anlagen beim Auftreten von nächtlichen Massenzugereignissen abzuschalten. Eine derartige bedarfsgesteuerte Abschaltung bedarf allerdings einer ständigen Radarerfassung mit automatischer Auswertung und sofortiger Rotoren-Abschaltung beim Auftreten entsprechender Konzentrationen von Durchzüglern. In jedem Fall sollten derartige Programme regelmäßig durch Erfolgskontrollen begleitet werden, um den gewünschten Effekt sicherzustellen. Zukünftiger Forschungsbedarf sollte insbesondere einerseits die Verhaltensreaktionen aktiv ziehender Vögel auf (plötzlich einsetzende) Schlechtwetterbedingungen und andererseits die kumulativen Auswirkungen auf den späteren Fortpflanzungserfolg (durch Carry-over-Effekte) und das Mortalitätsrisiko von Vogelindividuen quantifizieren. Dieses dringend benötigte Wissen wird einen für Zugvögel naturverträglichen Ausbau generell ermöglichen.

6.1.3.6 Marine Säugetiere

Im NSG „Doggerbank“ bestehen in Bezug auf den Bestand von marinen Säugetieren im Winterhalbjahr deutliche Kenntnislücken. Obwohl Hinweise vorliegen, dass die Bestände aller betrachteten Arten im Winterhalbjahr gegenüber den Sommerbeständen vermutlich geringer sind, sollte ein mehrjähriges kontinuierliches Monitoring (gemäß StuK4) durchgeführt werden, um Erkenntnisse zu der saisonalen Verteilung und zu erwartenden Dichten zu bekommen und darauf basierend sichere Prognosen, z. B. für eine sinnvolle Bauzeitenregelung, vornehmen zu können.

Da das NSG „Doggerbank“ eine hohe Bedeutung für das schallsensitive Schutzgut Marine Säugetiere hat, sollte für einen naturverträglichen Ausbau hohe Priorität auf einer schallarmen Gründungstechnik der OWEA-Fundamente liegen. Hierfür kommen den Gründungsarten und Einbringungsmethoden, die nicht auf das Impulsrammverfahren zurückgreifen (siehe Kapitel 4.2), einer hohen Bedeutung zu. Aber auch in Bezug auf alternative Gründungsarten und Einbringungsmethoden besteht weitere Forschungsbedarf bzw. sind Weiterentwicklungen notwendig, um diese für die zukünftigen Anlagendimensionen (22 MW- oder 28 MW-Anlagen) zugänglich zu machen (siehe Tab. 6.1).

Sollte sich das Vibrationsverfahren durchsetzen, sind für dieses Verfahren in Anlehnung an das bestehende Schallschutzkonzept für den Schweinswal, welches sich ausschließlich auf Impulsschall bezieht, ebenfalls normative Grenzwerte festzulegen und auf den Zwergwal auszuweiten.

Falls es dennoch zu einer Bebauung des NSG „Doggerbank“ mittels schallintensiver Gründungstechniken (z. B. Monopile mittels Impulsrammung) kommen sollte, besteht Handlungsbedarf dahingehend, als dass die bestehenden Schallminderungsmaßnahmen, die bisher stark auf den Schweinswal ausgerichtet sind, auf den Zwergwal ausgeweitet werden. Derzeit standardmäßig eingesetzte Schallminderungsmaßnahmen (z. B. Blasenschleier) zielen darauf ab, den hochfrequenten Bereich (Hörbereich von Schweinswalen, Delfinen) zu mindern. Sie führen jedoch kaum zu einer Minderung im tieffrequenten Bereich, in welchem sich der Hörbereich des Zwergwals befindet. Ebenso sollte

sichergestellt werden, dass der Einsatz akustischer Vergrämung vor dem Rammen von Fundamenten auch an den Zwergwal angepasst ist. Boisseau et al. (2021) konnten zeigten, dass Zwergwale auf ein ADD (acoustic deterrent device) mit einer Frequenz von 15 kHz und einem Quellpegel von 198 dB mit Meidung reagieren.

Technologische Weiterentwicklungen, die auch die Eigenschaften der im NSG „Doggerbank“ vorkommenden Zwergwale berücksichtigen, sind notwendig. Für eine gezielte technologische Weiterentwicklung zu Gunsten des Zwergwals ist jedoch eine wissenschaftliche Beantwortung der Forschungsfragen, wie sich die Installation und der Betrieb von OWEA generell auf Zwergwale auswirken, Voraussetzung.

Die Stellnetzfischerei stellt aktuell ein großes Gefährdungspotenzial für marine Säugetiere im NSG „Doggerbank“ und der gesamten Nordsee durch Beifang dar. Um negative Effekte eines OWP im NSG „Doggerbank“ für marine Säugetiere auszugleichen, sollte in Erwägung gezogen werden, die Stellnetzfischerei im NSG „Doggerbank“ zu verbieten.

6.1.3.7 Fledermäuse

Wie in Kapitel 7.1.1.7 ausgeführt, bestehen zum Fledermauszug über der Nordsee sowie zum Verhalten von Fledermäusen an vertikalen Strukturen auf der offenen See noch große Kenntnislücken. Aufgrund der Entfernung des NSG „Doggerbank“ von der Küste (> 250 km) und den Ergebnissen von Seebens-Hoyer et al. (2021) wird von keiner regelmäßigen Fledermausaktivität im NSG „Doggerbank“ ausgegangen.

Aufgrund der bestehenden Kenntnislücken, sollte ein Fledermausmonitoring durchgeführt werden, um festzustellen, ob wirklich von einer geringen Fledermausaktivität im NSG „Doggerbank“ auszugehen ist. Kommt dieses Monitoring zu dem Ergebnis, dass entgegen der Annahme ein hohes Fledermausvorkommen im NSG „Doggerbank“ gegeben ist und damit ein erhöhtes Kollisionsrisiko für Fledermäuse einhergeht, sollten bei potenziell in Betrieb genommenen OWP im NSG „Doggerbank“ fledermausspezifische Abschaltungen vorgenommen werden. Die Bedingungen für solche Abschaltungen sind basierend auf den Ergebnissen des Monitorings zu definieren.

6.1.3.8 Ökosystemare Zusammenhänge

Die Auswirkungen eines Eingriffes auf ein Ökosystem sind grundsätzlich schwer vorhersehbar. Es ist jedoch anzunehmen, dass wenn die Auswirkungen auf einzelne Elemente des Ökosystems geringgehalten werden, auch die Gesamtauswirkung geringer sein wird. Somit ist geboten, die Auswirkungen auf die einzelnen Schutzgüter durch die oben genannten Optionen so gering wie möglich zu halten.

Des Weiteren ist ein grundsätzlicher Forschungsbedarf geboten. Gezielte Studien zu Langzeitauswirkungen von OWP auf das Ökosystem als Ganzes in der deutschen AWZ sind hilfreich, können aber in Bezug auf den Standort im NSG „Doggerbank“, der in seiner hydrologischen und ökologischen Gesamtheit in Deutschland einzigartig ist, möglicherweise nicht übertragbar sein. Um dem besonderen Standort im NSG „Doggerbank“ gerecht zu werden, könnten Modellierungen für eine Vorhersage der Auswirkungen hilfreich sein. Grundsätzlich ist die Qualität von Modellen jedoch

stark abhängig von der Qualität der eingehenden Daten. Entsprechend ist es geboten eine möglichst umfassende Datengrundlage für den Standort NSG „Doggerbank“ zusammenzutragen.

6.2 Strategische, politische, gesetzliche und fachliche Erfordernisse

Strategische Erfordernisse

Die vorangegangenen Kapitel haben gezeigt, dass in Bezug auf einen naturverträglichen Ausbau der Offshore-Windenergie im NSG „Doggerbank“ noch verschiedenste technologische und fachliche Kenntnislücken bestehen (siehe Kapitel 7.1.1 und 7.1.2). Die getroffenen Aussagen bezüglich einer möglichen Naturverträglichkeit in Bezug auf die verschiedenen Szenarien (siehe Kapitel 6) sind mit Unsicherheiten behaftet, da teilweise Annahmen aufgrund von Kenntnislücken getroffen werden mussten.

Eine mögliche Installation von OWP im NSG „Doggerbank“ wird nicht vor 2040 erwartet. Strategisch sollte die Vorlaufzeit bis zu einer möglichen Installation eines OWP im NSG „Doggerbank“ genutzt werden, um die technologischen und fachlichen Kenntnislücken zu schließen und die damit einhergehenden Unsicherheiten weitestgehend zu minimieren. In der vorliegenden Studie herangezogene Annahmen sollten im besten Fall durch neue Forschungsergebnisse/Erkenntnisse ersetzt werden. Mögliche Maßnahmen, die dazu beitragen können, die Kenntnislücken zu schließen wurden in Kapitel 7.1.3 abgeleitet.

Auf Grundlage neuer Forschungsergebnisse und Erkenntnisse sind die in dieser Studie getroffenen Aussagen bzgl. der Naturverträglichkeit der verschiedenen Szenarien für die einzelnen Schutzgüter, aber auch für das gesamte Ökosystem, zu überprüfen. Ziel sollte hierbei die Bestätigung der naturverträglichsten Variante für die Umsetzung der Windenergienutzung im NSG „Doggerbank“, auf Grundlage von belastbaren Erkenntnissen, sein.

Politische Erfordernisse

Der Green Deal enthält strategische Festlegungen der EU für eine ressourceneffiziente und wettbewerbsfähige Wirtschaft, die gleichzeitig das Naturkapital der Union schützen, bewahren und verbessern soll. Die Herausforderung dabei ist, dass der Erhalt der biologischen Vielfalt und die Bekämpfung des Klimawandels Hand in Hand gehen müssen.

Für die Umsetzung einer naturverträglichen Nutzung des NSG „Doggerbank“ durch die Offshore-Windenergie muss die Entscheidung zwischen Klima- und Biodiversitätsschutz gefällt werden, da hier in Bezug auf die Nutzung des NSG „Doggerbank“ unterschiedliche Interessen vertreten sind. Diese politische Entscheidung kann im Rahmen der vorliegenden Studie nicht beantwortet werden. Vielmehr bietet die vorliegende Studie durch das Aufzeigen verschiedener Ausbaupfade und der Bewertung der Naturverträglichkeit dieser nur eine Grundlage für die Entscheidung auf politischer Ebene.

Gesetzliche Erfordernisse

Durch die Mitteilung der Kommission vom 20. Mai 2020 mit dem Titel „EU-Biodiversitätsstrategie für 2023: Mehr Raum für die Natur in unserem Leben“, die Bestandteil des Grünen Deals ist, wird die Biodiversitätsstrategie der EU für 2030 festgelegt. Auf globaler Ebene haben sich die EU und ihre Mitgliedstaaten im Übereinkommen über die biologische Vielfalt (CBD) zu der langfristigen strategischen Vision verpflichtet, dass die biologische Vielfalt bis 2050 wertgeschätzt, erhalten, wiederhergestellt und mit Bedacht genutzt werden soll, sodass Ökosystemdienstleistungen und ein gesunder Planet bewahrt und für alle Menschen grundlegende Leistungen erbracht werden.

Andererseits besagen die Vorgaben der EU-Offshore Strategie, dass der Klimaschutz einen beschleunigten Ausbau der Erneuerbaren Energien erfordert, der aktuell auf nationaler Ebene im FEP umgesetzt wird, der sich derzeit in der Fortschreibung befindet. In der Ostende-Erklärung vom 24. März 2023 wird flankierend dazu festgelegt, in der Nordsee unter Beteiligung der Anrainerstaaten ein sog. Green Power Plant of Europe (Grünes Kraftwerk Europas) zu errichten, wonach bis 2030 ca. 120 GW aus Offshore-Windenergie gewonnen werden soll. Es wird beabsichtigt, die Gesamtkapazität der Offshore-Windenergie bis 2050 auf mindestens 300 GW auszubauen. Auf nationaler Ebene werden diese internationalen und unionalen Klimaschutzziele mit dem novellierten Klimaschutzgesetz 2024 umgesetzt. Dabei bleiben die Klimaziele Deutschlands unverändert – durch die Reform darf nicht mehr CO_2 ausgestoßen werden als bisher.

Gemäß den Vorschriften des allgemeinen Naturschutzrechts umfasst der Schutz von Natur und Landschaft auch die Pflege, die Entwicklung und, soweit erforderlich, die Wiederherstellung von Natur und Landschaft (§ 1 Abs. 1 HS 2), welche durch die W-VO eine zusätzliche Dynamik erhält.

Die Prüfung der Naturverträglichkeit des Offshore-Windenergieausbaus in der Doggerbank erfolgt aus Sicht des Gebietsschutzes anhand der Schutzzwecke und Erhaltungsziele des Naturschutzgebietes, unter bestimmten Voraussetzungen zusätzlich durch eine FFH-Verträglichkeitsprüfung (abhängig u. a. vom Regelungsmaßstab und dem Vorliegen einer SUP).

Naturverträglichkeit setzt voraus, dass Beeinträchtigungen gesetzlich geschützter Biotope im Sinne von § 30 BNatSchG und geschützter Arten gemäß § 44 Abs. 1 BNatSchG ausgeschlossen sind oder unter Anordnung von Nebenbestimmungen in den gesetzlich zulässigen Grenzen insbesondere der Zugriffsverbote nach § 44 Abs. 1 BNatSchG ausgeschlossen werden können.

Falls sich Änderungen an den Regelungen der BKompV ergeben, sind die durch die Errichtung und den Betrieb des OWP entstehenden unvermeidbaren Beeinträchtigungen der Schutzgüter Biotope und Boden einschließlich der darin vorkommenden Pflanzen und Tiere als auch der Schutzgüter Wasser und Luft durch Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege auszugleichen oder zu ersetzen. Die Kompensation kann auf Antrag auch eine anerkannte bevorratete Kompensationsmaßnahme nach § 56a Abs. 1, Abs. 2 BNatSchG sein, was in der Planungsphase kurz-, mittel- oder langfristig (bis 2045) geleistet werden kann.

Die Schutzzwecke der Verordnung über die Festsetzung des NSG „Doggerbank“ werden durch die raumordnerische Festlegung als Vorranggebiet direkt in Bezug genommen. Gemäß § 5 Abs. 1 Nr. 1 und 4 NSGDgbV können u. a. Projekte zur Energieerzeugung aus Wasser, Strömung und Wind (Nr. 1) und zur Verlegung und zum Betrieb von unterseeischen Kabeln (Nr. 4) zugelassen werden. Sie bedürfen allerdings innerhalb des NSG vor ihrer Zulassung oder Durchführung der Prüfung auf ihre

Verträglichkeit mit dem Schutzzweck nach § 3 Abs. 3 bis 5 NSGDgbV. Eine umfassende, alle Merkmale berücksichtigende „Verträglichkeitsprüfung“ wurde in der vorliegenden Studie allerdings nicht durchgeführt.

Der Managementplan für das NSG „Doggerbank“, welcher als sog. Bewirtschaftungsplan die Erhaltungs- und Wiederherstellungsmaßnahmen, die zur Erreichung der Schutzzwecke erforderlich sind, enthält, regelt auch die anthropogenen störenden Nutzungen. Die Offshore-Windenergie wird hier allerdings ausgeblendet, so dass eine Ergänzung erforderlich ist. Dies kann noch in diesem Jahr bei der anstehenden Überprüfung geschehen.

Gemäß Plansatz 2.2.4 Abs. 4 ROP 2021 ist die passive Fischerei mit Reusen und Körben in den Sicherheitszonen der OWP möglich. Hier ist ggf. diese Festlegung im Sinne der Delegierten Verordnung (EU) 2023/340 anzupassen (Prüfvorbehalt!).

Die Frage, ob das Ziel eines guten Gewässerzustands bis zum Jahr 2027 bzw. für das Meeresgewässer gemäß § 45a Abs. 1 Nr. 2 WHG mit den im Maßnahmenprogramm nach § 45h WHG vorgesehenen Maßnahmen erreicht wurde bzw. werden kann, ist Gegenstand der wasserrechtlichen Bewirtschaftungsplanung, welche bei der Fortschreibung des ROP 2021 zu berücksichtigen wäre. Hieraus können sich Änderungen in der Beurteilung der Naturverträglichkeit des Windenergieausbaus für die Doggerbank ergeben.

Gemäß WindSeeG hängt der weitere Ausbau der Offshore-Windenergie von den Festlegungen im FEP nach § 5 Abs. 4 Satz 2 Nr. 1 bis 4 WindSeeG u.a. von der Leitungsabhängigkeit (i.E. die effiziente Nutzung und Auslastung der Offshore-Anbindungsleitungen, die zum Zeitpunkt der Erstellung des Flächenentwicklungsplans bereits vorhanden sind oder im Offshore-Netzentwicklungsplan vorbehaltlos bestätigt sind (Nr. 1) sowie nach Nr. 2 der Norm die geordnete und effiziente Planung, Errichtung, Inbetriebnahme, Nutzung und Auslastung für die im Jahr 2026 und in den folgenden Jahren noch fertigzustellenden Offshore-Anbindungsleitungen und Netzverknüpfungspunkte an Land; hierbei werden auch die Planung und der tatsächliche Ausbau von Netzen an Land berücksichtigt), der räumlichen Nähe zur Küste (Nr. 3) und die installierte Leistung auf einer Fläche ab. Zu beachten ist des Weiteren die Regelung in § 5 Abs. 6 WindSeeG, wonach NSG (wie z. B. die Doggerbank) nachrangig zu bebauen sind. Diese gesetzlichen Einschränkungen müssten ggf. zum Zwecke der Bebauung angepasst werden, sofern nicht der Erlass einer Verordnung zur Durchführung des WindSeeG dafür ausreicht.

Der Anwendungsbereich des Umwelthaftungsrechts geht nach höchstrichterlicher Rechtsprechung räumlich über das Natura-2000-Regime hinaus; der Begriff des Umweltsachades ist weit auszulegen. Hier ist einiges strittig und bedarf zur Herstellung der Rechtsklarheit weiterer Untersuchungen.

Im Rahmen der Naturverträglichkeitsprüfung ist der Ökosystemansatz anzuwenden. Im Kontext der Meeresraumordnung hat er sich von einem naturwissenschaftlichen Konstrukt hin zu einem rechtlich verbindlichen Instrument entwickelt und ist im Unionsgebiet einheitlich anzuwenden (Art. 5 Abs. 1 i.V.m. MRO-RL EG 14, Art. 1 Abs. 3 MSRL). Im ROG wird er als bloßer gesetzlicher raumordnerischer Grundsatz geführt (§ 2 Abs. 2 Nr. 6 Satz 12 ROG). Hier tuen sich Anwendungsprobleme auf. Es wird weiterer Regelungsbedarf gesehen.

Die Integration naturschutzfachlicher Belange in die Meeresraumordnung in der AWZ erfolgt in Ermangelung einer gesetzlichen Landschaftsplanung aktuell mittels eines naturschutzfachlichen Planungsbeitrags des BfN. Die Ausdehnung der Landschaftsplanung auf die AWZ sollte geprüft werden.

Im Entwurf des FEP 2024 sollen die planerischen Festlegungen für insgesamt mindestens 70 GW installierter Leistung von OWEA getroffen werden. Durch das auf 2045 vorgezogene Ziel der Klimaneutralität in Deutschland wird ein deutlich erhöhter Zubau an erneuerbaren Energien in der AWZ erforderlich. Da das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) eine durchschnittliche Nichtverfügbarkeit von etwa 10 % der Flächen der AWZ schätzt, werden insgesamt Standorte für OWP und Netzanbindungssysteme, Trassenkorridore und Grenzkorridore mit einem Potenzial von etwa 78 GW für die langfristige Sicherung des Ausbauziels erforderlich. Diese erstreckt sich auch auf die Doggerbank.

Im Verhältnis des Zulassungsverfahren zur Raumordnung ist von Interesse, welche Aspekte von der Vorhabengenehmigung erfasst werden und ggf. von der übergeordneten Raumplanung vorgegeben werden müssen. Bestimmte Aspekte der Naturverträglichkeit sind indes nicht Gegenstand der Raumordnung, sondern werden auf der nachgelagerten Ebene des Zulassungsverfahrens geprüft und umgekehrt. In diesem Kontext ist der Prüfkatalog gemäß § 69 Abs. 3 WindSeeG hinsichtlich der Berücksichtigung des Meeresumweltschutzes von Bedeutung, der Aufschluss über die Naturverträglichkeit gibt.

Im MSRL-Maßnahmenprogramm werden perspektivisch Maßnahmen zum Schutz wandernder Arten im marinen Bereich (UZ3-02) geprüft. Dies betrifft Wanderkorridore, die raumordnungsrechtlich als Vorrang- bzw. Vorbehaltsgebiete im fortzuschreibenden AWZ-Raumordnungsplan ausgewiesen werden können. Konkrete Regelungen zum Schutz von Arten wurden indes noch nicht beschlossen. Hier ist die weitere Entwicklung der Doggerbank zu beobachten.

Die im Juni 2024 verabschiedete Verordnung (EU) 2024/1991 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Wiederherstellung der Natur (W-VO) enthält Vorgaben zu Renaturierungsmaßnahmen, die gemäß Art. 1 Abs. 1 W-VO auch im Meeresgebiet Geltung beansprucht und von der Raumordnung aufzugreifen ist. Aus planerischer und mithin raumordnerischer Sicht von besonderer Bedeutung ist der sog. nationale Wiederherstellungsplan, der gemäß Art. 14 W-VO bis zum 1. September 2026 zu erstellen ist. Auch die Doggerbank ist für Renaturierungsmaßnahmen geeignet und bei der Aufstellung des Nationalen Wiederherstellungsplan nach Art. 14 W-VO zu berücksichtigen.

Zusätzlich verfolgt die EU-Biodiversitätsstrategie 2030 das Ziel, mindestens 30 % der europäischen Land- und Meeresgebiete in wirksam bewirtschaftete Schutzgebiete umzuwandeln. 10 % der Flächen sollen streng geschützt werden. Eine Auswahl von Gebieten, die zur Erreichung des Ziels von 10 % streng geschützter Meeresgebiete in Frage kommen könnten, wird derzeit von Bund und Ländern erarbeitet. Ob die Doggerbank dazu gehören wird, bleibt abzuwarten.

Fachliche Erfordernisse

Aus fachlicher Sicht ist die Einhaltung normativ gesetzter Schwellenwerte erforderlich. Hierzu zählt die Einhaltung der Vorgaben aus dem Schallschutzkonzept für Schweinswale in der deutschen AWZ

der Nordsee (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 2013), um Schädigungen von Schweinswalen durch Schallemissionen zu vermeiden und damit eine naturverträgliche Nutzung des NSG „Doggerbank“ durch die Offshore-Windenergie zu ermöglichen. Hierfür ist das Heranziehen von abgestimmten Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen maßgeblich erforderlich.

Neben der Einhaltung der Vorgaben aus dem Schallschutzkonzept ist die Einhaltung des 1 %-Kriteriums gemäß Lambrecht & Trautner (2007) als erforderlich anzusehen. Bei Überschreitung des 1 %-Kriteriums ist von einer erheblichen Beeinträchtigung des Schutzgutes Benthische Lebensräume auszugehen, was einer Überschreitung der Tragfähigkeit gleichzusetzen ist.

Auch für die übrigen Schutzgüter ist aus fachlicher Perspektive eine naturverträgliche Nutzung des NSG „Doggerbank“ durch die Offshore-Windenergie nur möglich, wenn die jeweiligen Tragfähigkeitsgrenzen nicht überschritten werden. Hierfür fehlt es jedoch an ausreichenden Datenlagen und normativ gesetzten Schwellenwerten, weshalb hier auf Expertenwissen aufgebaute Belastungsgrenzen zurückgegriffen werden muss.

6.3 Fazit

Ein potenzieller naturverträglicher Ausbau der Offshore-Windenergienutzung im NSG „Doggerbank“ ist an einige Voraussetzungen gekoppelt. Diese wurden näher betrachtet.

Zunächst wurde betrachtet, welche naturschutzfachlichen Wissenslücken bei den ökologischen Schutzgütern noch bestehen und einer finalen Bewertung der Naturverträglichkeit im Wege stehen könnten. Hierbei wird deutlich, dass generell für das Gebiet ein Bedarf an weiterem Monitoring und gezielten Studien besteht.

Auch aus technologischer Sicht bestehen noch Kenntnislücken, die mit weiterer Forschung bis zu einer potenziellen Realisierung eines Vorhabens im NSG „Doggerbank“ noch ausgeräumt werden sollten. Dies wurde genauer beleuchtet. An einigen Stellen im Bau, der Anlage oder im Betrieb sind Anpassungen möglich, welche die ökologischen Auswirkungen verringern können.

Für jedes ökologische Schutzgut wurden konkrete Handlungsbedarfe aufgelistet, welche die vorgenannten Wissenslücken schließen könnten. Hierbei sind sowohl Kenntnislücken über den aktuellen und zukünftigen Bestand der Schutzgüter im NSG „Doggerbank“ zu berücksichtigen als auch jene über die Reaktionen der Schutzgüter gegenüber z. B. verschiedenen Gründungsmethoden, OWP-Layouts, dem Ausschluss der Fischerei sowie die langfristige Entwicklung nach einem Eingriff.

Die Kenntnislücken und die abgeleiteten Handlungsbedarfe sind in Tab. 6.2 zusammengefasst.

Tab. 6.2 Übersicht über die Kenntnislücken und Forschungsbedarfe der einzelnen Schutzgüter.

Schutzgut	Kenntnislücke	Handlungsbedarf
Pelagische Primärproduktion	- Intensität und Reichweite großflächiger Verwirbelungen des Wasserkörpers - Auswirkungen der Verwendung von Jacket-Fundamenten ohne Kolkschutz	- Modellierungen z. B. der Größenordnung und räumlichen Ausdehnung der Verwirbelungen des Wasserkörpers - Bestätigung der Ergebnisse in Feldstudien - Studie zu Auswirkungen der verschiedenen Gründungsstrukturen - Emissionsstudien zur toxischen Belastung möglicher Anti-Fouling Anstriche
Benthische Lebensräume und geschützte Biotope	- Langfristige Auswirkungen von Hartsubstrat auf die Weichbodenfauna - Langfristige Auswirkung des Fischereiausschlusses	- Hartsubstrat der Gründungsstrukturen minimieren - Studien zu langfristigen Auswirkungen auf Gemeinschaften mit langlebigen Arten - Studien zu langfristigen Auswirkungen des Fischereiausschlusses - Entwicklung eines alternativen Kolkschutzes, der weniger attraktiv für Hartsubstratarten ist
Fische	- Bestände sind unzureichend untersucht - Rekonstruktion der Initialbiomasse vieler Bestände aufgrund der aktiven Fischerei nicht möglich - Maximal tragbarer Flächenverlust für Fische - Beeinträchtigung der Fische durch Schallimmissionen - Attraktionswirkung der verschiedenen Gründungsstrukturen und Kolkschutz - Effekte auf langlebige Arten	- Gezielte und regelmäßige Beprobungen zur Bestimmung der Populationsgrößen und Trends - Studien zu Beeinträchtigungen durch Schallimmissionen (besonders langlebige Arten und Knorpelfische) - Vertiefende Studien zu den langfristigen Attraktionswirkungen der verschiedenen Gründungsstrukturen und Kolkschutz - Studien zur Langzeitwirkung des Ausschlusses der aktiven Fischerei
Rastvögel	- Unzureichende Bestandserfassungen im Winterhalbjahr - Meideverhalten von einigen Arten (hier: Papageitaucher, Krabbentaucher, Gelbschnabeltaucher) - Wie wirkt sich das OWP Layout auf Meidereaktionen aus? - Bestandsentwicklung und Verteilung im Raum im Zuge des fortschreitenden Ausbaus in der deutschen AWZ und im angrenzenden Ausland	- Großflächiges und langzeitliches Monitoring der Bestandsentwicklung und Verteilung der Rastvögel in der deutschen AWZ im Zuge des großflächigen Windenergie-Ausbaus - Studien zu Meideverhalten an OWP mit verschiedenen Layouts - Optimierung (= Reduzierung) des windparkassoziierten Wartungsverkehrs

Schutzgut	Kenntnislücke	Handlungsbedarf
Zugvögel	- Keine neueren Radaruntersuchungen des nächtlichen Vogelzuges über der zentralen Nordsee verfügbar - Fehlende Daten zur Zugintensität, Höhenverteilung, Verhalten bei Wetterverschlechterung oder gegenüber Barrieren für nachtziehende Singvögel über der zentralen Nordsee - Quantitative Artzusammensetzung des nächtlichen Vogelzuges unbekannt	- Gezielte Untersuchungen zu Zugaufkommen, Zughöhen und Artenspektrum im NSG „Doggerbank“ - Auswirkungen linearer Anordnung der Anlagen in SW-NE-Richtung - Abschaltung der OWEA bei erhöhtem Kollisionsrisiko - Studien zu Verhaltensreaktion ziehender Vögel bei Schlechtwetter - Studien zu potenziellen Carry-over-Effekten des erhöhten Energieverbrauchs und zum erhöhten Mortalitätsrisiko
Marine Säugetiere	- Unzureichende Bestandserfassungen im Winterhalbjahr - Fehlende Kenntnis zur Schallempfindlichkeit des Zwergwals gegenüber Rammschall und Betriebsschall	- Gezielte Untersuchungen der Bestände auch im Winterhalbjahr - Schallarme Gründung (evtl. Forschung zu alternativen schallarmen Gründungsmethoden) - Normative Schallgrenzwerte für alternative Gründungsmethoden - Normative Schallgrenzwerte für den Zwergwal - Weiterentwicklung der Schallminderungsmaßnahmen und Vergrämungsmaßnahmen für den Zwergwal - Studien zu den Auswirkungen des OWP-Baus auf Zwergwale - Ausschluss der Stellnetzfischerei aus dem NSG „Doggerbank“
Fledermäuse	- Unzureichende Erfassungen zum Fledermauszug - Wenig Kenntnis zum Verhalten von Fledermäusen an OWEA auf See	- Gezielte Erfassungen zum Fledermauszug im NSG „Doggerbank“ - Falls erhöhter Fledermauszug nachgewiesen wird, sollten fledermausspezifische Abschaltungen vorgenommen werden
Ökosystemare Zusammenhänge	- Fehlende Datengrundlage der Auswirkungen auf das Ökosystem als Ganzes an OWEA auf offshore gelegenen Sandbänken	- Gezielte Studien zu langzeitlichen ökosystemweiten Effekten in der deutschen AWZ (möglicherweise als Modellierungen)

Es erfolgt eine Zusammenstellung der strategischen, politischen, gesetzlichen und fachlichen Erfordernisse für eine naturverträgliche Nutzung des NSG „Doggerbank“.

Zunächst wird hervorgehoben, dass bis zur geplanten Umsetzung eines Vorhabens im NSG „Doggerbank“ in 2040 noch Zeit ist, die bestehenden Kenntnislücken zu schließen und möglichst früh damit begonnen werden sollte, notwendige Forschungsvorhaben umzusetzen (strategisches Erfordernis).

Es stehen diverse gesetzliche Erfordernisse bei der Umsetzung eines OWP-Ausbaus im NSG „Doggerbank“ im Raum. Durch die EU-Biodiversitätsstrategie soll der Erhalt und die Wiederherstellung

der biologischen Vielfalt sichergestellt werden, jedoch erfordern die Vorgaben der EU-Offshore Strategie einen beschleunigten Ausbau der Windenergie, um dem Klimawandel entgegenzuwirken. Vorschriften des allgemeinen Naturschutzrechtes und Gebietsschutzes sind zu berücksichtigen, um eine Naturverträglichkeit zu gewährleisten. Unvermeidbare Eingriffe sind zu ersetzen. Die Schutzzwecke des NSG und Erhaltungs- und Wiederherstellungsmaßnahmen, welche im Managementplan dargelegt sind, müssen beachtet werden. Ziele des WHG und WindSeeG müssten mit den Zwecken der Bebauung in Einklang gebracht werden. Die Rolle des Ökosystemansatzes im Kontext der Meeresraumordnung bzw. im ROG wäre zu klären. Die Ausdehnung der Landschaftsplanung auf die AWZ sollte geprüft werden. Im Verhältnis des Zulassungsverfahrens zur Raumordnung ist von Interesse, welche Aspekte von der Vorhabengenehmigung erfasst werden und ggf. von der übergeordneten Raumplanung vorgegeben werden müssen. Auch eine raumordnungsrechtliche Ausweisung von Vorrang- bzw. Vorbehaltsgebieten für wandernde Arten könnte in Zukunft die Doggerbank betreffen. Aus planerischer und mithin raumordnerischer Sicht von besonderer Bedeutung ist der sog. nationale Wiederherstellungsplan, der gemäß Art. 14 W-VO bis zum 1. September 2026 zu erstellen ist. Auch die Doggerbank ist für Renaturierungsmaßnahmen geeignet und bei der Aufstellung des Nationalen Wiederherstellungsplan nach Art. 14 W-VO zu berücksichtigen. Zusätzlich sollen mindestens 30 % der europäischen Land- und Meeresgebiete in wirksam bewirtschaftete Schutzgebiete umgewandelt und 10 % der Flächen streng geschützt werden (EU-Biodiversitätsstrategie 2030). Ob die Doggerbank davon betroffen sein wird, bleibt abzuwarten.

Unumgängliche fachliche Erfordernisse umfassen die Einhaltung von Schallgrenzwerten, die Einhaltung des 1 %-Kriteriums für benthische Lebensräume sowie die Beachtung der Tragfähigkeitsgrenzen der weiteren Schutzgüter.

7 AUSBLICK

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden die rechtlichen und politischen Rahmenbedingungen für die Umsetzung von Offshore-Windenergie im NSG „Doggerbank“ herausgearbeitet, es wurden zukünftige Technologieentwicklungen im Bereich der Offshore-Windenergie untersucht und deren mögliche Entwicklungen für die Jahre 2030, 2040 und 2050 abgeschätzt sowie die technische Eignung der Konzepte zur Übertragung auf den Einsatz im NSG „Doggerbank“ beurteilt.

Um Aussagen bezüglich einer Naturverträglichkeit einer potenziellen Offshore-Windenergienutzung im NSG „Doggerbank“ treffen zu können, wurden aktuelle Bestände der im NSG „Doggerbank“ vorkommenden relevanten Schutzgüter auf Grundlage zugänglicher Datenquellen abgebildet, schutzgutbezogene sensitive Räume innerhalb des NSG abgegrenzt und Überlegungen hinsichtlich einer potenziellen Tragfähigkeit der jeweiligen Schutzgüter angestellt.

Basierend auf den Vorgaben aus dem ROP, den zu erwartenden technologischen Weiterentwicklungen sowie den abgegrenzten naturschutzfachlichen sensitiven Räumen, wurden drei verschiedene Szenarien für die Installation von OWP im NSG „Doggerbank“ erarbeitet. Darüber hinaus wurde die „Null-Variante“ (keine Bebauung mit OWP innerhalb des NSG) berücksichtigt. Auf Grundlage der technologischen Beschreibung der verschiedenen Szenarien sowie den Erkenntnissen hinsichtlich des Vorkommens der betrachteten Schutzgüter (Stand: 31.07.2024) wurden die erwartbaren Auswirkungen der verschiedenen Szenarien, unter Berücksichtigung von (potenziell) zur Verfügung stehenden Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen, auf die verschiedenen betrachteten Schutzgüter beschrieben und unter Hinzuziehen der schutzgutspezifischen Überlegungen zur Tragfähigkeit analysiert.

Die Betrachtung der verschiedenen Szenarien zeigt auf, dass vor allem die Auswirkungen auf die Schutzgüter Pelagische Primärproduktion (angenommene Reduktion der Primärproduktion), Benthische Lebensräume (bei Einsatz von Monopiles und Suction Bucket Jackets mit Kolkschutz Überschreitung des normativen Grenzwertes), Rastvögel (Scheuchwirkung) und Marine Säuger (Rammschall) bei der Bewertung einer Naturverträglichkeit eine Rolle spielen. Für die Schutzgüter Pelagische Primärproduktion, Benthische Lebensräume und Marine Säuger ließen sich die Auswirkungen durch aufgelöste Fundamente (z. B. Jackets) deutlich reduzieren. Für das Schutzgut Rastvögel wird für jedes Szenario, welches einen Ausbau der Offshore-Windenergienutzung im NSG „Doggerbank“ vorsieht, eine Überschreitung der Tragfähigkeit angenommen, jedoch mit unterschiedlichem Schweregrad. Mögliche Gewöhnungseffekte lassen sich zum jetzigen Zeitpunkt nicht prognostizieren, sind aber bei zukünftigen Studien in den Fokus zu nehmen. Angesichts des geplanten Ausbaus in weiten Teilen der AWZ, sind diese Kenntnislücken durch ein fortgeführtes Umweltmonitoring zu schließen, die dann zu einer möglichen Neubewertung der Auswirkungen auf das Schutzgut Rastvögel führen können.

Ein weiteres Ergebnis der vorliegenden Studie ist, dass für die meisten relevanten Schutzgüter und die Zusammenhänge der verschiedenen trophischen Ebenen aufgrund einer unzureichenden Datenlage deutliche Kenntnislücken bestehen. Die Kenntnislücken betreffen zum einen das Vorkommen und die Verteilung verschiedener Arten innerhalb des NSG (saisonale und räumliche Verteilung sowie auftretende Dichten), zum anderen wie sich OWP auf diese auswirken. Die vielfältigen Kenntnislücken erschweren eine Einschätzung, wie sich ein OWP, welcher voraussichtlich nicht vor 2040

installiert werden wird, auf die verschiedenen Schutzgüter auswirken könnte und welche Konsequenzen ein OWP innerhalb des NSG „Doggerbank“ auf das Ökosystem haben würde. Zudem können ökosystemweite Auswirkungen durch den in der Zwischenzeit geplanten Ausbau in der deutschen AWZ und dem angrenzenden Ausland auf die deutsche AWZ nicht umfassend vorhergesehen werden, sodass die naturschutzfachlichen Voraussetzungen zum Zeitpunkt der konkreten Planung anders aussehen könnten als momentan. Weitere planerische Entwicklungen, die bis dahin eintreten könnten, können ebenfalls Einfluss auf die finale Bewertung der Naturverträglichkeit haben.

Zusätzlich zu den naturschutzfachlichen Kenntnislücken bestehen technologische Kenntnislücken, da schwer abzuschätzen ist, wie sich die Technologie in den nächsten 15-50 Jahren weiterentwickeln wird (Inbetriebnahme nicht vor 2040 und potenzielle Betriebsdauer von bis zu 35 Jahren). Für die Spezifikationen der in der Zukunft verfügbaren Windenergieanlagen, Gründungsstrukturen und Netzanbindungen wurde eine entsprechende Analyse durchgeführt. Insbesondere hinsichtlich der zukünftig erforderlichen Vermeidungs- bzw. Verminderungsmaßnahmen für die größeren zu erwartenden Windenergieanlagen besteht allerdings erwartungsgemäß weiterer Forschungsbedarf.

Basierend auf den identifizierten Kenntnislücken wurden verschiedene Handlungsbedarfe abgeleitet, die sowohl aus naturschutzfachlicher als auch aus technologischer Sicht als notwendig erachtet werden, um eine Entwicklung von Offshore-Windenergienutzung im NSG „Doggerbank“ hinsichtlich der Naturverträglichkeit fundierter bewerten zu können.

Neben den technologischen und naturschutzfachlichen Handlungsbedarfen sind gleichzeitig gesetzliche Veränderungen erforderlich, um eine Nutzung des NSG „Doggerbank“ durch die Offshore-Windenergie überhaupt möglich zu machen:

Aus Sicht der Raumordnung kommt eine Anpassung der raumordnerischen Festlegungen in Betracht, sollte die Doggerbank für den Ausbau der Offshore-Windenergienutzung genutzt werden, da für das Gebiet ein Vorrang für die Windenergienutzung nicht vorgesehen ist und durch die veränderte Nutzung neue Raumkonflikte mit anderen Nutzungen (Fischerei, Kies- und Sandgewinnung) auftreten können. Zu überprüfen ist des Weiteren die Schutzgebietsverordnung Doggerbank im Hinblick auf die Aufnahme weiterer Schutzgüter sowie des Umgangs mit den Nutzungen, insbesondere der Windenergienutzung.

Die Doggerbank gilt aufgrund ihres Schutzstatus als NSG und Natura-2000-Gebiet auch als Suchraum für strengen Schutz von Gebieten gemäß EU-Biodiversitätsstrategie. Darüber hinaus sie für Renaturierungsmaßnahmen nach der Wiederherstellungsverordnung (EU) 2024/1991 geeignet. Die rechtlichen Entwicklungen hier sind auf jeden Fall abzuwarten, bevor eine Bebauung der Doggerbank in Angriff genommen wird.

Die im Maßnahmenprogramm 2022–2027 vorgesehen MSRL-Maßnahmen, Rückzugs- und Ruheräume für benthische Lebensräume, Fische, marine Säugetiere und See- und Küstenvögel zum Schutz vor anthropogenen Störungen zu schaffen (UZ3-03) sind in die weitere raumordnerische Entwicklung der Doggerbank einzubeziehen. Dazu müssen u. a. lt. Maßnahmenprogramm Bedarfsanalysen zu Rückzugs- und Ruheräumen, Analysen zur räumlichen Verortung des Schutzbedarfs im

Abgleich mit bestehenden räumlichen Schutzmaßnahmen und rechtliche Prüfungen zur Bestimmung geeigneter Umsetzungsinstrumente sowie Schritte zur politischen Entscheidung, Umsetzung und Durchführungskontrolle geplant und durchgeführt werden.

Bei allen Maßnahmen ist der dem ROG zugrundeliegenden Ökosystemansatz Genüge zu tun. Um den Ökosystemansatz richtlinien- und gesetzeskonform anwenden zu kommen, sind fundierte, anerkannte Methoden zur Bestimmung insbesondere von kumulativen Belastungsgrenzen, Gesamtbelastungsgrenzen und Schwellenwerten zu entwickeln.

Der Ausbau der Windenergienutzung in NSG sollte im aktualisierten Nationalen Meeresstrategie (NMS) aufgegriffen und Empfehlungen enthalten (Stichwort: „Meeresnutzung naturverträglich gestalten“). Sie sollten Hinweise enthalten, wie der Konflikt zwischen den Herausforderungen der Biodiversitätskrise einerseits und dem Klimaschutz (CO_2-Reduzierung) andererseits bewältigt werden kann.

Ein Start der Offshore-Windenergienutzung innerhalb des NSG „Doggerbank“ wird nicht vor 2040 erwartet. Die verbleibende Zeitspanne (2024 – 2040) sollte genutzt werden, um die im Rahmen der vorliegenden Studie identifizierten Kenntnislücken durch Umsetzung der dargestellten Handlungsbedarfe weitestgehend zu minimieren und dadurch eine fundiertere Entscheidung bezüglich einer naturverträglichen Nutzung des NSG „Doggerbank“ durch Offshore-Windenergie zu ermöglichen. Die herausgearbeiteten Erfordernisse und Grenzen eines naturverträglichen Ausbaus sollten im Rahmen der nachgelagerten Entscheidungsfindung Berücksichtigung finden.

Im Ergebnis lässt sich festhalten, dass die vorliegende Studie die bis zum jetzigen Zeitpunkt bekannten Sensitivitäten der relevanten Schutzgüter im NSG „Doggerbank“ gegenüber der Nutzung des NSG „Doggerbank“ durch Offshore-Windenergie aufzeigt. Kenntnislücken konnten konkretisiert und Lösungsansätze für offene Fragestellungen formuliert werden, sodass zu einem späteren Zeitpunkt vor dem Hintergrund umfassenderer Kenntnisse eine fundierte Entscheidung bzgl. der Nutzung des NSG „Doggerbank“ durch Offshore-Windenergie getroffen werden kann. Diese Entscheidung ist eine politische Entscheidung zwischen dem Klima- und dem Biodiversitätsschutz.

8 LITERATUR

ACHMUS, M. 2015. Suction Bucket Gründungen als innovatives und montageschallreduziertes Konzept für Offshore-Windenergieanlagen : WindBucket ; Schlussbericht ; Laufzeit: 01.07.2012 - 30.09.2014.

AHLÉN, I., BAAGØE, H. J. & BACH, L. 2009. Behavior of Scandinavian bats during migration and foraging at sea. *Journal of Mammalogy* 90:1318–1323.

AHLÉN, I., BACH, L., BAAGØE, H. J. & PETTERSSON, J. 2007. Bats and offshore wind turbines studied in southern Scandinavia. Pp. 1–35. Swedish Environmental Protection Agency, Stockholm.

AMPRION OFFSHORE GMBH. 2021. Erläuterungsbericht BorWin4/delta.

ANDERSSON, M. H. & ÖHMAN, M. C. 2010. Fish and sessile assemblages associated with wind-turbine constructions in the Baltic Sea. *Marine and Freshwater Research* 61:642–650.

ARNOTT, S. A. & RUXTON, G. D. 2002. Sandeel recruitment in the North Sea: demographic, climatic and trophic effects. *Marine Ecology Progress Series* 238:199–210.

AUMÜLLER, R., BOOS, K., FREIENSTEIN, S., HILL, K. & HILL, R. 2011. Beschreibung eines Vogelschlagereignisses und seiner Ursachen an einer Forschungsplattform in der Deutschen Bucht. *Vogelwarte* 49:9–16.

AUMÜLLER, R., BOOS, K., FREIENSTEIN, S., HILL, K. & HILL, R. 2013. Weichen Zugvögel Windenergieanlagen auf See aus? Eine Methode zur Untersuchung und Analyse von Reaktionen tagsüber ziehender Vogelarten auf Offshore-Windparks. *Vogelwarte* 51.

BACH, P., VOIGT, C. C., GÖTTSCHE, M., BACH, L., BRUST, V., HILL, R., HÜPPOP, O., LAGERVELD, S., SCHMALJOHANN, H. & SEEBENS-HOYER, A. 2022. Offshore and coastline migration of radio-tagged Nathusius' pipistrelles. *Conservation Science and Practice* 4:7.

Background Document to the draft Joint Recommendation for Offshore Fisheries Management on the International Dogger Bank under the revised Common Fisheries Policy. 2016. . P. 73. The Hague, Bonn, London.

BAIRLEIN, F., DIERSCHKE, J., DIERSCHKE, V., SALEWSKI, V., GEITER, O., HÜPPOP, K., KÖPPEN, U. & FIEDLER, W. 2014. Atlas des Vogelzugs: Ringfunde deutscher Brut- und Gastvögel. Aula-Verlag, Wiebelsheim.

BAKKEN, V., RUNDE, O. & TJORVE, E. 2006. Norsk ringmerkingsatlas. Stavanger Museum, Stavanger (NOR).

BALLASUS, H. 2007. Vogeltod an Leuchttürmen: Welche Relevanz haben 100 Jahre alte Daten für die aktuelle Offshore-Forschung? *Vogelwarte* 45:307–308.

BALLSTEDT, E., BUSCHHAUS, D., ENNERS, L., ROTHFUSS, C. & WALTER, E. 2021. Brutbericht aus unseren Schutz- und Zählgebieten im Jahr 2020. *Seevögel, Zeitschrift Verein Jordsand* 42.

BANGE, A. & BORKENHAGEN, K. 2024. Seevogelsurvey auf der Doggerbank und in der Deutschen Bucht mit der 'Arctic Hunter' 21.06.-23.06.2024. P. 16. Fahrtbericht, .

BAROONI, M., ASHURI, T., VELIOGLU SOGUT, D., WOOD, S. & GHADERPOUR TALEGHANI, S. 2022. Floating Offshore Wind Turbines: Current Status and Future Prospects. *Energies* 16:2.

BAULAZ, Y., MOUCHET, M., NIQUIL, N. & BEN RAIS LASRAM, F. 2023. An integrated conceptual model to characterize the effects of offshore wind farms on ecosystem services. *Ecosystem Services* 60:101513.

BEERMANN, J., GUTOW, L., WÜHRDEMANN, S., KONIJNENBERG, R., HEINICKE, K., BILDSTEIN, T., JAKLIN, S., GUSKY, M., ZETTLER, M. L., DANNHEIM, J. & PESCH, R. 2023. Characterization and differentiation of sublittoral sandbanks in the southeastern North Sea. *Biodiversity and Conservation* 32:2747–2768.

BEHR, O., BRINKMANN, R., KORNER-NIEVERGELT, F., NAGY, M., NIERMANN, I., REICH, M. & SIMON, R. 2015. Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen (RENEBAT II). P. 368. Institut für Umweltplanung - Leibniz Universität Hannover, Hannover (DEU).

BELLEBAUM, J., DIEDERICHS, A., KUBE, J., SCHULZ, A. & NEHLS, G. 2006. Flucht- und Meidedistanzen überwinternder Seetaucher und Meeresenten gegenüber Schiffen auf See. *Orn. Rundbrief Mecklenburg-Vorpommern* 45, Sonderheft 1 (Tagungsband 5. deutsches See-und Küstenvogelkolloquium):86-90.

BELLMANN, M. A., MAY, A., WENDT, T., GERLACH, S., REMMERS, P. & BRINKMANN, J. 2020. Unterwasserschall während des Impulsrammverfahrens: Einflussfaktoren auf Rammschall und technische Möglichkeiten zur Einhaltung von Lärmschutzwerten Akronym: ERa - Bericht. P. 130 + 8. Abschlussbericht, Itap GmbH, Oldenburg (DEU).

BELLMANN, M. & MATUSCHEK, R. 2019. Offshore Windpark „Kaskasi II" Schalltechnische Stellungnahme der zu erwartenden Unterwasserschall-Immissionen während der Vibrationsrammung.

BELLMANN, M., MÜLLER, T., SCHEIBLICH, K. & BETKE, K. 2023. Erfahrungsbericht Betriebsschall: Projektübergreifende Auswertung und Bewertung der Unterwasserschallmessungen aus der Betriebsphase von Offshore-Windparks. Akronym: OWF NOISE. Abschlussbericht, Itap GmbH, Oldenburg (DEU).

VAN BEMMELEN, R. S. A., LEEMANS, J. J., COLLIER, M. P., GREEN, R. M. W., MIDDELVELD, R. P., THAXTER, C. B. & FIJN, R. C. 2023. Avoidance of offshore wind farms by Sandwich Terns increases with turbine density. *Ornithological Applications*:1–10.

VAN BEMMELEN, R., GEELHOED, S. & LEOPOLD, M. F. 2011. Shortlist Masterplan Wind Ship-based monitoring of seabirds and cetaceans. P. 90. IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies im Auftrag von Rijkswaterstaat Waterdienst.

BERG, D. VAN DEN, TAVERNIER, D. DE & WINGERDEN, J.-W. VAN. 2022. Using The Helix Mixing Approach On Floating Offshore Wind Turbines. *Journal of Physics: Conference Series* 2265:042011.

BERGMAN, M. J. N., UBELS, S. M., DUINEVELD, G. C. A. & MEESTERS, E. W. G. 2015. Effects of a 5-year trawling ban on the local benthic community in a wind farm in the Dutch coastal zone. *ICES Journal of Marine Science* 72:962–972.

BERGSTRÖM, L., KAUTSKY, L., MALM, T., ROSENBERG, R., WAHLBERG, M., ÅSTRAND CAPETILLO, N. & WILHELMSSON, D. 2014. Effects of offshore wind farms on marine wildlife—a generalized impact assessment. *Environmental Research Letters* 9:034012.

BERGSTRÖM, L., SUNDQVIST, F. & BERGSTRÖM, U. 2013. Effects of an offshore wind farm on temporal and spatial patterns in the demersal fish community. *Marine Ecology Progress Series* 485:199–210.

BERNOTAT, D. & DIERSCHKE, V. 2021. Übergeordnete Kriterien zur Bewertung der Mortalität wildlebender Tiere im Rahmen von Projekten und Eingriffen Teil I: Rechtliche und methodische Grundlagen 4. Fassung, Stand 31.08.2021.

BFN. 2017. Die Meeresschutzgebiete in der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone der Nordsee. Beschreibung und Zustandsbewertung. Stand 18.10.2017. Bundesamt für Naturschutz, DE.

BFN. 2020a. Standarddatenbogen für das FFH-Gebiet „Doggerbank" (DE1003301). Amtsblatt der Europäischen Union. Bonn.

BFN. 2020b. Managementplan für das Naturschutzgebiet „Doggerbank" (MPDgb). P. 97. Bonn.

BGR. 2022, February 1. GEOSTOR - Geologische Charakterisierung zur Beurteilung des Potenzials und der Sicherheit für CO2-Speicherung in der deutschen Nordsee.

BILDSTEIN, T., SCHUCHARDT, B., GÜNTHER, C.-P., SCHÜCKEL, S., KRÖNCKE, I., PAPENMEIER, S., HOLLER, P., BARTHOLOMÄ, A., BRUNS, I., ZETTLER, M., BEERMANN, J. & HEINICKE, K. 2023. Auszug aus BfN-Schrift: Die Biotope des Meeresbodens im Naturschutzgebiet 'Doggerbank' - ENTWURF. BfN-Schrift in prep., BfN.

BILDSTEIN, T., SCHUCHARDT, B., KRAMER, M., BLEICH, S., SCHÜCKEL, S., DIERSCHKE, V., KOSCHINSKI, S. & GARNIEL, A. 2017. Die Meeresschutzgebiete in der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone der Nordsee –Beschreibung und Zustandsbewertung - Stand 18.10.2017 -. P. 473. Bundesamt für Naturschutz (BfN), Bonn - Bad Godesberg (DEU).

BIOCONSULT SCHUCHARDT & SCHOLLE. 2019. Gutachten zum Regenerationspotenzial benthischer Biotoptypen in der AWZ der Nordsee nach temporären anthropogenen Störungen. P. 110. Gutachten, BSH, Hamburg.

BIOCONSULT SH, IBL UMWELTPLANUNG GMBH, & IFAÖ GMBH. 2008. Offshore-Windenergiepark „Albatros“ - Fachgutachten Rastvögel. BioConsult SH.

BIOCONSULT SH, STELTER, M., SCHUBERT, A., CASTILLO, R. & SZOSTEK, L. 2020. Cluster ‚Nördlich Borkum‘ Jahresbericht 2019 und Abschlussbericht. Umweltmonitoring Rastvögel Untersuchungsjahre 2013 bis 2019 (März 2013 – Dezember 2019). Husum (DEU).

BIRDLIFE INTERNATIONAL (Ed.). 2015. European Red List of Birds. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. 77 pp.

BIRDLIFE INTERNATIONAL. 2017. European birds of conservation concern: populations, trends and national responsibilities. Cambridge, UK.

BIRDLIFE INTERNATIONAL. 2021. European red list of birds 2021. Publications Office of the European Union, Luxembourg. 71 pp.

BIRDLIFE INTERNATIONAL. 2021. Morus bassanus (Northern Gannet). European Red List of Birds. Supplementary Material. P. 9. Luxembourg.

BIRDLIFE INTERNATIONAL. 2024. Species factsheet: Fulmarus glacialis.

BLE. 2023. Die Hochsee- und Küstenfischerei in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 2022. P. 17. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, Hamburg.

BLEW, J., HOFFMANN, M., NEHLS, G. & HENNING, V. 2008. Investigations of the bird collision risk and the responses of harbour porpoises in the offshore wind farms Horns Rev, North Sea, and Nysted, Baltic Sea, in Denmark - Part I: Birds. P. 145. Final Report, BioConsult SH; Universität Hamburg, Hamburg und Büsum.

BMU. 2009. Positionspapier des Geschäftsbereichs des Bundesumweltministeriums zur kumulativen Bewertung des Seetaucherhabitatverlusts durch Offshore-Windparks in der deutschen AWZ der Nord- und Ostsee als Grundlage für eine Übereinkunft des BfN mit dem BSH. Einführung eines neuen fachlich begründeten Bewertungsverfahrens. Berlin (DEU).

BMU. 2013. Konzept für den Schutz der Schweinswale vor Schallbelastungen bei der Errichtung von Offshore Windparks in der deutschen Nordsee (Schallschutzkonzept). Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz.

BMU. 2018. Zustand der deutschen Nordseegewässer 2018. P. 191. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, Referat WR I 5, Meeresumweltschutz, Internationales Recht des Schutzes der marinen Gewässer.

BMWK. 2023. Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie.

BOHNSACK, J. A. & SUTHERLAND, D. L. 1985. Artificial reef research: a review with recommendations for future priorities. *Bulletin of Marine Science* 37:11–39.

BOISSEAU, O., MCGARRY, T., STEPHENSON, S., COMPTON, R., CUCKNELL, A., RYAN, C., MCLANAGHAN, R. & MOSCROP, A. 2021. Minke whales Balaenoptera acutorostrata avoid a 15 kHz acoustic deterrent device (ADD). *Marine Ecology Progress Series* 667:191–206.

BORKENHAGEN, K., GUSE, N., MARKONES, N., MENDEL, B., SCHWEMMER, H. & GARTHE, S. 2019. Monitoring von Seevögeln in der deutschen Nord- und Ostsee 2016. Im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz (BfN).

BORKENHAGEN, K., GUSE, N., MARKONES, N., SCHWEMMER, H. & GARTHE, S. 2018. Monitoring von Seevögeln in der deutschen Nord- und Ostsee 2018. Im Auftrag vom Bundesamt für Naturschutz (BfN).

BORKENHAGEN, K., MARKONES, N., SCHWEMMER, H. & GARTHE, S. 2020. Monitoring von Seevögeln in der deutschen Nord- und Ostsee 2019. P. 52. FTZ im Auftrag des Bundesamts für Naturschutz, Büsum.

BORKENHAGEN, K., MARKONES, N., SCHWEMMER, H. & GARTHE, S. 2021. Monitoring von Seevögeln in der deutschen Nord- und Ostsee 2020. P. 22. FTZ im Auftrag des Bundesamts für Naturschutz, Büsum.

BÖTTCHER, J. (Ed.). 2013. Handbuch Offshore-Windenergie: Rechtliche, technische und wirtschaftliche Aspekte. Oldenbourg Wissenschaftsverlag Verlag.

BRABANT, R., LAURENT, Y., POERINK, B. J. & DEGRAER, S. 2020. Activity and Behaviour of Nathusius' Pipistrelle Pipistrellus nathusii at Low and High Altitude in a North Sea Offshore Wind Farm. *Acta Chiropterologica* 21:341–348.

BRADARIC, M., BOUTEN, W., FIJN, R. C., & ET AL. 2020. Winds at departure shape seasonal patterns of nocturnal bird migration over the North Sea. *J. Avian Biol.*

BRANDT, M. J., DRAGON, A.-C., DIEDERICHS, A., BELLMANN, M. A., WAHL, V., PIPER, W., NABE-NIELSEN, J. & NEHLS, G. 2018. Disturbance of harbour porpoises during construction of the first seven offshore wind farms in Germany. *Marine Ecology Progress Series* 596:213–232.

BRASSEUR, S. 2017. 6. Grey seal tracking reveals different behaviours of resident and transient population components. Pp. 99–110 *Seals in Motion. How movements drive population development of harbour seals and grey seals in the North Sea. PhD Thesis*. Wageningen University.

BRASSEUR, S., VAN POLANEN PETEL, T., AARTS, G., MEESTERS, E., DIJKMAN, E. & REIJNDERS, P. 2010. Grey seals (*Halichoerus grypus*) in the Dutch North sea: population ecology and effects of wind farms. P. 72. Report number C137/10, IMARES Wageningen UR.

BRLIK, V., MALMIGA, G., DIMITROV, D., & ET AL. 2020. Population-specific assessment of carry-over effects across the range of a migratory songbird. *Behav. Ecol. & Sociobiol.* 74.

BROCKMANN, U. H., LAANE, R. W. P. M. & POSTMA, J. 1990. Cycling of nutrient elements in the North Sea. *Netherlands Journal of Sea Research* 26:239–264.

BROCKMANN, U. & WEGENER, G. 1985. Hydrography, nutrient and chlorophyll distribution in the North Sea in February 1984. *Archiv für Fischereiwissenschaft* 36:27–45.

BRÜNING, T. 2013. Saisonale Seegangsverteilungen in der Nordsee 2012.

BRUST, V. & HÜPPOP, O. 2021. Underestimated scale of songbird offshore migration across the south-eastern North Sea during autumn. *Journal of Ornithology*.

BRUST, V., MICHALIK, B. & HÜPPOP, O. 2019. To cross or not to cross – thrushes at the German North Sea coast adapt flight and routing to wind conditions in autumn. *Movement Ecology* 7:1–10.

BSH. 2011. Genehmigungsbescheid „Borkum Riffgrund II". Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg.

BSH. 2020. Umweltbericht zum Flächenentwicklungsplan 2020 für die deutsche Nordsee. Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg.

BSH. 2021a. Raumordnungsplan für die deutsche ausschließliche Wirtschaftszone in der Nordsee und in der Ostsee.

BSH. 2021b. Anlage zur Verordnung über die Raumordnung in der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone in der Nordsee und in der Ostsee vom 19. August 2021.

BSH. 2021c. Umweltbericht zum Raumordnungsplan für die deutsche ausschließliche Wirtschaftszone in der Nordsee.

BSH. 2022. Umweltbericht zur Eignungsprüfung der Fläche N-7.2. Hamburg.

BSH. 2023a. Raumrelevante Entwicklungen in der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone in der Nordsee und Ostsee (Jahresbericht 2022). Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie.

BSH. 2023b. Flächenentwicklungsplan 2023 für die deutsche Nordsee und Ostsee. P. 123. Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg.

BSH. 2023c. Vorentwurf Flächenentwicklungsplan. P. 89. Hamburg.
BSH. 2024. Entwurf Flächenentwicklungsplan. Bundesamt für Seeschiffahrt und Hydrographie, Hamburg.
BUCKLAND, S. T., ANDERSON, D. R., BURNHAM, K. P., LAAKE, J. L., BORCHERS, D. L. & THOMAS, L. 2001. Introduction to Distance Sampling: estimating abundance of biological populations. Oxford University Press, Oxford. 448 pp.
BUNDESAMT FÜR SEESCHIFFFAHRT UND HYDROGRAPHIE. 2013. Standard - Untersuchung der Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf die Meeresumwelt (StUK 4). Ergänzung zum Schutzgut Benthos, gemäß StUK4. Hamburg & Rostock (DEU).
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). P. 33.
BUREAU WAARDENBURG BV. 2017. Impact of demersal seine fisheries in the Natura 2000 area Dogger Bank. P. 38. Bureau Waardenburg.
BURKHARD, B. & GEE, K. 2012. Establishing the Resilience of a Coastal-marine Social-ecological System to the Installation of Offshore Wind Farms. *Ecology and Society* 17:art32.
BURKHARD, B., OPITZ, S., LENHART, H., AHRENDT, K., GARTHE, S., MENDEL, B. & WINDHORST, W. 2011. Ecosystem based modeling and indication of ecological integrity in the German North Sea - case study offshore wind parks. *Ecological Indicators* 11:168–174.
BURTON, N. H. K., THAXTER, C. B., COOK, A. S. C. P., AUSTIN, G. E., HUMPHREYS, E. M., JOHNSTON, A., STILL, D. & WRIGHT, L. J. 2014. Ornithology Technical Report for the Proposed Dogger Bank Teesside A and B Offshore Wind Farm Projects. P. 185. BTO British Trust for Ornithology, Norfolk.
BUTLER, P. G., WANAMAKER, A. D., SCOURSE, J. D., RICHARDSON, C. A. & REYNOLDS, D. J. 2013. Variability of marine climate on the North Icelandic Shelf in a 1357-year proxy archive based on growth increments in the bivalve Arctica islandica. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 373:141–151.
CALLAWAY, R., ALSVAG, J., DE BOOIS, I., COTTER, J., FORD, A., HINZ, H., JENNINGS, S., KRÖNCKE, I., LANCASTER, J., PIET, G., PRINCE, P. & EHRICH, S. 2002. Diversity and community structure of epibenthic invertebrates and fish in the North Sea. *ICES Journal of Marine Science* 59:1199–1214.
CAMPHUYSEN, C. J. & LEOPOLD, M. F. 1994. Atlas of seabirds in the Southern North Sea. P. 126. NIOZ-Report, Institute for Forestry and Nature Research, Netherlands Institute for Sea Research and Dutch Seabird Group, Texel.
CARTER, M. I. D., BOEHME, L., CRONIN, M. A., DUCK, C. D., GRECIAN, W. J., HASTIE, G. D., JESSOPP, M., MATTHIOPOULOS, J., MCCONNELL, B. J., MILLER, D. L., MORRIS, C. D., MOSS, S. E. W., THOMPSON, D., THOMPSON, P. M. & RUSSELL, D. J. F. 2022. Sympatric Seals, Satellite Tracking and Protected Areas: Habitat-Based Distribution Estimates for Conservation and Management. *Frontiers in Marine Science* 9:875869.
CHEN, I., HILL, J. K., OHLEMÜLLER, R., ROY, D. B. & THOMAS, C. D. 2011. Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming. *Science* 333:1024–1026.
CHITTETH RAMACHANDRAN, R., DESMOND, C., JUDGE, F., SERRARIS, J.-J. & MURPHY, J. 2022. Floating wind turbines: marine operations challenges and opportunities. *Wind Energy Science* 7:903–924.
CHRISTENSEN, T. K., CLAUSAGER, I. & PETERSEN, I. K. 2003. Base-line investigations of birds in relation to an offshore wind farm at Horns Rev and results from the year of construction. NERI im Auftrag von Techwise A/S.
CHRISTIANSEN, N., CARPENTER, J. R., DAEWEL, U., SUZUKI, N. & SCHRUM, C. 2023. The large-scale impact of anthropogenic mixing by offshore wind turbine foundations in the shallow North Sea. *Frontiers in Marine Science* 10.

CLEMENS, T. 1988. Zur Richtung des nächtlichen Heimzuges Über der Nordsee nach Radarbeobachtungen auf Helgoland im März 1976 und 1977. *Seevögel* 9, Sonderband:115–117.

CLEMENTS, S. J., BALLARD, B. M., ECCLES, G. R., SINNOTT, E. A. & WEEGMAN, M. D. 2021. Trade-offs in performance of six lightweight automated tracking devices for birds. *J. Field Ornithol.* 94:506–517.

COATES, D. 2014. The effects of offshore wind farms on macrobenthic communities in the North Sea. dissertation, Ghent University, Gent, Belgium.

COMPAGNO, L. J. V. 1984. FAO Species Catalogue. Sharks of the World: an annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part 2 Carcharhiniformes. FAO.

CONN, P. B. & SILBER, G. K. 2013. Vessel speed restrictions reduce risk of collision-related mortality for North Atlantic right whales. *Ecosphere* 4:16.

COOLEN, J. W. P., VAN DER WEIDE, B., CUPERUS, J., BLOMBERG, M., VAN MOORSEL, G. W. N. M., FAASSE, M. A., BOS, O. G., DEGRAER, S. & LINDEBOOM, H. J. 2020. Benthic biodiversity on old platforms, young wind farms, and rocky reefs. *ICES Journal of Marine Science* 77:1250–1265.

CORBEAU, A., DUPONT, S. & BESNARD, A. 2021. Detection-reaction systems in onshore windfarms, a mitigation solution to reduce bird fatalities: Principles for a relevant assessment of their performances.

COWI. 2023. Stilllegung Ravn - Nicht-technische Zusammenfassung. Umweltverträglichkeitsprüfung. P. 21.

CRUZ, E., LLOYD, T., BOSSCHERS, J., LAFEBER, F. H., VINAGRE, P. & VAZ, G. 2021. SOUNDS: status of underwater noise from shipping - study on inventory of existing policy, research and impacts of continuous underwater noise in Europe. European Maritime Safety Agency (EMSA).

CUCKNELL, A.-C., BOISSEAU, O., LEAPER, R., MCLANAGHAN, R. & MOSCROP, A. 2017. Harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) presence, abundance and distribution over the Dogger Bank, North Sea, in winter. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 97:1455–1465.

CULLOCH, R. M., ANDERWALD, P., BRANDECKER, A., HABERLIN, D., MCGOVERN, B., PINFIELD, R., VISSER, F., JESSOPP, M. & CRONIN, M. 2016. Effect of construction-related activities and vessel traffic on marine mammals. *Marine Ecology Progress Series* 549:231–242.

DAEWEL, U., AKHTAR, N., CHRISTIANSEN, N. & SCHRUM, C. 2022. Offshore wind farms are projected to impact primary production and bottom water deoxygenation in the North Sea. *Communications Earth & Environment* 3:292.

DAMBECK, H. & WENDERING, H. 2022. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Wasserstofferzeugung aus Offshore-Windstrom.

DÄNISCHE ENERGIEAGENTUR. 2022. CO2-Speicherung in der Nordsee. Espoo-Bericht zur Umweltprüfung des Plans zur Vergabe von Flächen. P. 15.

DANNHEIM, J., BREY, T., SCHRÖDER, A., MINTENBECK, K., KNUST, R. & ARNTZ, W. E. 2014. Trophic look at soft-bottom communities — Short-term effects of trawling cessation on benthos. *Journal of Sea Research* 85:18–28.

DARR, A., ZETTLER, A., ZETTLER, M., EBBE, B. & GUTOW, L. 2017. Monitoringbericht: Zustand benthischer Arten und Biotope in der deutschen Ausschließlichen Wirtschaftszone von Nord- und Ostsee - Untersuchungsjahr 2016. P. 77. Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde (LIOW), Alfred-Wegener-Institut (AWI), Rostock, Bremerhaven.

DARR, A., ZETTLER, M., EBBE, B. & GUTOW, L. 2014. Monitoringbericht: Zustand benthischer Arten und Biotope in der deutschen Ausschließlichen Wirt- schaftszone von Nord und Ostsee. Untersuchungsjahr 2013. P. 100.

DE BOER, M. N. 2010. Spring distribution and density of minke whale *Balaenoptera acutorostrata* along an offshore bank in the central North Sea. *Marine Ecology Progress Series* 408:265–274.

DEGRAER, S., BRABANT, R., RUMES, B. & VIGIN, L. 2021. Environmental impacts of offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Attraction, avoidance and habitat use at various spatial scales. Memoirs on the Marine Environment, Royal Belgian Institute of Natural Sciences., Brussels (BE).

DEGRAER, S., CAREY, D., COOLEN, J., HUTCHISON, Z., KERCKHOF, F., RUMES, B. & VANAVERBEKE, J. 2020. Offshore wind farm artificial reefs affect ecosystem structure and functioning: A synthesis. *Oceanography* 33:48–57.

VAN DEURS, M. 2010. The life-cycle of sandeel. Adaptions to a seasonal environment, from the perspective of a forage fish. PhD-Thesis, University of Copenhagen, Copenhagen (DNK). 146 pp.

VAN DEURS, M., CHRISTENSEN, A., FRISK, C. & MOSEGAARD, H. 2010. Overwintering strategy of sandeel ecotypes from an energy/predation trade-off perspective. *Marine Ecology Progress Series* 416:201–214.

DEUTSCHE WINDGUARD. 2024. Comprehensive Report on Meteorological Conditions in Area N-9.1.

DEUTSCHER BUNDESTAG. 2016, April 13. Fischerei in Natura-2000-Gebieten.

DIERSCHKE, J., DIERSCHKE, V., HÜPPOP, K., HÜPPOP, O. & JACHMANN, K. F. 2011. Die Vogelwelt der Insel Helgoland (1st edition). Druckwerkstatt Schmittstrasse, Helgoland. 629 pp.

DIERSCHKE, J., DIERSCHKE, V., SCHMALJOHANN, H. & STÜHMER, F. 2019. Ornithologischer Jahresbericht 2018 für Helgoland. *Ornithologischer Jahresbericht Helgoland* 29:1–100.

DIERSCHKE, J., DIERSCHKE, V. & STÜHMER, F. 2022. Ornithologischer Jahresbericht 2021 für Helgoland. *Ornithologischer Jahresbericht Helgoland* 32:1–119.

DIERSCHKE, J., DIERSCHKE, V. & STÜHMER, F. 2023. Ornithologischer Jahresbericht 2022 für Helgoland. *Ornithologischer Jahresbericht Helgoland* 33:1–119.

DIERSCHKE, V. 2001. Vogelzug und Hochseevögel in den Außenbereichen der Deutschen Bucht (südöstliche Nordsee) in den Monaten Mai bis August. *Corax* 18:281–290.

DIERSCHKE, V., BORKENHAGEN, K., ENNERS, L., GARTHE, S., MERCKER, M., PESCHKO, V., SCHWEMMER, H. & MARKONES, N. 2024. Sensitivität von Seevögeln gegenüber Offshore-Windparks in der deutschen Nordsee im Hinblick auf Lebensraumverluste durch Meidung. *Die Vogelwelt* 142:59–74.

DIERSCHKE, V., FURNESS, R. W. & GARTHE, S. 2016. Seabirds and offshore wind farms in European waters: Avoidance and attraction. *Biological Conservation* 202:59–68.

DIERSCHKE, V., REBKE, M., HILL, K., WEINER, C. N., AUMÜLLER, R. & HILL, R. 2021. Auswirkungen der Beleuchtung maritimer Bauwerke auf den nächtlichen Vogelzug über dem Meer. *Natur und Landschaft* 96:285–292.

DOGGER BANK WIND FARM. 2021. Dogger Bank A & B Non-Material Change application for increase in pin-pile and monopile hammer energy: Environmental report.

D'AMORE-DOMENECH, R., MECA, V., POLLET, B. & LEO, T. 2023. On the bulk transport of green hydrogen at sea: Comparison between submarine pipeline and compressed and liquefied transport by ship. *Energy* 267.

DUINEVELD, G. C. A., BERGMAN, M. J. N. & LAVALEYE, M. S. S. 2007. Effects of an area closed to fisheries on the composition of the benthic fauna in the southern North Sea. *ICES Journal of Marine Science* 64:899–908.

DUREUIL, M., BOERDER, K., BURNETT, K. A., FROESE, R. & WORM, B. 2018. Elevated trawling inside protected areas undermines conservation outcomes in a global fishing hot spot. *Science* 362:1403–1407.

ECKARDT, S., SPIELMANN, V., EBOJIE, M., VAJHØJ, J., VARMAZ, A., ABÉE, S., BÖSCHE, J., KLEIN, J., SCHOLZ, L., KÖHLER, B., TREMER, P. & RAUSCH, S. 2022, May 16. Handbuch zum Rückbau von Offshore-Windparks - Rahmenbedingungen, Technik, Logistik, Prozesse, Szenarien und Nachhaltigkeit. Hochschule Bremen.

ELZINGA, J., MESU, A., VAN EEKELEN, E., WOCHNER, M., JANSEN, E. & NIJHOF, M. 2019. Manuscript Title: Installing Offshore Wind Turbine Foundations Quieter: A Performance Overview of

the First Full-Scale Demonstration of the AdBm Underwater Noise Abatement System. P. D021S019R003 *Day 2 Tue, May 07, 2019*. OTC, Houston, Texas.

ENERGINET. 2017. ANALYSIS OF CONSTRAINTS IN DOGGER BANK. Preliminary assessment of geology and ecology for the NSWPH-project in Danish EEZ. P. 36. Energinet.dk, Fredericia, Denmark.

ENGELHARD, G., VAN DER KOOIJ, J., BELL, E., PINNEGAR, J., BLANCHARD, J., MACKINSON, S. & RIGHTON, D. 2008. Fishing mortality versus natural predation on diurnally migrating sandeels Ammodytes marinus. *Marine Ecology Progress Series* 369:213–227.

ENTSOG AISBL; GIE; HYDROGEN EUROPE. 2021. How to Transport and Store hydrogen - Facts and Figures.

EUROPÄISCHES PARLAMENT UND RAT DER EUROPÄISCHEN UNION. 2013. Richtlinie 2009/147/EG des Europäischen Parlaments und des Rates der Europäischen Union vom 30. November 2009 über die Erhaltung der wildlebenden Vogelarten (kodifizierte Fassung) (ABl. L 020, 26.1.2010, p.7), zuletzt geändert durch: Richtlinie 2013/17/EU des Rates vom 13. Mai 2013 (ABl. L 158, 10.6.2013, p. 193).

EVANS, P. G. H., BAINES, M. E. & ANDERWALD, P. 2011. Risk assessment of potential conflicts between shipping and cetaceans in the ASCOBANS Region. Bonn (DEU).

FABI, G., MANOUKIAN, S. & SPAGNOLO, A. 2006. Feeding behavior of three common fishes at an artificial reef in the northern Adriatic Sea. *Bulletin of Marine Science* 78:39–56.

FINCK, P., HEINZE, S., RATHS, U., RIECKEN, U. & SSYMANK, A. 2017. Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen Deutschlands - dritte fortgeschriebene Fassung. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 156:460.

FLOETER, J., KEMPF, A., VINTHER, M., SCHRUM, C. & TEMMING, A. 2005. Grey gurnard (*Eutrigla gurnadus*) in the North Sea: an emerging key predator? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 62:1853–1864.

FLOETER, J. & TEMMING, A. 2005. Analysis of prey size preference of North Sea whiting, saithe, and grey gurnard. *ICES Journal of Marine Science* 62:897–907.

FOREWIND. 2014. Dogger Bank Teesside A & B. Environmental Statement Chapter 11 Marine and Coastal Ornithology. P. 349. Forewind, UK.

FOX, A. D. & BEASLEY, P. D. L. 2010. David Lack and the birth of radar ornithology. *Archives of Natural History* 37:325–332.

FRAUNHOFER-EINRICHTUNG FÜR ENERGIEINFRASTRUKTUREN UND GEOTHERMIE IEG. 2024. Wasserstoff erreicht kleine Verbraucher auch ohne Pipelines.

FREDERIKSEN, M., FURNESS, R. & WANLESS, S. 2007. Regional variation in the role of bottom-up and top-down processes in controlling sandeel abundance in the North Sea. *Marine Ecology Progress Series* 337:279–286.

FROST, T., AUSTIN, G., HEARN, R., MCAVOY, S., ROBINSON, A., STROUD, D., WOODWARD, I. & WOTTON, S. 2019. Population estimates of wintering waterbirds in Great Britain. *British Birds*:130–145.

FTZ. 2015. Monitoring von Seevögeln in der deutschen Nord- und Ostsee 2015. P. 29. Forschungs- und Technologiezentrum Westküste (FTZ), Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Büsum.

FTZ. 2017. Monitoring von Seevögeln in der deutschen Nord- und Ostsee 2017. P. 31. Forschungs- und Technologiezentrum Westküste (FTZ), Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Büsum.

FURNESS, R. W., WADE, H. M. & MASDEN, E. A. 2013. Assessing vulnerability of marine bird populations to offshore wind farms. *Journal of Environmental Management* 119:56–66.

GARRETT, J. K., BLONDEL, PH., GODLEY, B. J., PIKESLEY, S. K., WITT, M. J. & JOHANNING, L. 2016. Long-term underwater sound measurements in the shipping noise indicator bands 63 Hz and 125 Hz from the port of Falmouth Bay, UK.

GARTHE, S. 1997. Influence of hydrography, fishing activity, and colony location on summer seabird distribution in the south-eastern North Sea. *ICES Journal of Marine Science* 54:566–577.

GARTHE, S. & HÜPPOP, O. 2004. Scaling possible adverse effects of marine wind farms on seabirds: Developing and applying a vulnerability index. *Journal of Applied Ecology* 41:724–734.

GARTHE, S., MARKONES, N. & CORMAN, A.-M. 2017a. Possible impacts of offshore wind farms on seabirds: a pilot study in Northern Gannets in the southern North Sea. *Journal of Ornithology* 158:345–349.

GARTHE, S., PESCHKO, V., KUBETZKI, U. & CORMAN, A.-M. 2017b. Seabirds as samplers of the marine environment - a case study of northern gannets. *Ocean Science* 13:337–347.

GARTHE, S., PESCHKO, V., SCHWEMMER, H. & MERCKER, M. 2022, May 19. Auswirkungen des Offshore-Windkraft-Ausbaus auf Seevögel in der Nordsee. Hamburg.

GARTHE, S., SCHWEMMER, H., MÜLLER, S., PESCHKO, V., MARKONES, N. & MERCKER, M. 2018. Seetaucher in der Deutschen Bucht: Verbreitung, Bestände und Effekte von Windparks. Bericht für das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie und das Bundesamt für Naturschutz, Kiel.

GARTHE, S., SCHWEMMER, H., PESCHKO, V., MARKONES, N., MÜLLER, S., SCHWEMMER, P. & MERCKER, M. 2023. Large-scale effects of offshore wind farms on seabirds of high conservation concern. *Scientific Reports* 13:4779.

GARTHE, S., SONNTAG, N., SCHWEMMER, P. & DIERSCHKE, V. 2007. Estimation of seabird numbers in the German North Sea throughout the annual cycle and their biogeographic importance. *Die Vogelwelt* 128:163–178.

GASSCO. 2023. German-Norwegian Energy Cooperation Joint Feasibility Study.

GÄTKE, H. 1900. Die Vogelwarte Helgoland (Zweite vermehrte Auflage). Joh. Heinr. Meyer, Braunschweig. 654 pp.

GEDAMKE, J., COSTA, D. P. & DUNSTAN, A. 2001. Localization and visual verification of a complex minke whale vocalization.

GEELHOED, S. C. V., BEMMELEN, R. S. A. & VERDAAT, J. P. 2014. Marine mammal survey in the wider Dogger Bank area summer 2013. P. 27. Report number C016/14, IMARES Wageningen UR.

GERLACH, B., DRÖSCHMEISTER, R., LANGGEMACH, T., BORKENHAGEN, K., BUSCH, M., HAUSWIRTH, M., HEINICKE, T., KAMP, J., KARTHÄUSER, J., KÖNIG, C., MARKONES, N., PRIOR, N., TRAUTMANN, S., WAHL, J. & SUDFELDT, C. 2019. Vögel in Deutschland – Übersichten zur Bestandssituation. DDA, BfN, LAG VSW, Münster (DEU).

GILL, J. P., SALES, D., PINDER, S. & SALAZAR, R. 2008. Kentish Flats wind farm fifth ornithological monitoring report. P. 122. Edinburgh.

GILLES, A., AUTHIER, M., RAMIREZ-MARTINEZ, N. C., ARAÚJO, H., BLANCHARD, A., CARLSTRÖM, J., EIRA, C., DORÉMUS, G., FERNÁNDEZ-MALDONADO, C., GEELHOED, S. C. V., KYHN, L., LARAN, S., NACHTSHEIM, D., PANIGADA, S., PIGEAULT, R., SEQUEIRA, M., SVEEGAARD, S., TAYLOR, N. L., OWEN, K., SAAVEDRA, C., VÁZQUEZ BONALES, J. A. & HAMMOND, P. S. 2023. Estimates of cetacean abundance in European Atlantic waters in summer 2022 from the SCANS-IV aerial and shipboard surveys. P. 64. Final report published 29 September 2023, .

GILLES, A., HERR, H., LEHNERT, K., SCHEIDAT, M., KASCHNER, K., SUNDERMEYER, J., WESTERBERG, U. & SIEBERT, U. 2007. Forschungsverbund MINOS Plus - Weiterführende Arbeiten an Seevögeln und Meeressäugern zur Bewertung von Offshore - Windkraftanlagen. Teilvorhaben 2 - 'Erfassung der Dichte und Verteilungsmuster von Schweinswalen (*Phocoena phocoena*) in der deutschen Nord- und Ostsee'. Pp. 94–160. Schlussbericht, Forschungs- und Technologiezentrum Westküste, Büsum (DEU).

GILLES, A., PESCHKO, V. & SIEBERT, U. 2011. Visuelle Erfassung von Schweinswalen und akustische Erfassung im Seegebiet Doggerbank. Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover & Institut für Terrestrische und Aquatische Wildtierforschung (ITAW).

GILLES, A., PESCHKO, V. & SIEBERT, U. 2013. Monitoring von marinen Säugetieren 2012 in der deutschen Nord- und Ostsee. Teil A: Visuelle Erfassung von Schweinswalen. Pp. 11–51. Endbericht, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover & Institut für Terrestrische und Aquatische Wildtierforschung (ITAW), Büsum (DEU).

GILLES, A. & SIEBERT, U. 2010. Marine Säugetiere und Seevögel in der deutschen AWZ von Nord- und Ostsee. Teilbericht marine Säugetiere. Teil A: Visuelle Erfassung von Schweinswalen. Pp. 4–34. Monitoringbericht 2009-2010, Forschungs- und Technologiezentrum Westküste (FTZ), Büsum, Stralsund.

GILLES, A., VIQUERAT, S., BECKER, E. A., FORNEY, K. A., GEELHOOD, S. C. V., HAELTERS, J., NABE-NIELSEN, J., SCHEIDAT, M., SIEBERT, U., SVEEGAARD, S., VAN BEEST, F. M., VAN BEMMELEN, R. & AARTS, G. 2016. Seasonal habitat-based density models for a marine top predator, the harbour porpoise, in a dynamic environment. *Ecosphere* 7(6).

GLAROU, M., ZRUST, M. & SVENDSEN, J. C. 2020. Using artificial-reef knowledge to enhance the ecological function of offshore wind turbine foundations: Implications for fish abundance and diversity. *Journal of Marine Science and Engineering* 8.

GOTTSCHLING, M. & KARWINKEL, T. 2024. Frühjahrssurvey in der Deutschen Bucht und auf der Doggerbank mit der „Arctic Hunter“, 04.05.–12.05.2024. DDA, Dachverband deutscher Avifaunisten.

GRADOLEWSKI, D., DZIAK, D., MARTYNOW, M., KANIECKI, D., SZURLEJ-KIELANSKA, A., JAWORSKI, A. & KULESZA, W. J. 2021. Comprehensive Bird Preservation at Wind Farms. *Sensors* 21:267.

GRIMMINGER, M. 1981. Das Vorkommen neun pelagischer Vogelarten bei der Forschungsplattform „Nordsee“ im Herbst 1980. *Seevögel* 2:39–47.

GROVE, R. S., SONU, C. J. & NAKAMURA, M. 1989. Recent Japanese trends in fishing reef design and planning. *Bulletin of Marine Science* 44:984–996.

GUBBAY, S., BAKER, C. M. & BETT, B. J. 2002. The Darwin Mounds and the Dogger Bank. Case studies of the management of two potential Special Areas of Conservation in the offshore environment. Southampton Oceanography Centre & WWF UK.

GUSE, N., WITTE, K., MARKONES, N., BORKENHAGEN, K., SCHEIFFARTH, G. & GARTHE, S. 2018. Aktuelle Verbreitung, Bestände und Trends von Seevögeln auf See im Offshore-Bereich des niedersächsischen Küstenmeers und des Nationalparks Niedersächsisches Wattenmeer 46:1–69.

GUTOW, L., TESCHKE, K., GUSKY, M., PREUSS, S., BREYER, S., FÜRST, R., BÖNSCH, R. & SCHMIDT, A. 2014a. Vervollständigung der Zeitreihen des StUK während der Betriebsphase und Ermittlung von Veränderungen des Benthos durch Ausweitung des anlagenbezogenen Effektmonitorings. Schlussbericht zum Projekt -Ökologische Begleitforschung am Offshore-Testfeldvorhaben alpha ventus zur Evaluierung des Standarduntersuchungskonzeptes des BSH (StUKplus)-. P. 85. StUKplus Endbericht ‘Benthos’, Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI), Bremerhaven.

GUTOW, L., TESCHKE, K., SCHMIDT, A., DANNHEIM, J., KRONE, R. & GUSKY, M. 2014b. Rapid increase of benthic structural and functional diversity at the alpha ventus offshore test site. Pp. 67–81 in Agency, F. M. and H. & Safety, F. M. for the E., Nature Conservation and Nuclear (eds.). *Ecological Research at the Offshore Windfarm alpha ventus*. Springer Fachmedien Wiesbaden.

HAHN, S. J., BRANDT, A. & SONNEWALD, M. 2023, July 27. Climate change and fisheries affect benthic composition and diversity in the North Sea - Investigations at the Dogger Bank during three decades (1991-2021).

HALUPKA, L., ARLT, D., TOLVANEN, J. & ET AL. 2023. The effect of climate change on avian offspring production: A global meta-analysis. *Proceedings of the National Academy of Science USA* 120.

HAMMOND, P. 2006. Small Cetaceans in the European Atlantic and North Sea (SCANS II). P. 54. Final Report, University of St. Andrews, St. Andrews (GBR).

HAMMOND, P. S., BERGGREN, P., BENKE, H., BORCHERS, D. L., COLLET, A., HEIDE-JØRGENSEN, M. P., HEIMLICH, S., HIBY, A. R., LEOPOLD, M. F. & ØIEN, N. 2002. Abundance of harbour porpoise and other cetaceans in the North Sea and adjacent waters. *Journal of Applied Ecology* 39:361–376.

HAMMOND, P. S., LACEY, C., GILLES, A., VIQUERAT, S., BOERJESSON, P., HERR, H., MACLEOD, K., RIDOUX, V., SANTOS, M., SCHEIDAT, M., & OTHERS. 2017. Estimates of cetacean abundance in European Atlantic waters in summer 2016 from the SCANS-III aerial and shipboard surveys. Wageningen Marine Research.

HAMON, K. G., HINTZEN, N. T. & VAN OOSTENBRUGGE, J. A. E. 2017. Overview of the international fishing activities on the Dogger Bank: update with Dutch, British, Danish, German, Belgian, Sewedish and French data f0r 2010-2015. *Wageningen Economic Research*:35 pp.

HARRIS, M. P. & WANLESS, S. 2011. The puffin. T & AD Poyser, London.

HEINÄNEN, S. 2016. Distribution modelling of Red-throated diver based on aerial digital surveys & hydrodynamics. Diver Workshop 2016, Hamburg.

HEINÄNEN, S., ŽYDELIS, R., KLEINSCHMIDT, B., DORSCH, M., BURGER, C., MORKŪNAS, J., QUILLFELDT, P. & NEHLS, G. 2020. Strong displacement of red-throated divers (*Gavia stellata*) from offshore windfarms confirmed by two independent data types, satellite telemetry and digital aerial surveys.

HELBIG, A., RIEHL, V. & VOSS, J. 1979. Ornithologische Beobachtungen im Frühjahr 1977 auf der Forschungsplattform „Nordsee“. *Abh. Geb. Vogelk.* 6:215–247.

HERR, H., SCHEIDAT, M., LEHNERT, K. & SIEBERT, U. 2009. Seals at sea: modelling seal distribution in the German bight based on aerial survey data. *Marine Biology* 156:811–820.

HEYDMANN, B. 1967. Der Überflug von Insekten über Nord- und Ostsee nach Untersuchungen auf Feuerschiffen. *Deutsche Entomologische Zeitschrift* 14:185–215.

HIDDINK, J. G., JENNINGS, S., SCIBERRAS, M., BOLAM, S. G., CAMBIÈ, G., MCCONNAUGHEY, R. A., MAZOR, T., HILBORN, R., COLLIE, J. S., PITCHER, C. R., PARMA, A. M., SUURONEN, P., KAISER, M. J. & RIJNSDORP, A. D. 2019. Assessing bottom trawling impacts based on the longevity of benthic invertebrates. *Journal of Applied Ecology* 56:1075–1084.

HILL, K., HILL, R., AUMÜLLER, R., BOOS, K. & FREIENSTEIN, S. 2014. ‘Testfeldforschung zum Vogelzug am Offshore-Pilotpark alpha ventus’ und ‘Auswertung der kontinuierlich auf FINO1 erhobenen Daten zum Vogelzug der Jahre 2008 bis 2012’ - Schlußbericht zum Projekt Ökologische Begleitforschung am Offshore-Testfeldvorhaben alpha ventus. zur Evaluierung des Standarduntersuchungskonzeptes des BSH (StUKplus). P. 253. Endbericht StUKplus (FKZ 0327689A/Avitec1 und Avitec2), Osterholz-Scharmbeck.

HINZ, H., KRÖNCKE, I. & EHRICH, S. 2005. The feeding strategy of dab *Limanda limanda* in the southern North Sea: linking stomach contents to prey availability in the environment. *Journal of Fish Biology* 67:125–145.

HUFNAGL, M., PECK, M. A., NASH, R. D. M., POHLMANN, T. & RIJNSDORP, A. D. 2013. Changes in potential North Sea spawning grounds of plaice (Pleuronectes platessa L.) based on early life stage connectivity to nursery habitats. *Journal of Sea Research* 84:26–39.

HÜPPOP, K., DIERSCHKE, J., DIERSCHKE, V., HILL, R., JACHMANN, K. F. & HÜPPOP, O. 2010. Phänologie des ‘sichtbaren’ Vogelzuges der Deutschen Bucht. *Vogelwarte* 48:181–267.

HÜPPOP, O., BAUER, H.-G., HAUPT, H., RYSLAVY, T., SÜDBECK, P. & WAHL, J. 2013. Rote Liste wandernder Vogelarten Deutschlands. 1. Fassung, 31. Dezember 2012. *Berichte zum Vogelschutz* 49/50:23–83.

HÜPPOP, O. & HILL, R. 2016. Migration phenology and behaviour of bats at a research platform in the south-eastern North Sea. *Lutra* 59:5–22.

HUTCHISON, Z. L., LAFRANCE BARTLEY, M., DEGRAER, S., ENGLISH, P., KHAN, A., LIVERMORE, J., RUMES, B. & KING, J. W. 2020. Offshore wind energy and benthic habitat changes – Lessons from Block Island Wind Farm. *Oceanography* 33:58–69.

IBRAHIM, O., SINGLITICO, A., PROSKOVICS, R., MCDONAGH, S., DESMOND, C. & MURPHY, J. 2022. Dedicated large-scale floating offshore wind to hydrogen: Assessing design variables in proposed typologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 160.

ICES. 2019. Stock Annex: Sandeel (Ammodytes marinus) in the North Sea area 1 (SA1). P. 3109914 Bytes. [object Object].

ICES. 2020. Greater North Sea ecoregion - Fisheries overview, including mixed-fisheries considerations. ICES Advice 2020, .
ICES. 2021. Greater North Sea Ecoregion - Ecosystem overview. [object Object].
ICES. 2022a. Greater North Sea ecoregion – fisheries overview. ICES Advice: Fisheries Overviews.
ICES. 2022b. Grey gurnard (Eutrigla gurnardus) in Subarea 4 and divisions 7.d and 3.a (North Sea, eastern English Channel, Skagerrak and Kattegat). P. 358501 Bytes. [object Object].
ICES. 2022c. Spurdog (Squalus acanthias) in subareas 1–10, 12, and 14 (the Northeast Atlantic and adjacent waters). [object Object].
ICES. 2023a. Dab (Limanda limanda) in Subarea 4 and Division 3.a (North Sea, Skagerrak and Kattegat). Replaced. P. 1387511 Bytes. [object Object].
ICES. 2023b. Plaice (Pleuronectes platessa) in Subarea 4 (North Sea) and Subdivision 20 (Skagerrak). P. 1790395 Bytes. [object Object].
ICES. 2024a. Sandeel (*Ammodytes* spp.) in divisions 4.b and 4.c, Sandeel Area 1r (central and southern North Sea, Dogger Bank). P. 1084818 Bytes. [object Object].
ICES. 2024b. Whiting (Merlangius merlangus) in Subarea 4 and Division 7.d (North Sea and eastern English Channel). [object Object].
ICES. 2024c. Benchmark Workshop for selected elasmobranch stocks (WKBELASMO). P. 7068759 Bytes. [object Object].
ICES. 2024d. Thornback ray (Raja clavata) in Subarea 4 and in divisions 3.a and 7.d (North Sea, Skagerrak, Kattegat, and eastern English Channel). P. 475254 Bytes. [object Object].
ICF. 2021. Comparison of Environmental Effects from Different Offshore Wind Turbine Foundations. P. 48.
IEA. 2019. The Future of Hydrogen - Seizing today's opportunities.
IFAÖ & BIOCONSULT SH. 2014. Offshore-Windpark „alpha ventus" - Fachgutachten Rastvögel - Abschlussbericht in Vorbereitung - Basisaufnahme, Bauphase und Betrieb (Februar 2008 - März 2013). P. 145. Husum, Hamburg.
INTERNATIONAL ASSOCIATION OF OIL & GAS PRODUCERS. 2021. Offshore Oil and Gas Pipeline Decommissioning Briefing.
ITAP. 2021. Planfeststellungsverfahren: Offshore-Windpark EnBW He Dreiht Schallprognose für die Rammarbeiten des Vorhabens EnBW He Dreiht. Modellierung der Unterwasserschallemissionen während der Rammarbeiten.
ITAP. 2024. Abschlussbericht VISSKA - Messung und Modellierung von Vibrationsrammschall.
IUCN. 2021. The IUCN Red List of Threatened Species.
JAKOVENKO, V. 2022. Toward a new era of hydrogen energy: Suiso Frontier built by Japan's Kawasaki Heavy Industries.
JELLMANN, J. 1977. Radarbeobachtungen zum Frühjahrszug über Nordwestdeutschland und die südliche Nordsee im April und Mai 1971. *Vogelwarte* 29:135–149.
JENSEN, H., RINDORF, A., WRIGHT, P. J. & MOSEGAARD, H. 2011. Inferring the location and scale of mixing between habitat areas of lesser sandeel through information from the fishery. *ICES Journal of Marine Science* 68:43–51.
JNCC. 2021a. Black-legged kittiwake (Rissa tridactyla) SMP Report 1986–2019.
JNCC. 2021b. Northern fulmar (Fulmarus glacialis) SMP Report 1986–2019. Joint Nature Conservation Committee.
JNCC. 2021c. Northern gannet (Morus bassanus) SMP Report 1986–2019. Joint Nature Conservation Committee.
JNCC. 2021d. Lesser black-backed gull (Larus fuscus) SMP Report 1986–2019. Joint Nature Conservation Committee.
JNCC. 2021e. Herring gull (Larus argentatus) SMP Report 1986–2019. Joint Nature Conservation Committee.
JNCC. 2021f. Great black-backed gull (Larus marinus) SMP Report 1986–2019. Joint Nature Conservation Committee.

JNCC. 2021g. Guillemot (Uria aalge) SMP Report 1986–2019. Joint Nature Conservation Committee.
JNCC. 2021h. Razorbill (Alca torda) SMP Report 1986–2019. Joint Nature Conservation Committee.
JNCC. 2021i. Atlantic puffin (Fratercula arctica) SMP Report 1986–2019. Joint Nature Conservation Committee.
JOHNSTON, A., COOK, A. S. C. P., WRIGHT, L. J., HUMPHREYS, E. M. & BURTON, N. H. K. 2014. Modelling flight heights of marine birds to more accurately assess collision risk with offshore wind turbines. *Journal of Applied Ecology* 51:31–41.
JONES, E., MCCONNELL, B., SMOUT, S., HAMMOND, P., DUCK, C., MORRIS, C., THOMPSON, D., RUSSELL, D., VINCENT, C., CRONIN, M., SHARPLES, R. & MATTHIOPOULOS, J. 2015. Patterns of space use in sympatric marine colonial predators reveal scales of spatial partitioning. *Marine Ecology Progress Series* 534:235–249.
JONES, E., QADIR, M., VAN VLIET, M. T. H., SMAKHTIN, V. & KANG, S. 2019. The state of desalination and brine production: A global outlook. *Science of The Total Environment* 657:1343–1356.
JONZEN, N., LINDEN, A., ERGON, & ET AL. 2006. Rapid advance of spring arrival dates in long-distance migratory birds. *Science* 312:1959–1961.
KAISER, M. & RAMSAY, K. 1997. Opportunistic feeding by dabs within areas of trawl disturbance:possible implications for increased survival. *Marine Ecology Progress Series* 152:307–310.
KELM, H.-J. 1978. Sendemast auf Sylt als Vogelfalle. *Corax* 6:56–60.
KEMPF, A., STELZENMÜLLER, V., AKIMOVA, A. & FLOETER, J. 2013. Spatial assessment of predator–prey relationships in the North Sea: the influence of abiotic habitat properties on the spatial overlap between 0-group cod and grey gurnard. *Fisheries Oceanography* 22:174–192.
KETTEN, D. R. & MOUNTAIN, D. 2011. Final report: Modelling minke whale hearing.
KIRCHGEORG, T., WEINBERG, I., HÖRNIG, M., BAIER, R., SCHMID, M. J. & BROCKMEYER, B. 2018. Emissions from corrosion protection systems of offshore wind farms: Evaluation of the potential impact on the marine environment. *Marine Pollution Bulletin* 136:257–268.
KOFFIJBERG, K., DIJKSEN, L., HÄLTERLEIN, B., LAURSEN, K., POTEL, P. & SÜDBECK, P. 2006. Breeding birds in the Wadden Sea in 2001: results of the total survey in 2001 and trends in numbers between 1991-2001. Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven.
VAN DER KOOIJ, J., SCOTT, B. E. & MACKINSON, S. 2008. The effects of environmental factors on daytime sandeel distribution and abundance on the Dogger Bank. *Journal of Sea Research* 60:201–209.
KOSCHINSKI, S. & LÜDEMANN, K. 2020. Noise mitigation for the construction of increasingly large offshore wind turbines. Technical options for complying with noise limits. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Na-turschutz (BfN). Meereszoologie, Wissenschaftsbüro, Nemten, Hamburg.
KRIJGSVELD, K. L., FIJN, R. C., JANPINK, M., VAN HORSSEN, P. W., HEUNKS, C., COLLIER, M., POOT, M. J. M., BEUKER, D. & DIRKSEN, S. 2011. Effect studies Offshore Wind Farm Egmond aan Zee. Final report on fluxes, flight altitudes and behaviour of flying birds. P. 330. Bureau Waardenburg report, Culemborg, The Netherlands.
KRÖNCKE, I. 2011. Changes in Dogger Bank macrofauna communities in the 20th century caused by fishing and climate. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 94:234–245.
KRÖNCKE, I. & KNUST, R. 1995. The Dogger Bank: A special ecological region in the central North Sea. *Helgoländer Meeresuntersuchungen* 49:335–353. BioMed Central.
KRONE, R., GUTOW, L., BREY, T., DANNHEIM, J. & SCHRÖDER, A. 2013a. Mobile demersal megafauna at artificial structures in the German Bight – Likely effects of offshore wind farm development. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 125:1–9.
KRONE, R., GUTOW, L., JOSCHKO, T. J. & SCHRÖDER, A. 2013b. Epifauna dynamics at an offshore foundation – Implications of future wind power farming in the North Sea. *Marine Environmental Research* 85:1–12.

KVADSHEIM, P. H., DERUITER, S., SIVLE, L. D., GOLDBOGEN, J., ROLAND-HANSEN, R., MILLER, P. J. O., LAM, F.-P. A., CALAMBOKIDIS, J., FRIEDLAENDER, A., VISSER, F., TYACK, P. L., KLEIVANE, L. & SOUTHALL, B. 2017. Avoidance responses of minke whales to 1-4kHz naval sonar.

LACEY, C., GILLES, A., BÖRJESSON, P., HERR, H., MACLEOD, K., RIDOUX, V., SANTOS, M. B., SCHEIDAT, M., TEILMANN, J., SVEEGAARD, S., VINGADA, J., VIQUERAT, S., ØIEN, N. & HAMMOND, P. S. 2022. Modelled density surfaces of cetaceans in European Atlantic waters in summer 2016 from the SCANS-III aerial and shipboard surveys. SCANS-III project report 2, .

LACK, D. L. 1959. Migration across the North Sea studied by radar. Part 1. Survey through the year. *Ibis* 101:209–234.

LACK, D. L. 1960a. Migration across the North Sea studied by radar. Part 2. The spring departure, 1956–59. *Ibis* 102:26–57.

LACK, D. L. 1960b. The height of bird migration. *British Birds* 53:5–10.

LACK, D. L. 1960c. The influence of weather on passerine migration. A review. *Auk* 77:171–209.

LACK, D. L. 1962. Migration across the North Sea studied by radar. Part 3. Movements in June and July. *Ibis* 104:74–85.

LACK, D. L. 1963a. Migration across the North Sea studied by radar. Part 5. Movements in August, winter and spring, and conclusions. *Ibis* 105:461–492.

LACK, D. L. 1963b. Migration across the southern North Sea studied by radar. Part 4. Autumn. *Ibis* 105:1–54.

LACK, D. L. & VARLEY, G. C. 1945. Detection of birds by radar. *Nature* 156:446.

LAMBRECHT, H. & TRAUTNER, J. 2007. Fachinformationssystem und Fachkonventionen zur Bestimmung der Erheblichkeit im Rahmen der FFH-VP – Endbericht zum Teil Fachkonventionen, Schlussstand Juni 2007. – FuE-Vorhaben im Rahmen des Umweltforschungsplanes des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit im Auf-trag des Bundesamtes für Naturschutz - FKZ 804 82 004. Hannover, Filderstadt (DEU).

LEITÃO, F., SANTOS, M. N., ERZINI, K. & MONTEIRO, C. C. 2008. Fish assemblages and rapid colonization after enlargement of an artificial reef off the Algarve coast (Southern Portugal). *Marine Ecology* 29:435–448.

LEITÃO, F., SANTOS, M. N. & MONTEIRO, C. C. 2007. Contribution of artificial reefs to the diet of the white sea bream (Diplodus sargus). *ICES Journal of Marine Science* 64:473–478.

LEONHARD, S. B., STENBERG, C. & STØTTRUP, J. 2011. Effect of the Horns Rev 1 offshore wind farm on fish communities. Follow-up seven years after construction. *DTU Aqua Report* 246.

LEOPOLD, M. 2016. Seabirds? What seabirds? An exploratory study into the orign of seabirds visiting the SE North Sea and their survival bottlenecks. Wageningen Marine Research Report, Wageningen Marine Research, Den Helder (NDL).

LEOPOLD, M. F., BEMMELEN, R. S. A. VAN & ZUUR, A. F. 2013. Responses of Local Birds to the Offshore Wind Farms PAWP and OWEZ off the Dutch mainland coast. P. 108. IMARES, Wageningen (NL).

LEOPOLD, M. F., BOONMAN, M., COLLIER, M. P., DAVAASUREN, N., FIJN, R. C., GYIMESI, A., DE JONG, J., JONGBLOED, R. H., JONGE POERING, B., KLEYHEEG-HARTMAN, J. C., KRIJGSVELD, K. L., LAGERVELD, S., LENSINK, R., POOT, M. J. M., VAN DER WAL, J. T. & SCHOLL, M. 2014. A first approach to deal with cumulative effects on birds and bats of offshore wind farms and other human activities in the southern North Sea. P. 188.

LEOPOLD, M. F. & DIJKMAN, E. M. 2010. Offshore wind farms and seabirds in the Dutch Sector of the North Sea. P. 20. Report / IMARES Wageningen UR, IMARES, Wageningen (NL).

LEOPOLD, M. F., DIJKMAN, E. M., TEAL, M. & OWEZ-TEAM. 2011. Local Birds in and around the Offshore Wind Farm Egmond aan Zee (OWEZ) (T-0 & T-1, 2002-2010). P. 176. IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies, Wageningen.

LINDEBOOM, H. J., KOUWENHOVEN, H. J., BERGMAN, M. J. N., BOUMA, S., BRASSEUR, S., DAAN, R., FIJN, R. C., HAAN, D. DE, DIRKSEN, S., HAL, R. VAN, LAMBERS, R. H. R., HOFSTEDE, R. TER, KRIJGSVELD, K. L., LEOPOLD, M. & SCHEIDAT, M. 2011. Short-term ecological effects of an

offshore wind farm in the Dutch coastal zone; a compilation. *Environmental Research Letters* 6:1–13.

LUO, L., LI, Z., ZHOU, Z., WANG, W. & WANG, W. 2024. Assessing suction bucket jacket foundation installations in the South China Sea: Insights from field installation experiences. *Marine Structures* 96:103630.

MACKEY, B. & KEENAN, G. 2014. Dogger Bank Teesside A & B. Environmental Statement - Chapter 14. Marine Mammals. P. 248. Royal HaskoningDHV.

MACLEOD, K., FAIRBAINS, R., GILL, A., FAIRBAINS, B., GORDON, J., BLAIR-MYERS, C. & PARSONS, E. C. M. 2004. Seasonal distribution of minke whales Balaenoptera acutorostrata in relation to physiography and prey off the Isle of Mull, Scotland. *MARINE ECOLOGY PROGRESS SERIES* Vol. 277:263–274.

MADSEN, P. T., WAHLBERG, M., TOUGAARD, J., LUCKE, K. & TYACK, P. L. 2006. Wind turbine underwater noise and marine mammals: implications of current knowledge and data needs. *Marine Ecology Progress Series* Vol. 309:279–295.

MARKONES, N. 2007. Habitat selection of seabirds in a highly dynamic coastal sea: temporal variation and influence of hydrographic features. Mathemat isch-Naturwissenschaft liche Fakultät der Christ ian-Albrecht-Universität zu Kiel, Kiel. 157 pp.

MARKONES, N. & GARTHE, S. 2011. Marine Säugetiere und Seevögel in der deutschen AWZ von Nord-und Ostsee - Teilbericht Seevögel. P. 64. Monitoring 2010-2011 - Endbericht, Forschungs- und Technologiezentrum Westküste (FTZ), Büsum (DEU).

MARKONES, N., GUSE, N., BORKENHAGEN, K., SCHWEMMER, H. & GARTHE, S. 2015. Seevogel-Monitoring 2014 in der deutschen AWZ von Nord- und Ostsee. P. 127. Forschungs- und Technologiezentrum Westküste (FTZ), Büsum, Kiel.

MARKONES, N., SCHWEMMER, H. & GARTHE, S. 2013. Seevogel-Monitoring 2011/2012 in der deutschen AWZ von Nord- und Ostsee. P. 71. Bericht für das Bundesamt für Naturschutz, Forschungs- und Technologiezentrum Westküste (FTZ), Büsum, Kiel.

MARKONES, N., SCHWEMMER, H., GARTHE, S. & GUSE, N. 2014. Seevogel-Monitoring 2012/2013 in der deutschen AWZ von Nord- und Ostsee. P. 77. Bericht für das Bundesamt für Naturschutz, Forschungs- und Technologiezentrum Westküste (FTZ), Büsum, Kiel.

MARLIN. 2006. BIOTIC - Biological Traits Information Catalogue. Marine Life Information Network, .

MARTIN, G. R. 2022. Marine birds: vision-based wind turbine collision mitigation. Natural England.

MASDEN, E. A., HAYDON, D. T., FOX, A. D. & FURNESS, R. W. 2010. Barriers to movement: modelling energetic costs of avoiding marine wind farms amongst breeding seabirds. *Marine Pollution Bulletin* 60:1085–1091.

MASDEN, E. A., REEVE, R., DESHOLM, M., FOX, A. D., FURNESS, R. W. & HAYDON, D. T. 2012. Assessing the impact of marine wind farms on birds through movement modelling. *Journal of the Royal Society Interface* 9:2120–2130.

MAVRAKI, N., DEGRAER, S., VANAVERBEKE, J. & BRAECKMAN, U. 2020. Organic matter assimilation by hard substrate fauna in an offshore wind farm area: a pulse-chase study. *ICES Journal of Marine Science* 77:2681–2693.

MCCONNELL, B. J., FEDAK, M. A., LOVELL, P. & HAMMOND, P. S. 1999. Movements and foraging areas of grey seals in the North Sea. *Journal of Applied Ecology* 36:573–590.

MCEACHRAN, J. D. & BRANSTETTER, S. (n.d.). Squalidae. Pp. 128–147 *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean Volume 1 (P.J.P.Whitehead, M.-L.Bauchot, J.-C.Hureau, J.Nielsen and E.Tortonese, Eds.)* (Volume 1). UNESCO, Paris.

MEISSNER, K., SCHABELON, H., BELLEBAUM, J. & SORDYL, H. 2006. Impacts of submarine cables on the marine environment - A literature review -. P. 96. Rostock (DEU).

MENDEL, B., KOTZERKA, J., MÜLLER, S. & GARTHE, S. 2013. Untersuchungen zu möglichem Habitatverlust und möglichen Verhaltensänderungen bei Seevögeln im Offshore-Windenergie-

Testfeld (TESTBIRD). P. 17. Zwischenbericht StUKplus, Forschungs- und Technologiezentrum Westküste (FTZ), Büsum, Kiel.

MENDEL, B., SCHWEMMER, P., PESCHKO, V., MÜLLER, S., SCHWEMMER, H., MERCKER, M. & GARTHE, S. 2019. Operational offshore wind farms and associated ship traffic cause profound changes in distribution patterns of Loons (*Gavia spp.*). *Journal of Environmental Management* 231:429–438.

MENDEL, B., SONNTAG, N., SOMMERFELD, J., KOTZERKA, J., MÜLLER, S., SCHWEMMER, H., SCHWEMMER, P. & GARTHE, S. 2015. Untersuchungen zu möglichem Habitatverlust und möglichen Verhaltensänderungen bei Seevögeln im Offshore-Windenergie-Testfeld (TESTBIRD). Schlussbericht zum Projekt Ökologische Begkeitforschung am Offshore-Testfeldvorhaben *alpha ventus* zur Evaluierung des Standarduntersuchungskonzeptes des BSH (StUK plus). P. 166. Forschungs- und Technologiezentrum (FTZ) Westküste, Büsum (DEU).

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 ihrem marinen Lebensraum. Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg (DEU). 436 pp.

MERCKER, M., PESCHKO, V., BORKENHAGEN, K., MARKONES, N., SCHWEMMER, H., DIERSCHKE, V. & GARTHE, S. 2024, September 8. Loss or redistribution? A better way of estimating regional changes in animal distribution and numbers caused by increased human activities.

MICHALIK, B., BRUST, V. & HÜPPOP, O. 2020. Are movements of daytime and nighttime passerine migrants as different as day and night? *Ecology and Evolution* 10:11031–11042.

MIKKELSEN, L., HERMANNSEN, L., BEEDHOLM, K., MADSEN, P. T. & TOUGAARD, J. 2017. Simulated seal scarer sounds scare porpoises, but not seals: species-specific responses to 12 kHz deterrence sounds. *Royal Society open science* 4:170286.

MÜLLER. 2022. H2Mare Update.

MÜLLER, H. H. 1981. Vogelschlag in einer starken Zugnacht auf der Offshore-Forschungsplattform Nordsee im Oktober 1979. *Seevögel* 2:33–37.

MUSIAL ET AL. 2023. Offshore Wind Market Report: 2023 Edition.

NABU. 2022, July 29. Vogelgrippe erreicht Helgoland – NABU.

NACHTSHEIM, D., UNGER, B., RAMÍREZ MARTÍNEZ, N., LEMMEL, J., VIQUERAT, S., GILLES, A. & SIEBERT, U. 2019. Monitoring von marinen Säugetieren 2018 in der deutschen Nord- und Ostsee. P. 6. Institut für Terrestrische und Aquatische Wildtierforschung (ITAW), Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Büsum (DEU).

NACHTSHEIM, D., UNGER, B., RAMÍREZ MARTÍNEZ, N., MEHRWALD, K., SIEBERT, U. & GILLES, A. 2021a. Monitoring von marinen Säugetieren 2020 in der deutschen Nord- und Ostsee. Institut für Terrestrische und Aquatische Wildtierforschung (ITAW), Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Büsum (DEU).

NACHTSHEIM, D., UNGER, B., RAMÍREZ MARTÍNEZ, N., MURATA, J. M., SIEBERT, U. & GILLES, A. 2024a. Monitoring von marinen Säugetieren in der deutschen Nord- und Ostsee 2023. P. 8. Monitoringbericht, .

NACHTSHEIM, D., UNGER, B., RAMÍREZ MARTÍNEZ, N., SCHMIDT, B., GILLES, A. & SIEBERT, U. 2020. Monitoring von marinen Säugetieren 2019 in der deutschen Nord- und Ostsee. Institut für Terrestrische und Aquatische Wildtierforschung (ITAW), Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Büsum (DEU).

NACHTSHEIM, D., UNGER, B., RAMÍREZ MARTÍNEZ, N., SIEBERT, U. & GILLES, A. 2024b. Monitoring von marinen Säugetieren 2021 in der deutschen Nord- und Ostsee. Institut für Terrestrische und Aquatische Wildtierforschung (ITAW), Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Büsum (DEU).

NACHTSHEIM, D., VIQUERAT, S., RAMÍREZ MARTÍNEZ, N., UNGER, B., SIEBERT, U. & GILLES, A. 2021b. Small Cetacean in a Human High-Use Area: Trends in Harbor Porpoise Abundance in the North Sea Over Two Decades.

NETTLESHIP, D. N. & BIRKHEAD, T. (Eds.). 1985. The Atlantic Alcidae: the evolution, distribution and biology of the auks inhabiting the Atlantic Ocean and adjacent water areas (1. print). Academic Pr, London. 574 pp.

NEUMANN, H., DIEKMANN, R., EMEIS, K.-C., KLEEBERG, U., MOLL, A. & KRÖNCKE, I. 2017. Full-coverage spatial distribution of epibenthic communities in the south-eastern North Sea in relation to habitat characteristics and fishing effort. *Marine Environmental Research* 130:1–11.

NEUMANN, H., REISS, H., EHRICH, S., SELL, A., PANTEN, K., KLOPPMANN, M., WILHELMS, I. & KRÖNCKE, I. 2013. Benthos and demersal fish habitats in the German Exclusive Economic Zone (EEZ) of the North Sea. *Helgoland Marine Research*:445–459.

NEWTON, I. 2008. The Migration Ecology of Birds. Academic Press, London & Amsterdam.

NIELSEN, J. 1986. Bothidae. Pp. 1294–1298 *In: Whitehead PJP, Beauchot ML, Hureau JC, Nielsen J, Tortonese, E (eds) Fishes of the Northeastern atlantic and the mediterranean*. UNESCO, Paris.

NIQUIL, N., RAOUX, A., HARALDSSON, M., ARAIGNOUS, E., HALOUANI, G., LEROY, B., SAFI, G., NOGUÈS, Q., GRANGERÉ, K., DAUVIN, J.-C., RIERA, F., MAZÉ, C., LE LOC'H, F., CHING VILLANUEVA, M., HATTAB, T., BOURDAUD, P., CHAMPAGNAT, J. & LASRAM, F. B. R. 2020. Toward an Ecosystem Approach of Marine Renewable Energy: The Case of the Offshore Wind Farm of Courseulles-sur-Mer in the Bay of Seine. Pp. 137–148 in Nguyen, K. D., Guillou, S., Gourbesville, P. & Thiébot, J. (eds.). *Estuaries and Coastal Zones in Times of Global Change*. Springer Singapore, Singapore.

NIRAS. 2012. Strategic Environmental Assessment in connection with licensing rounds west of 6 15‟ E in the Danish part of the North Sea for exploration and production of hydrocarbons, and licensing of permits for injection of CO2 in existing oil fields for the purpose of EOR. P. 42. NIRAS for Danish Energy Agency, NIRAS, Aarhus, Denmark.

NORD STREAM. 2010. Der Bau der Nord Stream Pipeline.

OLLASON, J., BRYANT, A. D., DAVIS, P. M., SCOTT, B. E. & TASKER, M. L. 1997. Predicted seabird distributions in the North Sea: the consequences of being hungry. *ICES Journal of Marine Science* 54:507–517.

OLSEN, E. & HOLST, J. C. 2001. A note on common minke whale (*Balaenoptera acutorostrata*) diets in the Norwegian Sea and the North Sea. *J. Cetacean Res. Manage.* 3:179–183.

OSPAR COMMISSION. 2023. Status Assessment 2023 - Black-legged Kittiwake.

OTTO, T., OPITZ, S. & FROESE, R. 2019. Wie wirkt sich die Sandaalfischerei auf das marine Ökosystem in der südlichen Nordsee und das Erreichen der Schutzziele in den Naturschutzgebieten in der deutschen AWZ der Nordsee aus? P. 18. GEOMAR - Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel, Kiel (DEU).

PAPENMEIER, S., HASS, H. C., PROPP, C., THIESEN, M. & ZEILER, M. 2019. Map of sediment distribution in the German EEZ (1:10.000).

PARFOMAK, P. 2021. Pipeline Transportation of Hydrogen: Regulation, Research, and Policy.

PATONIA, A., LENIVOVA, V., POUDINEH, R. & NOLDEN, C. 2023. Hydrogen pipelines vs. HVDC lines: Should we transfer green molecules or electrons?

PEDERSEN, S. 2008. Spatial data: a high resolution description of the fisheries in the German EEZ of the North Sea and the Baltic Sea in 2006. P. 44. ICES Headquarters, Copenhagen, Denmark.

PEDERSEN, S. A., FOCK, H. O. & SELL, A. F. 2009. Mapping fisheries in the German exclusive economic zone with special reference to offshore Natura 2000 sites. *Marine Policy* 33:571–590.

PERCIVAL, S. 2013. Thanet Offshore Wind Farm Ornithological Report 2012-13. P. 60. Abschlussbericht, Ecology Consulting, Peterborough (UK).

PESCHKO, V., MENDEL, B., MÜLLER, S., MARKONES, N., MERCKER, M. & GARTHE, S. 2020a. Effects of offshore windfarms on seabird abundance: Strong effects in spring and in the breeding season. *Marine Environmental Research* 162:105157.

PESCHKO, V., MERCKER, M., & GARTHE, STEFAN. 2020b. Telemetry reveals strong effects of offshore wind farms on behaviour and habitat use of common guillemots (Uria aalge) during the breeding season. *Marine Biology* 167:118.

PESCHKO, V., SCHWEMMER, H., MERCKER, M., MARKONES, N., BORKENHAGEN, K. & GARTHE, S. 2024. Cumulative effects of offshore wind farms on common guillemots (Uria aalge) in the southern North Sea - climate versus biodiversity? *Biodiversity and Conservation*.

PETERSEN ET AL. 1990. Europäischer Windatlas.

PETERSEN, I. K., CHRISTENSEN, K. C., KAHLERT, J., DESHOLM, M. & FOX, A. D. 2006. Final results of bird studies at the offshore wind farms at Nysted and Horns Rev, Denmark. P. 161. National Environmental Research Institute (NERI), Aarhus University, Aarhus (DNK).

PETERSEN, I. K., NIELSEN, R. D. & MACKENZIE, M. L. 2014. Post-construction evaluation of bird abundances and distributions in the Horns Rev 2 offshore wind farm area, 2011 and 2012. P. 54. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, ST. Andrews (UK).

PEZY, J.-P., RAOUX, A. & DAUVIN, J.-C. 2020a. An ecosystem approach for studying the impact of offshore wind farms: a French case study. *ICES Journal of Marine Science* 77:1238–1246.

PEZY, J.-P., RAOUX, A. & DAUVIN, J.-C. 2020b. The environmental impact from an offshore windfarm: Challenge and evaluation methodology based on an ecosystem approach. *Ecological Indicators* 114:106302.

PEZY, J.-P., RAOUX, A., NIQUIL, N. & DAUVIN, J.-C. 2019. Towards an Ecosystem Approach to Assess the Impacts of Marine Renewable Energy. Pp. 153–164 in Bispo, R., Bernardino, J., Coelho, H. & Lino Costa, J. (eds.). *Wind Energy and Wildlife Impacts*. Springer International Publishing, Cham.

PGU. 2018. Clustermonitoring Cluster 6 Bericht Phase II (04/16 – 12/17). Offshore-Windparks BARD Offshore 1 (Betriebsmonitoring) Veja Mate (Baumonitoring) Deutsche Bucht (Basisaufnahme). Ausführlicher Bericht. P. 481. Bremen, Oldenburg.

PIERCE, G. J., SANTOS, M. B., REID, R. J., PATTERSON, I. A. P. & ROSS, H. M. 2004. Diet of minke whales *Balaenoptera acutorostrata* in Scottish (UK) waters with notes on strandings of this species in Scotland 1992–2002. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 84:1241–1244.

PIGEAULT, R., RUSER, A., RAMÍREZ-MARTÍNEZ, N. C., GEELHOED, S. C. V., HAELTERS, J., NACHTSHEIM, D. A., SCHAFFELD, T., SVEEGAARD, S., SIEBERT, U. & GILLES, A. 2024. Maritime traffic alters distribution of the harbour porpoise in the North Sea. *Marine Pollution Bulletin* 208:116925.

PINARBAŞI, K., GALPARSORO, I., DEPELLEGRIN, D., BALD, J., PÉREZ-MORÁN, G. & BORJA, Á. 2019. A modelling approach for offshore wind farm feasibility with respect to ecosystem-based marine spatial planning. *Science of The Total Environment* 667:306–317.

PLUMERIDGE, A. A. & ROBERTS, C. M. 2017. Conservation targets in marine protected area management suffer from shifting baseline syndrome: A case study on the Dogger Bank. *Marine Pollution Bulletin* 116:395–404.

PNE AG, FRAUENHOFER-INSTITUT FÜR SOLARE ENERGIESYSTEME, SILICA VERFAHRENSTECHNIK GMBH, KONGSTEIN GMBH & WYSTRACH GMBH. 2023. Projekt OffsH2ore - Offshore-Wasserstofferzeugung mittels Offshore-Windenergie als Insellösung - Endbericht.

POOT, M., P.W. VAN HORSSEN, FIJN, R. C., M.P. COLLIER, & C. VIADA. 2010. Do potential and proposed Marine Protected Areas in the Dutch part of the North Sea qualify as Marine Important Bird Areas (MIBAs)? - Application of BirdLife selection criteria. P. 94. Technical Report, Bureau Waardenburg bv, Culemborg.

PROBST, W. N., STELZENMÜLLER, V., RAMBO, H., MORIARTY, M. & GREENSTREET, S. P. R. 2021. Identifying core areas for mobile species in space and time: A case study of the demersal fish community in the North Sea. *Biological Conservation* 254:108946.

RACHOR, E., BÖNSCH, R., BOOS, K., GOSSELCK, F., GROTJAHN, M., GÜNTHER, C.-P., GUSKY, M., GUTOW, L., HEIBER, W., JANTSCHIK, P., KRIEG, H.-J., KRONE, R., NEHMER, P., REICHERT, K.,

REISS, H., SCHRÖDER, A., WITT, J. & ZETTLER, M. L. 2013. Rote Liste und Artenlisten der bodenlebenden wirbellosen Meerestiere. Pp. 77–176 in BfN (ed.). *Naturschutz und Biologische Vielfalt 70 (2): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands, Band 2: Meeresorganismen*. Landwirtschaftsverlag Münster, Bonn-Bad Godesberg.

RACHOR, E. & NEHMER, P. 2003. Erfassung und Bewertung ökologisch wertvoller Lebensräume in der Nordsee, Abschlussbericht für das F+E-Vorhaben FKZ 899 85 310 (Bundesamt für Naturschutz). Bremerhaven: Alfred-Wegener-Institut für Polar-und Meeresforschung. 175 pp.

REISS, H., GREENSTREET, S., SIEBEN, K., EHRICH, S., PIET, G., QUIRIJNS, F., ROBINSON, L., WOLFF, W. & KRÖNCKE, I. 2009. Effects of fishing disturbance on benthic communities and secondary production within an intensively fished area. *Marine Ecology Progress Series* 394:201–213.

REUBENS, J. T., BRAECKMAN, U., VANAVERBEKE, J., VAN COLEN, C., DEGRAER, S. & VINCX, M. 2013. Aggregation at windmill artificial reefs: CPUE of Atlantic cod (Gadus morhua) and pouting (Trisopterus luscus) at different habitats in the Belgian part of the North Sea. *Fish Research* 139:28–34.

REUBENS, J. T., DE RIJCKE, M., DEGRAER, S. & VINCX, M. 2014. Diel variation in feeding and movement patterns of juvenile Atlantic cod at offshore wind farms. *Journal of Sea Research* 85:214–221.

REUBENS, J. T., DEGRAER, S. & VINCX, M. 2011. Aggregation and feeding behaviour of pouting (Trisopterus luscus) at wind turbines in the Belgian part of the North Sea. *Fisheries Research* 108:223–227.

RIJNSDORP, A. D., PECK, M. A., ENGELHARD, G. H., MÖLLMANN, C. & PINNEGAR, J. K. 2009. Resolving the effect of climate change on fish populations. *ICES Journal of Marine Science* 66:1570–1583.

ROBERTS, D. A., JOHNSTON, E. L. & KNOTT, N. A. 2010. Impacts of desalination plant discharges on the marine environment: A critical review of published studies. *Water Research* 44:5117–5128.

ROBINSON, K. P., BAUMGARTNER, N., EISFELD, S. M., CLARK, N. M., CULLOCH, R. M., HASKINS, G. N., ZAPPONI, L., WHALEY, A. R., WEARE, J. S. & TETLEY, M. J. 2007. The summer distribution and occurrence of cetaceans in the coastal waters of the outer southern Moray Firth in northeast Scotland (UK). *Lutra* 50:19–30.

ROYAL HASKONING DHV. 2013. Dogger Bank Creyke Beck Environmental Statement Chapter 11 – Marine and Coastal Or-nithology. P. 299. Forewind Document, .

ROYAL HASKONINGDHV. 2023. Environmental Impact Assessment Scoping Report. Dogger Bank D Offshore Wind Farm. Pursuant to Regulation 10 of the Infrastructure planning (Environmental Impact Assessment) Regulations 2017. P. 579. SSE Renewables and Equinor, Perth, GB, Stavanger, N.

RUSSELL, D. J., BRASSEUR, S. M., THOMPSON, D., HASTIE, G. D., JANIK, V. M., AARTS, G., MCCLINTOCK, B. T., MATTHIOPOULOS, J., MOSS, S. E. & MCCONNELL, B. 2014. Marine mammals trace anthropogenic structures at sea. *Current Biology* 24:R638–R639.

RWE. 2020, August 7. Infografik AquaVentus.

RWE RENEWABLES. 2023. Dogger Bank South Offshore Wind Farms. Preliminary Environmental Information Report Chapter 12 – Offshore Ornithology. P. 191. RWE Renewables UK Dogger Bank South (West) Limited RWE Renewables UK Dogger Bank South (East) Limited, Swindon, UK.

RYDELL, J. & WICKMAN, A. 2015. Bat Activity at a Small Wind Turbine in the Baltic Sea. *Acta Chiropterologica* 17:359–364.

SALEHMIN, M., HUSAINI, T., GOH, J. & SULONG, A. 2022. High-pressure PEM water electrolyser: A review on challenges and mitigation strategies towards green and low-cost hydrogen production. *Energy Conversion and Management* 268.

SCHONART, E. 1978. Ornithologische Beobachtungen während des Herbstzuges 1976 auf der Forschungsplatt-form „Nordsee“. *Ornithol. Mitt.* 30:29–33.

SCHRÖDER, A., KNUST, R., OREJAS, C. & JOSCHKO, T. 2005. AP2: Prozesse im Nahebereich der Piles – Nordsee. In: BEOFINO - Ökologische Begleitforschung zur Windenergienutzung im Offshore -Bereich auf Forschungsplattformen in der Nord- und Ostsee, Endbericht Juni 2005. P. 333.

SCHÜCKEL, S., SELL, A., KRÖNCKE, I. & REISS, H. 2011. Diet composition and resource partitioning in two small flatfish species in the German Bight. *Journal of Sea Research* 66:195–204.

SCHULZE, T. 2018. International fishing activities (2012-2016) in German waters in relation to the designated Natura 2000 areas and proposed management within. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Hamburg.

SCHWEMMER, P., MENDEL, B., DIERSCHKE, V. & GARTHE, S. 2011. Effects of ship traffic on seabirds in offshore waters: Implications for marine conservation and spatial planning. *Ecological Applications* 21:1851–1860.

SCHWEMMER, P., MERCKER, M., HAECKER, K., KRUCKENBERG, H., KÄMPFER, S., BOCHER, P., FORT, J., JIGUET, F., FRANKS, S., ELTS, J., MARJA, R., PIHA, M., ROUSSEAU, P., PEDERSON, R., DÜTTMANN, H., FARTMANN, T. & GARTHE, S. 2023. Behavioral responses to offshore windfarms during migration of a declining shorebird species revealed by GPS-telemetry. *Journal of Environmental Management* 342.

SEEBENS-HOYER, A., BACH, L., BACH, P., POMMERANZ, H., GÖTTSCHE, M., VOIGT, C., HILL, R., VARDEH, S., GÖTTSCHE, M. & MATTHES, H. 2021. Fledermausmigration über der Nord und Ostsee (Batmove). Abschlussbericht, .

SELL, A. F. & KRÖNCKE, I. 2013. Correlations between benthic habitats and demersal fish assemblages — A case study on the Dogger Bank (North Sea). *Journal of Sea Research* 80:12–24.

SELL, A. F., KRÖNCKE, I. & EHRICH, S. 2007. Linking the diversity of fish assemblages to habitat structure: A study on Dogger Bank (North Sea). International Council for the Exploration of the Sea, Copenhagen.

SERGIO, F., TAVECCHIA, G., TANFERNA, A., & ET AL. 2019. When and where mortality occurs throughout the annual cycle changes with age in a migratory bird: individual vs populations implications. *Sci. Rep.* 9.

SHARPLES, R. J., MOSS, S. E., PATTERSON, T. A. & HAMMOND, P. S. 2012. Spatial Variation in Foraging Behaviour of a Marine Top Predator (*Phoca vitulina*) Determined by a Large-Scale Satellite Tagging Program. *PLoS ONE* 7:e37216.

SHIMADA, Y. 2021. Reducing Bird Collision Risk Per Megawatt by Introducing Longer Wind Turbine Blades. *Ornithological Science* 20:253–261.

SIVLE, L. D., KVADSHEIM, P. H., CURÉ, C., ISOJUNNO, S., WENSVEEN, P. J., LAM, F.-P. A., VISSER, F., KLEIVANE, L., TYACK, P. L., HARRIS, C. M. & MILLER, P. J. O. 2015. Severity of Expert-Identified Behavioural Responses of Humpback Whale, Minke Whale, and Northern Bottlenose Whale to Naval Sonar.

SKIBA, R. 2007. Die Fledermäuse im Bereich der Deutschen Nordsee unter Berücksichtigung der Gefährdung durch Windenergieanlagen (WEA). *Nyctalus (N.F.)* 12:199–220.

SKOV, H., HEINÄNEN, S., NORMAN, T., WARD, R., MÉNDEZ-ROLDÁN, S. & ELLIS, I. 2018a. ORJIP Bird Collision and Avoidance Study. Final report – April 2018. P. 247. The Carbon Trust. United Kingdom.

SKOV, H., NIELSEN, H. S. & SCHÖNBERGER, L. 2018b. North Sea Wind Power Hub. Pre-screening of potential environmental impacts. Final report. P. 41. Prepared by DHI for North Sea Wind Power Hub (NSWPH) consortium, DHI, Viby & Hørsholm, Denmark.

SLAVIK, K., LEMMEN, C., ZHANG, W., KERIMOGLU, O., KLINGBEIL, K. & WIRTZ, K. W. 2019. The large-scale impact of offshore wind farm structures on pelagic primary productivity in the southern North Sea. *Hydrobiologia* 845:35–53.

SONG, K.-J. 2013. Potential collision risks of large whales and fast ferries traveling between Korea and Japan. *Journal of Marine Animals and Their Ecology* 6:6–10.

SONNEWALD, M. & TÜRKAY, M. 2012a. The megaepifauna of the Dogger Bank (North Sea): species composition and faunal characteristics 1991–2008:63–75.

SONNEWALD, M. & TÜRKAY, M. 2012b. The megaepifauna of the Dogger Bank (North Sea): species composition and faunal characteristics 1991–2008:63–75.

SONNEWALD, M. & TÜRKAY, M. 2012c. Abundance analyses of mega-epibenthic species on the Dogger Bank (North Sea): Diurnal rhythms and short-term effects caused by repeated trawling, observed at a permanent station. *Journal of Sea Research* 73:1–6.

SONNTAG, N., MARKONES, N. & GARTHE, S. 2010. Monitoringbericht 2009-2010 Marine Säugetiere und Seevögel in der deutschen AWZ von Nord- und Ostsee. P. 52. Endbericht, Forschungs- und Technologiezentrum Westküste (FTZ), Büsum Außenstelle der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Büsum, Kiel.

SOUTHALL, B. L., FINNERAN, J. J., REICHMUTH, C., NACHTIGALL, P. E., KETTEN, D. R., BOWLES, A. E., ELLISON, W. T., NOWACEK, D. P. & TYACK, P. L. 2019. Marine mammal noise exposure criteria: Updated scientific recommendations for residual hearing effects. *Aquatic Mammals* 45:125–232.

SPEAKMAN, J., GRAY, H. & FURNESS, L. 2009. University of Aberdeen report on effects of offshore wind farms on the energy demands on seabirds (October 2009). P. 23. Department of Energy & Climate Change, Institute of Biological and Environmental Sciences, University of Aberdeen, Aberdeen, Scotland, UK.

SPEKTRUM AKADEMISCHER VERLAG. 2004. Lexikon der Biologie.

STENBERG, C., STØTTRUP, J. G., VAN DEURS, M., BERG, C. W., DINESEN, G. E., MOSEGAARD, H., GROME, T. M. & LEONHARD, S. B. 2015. Long-term effects of an offshore wind farm in the North Sea on fish communities. *Marine Ecology Progress Series* 528:257–265.

STOCK, R. 2022. Northern Green Crane.

STONE, C. J., WEBB, A., BARTON, C., RATCLIFFE, N., REED, T. C., TASKER, M. L., CAMPHUYSEN, C. J. & PIENKOWSKI, M. W. 1995. An atlas of seabird distribution in north-west European waters. Joint Nature Conservation Committee, Peterborough. 326 pp.

SÜDDEUTSCHE ZEITUNG. 2023, January 14. Tiere - Helgoland - Basstölpel: Nach der Vogelgrippe Sorge um neue Brutsaison - Wissen - SZ.de.

TACX, J. & MEINARDI, C. 2023. Building an Offshore Wind Farm: Operational Guide.

TASKER, M. L. & PIENKOWSKI, M. W. 1987. Vulnerable concentrations of birds in the North Sea. Nature Conservancy Council, Peterborough. 38 pp.

THE GUARDIAN. 2024, February 13. Bird flu causing ‘catastrophic’ fall in UK seabird numbers, conservationists warn | Bird flu | The Guardian.

THIEL, R., WINKLER, H., BÖTTCHER, U., DÄMHARDT, A., FRICKE, R., GEORGE, M., KLOPPMANN, M., SCHAARSCHMIDT, T., UBL, C. & VORBERG, R. 2013. Rote Liste und Gesamtartenliste der etablierten Fische und Neunaugen (Elasmobran-chii, Actinopterygii & Petromyzontidae) der marinen Gewässer Deutschlands. Pp. 11–76 in Becker, N., Haupt, H., Hofbauer, N., Ludwig, G. & Nehring, S. (eds.). *Rote Liste gefährdeter Tiere, Planzen und Pilze Deutschlands*. Landwirtschaftsverlag, Münster.

TJORNLOV, R. S., SKOV, H., ARMITAGE, M., BRAKER, M., JORGENSEN, J. B., MORTENSEN, L. O., THOMAS, K. & UHRENHOLDT, T. 2023. Resolving Key Uncertainties of Seabird Flight and Avoidance Behaviours at Offshore Wind Farms. Final Report for the study period 2020-2021. P. 115. Retrieved from https://policycommons.net/artifacts/3453766/aowfl_aberdeen_seabird_study_final_report_20_february_2023/4254081/ on 28 Jul 2023. CID: 20.500.12592/cpz4ff., Vattenfall, Sweden, Horsholm.

TODD, V. L. G., TODD, I. B., GARDINER, J. C. & MORRIN, E. C. N. 2015. Marine mammal observer and passive acoustic monitoring handbook. Pelagic Publishing, Exeter (UK). 395 pp.

TODD, V. L., PEARSE, W. D., TREGENZA, N. C., LEPPER, P. A. & TODD, I. B. 2009. Diel echolocation activity of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) around North Sea offshore gas installations. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*.

TOUGAARD, J., CARSTENSEN, J., WISZ, M. S., JESPERSEN, M., TEILMANN, J., BECH, N. I. & SKOV, H. 2006. Harbour Porpoises on Horns Reef. Effects of the Horns Reef Wind Farm. P. 111. NERI Technical Report, National Environmental Research Institute, DHI Water and Environment, Roskilde (DNK).

TOUGAARD, J. & MIKAELSEN, M. 2024. Underwater noise from pile driving - Comparison of German and Danish regulatory frameworks. Danish Centre for Environment and Energy (DCE).

TRINDER, M., O'BRIEN, S. H. & DEIMEL, J. 2024. A new method for quantifying redistribution of seabirds within operational offshore wind farms finds no evidence of within-wind farm displacement. *Frontiers in Marine Science* 11:1235061.

TROXELL, S. A., HOLDERIED, M. W., PĒTERSONS, G. & VOIGT, C. C. 2019. Nathusius' bats optimize long-distance migration by flying at maximum range speed. *Journal of Experimental Biology* 222:7.

TUBELLI, A. A., ZOSULS, A., KETTEN, D. R., YAMATO, M. & MOUNTAIN, D. C. 2012. A prediction of the minke whale (Balaenoptera acutorostrata) middle-ear transfer function.

TUNBERG, B. 1983. Growth of Dosinia exoleta (L.) (Bivalvia) in Raunefjorden, western Norway. *Sarsia* 68:40–45. Taylor & Francis.

UNEP/AEWA SECRETARIAT. 2019. Agreement on the Conservation of African-Eurasian Migratory Waterbirds (AEWA). Agreement Text and Annexes - As amended at the 7th Session of the Meeting of the Parties to AEWA 4 - 8 December 2018, Durban, South Africa. Table 1: Status of the populations of migratory waterbirds. Durban. 62 pp.

VALLEJO, G. C., GRELLIER, K., NELSON, E. J., MCGREGOR, R. M., CANNING, S. J., CARYL, F. M. & MCLEAN, N. 2017. Responses of two marine top predators to an offshore wind farm. *Ecology and Evolution* 7:8698–8708.

VAN BERKEL, J., BURCHARD, H., CHRISTENSEN, A., MORTENSEN, L. O., SVENSTRUP PETERSEN, O. & THOMSEN, F. 2020. The effects of offshore wind farms on hydrodynamics and implications for fishes. *Oceanography* 33:108–117.

VAN DER LAND, M. A. 1991. Distribution of flatfish eggs in the 1989 egg surveys in the southeastern North Sea, and mortality of plaice and sole eggs. *Netherlands Journal of Sea Research* 27:277–286.

VAN DER MOLEN, J., SMITH, H. C. M., LEPPER, P., LIMPENNY, S. & REES, J. 2014. Predicting the large-scale consequences of offshore wind turbine array development on a North Sea ecosystem. *Continental Shelf Research* 85:60–72.

VAN DER VEER, H. W., CREUTZBERG, F., DAPPER, R., DUINEVELD, G. C. A., FONDS, M., KUIPERS, B. R., VAN NOORT, G. J. & WITTE, J. I. J. 1990. On the ecology of the dragonet Callionymus lyra L. in the southern North Sea. *Netherlands Journal of Sea Research* 26:139–150.

VAN HAL, R., SMITS, K. & RIJNSDORP, A. D. 2010. How climate warming impacts the distribution and abundance of two small flatfish species in the North Sea. *Journal of Sea Research* 64:76–84.

VAN MOORSEL, G. 2011. Species and habitats of the international Dogger Bank. P. 68 *report ecosub, Doorn. 74 pp., incl. 13 figs, 8 tables, 3 appendices*. Final Report, ecosub im Auftrag von WWF Netherlands, Doorn.

VANDENDRIESSCHE, S., DERWEDUWEN, J. & HOSTENS, K. 2015. Equivocal effects of offshore wind farms in Belgium on soft substrate epibenthos and fish assemblages. *Hydrobiologia* 756:19–35.

VANERMEN, N., COURTENS, W., DAELEMANS, R., LENS, L., MÜLLER, W., VAN DE WALLE, M., VERSTRAETE, H. & STIENEN, E. W. M. 2019. Attracted to the outside: a meso-scale response pattern of lesser black-backed gulls at an offshore wind farm revealed by GPS telemetry. *ICES Journal of Marine Science*.

VANERMEN, N., ONKELINX, T., COURTENS, W., VAN DE WALLE, M., VERSTRAETE, H. & STIENEN, E. W. M. 2015. Seabird avoidance and attraction at an offshore wind farm in the Belgian part of the North Sea. *Hydrobiologia* 756:51–61.

VILELA, R., BURGER, C., DIEDERICHS, A., BACHL, F. E., SZOSTEK, L., FREUND, A., BRAASCH, A., BELLEBAUM, J., BECKERS, B., PIPER, W. & NEHLS, G. 2021. Use of an INLA latent gaussian modeling approach to assess bird population changes due to the development of offshore wind farms. *Frontiers in Marine Science* 8.

WAGGITT, J. J., EVANS, P. G. H., ANDRADE, J., BANKS, A. N., BOISSEAU, O., BOLTON, M., BRADBURY, G., BRERETON, T., CAMPHUYSEN, C. J., DURINCK, J., FELCE, T., FIJN, R. C., GARCIA-BARON, I., GARTHE, S., GEELHOED, S. C. V., GILLES, A., GOODALL, M., HAELTERS, J., HAMILTON, S., HARTNY-MILLS, L., HODGINS, N., JAMES, K., JESSOPP, M., KAVANAGH, A. S., LEOPOLD, M., LOHRENGEL, K., LOUZAO, M., MARKONES, N., MARTÍNEZ-CEDEIRA, J., Ó CADHLA, O., PERRY, S. L., PIERCE, G. J., RIDOUX, V., ROBINSON, K. P., SANTOS, M. B., SAAVEDRA, C., SKOV, H., STIENEN, E. W. M., SVEEGAARD, S., THOMPSON, P., VANERMEN, N., WALL, D., WEBB, A., WILSON, J., WANLESS, S. & HIDDINK, J. G. 2020. Distribution maps of cetacean and seabird populations in the North-East Atlantic. *Journal of Applied Ecology* 57:253–269.

WALTER, E. 2020. Brutbericht aus unseren Schutz- und Zählgebieten im Jahr 2019. *Seevögel, Zeitschrift Verein Jordsand* 41.

WEBB, A., MACKENZIE, M., CANECO, B. & DONOVAN, C. 2015. Lincs Wind Farm - Second annual post-construction aerial ornithological monitoring report. HiDef Aerial Surveying Limited.

WEHKAMP, M., WELCKER, J. & SIMMERING, J. 2021. Abschlussbericht BeBeO „Bedarfsgerechte Befeuerung von Offshore Windenergieanlagen“. Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich.

WEIEL, S. & LEMKE, H. 2024. Wintersurvey in der Deutschen Bucht und auf der Doggerbank mit der ‘Arctic Hunter’, 19.02.-21.02.2024. P. 3.

WEINERT, M., FLOETER, J., KRÖNCKE, I. & SELL, A. F. 2010. The role of prey composition for the condition of grey gurnard (*Eutrigla gurnardus*). *Journal of Applied Ichthyology* 26:75–84.

WELCKER, J. & NEHLS, G. 2016. Displacement of seabirds by an offshore wind farm in the North Sea. *Marine Ecology Progress Series* 554:173–182.

WELCKER, J. & VILELA, R. 2020. Prognose des regionalen und lokalen Vogelzugs und des kumulativen Vogelschlagrisikos an Offshore-Windenergieanlagen. P. 369. Endbericht, BioConsult SH GmbH & Co. KG, Husum.

WERNER, K. M., HASLOB, H., REICHEL, A. F., GIMPEL, A. & STELZENMÜLLER, V. 2024. Offshore wind farm foundations as artificial reefs: The devil is in the detail. *Fisheries Research* 272:106937.

WERNHAM, C., TOMS, M., MARCHANT, J., CLARK, J., SIRIWARDENA, G. & BAILLIE, S. 2002. The Migration Atlas: Movements of the Birds of Britain and Ireland. T. & A. D. Poyser, London (UK).

WHITEFORD, S. 2021. What is the difference between DP1, DP2, and DP3 vessels?

WIDDICOMBE, S., AUSTEN, M., KENDALL, M., OLSGARD, F., SCHAANNING, M., DASHFIELD, S. & NEEDHAM, H. 2004. Importance of bioturbators for biodiversity maintenance: indirect effects of fishing disturbance. *Marine Ecology Progress Series* 275:1–10.

WIEKING, G. & KRÖNCKE, I. 2003. Macrofauna communities of the Dogger Bank (central North Sea) in the late 1990s: spatial distribution, species composition and trophic structure. *Helgoland Marine Research* 57:34–46.

WILHELMSSON, D. & LANGHAMER, O. 2014. The Influence of Fisheries Exclusion and Addition of Hard Substrata on Fish and Crustaceans. Pp. 49–60 in Shields, M. A. & Payne, A. I. L. (eds.). *Marine Renewable Energy Technology and Environmental Interactions*. Springer Netherlands, Dordrecht.

WILMS, J., EDEL, P., BERHALTER, H., FELTES, C. & RUNGE, J. 2021. Offshore-Netzplanungswerkzeug mit TCM-Simulation.

WINKLER, C., PANIGADA, S., MURPHY, S. & RITTER, F. 2020. Global numbers of ship strikes: An assessment of collisions between vessels and cetaceans using available data in the IWC ship strike database. International Whaling Commission.

WRIGHT, P. J., JENSEN, H. & TUCK, I. 2000. The influence of sediment type on the distribution of the lesser sandeel, Ammodytes marinus. *Journal of Sea Research* 44:243–256.

ZIEGELMEIER, E. 1970. Über Massenvorkommen verschiedener makrobenthaler Wirbelloser während der Wiederbesiedlungsphase nach Schädigungen durch „katastrophale“ Umwelteinflüsse. *Helgoländer wissenschaftliche Meeresuntersuchungen* 21:9–20. BioMed Central.

A ANHANG

A.1 Grundlagen zur Ermittlung der Tragfähigkeit der Ökosysteme

A.1.1 Pelagische Primärproduktion

A.1.1.1. Datengrundlage

Auswirkungen von Offshore-Windkraftanlagen auf das Schutzgut Pelagische Primärproduktion sind einerseits von den Verwirbelungen des Wasserkörpers an den Fundamenten der Anlagen und andererseits vom Fraßdruck der epibenthischen Filtrierer zu erwarten, die sich auf dem eingebrachten Hartsubstrat (z.B. großflächige Steinschüttungen als Kolkschutz) ansiedeln können.

Zum Einfluss von Windkraftstrukturen auf pelagische Primärproduktion gibt es bisher nur wenige Untersuchungen. Glücklicherweise stammen die folgenden vier Studien aus der südlichen Nordsee und aus jüngster Zeit (Slavik et al. 2019, Mavraki et al. 2020, Daewel et al. 2022, Christiansen et al. 2023). Diese wissenschaftlichen Publikationen sind alle ‘peer-reviewed’ und bearbeiten die Problematik in hervorragender Weise, so dass die Ergebnisse als belastbar gelten dürfen.

A.1.1.2. Bestandsbeschreibung

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass hydrodynamische Turbulenzen vertikale Stratifikationsprozesse (durch Temperatur) und Sedimentationsprozesse verändern und teilweise verhindern. Damit einher geht eine Änderung der Temperatur und der Nährstoffverfügbarkeit in der Wassersäule. Die aufwachsenden Miesmuschelbänke auf dem neuen Hartsubstrat führen zu einem hohen Prädationsdruck durch invasive Filtrierer.

Planktonblüten weisen neben einer starken Saisonalität eine hohe Variabilität auf, welche von einer Vielzahl von äußeren Faktoren bedingt wird. Die südliche Nordsee ist reichlich mit Nähr-stoffen versorgt, so dass dieser Faktor nicht limitierend wirken dürfte. Darüber hinaus ist der Wasserkörper – zumindest in der Horizontalen – durchmischt, so dass sich innerhalb der küsten-fernen südlichen Nordsee keine geographischen Unterschiede abzeichnen.

A.1.1.3. Bewertung der Datengrundlage

Obwohl Plankton im Allgemeinen seit langer Zeit in der Nordsee wissenschaftlich erforscht wird, so sind doch die Auswirkungen großflächiger Verwirbelung des Wasserkörpers und massenhaft eingebauten Hartsubstrats auf das Schutzgut ein neues Forschungsgebiet. Als Datengrundlage zum Einfluss von Windkraftstrukturen auf pelagische Primärproduktion gibt es bisher hauptsächlich die vier in Kapitel A.1.1.1 genannten publizierten Studien aus der südlichen Nordsee. Dennoch bedürfen die bisherigen Modellierungen, z. B. der Größenordnung und der räumlichen Ausdehnung, noch der

Bestätigung durch Messergebnisse im Feld. Für andere Gründungstypen als Monopiles fehlen Forschungsergebnisse gänzlich, sodass die vorteilhafteren Bewertungen der Jacket-Fundamente bisher Vermutungen bleiben.

A.1.2 Benthische Lebensräume und geschützte Biotope

A.1.2.1. Datengrundlage

Als Datengrundlage für die Beschreibung des Schutzgutes Benthische Lebensräume und geschützte Biotope dienen vor allem die Ergebnisse der sechs benthosbiologischen Untersuchungskampagnen, die im Auftrag des BfN im Rahmen des Effektmonitorings bezüglich der geplanten Schließung einer Teilfläche für die grundberührende Fischerei auf der Doggerbank durchgeführt wurden. Hierbei wurden an jeweils 50 Probenahmestationen in den Jahren 2013 bis 2017 und 2019 Korngrößenverteilung sowie Endo- und Epifauna untersucht (Bildstein et al. 2023).

Eine weitere Grundlage zur Beschreibung der Benthosgemeinschaft und Sedimentzusammensetzung stellen die Monitoringberichte des BfN dar:

- BfN-Monitoringbericht: Zustand benthischer Arten und Biotope in der deutschen AWZ von Nord- und Ostsee. Untersuchungsjahr 2013 (Darr et al. 2014)
- BfN-Monitoringbericht: Zustand benthischer Arten und Biotope in der deutschen AWZ von Nord- und Ostsee. Untersuchungsjahr 2016 (Darr et al. 2017)

Für eine Einordnung der Benthosgemeinschaften im Bereich der Doggerbank der deutschen AWZ wurde auf Habitatkartierungen von Rachor & Nehmer sowie folgende weitere Publikationen zurückgegriffen:

- Erfassung und Bewertung ökologisch wertvoller Lebensräume in der Nordsee, Abschlussbericht für das F+E-Vorhaben FKZ 899 85 310 (Bundesamt für Naturschutz) (Rachor & Nehmer 2003)
- Characterization and differentiation of sublittoral sandbanks in the southeastern North Sea (Beermann et al. 2023)
- Macrofauna communities of the Dogger Bank (central North Sea) in the late 1990s: spatial distribution, species composition and trophic structure (Wieking & Kröncke 2003)
- Changes in Dogger Bank macrofauna communities in the 20th century caused by fishing and climate (Kröncke 2011)
- Species and habitats of the international Dogger Bank (Van Moorsel 2011)
- Benthos and demersal fish habitats in the German Exclusive Economic Zone (EEZ) of the North Sea (Neumann et al. 2013)

- Die Meeresschutzgebiete in der deutschen AWZ der Nordsee. Beschreibung und Zustandsbewertung (BfN 2017)
- Gutachten zum Regenerationspotenzial benthischer Biotoptypen in der AWZ der Nordsee nach temporären anthropogenen Störungen (BIOCONSULT Schuchardt & Scholle 2019)
- Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen Deutschlands – dritte fortgeschriebene Fassung 2017 (Finck et al. 2017)

A.1.2.2. Bestandsbeschreibung

Sediment und geschützte Biotope

Der deutsche Teil der flächenmäßig größten Sandbank der Nordsee wurde 2017 als Natura 2000-Gebiet (EU-Code: DE 1003-301, Fläche: 1.692 km^2) unter Naturschutz gestellt. Nach FFH-Richtlinie sind „Sandbänke“ ein besonders geschützter Lebensraumtyp (LRT) und ein nach § 30 BNatSchG geschütztes Biotop. Im NSG „Doggerbank“ kommt der LRT „Sandbänke mit nur schwacher ständiger Überspülung durch Meerwasser“ (Natura 2000-Code 1110) auf einer Fläche von 1.624 km² vor (BfN 2020a). Dieser Biotoptyp kommt in der gesamten deutschen AWZ nicht häufig vor, das Gesamtvorkommen beträgt 4.453 km². Im Standarddatenbogen des FFH-Gebietes „Doggerbank“ (BfN 2020a) wird der Gesamtwert des Gebietes für den geschützten LRT „Sandbänke“ mit B (gut) angegeben (Tab. 8.1).

Tab. 8.1 Im FFH-Gebiet “Doggerbank“ vorkommende Lebensraumtypen und diesbezügliche Beurteilung des Gebietes. Entnommen aus dem Standarddatenbogen (BfN 2020a); Stand: 06.2015.

Code	Name	Repräsentativität	Relative Fläche	Erhaltung	Gesamtbeurteilung
1110	Sandbänke	A	A	C	B

Die Bewertung des Erhaltungsgrades des LRT „Sandbänke“ im NSG „Doggerbank“ erfolgt anhand der „Vollständigkeit des lebensraumtypischen Arteninventars“ (C) (= charakteristische Arten) und der „Beeinträchtigungen“ (C) (BfN 2017) (siehe Tab. 8.2). Das typische Arteninventar war hier in entsprechenden Untersuchungen nur teilweise vertreten (20 – 50% fehlten). Die Bewertung der menschlichen Beeinträchtigungen basiert vor allem auf der Nutzung durch die grundberührende Berufsfischerei (BfN 2017).

Tab. 8.2 Bewertung der Soll- und Ist-Zustände des Lebensraumtyps „Sandbänke“ nach BfN (2017).

Lebensraumtyp	Soll-Zustand	Kriterien für die Bewertung des Ist-Zustandes		Ist-Zustand	Defizit
		Vollständigkeit des lebensraumtypischen Arteninventars	Beeinträchtigungen		
Sandbänke	**B**	C	C	**C**	**-1**

Darüber hinaus wird die Doggerbank von der *Bathyporeia-Tellina*-Gemeinschaft besiedelt und bildet hier den Biotoptyp „Sublitoraler, ebener Sandgrund der Nordsee mit *Bathyporeia-Tellina*-Gemeinschaft“ (Finck et al. 2017). Hierbei handelt es sich um ein Feinsandbiotop, welches sich in der Nordsee ausschließlich im Gebiet der Doggerbank finden lässt und als gefährdet bis stark gefährdet mit einem bedingten Regenerationspotenzial gilt (Finck et al. 2017, BIOCONSULT Schuchardt & Scholle 2019).

Hinweise auf den nach § 30 BNatSchG geschützten Biotoptyp „Artenreiche Kies-, Grobsand- und Schillgründe“ scheint es in Untersuchungen auf der Doggerbank immer wieder zu geben, allerdings nur als vereinzelte Vorkommen von Mittelsanden und kleineren Steinen (Rachor & Nehmer 2003, Van Moorsel 2011) , vor allem im nördlichen Hangbereich des NSG „Doggerbank“ (Papenmeier et al. 2019). Der Großteil der Doggerbank besteht aus schillreichen Feinsanden, wie es für das offene küstenferne Sublitoral typisch ist. In den flachen Bereichen oberhalb der 30 m Tiefenlinie liegt der Feinsandanteil bei > 94 %. Dies zeigen auch die Korngrößenverteilungen, die von Bildstein et al. (2023) an den ca. 50 Stationen im Rahmen des BfN-Monitorings festgestellt wurden (Abb. 8.1 bis Abb. 8.6). Am flachen Nord- und am eher steilen Südhang geht der Feinsand der Doggerbank schließlich in schlickiges Substrat in Tiefen von 40 – 50 m über (BfN 2017).

Durch die Lage der Doggerbank in der zentralen Nordsee, das Zusammentreffen unterschiedlicher Wassermassen sowie die geringe Wassertiefe im Vergleich zur Umgebung kann es hier zu Wirbelbildungen kommen, die zur Ausprägung von Eddies[213] führen können (BfN 2017, BIOCONSULT Schuchardt & Scholle 2019). Dies führt zu örtlich unterschiedlich starken Strömungsgeschwindigkeiten und Sedimentationsraten im Bereich der Doggerbank.

[213] Verwirbelungen in Ozeanströmungen mit Ausdehnungen von bis zu 500 km Durchmesser

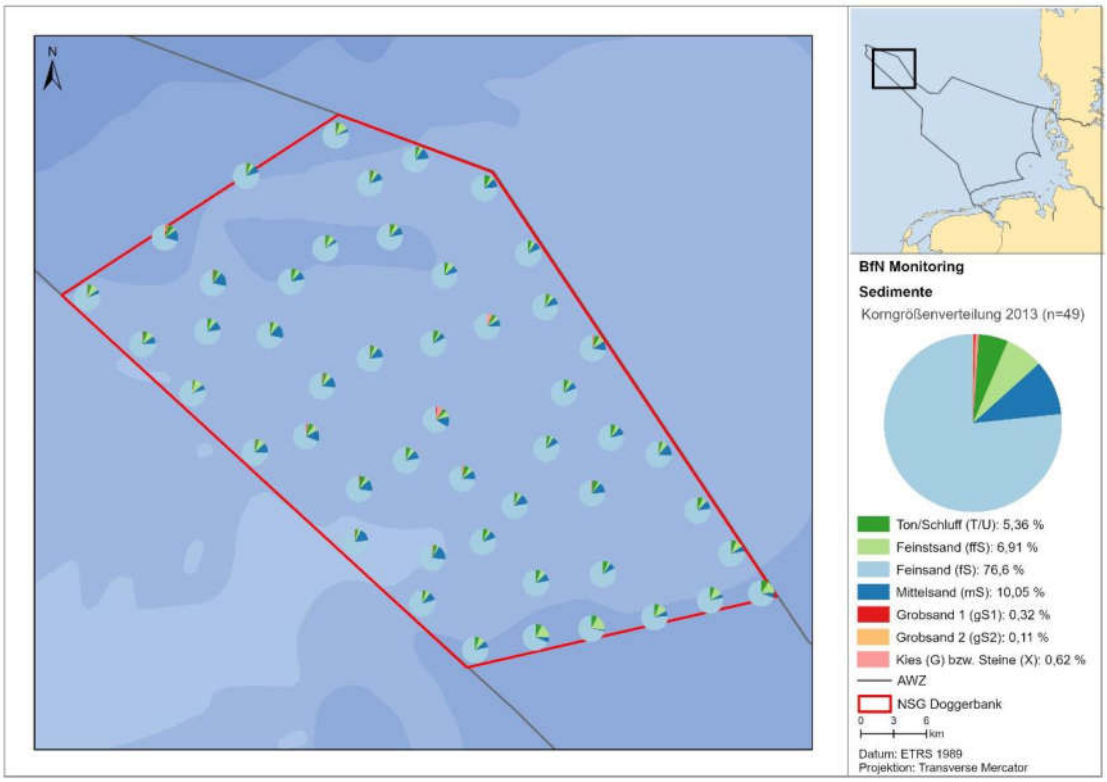


Abb. 8.1 Korngrößenverteilung im NSG „Doggerbank“ im Jahr 2013 (Bildstein et al. 2023), eigene Darstellung.

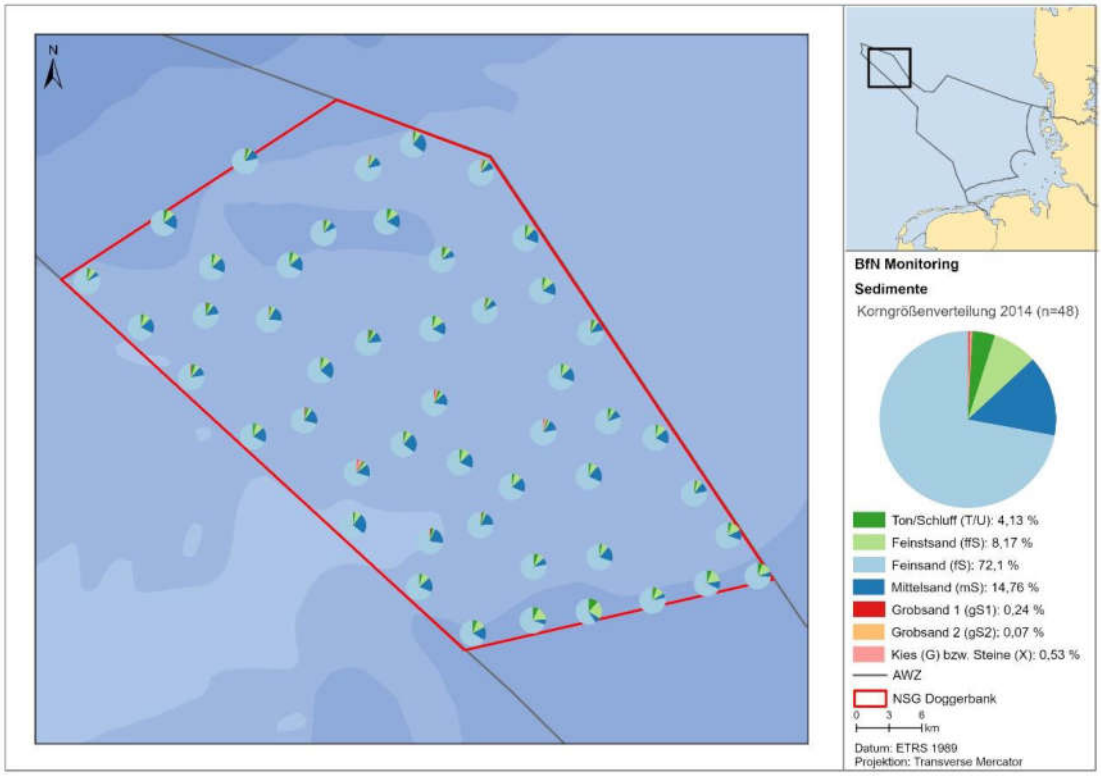


Abb. 8.2 Korngrößenverteilung im NSG „Doggerbank“ im Jahr 2014 (Bildstein et al. 2023), eigene Darstellung.

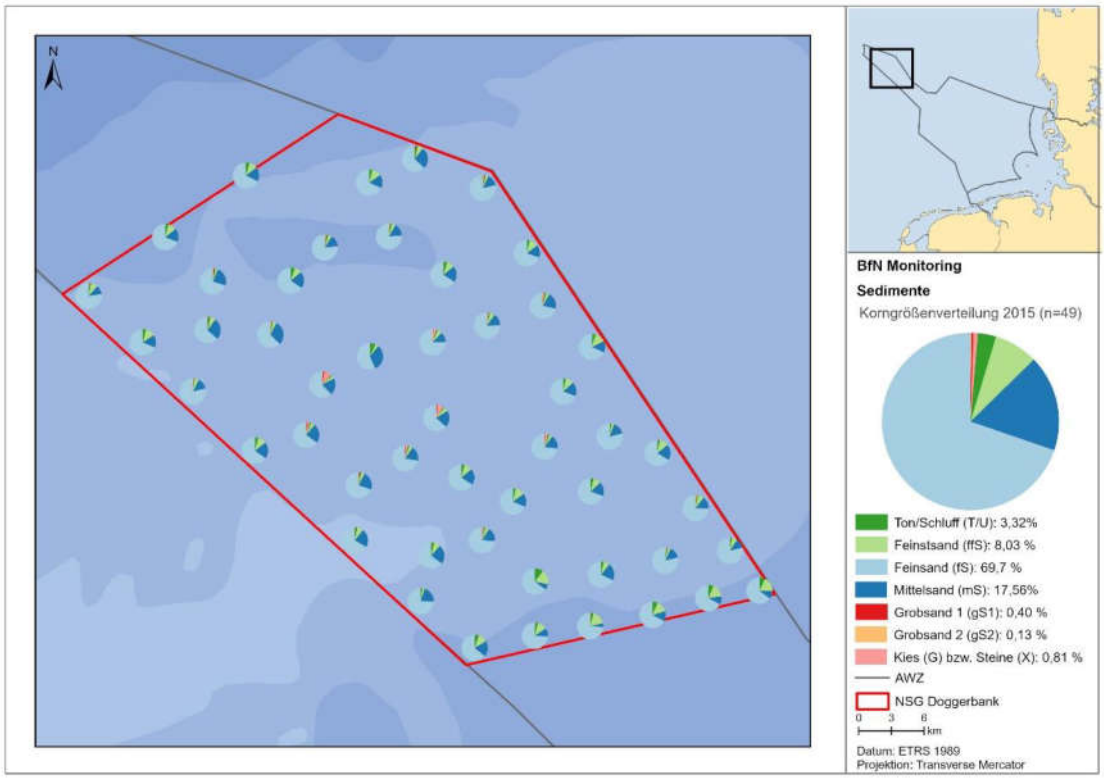


Abb. 8.3 Korngrößenverteilung im NSG „Doggerbank“ im Jahr 2015 (Bildstein et al. 2023), eigene Darstellung.

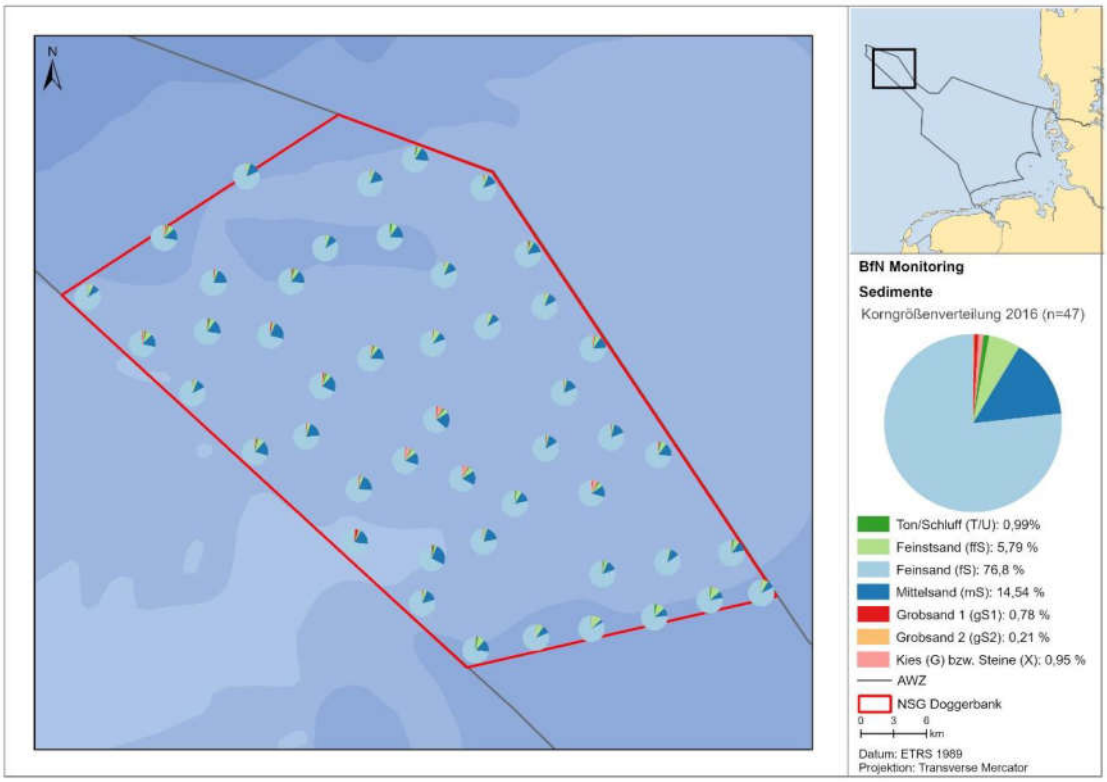


Abb. 8.4 Korngrößenverteilung im NSG „Doggerbank“ im Jahr 2016 (Bildstein et al. 2023), eigene Darstellung.

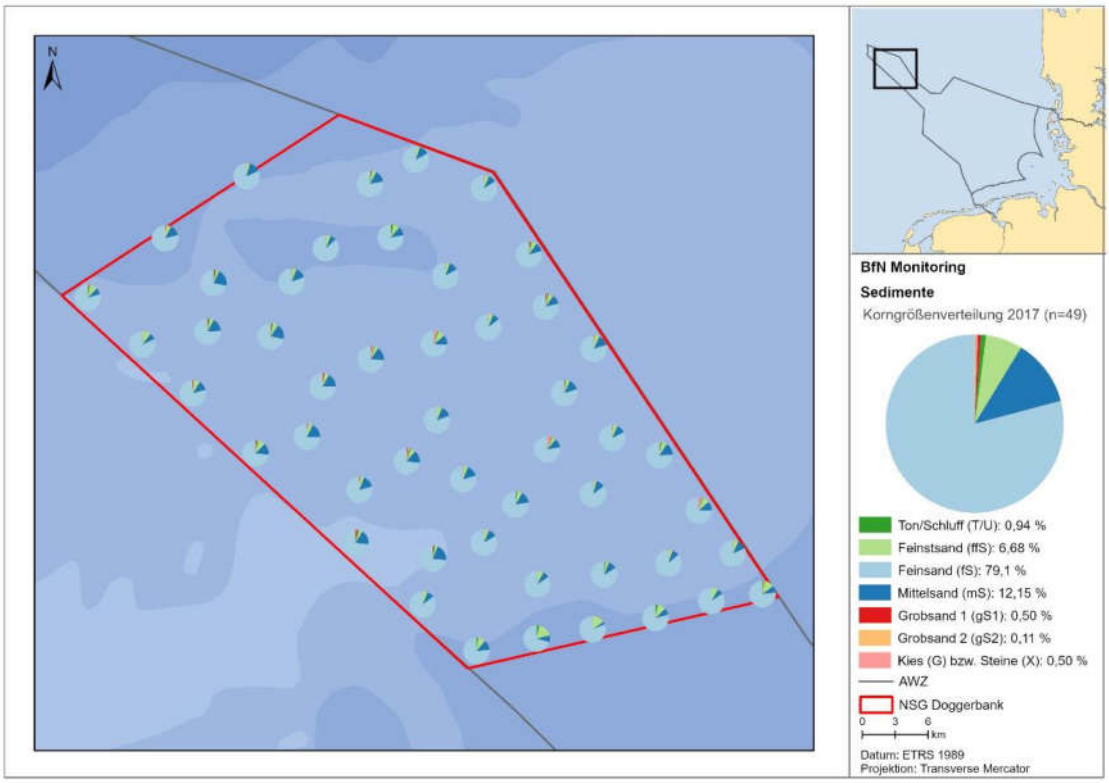


Abb. 8.5 Korngrößenverteilung im NSG „Doggerbank“ im Jahr 2017 (Bildstein et al. 2023), eigene Darstellung.

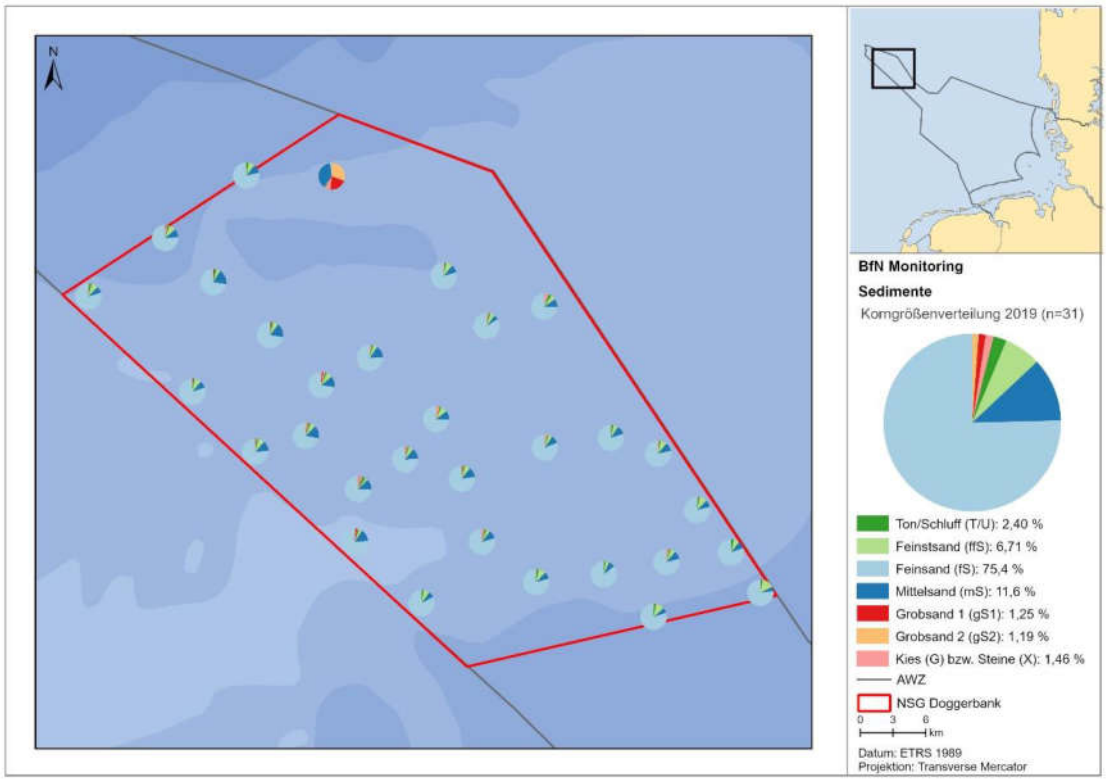


Abb. 8.6 Korngrößenverteilung im NSG „Doggerbank“ im Jahr 2019 (Bildstein et al. 2023), eigene Darstellung.

Benthos

Infauna

Im Rahmen des BfN-Monitorings (Bildstein et al. 2023) wurden in den sechs Untersuchungsjahren insgesamt 304 Infaunaarten festgestellt, wovon 37 als Rote-Liste-Arten nach Rachor et al. (2013) eingestuft sind. Dabei lag die erfasste Gesamtartenzahl pro Station zwischen 169 und 213. Über den gesamten Untersuchungszeitraum von 2013 bis 2019 ist ein Trend in der Gesamtartenzahl nicht erkennbar.

In vier von sechs Jahren dominierte der röhrenbauende Polychaet *Spiophanes bombyx* die Infaunagemeinschaft (Abb. 8.7 und Abb. 8.8). Diese Art kommt in fast allen Doggerbank-Gemeinschaften häufig vor und ist somit typisch für die Doggerbank (Wieking & Kröncke 2003). Im Jahr 2013 dominierte der vorwiegend nördlich verbreitete Quappwurm *Echiurus echiurus* die Gemeinschaft mit den höchsten Individuendichten im südlichen Bereich der Doggerbank (Abb. 8.7 sowie Abb. 8.8 und Abb. 8.9). Dies lässt sich womöglich auf die anhaltend kalten Wassertemperaturen vom Frühjahr bis Juni 2013 zurückführen, da diese Art erhöhte Abundanzen nach Eiswintern aufweisen kann (Ziegelmeier 1970). Im Jahr 2017 wurde die Infaunagemeinschaft vom irregulären Herzseeigel *Echinocardium cordatum* dominiert, wobei hier vor allem juvenile Tiere erfasst wurden (Abb. 8.7 und Abb. 8.8).

Auf dem zweiten Rang der numerischen Dominanz lagen vor allem Amphiuridae indet., *Lanice conchilega*, *Phoronis* spp. und Echinoidea indet. Den dritten Rang hatte sowohl *Bathyporeia elegans*, *E. cordatum*, Nemertea, *Edwardsia* spp. als auch *Galathowenia oculata* inne (Abb. 8.7, Abb. 8.8). *Edwardsia* spp. gilt als typische Art der „Westlichen“ und „Nordöstlichen Gemeinschaft“ der Doggerbank (Wieking & Kröncke 2003).

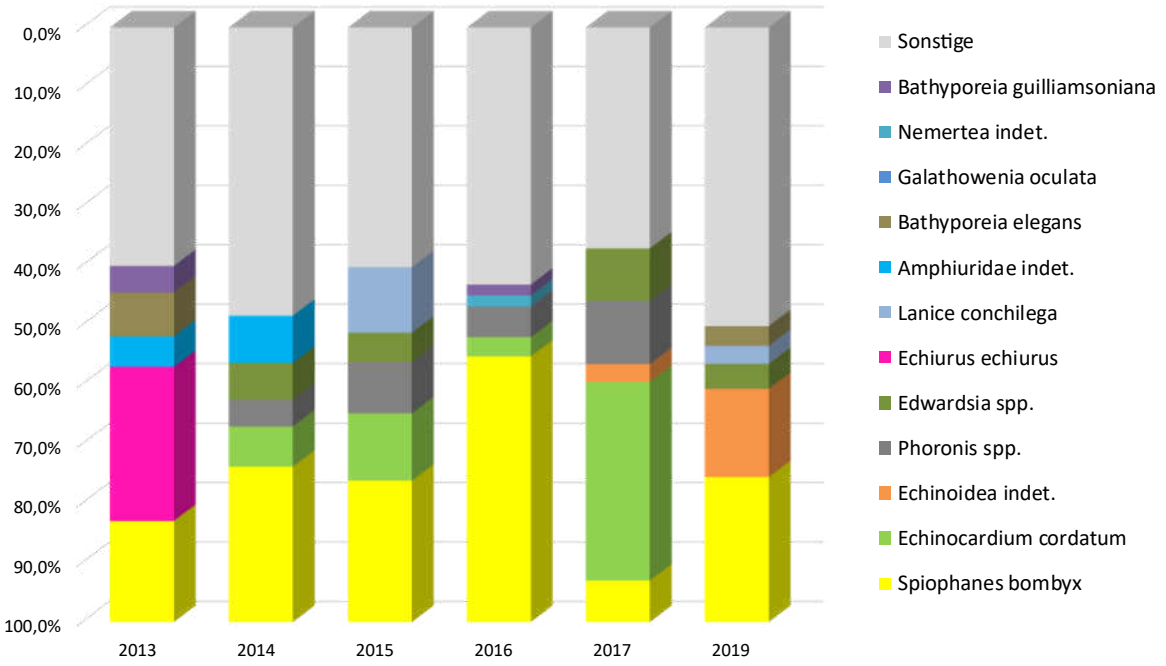


Abb. 8.7 Anteile der fünf häufigsten Infaunaarten je Untersuchungskampagne an der Gesamtabundanz des jeweiligen Jahres (Bildstein et al. 2023), eigene Darstellung.

Die Arten, die in mehreren Jahren zu den fünf numerisch dominanten Arten im NSG „Doggerbank“ gehörten, waren *S. bombyx, E. cordatum, Phoronis* spp., *Edwardsia* spp. und Amphiuridae indet.

In Bezug auf Biomasse dominierte in allen Jahren *E. cordatum* die Infaunagemeinschaft mit Anteilen von 27 – 53 %.

Typische Arten für den Lebensraumtyp „Sandbänke“ sind neben den Charakterarten der „Bank-Gemeinschaft“ (*S. bombyx, L. conchilega, Phoronis spp., Tellina fabula, Bathyporeia elegans* und *Bathyporeia guilliamsoniana*) auch die Nordseezylinderrose *Cerianthus lloydii*, *E. cordatum* und *E. echiurus.* Während *E. echiurus*, wie bereits erwähnt, nur im Jahr 2013 im südlichen Teil des NSG „Doggerbank“ in hohen Abundanzen vorkam, sind die anderen beiden Arten in allen Erfassungsjahren an mehreren Stationen erfasst worden. Der Bäumchenröhrenwurm *Lanice conchilega* hat durch seine Röhrenbildung eine besondere Bedeutung als Ökosystemenginieur für den Lebensraumtyp „Sandbänke“. Dieser Polychaet kam in allen Jahren im NSG „Doggerbank“ vor, wobei er nur in 2015 und 2019 als Charakterart auftrat.

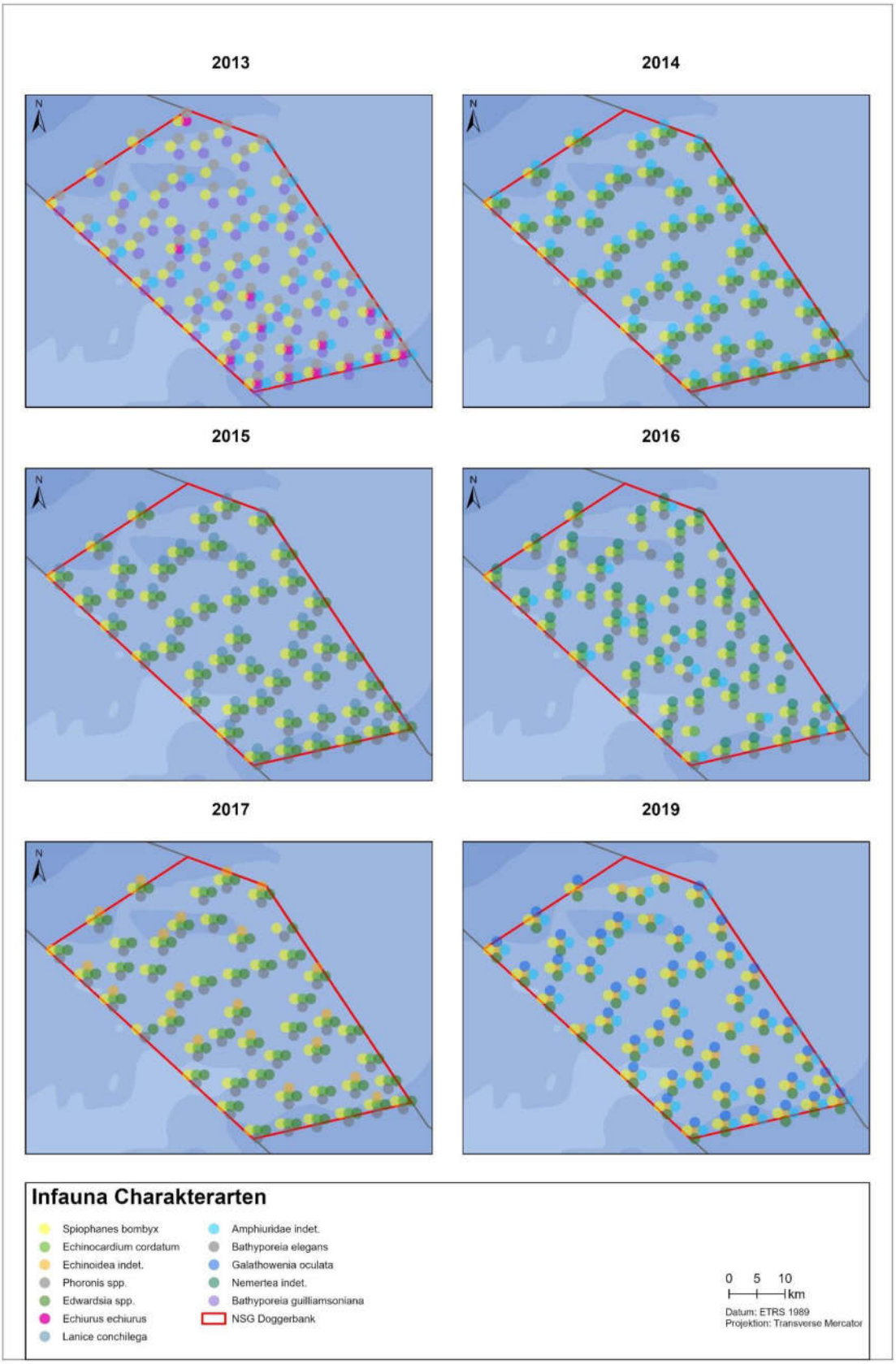


Abb. 8.8 Verteilung der 5 dominanten Benthosarten (Infauna) pro Jahr (nach Abundanz) im NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2013 bis 2017 und 2019 (Bildstein et al. 2023), eigene Darstellung.

Es wurden insgesamt 4 Rote-Liste-Arten der Kategorie 2 (stark gefährdet), 5 Arten der Kategorie 3 (gefährdet), 17 Arten der Kategorie G (Gefährdung unbekannten Ausmaßes) und 11 Arten der Kategorie R (extrem selten) nach Rachor et al. (2013) erfasst. Die häufigsten Rote-Liste-Arten im Untersuchungszeitraum waren der Quappwurm *E. echiurus* (Kategorie 2), der Zwergherzigel *Echinocyamus pusillus* (Kategorie G) und der Schuppenwurm *Sigalion mathildae* (Kategorie 3, siehe Abb. 8.9 bis Abb. 8.13). Infaunaarten der Gefährdungskategorien 0 (ausgestorben oder verschollen) und 1 (vom Aussterben bedroht) wurden im NSG „Doggerbank“ während des BfN-Monitorings 2013 bis 2019 nicht erfasst.

Die kälteliebende und langlebige Islandmuschel, *Arctica islandica* (Rote-Liste-Klasse 3), wurde in fast allen Jahren hauptsächlich im nördlichen Bereich des NSG „Doggerbank“ in sehr niedrigen Anzahlen (1 – 3 Individuen/Probe) erfasst. Eine weitere Muschelart, die Elliptische Trogmuschel *Spisula elliptica* (Rote-Liste-Klasse 2), wurde in allen Jahren in niedrigen Abundanzen erfasst, wobei sich hier die räumliche Verteilung von Jahr zu Jahr anders darstellte, und keine bevorzugten Räume festgestellt werden konnten (Abb. 8.14).

Im Mittel war *E. echiurus* die häufigste Rote-Liste-Art, gefolgt von *E. pusillus* und *S. mathildae*.

Ein Trend in Artenanzahl, Abundanz, Biomasse oder Anzahl vorkommender Rote-Liste-Arten war im Untersuchungszeitraum 2013 bis 2019 nicht erkennbar. Alle Rote-Liste-Arten traten pro Hol meist nur als Einzelfunde oder in niedrigen Individuenzahlen von maximal 14 auf. Die meisten Rote-Liste-Arten wurden im Jahr 2017 festgestellt, in welchem auch die meisten Infaunaarten erfasst wurden.

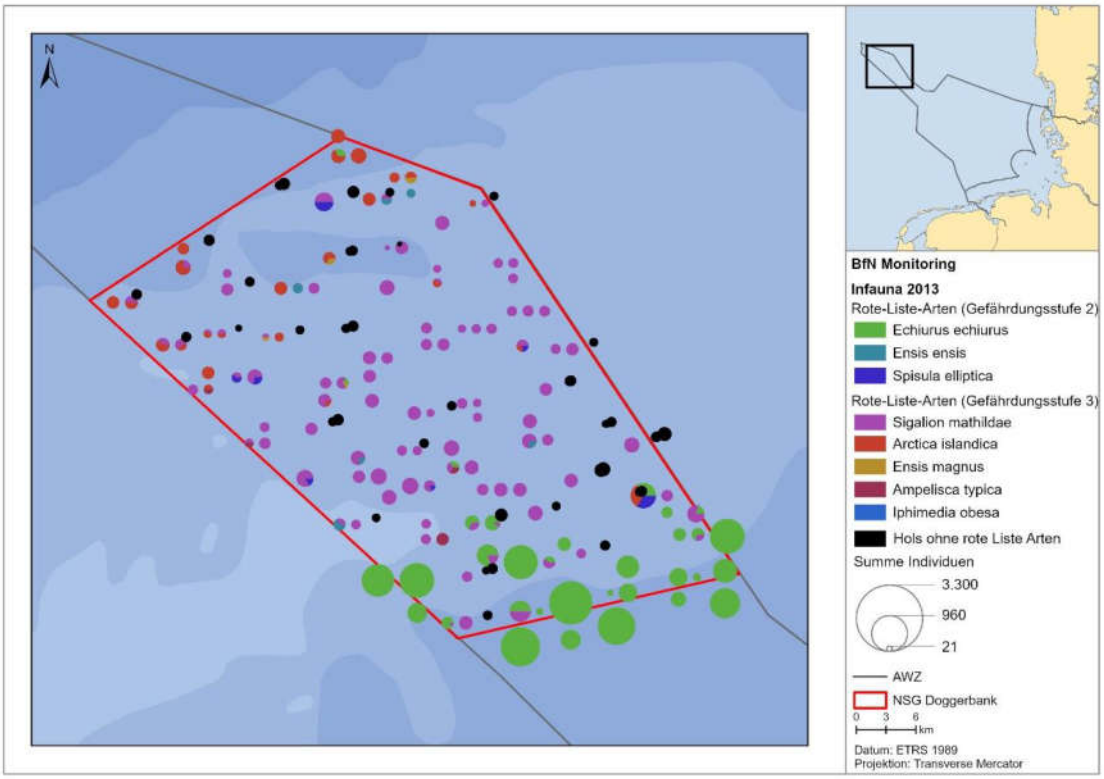


Abb. 8.9 Verteilung der Rote-Liste-Arten (Infauna) der Kategorien 2 und 3 im NSG „Doggerbank“ in 2013 (Bildstein et al. 2023), eigene Darstellung.

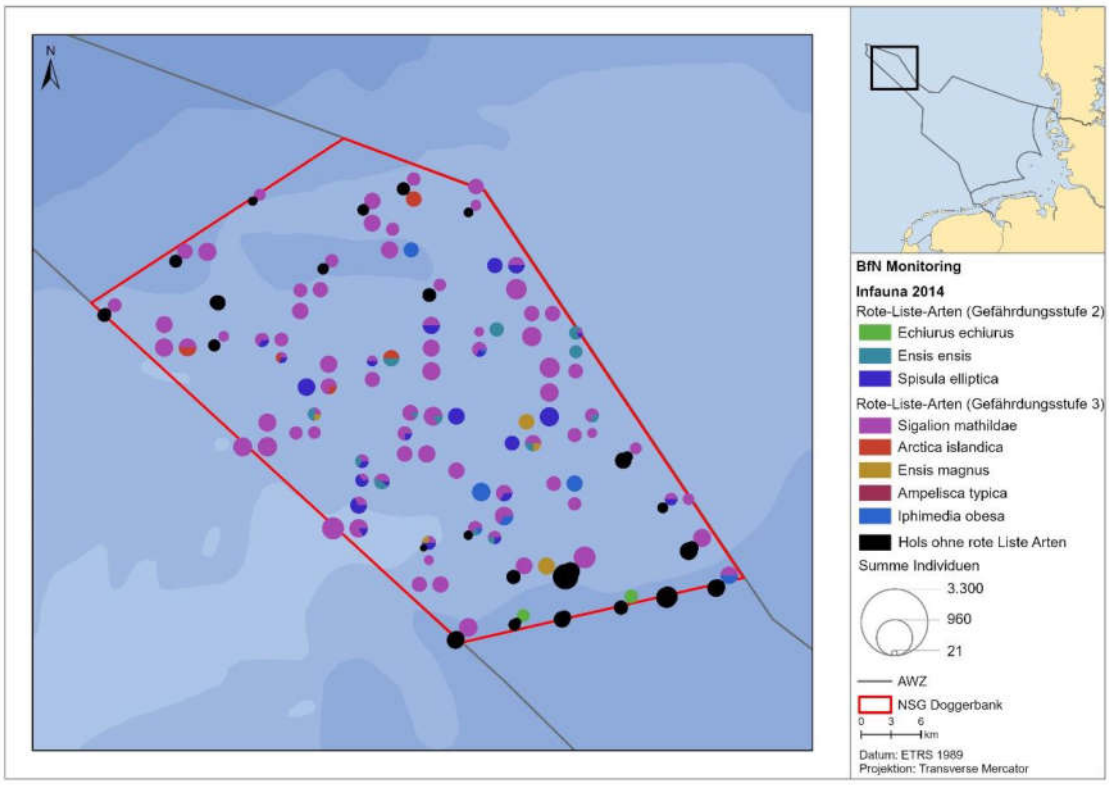


Abb. 8.10 Verteilung der Rote-Liste-Arten (Infauna) der Kategorien 2 und 3 im NSG „Doggerbank“ in 2014 (Bildstein et al. 2023), eigene Darstellung.

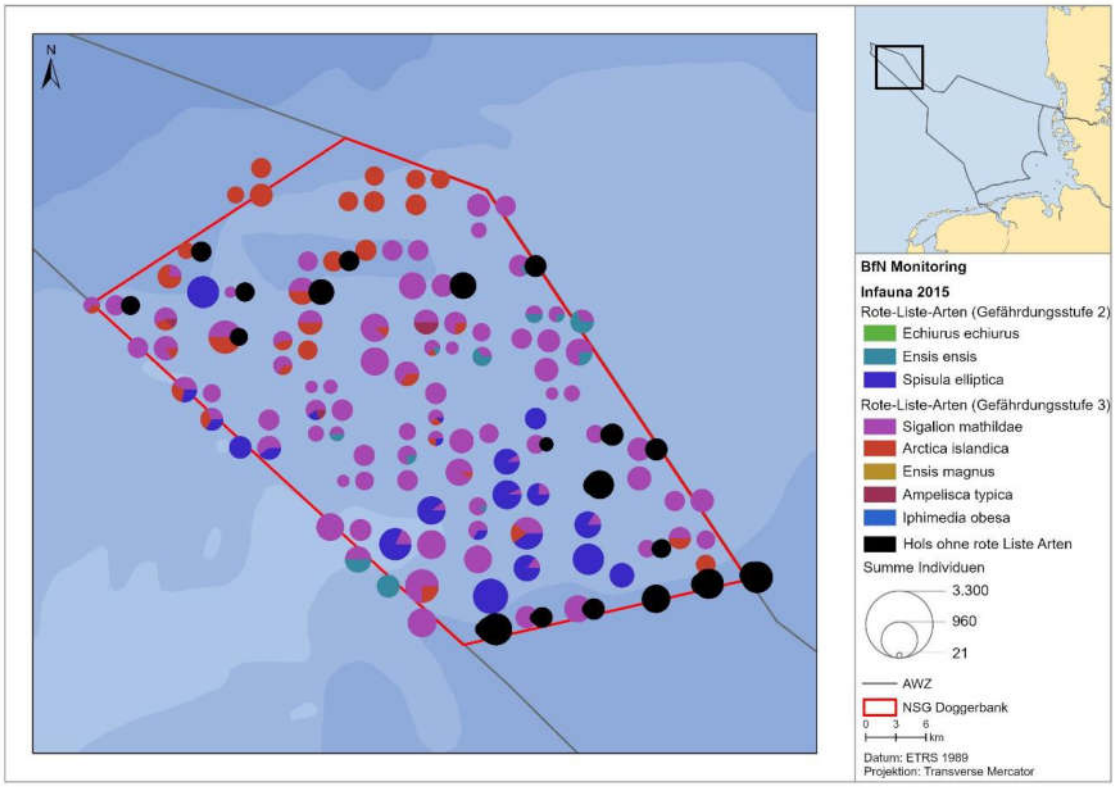


Abb. 8.11 Verteilung der Rote-Liste-Arten (Infauna) der Kategorien 2 und 3 im NSG „Doggerbank“ in 2015 (Bildstein et al. 2023), eigene Darstellung.

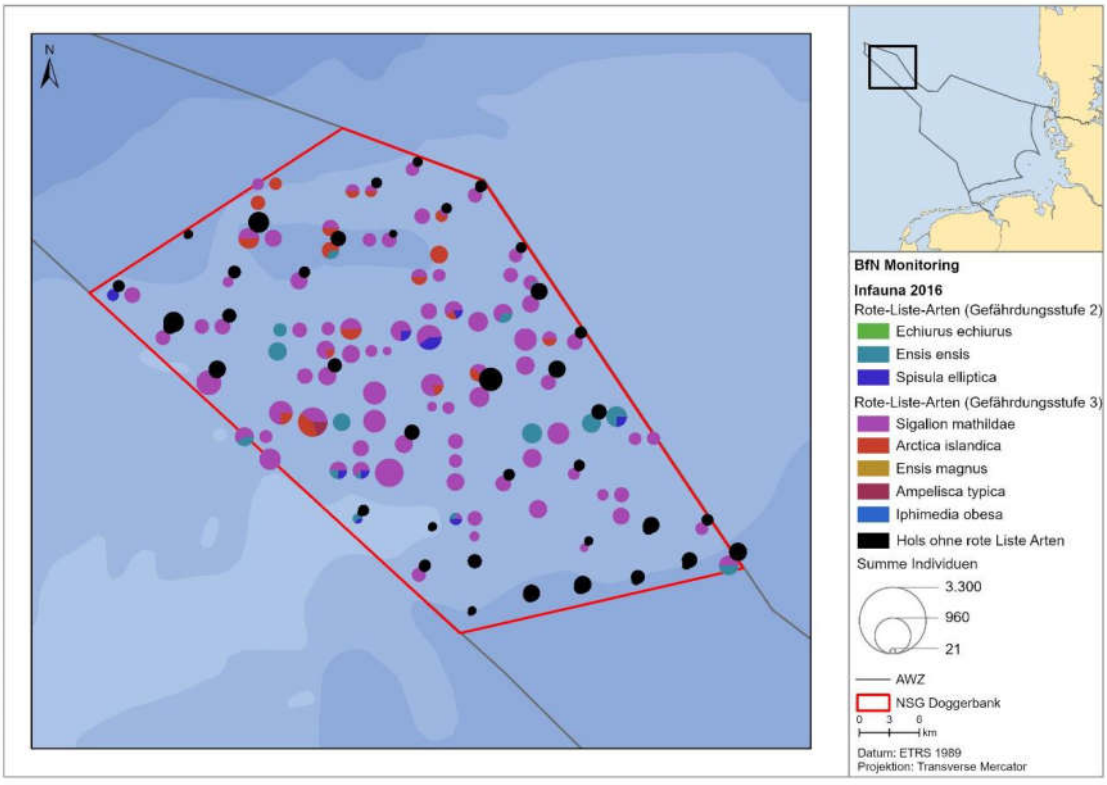


Abb. 8.12 Verteilung der Rote-Liste-Arten (Infauna) der Kategorien 2 und 3 im NSG „Doggerbank“ in 2016 (Bildstein et al. 2023), eigene Darstellung.

Abb. 8.13 Verteilung der Rote-Liste-Arten (Infauna) der Kategorien 2 und 3 im NSG „Doggerbank“ in 2017 (Bildstein et al. 2023), eigene Darstellung.

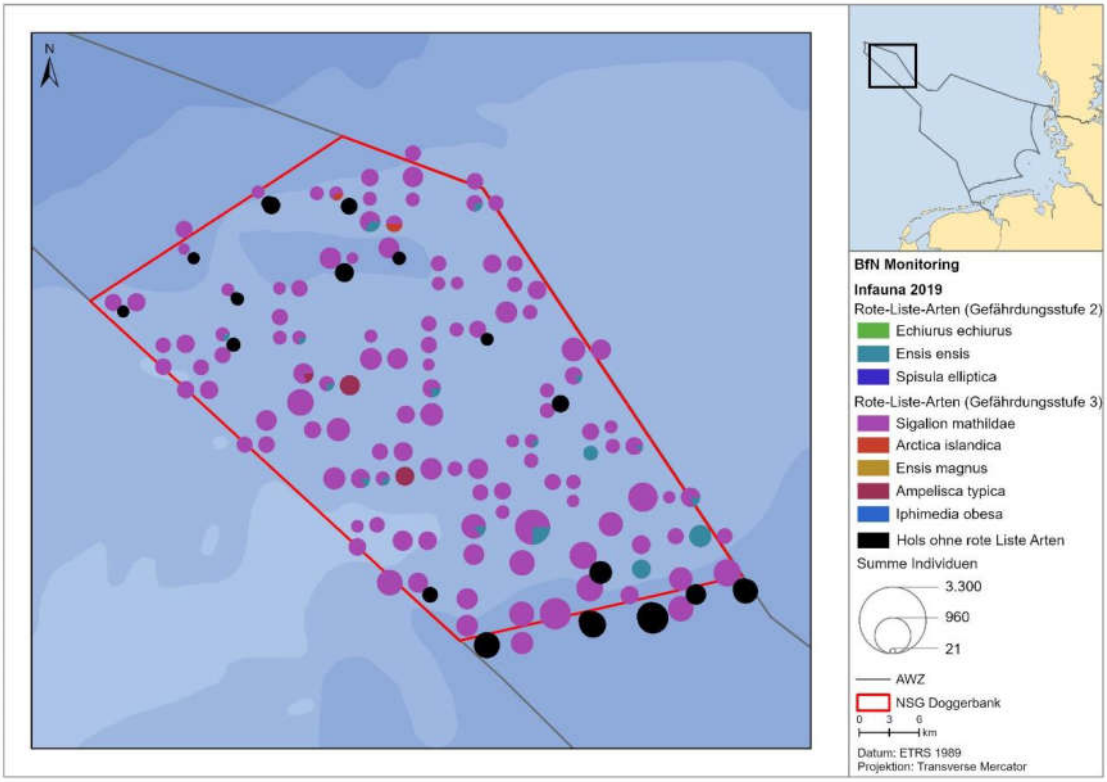


Abb. 8.14 Verteilung der Rote-Liste-Arten (Infauna) der Kategorien 2 und 3 im NSG „Doggerbank“ in 2019 (Bildstein et al. 2023), eigene Darstellung.

Epifauna

Aufgrund der angewendeten Methodik (qualitative Fänge mit 1-m-Baumkurre) des BfN-Monitorings sind die Daten der Epifaunabeprobungen weniger dazu geeignet Gemeinschaften und Charakterarten, wie im Falle der Infauna, zu bestimmen (Bildstein et al. 2023). Da der Schwerpunkt für die Charakterisierung der Weichböden-Gemeinschaften ohnehin auf der Infauna liegt, wird hier lediglich auf Artenspektrum und Artenzahlen eingegangen.

Insgesamt wurden im Untersuchungszeitraum 199 Arten der benthischen Epifauna erfasst, wovon 42 Arten der Roten Liste nach Rachor et al. (2013) zugeordnet sind. Zwei der Rote-Liste-Arten gehörten der Kategorie 0 (verschollen oder ausgestorben) an; die Muschelarten *Heteranomia squamula* und *Modiolula phaseolina.* Letztere wurde in drei Hols nachgewiesen (zwei im nördlichen Bereich des NSG „Doggerbank“ in 2015, eine im südlichen Bereich in 2016) während erstere wahrscheinlich in allen Untersuchungsjahren (inkl. der unbestimmten Anomiidae, bei denen es sich nach aktuellem Wissensstand wohl ebenfalls um *Heteranomia squamula* handelte) an mehreren Stationen nachgewiesen wurde. Weiter wurden 4 Arten der Kategorie 2 (stark gefährdet; *Cliona celata*, *Alcyonium glomeratum*, *Ensis ensis* und *Buccinum undatum*) und 3 Arten der Kategorie 3 (gefährdet; *Alcyonium digitatum*, *Arctica islandica* und *Iphimedia obesa*) erfasst. Weitere 13 Arten gehörten der Kategorie G (Gefährdung unbekannten Ausmaßes) und 20 Arten der Kategorie R (extrem selten) an.

Die Crustacea wiesen mit 65 Arten den größten Anteil an der Epifaunagemeinschaft auf, gefolgt von Bryozoa mit 33 und den Hydrozoa mit 32 Arten. Polychaeta und Echinodermata traten mit 12, Bivalvia mit nur 10 Arten in Erscheinung. In jedem Untersuchungsjahr gehörte der Großteil des Artenspektrums den Crustacea mit Anteilen zwischen 25,9 % und 40,2 % an.

Sowohl die mittlere als auch die Gesamtartenanzahl lag im Jahr 2015 auf dem höchsten Niveau und zeigte in 2013 und 2019 die niedrigsten Werte. Die Anzahl der Rote-Liste-Arten erreichte das Maximum ebenfalls im Jahre 2015 und das Minimum in 2013.

Insgesamt stellt sich die Epifauna im NSG „Doggerbank“ im Untersuchungszeitraum als artenreich dar, was neben der hohen Stationsdichte und den relativ vielen Untersuchungsjahren wohl auch dem Probenahmezeitpunkt im Sommer geschuldet ist (Bildstein et al. 2023).

Einordnung der Ergebnisse

Infauna

Im Gebiet der Doggerbank wurden drei Benthos-Gemeinschaften nach Kröncke (2011) im Naturschutzgebiet „Doggerbank“ identifiziert (BfN 2017):

1. „Bank-Gemeinschaft“ oder *Bathyporeia-Tellina*-Gemeinschaft (größter Anteil)

2. „Südliche Gemeinschaft“ (Übergang zur *Amphiura-filiformis*-Gemeinschaft)

3. „Nordöstliche Gemeinschaft“ (Übergang zur Zentralen Nordsee)

Zuvor hatten bereits Rachor & Nehmer (2003) auf Basis von älteren Literaturdaten und neuen Erhebungen zwischen 1999 und 2002 eine Habitatkartierung vorgenommen, die ein sehr ähnliches Bild zeichnet (siehe Abb. 8.15).

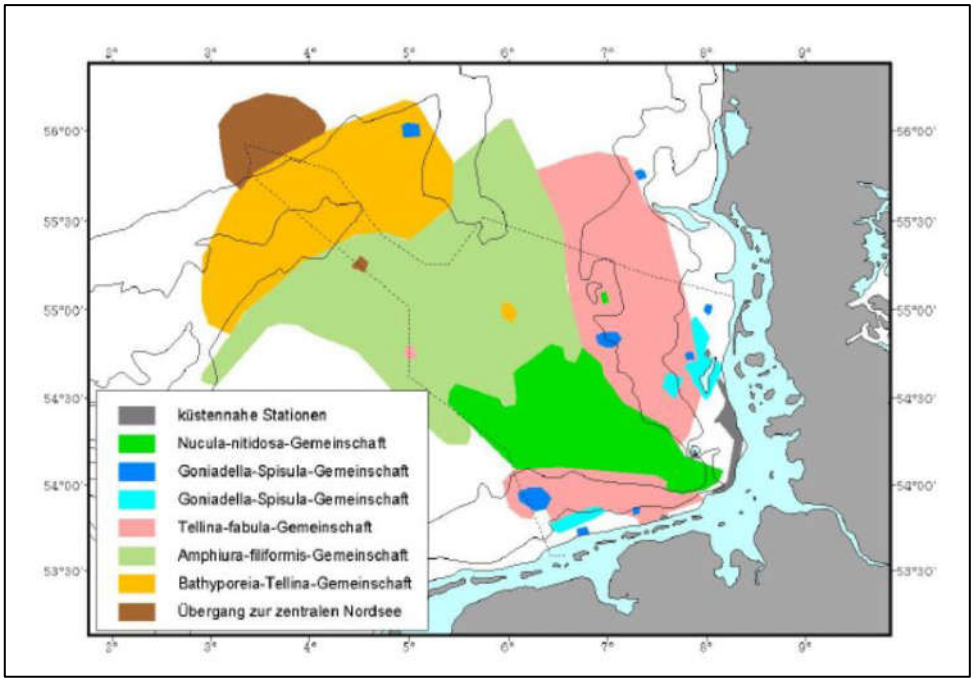


Abb. 8.15 Siedlungsgemeinschaften des Benthos im Bereich der deutschen AWZ und angrenzenden Gebieten (aus Rachor & Nehmer 2003).

Zu den Charakterarten der Bank-Gemeinschaft, welche sich auf der größtenteils flachen, zentralen Ebene der Bank ausgeprägt findet, gehören nach Finck et al. (2017) vor allem der Amphipode *Bathyporeia elegans* und der Polychaet *Spiophanes bombyx* sowie *Acrocnida brachiata, Bathyporeia guilliamsoniana, Ophelia borealis* und *Urothoe poseidonis* und bilden den Biotoptyp des ebenen Sandgrundes mit *Bathyporeia-Tellina*-Gemeinschaft. Nach langen Wintern oder späten Erwärmung des Wassers im Laufe des Jahres kann auch *Echiurus echiurus* als Charakterart auftreten. Die Analysen von Beermann et al. (2023) mit einem sehr umfangreichen Datensatz zu Sandbänken in der südlichen Nordsee konnten ebenfalls neben den o. g. Arten vor allem *Echinocardium cordatum* und *Spiophanes bombyx* als typische Arten der Bank-Gemeinschaft herausstellen, die den zentralen und nördlichen Teil des deutschen NSG „Doggerbank“ dominierten. Die meisten dieser Charakterarten wurden auch im Zuge des BfN-Monitorings festgestellt, so auch der selten vorkommende Igelwurm *Echiurus echiurus* oder die langlebige Islandmuschel *Arctica islandica*.

Aufgrund der geringen Wassertiefe auf der Doggerbank und der daraus resultierenden ganzjährlichen Durchmischung der Wassersäule, wird die Sandbank vor allem von wärmeliebenden Arten besiedelt, während der nördliche Hang von dem nördlichen Einstrom atlantischer Wassermassen aus Schottland beeinflusst ist und somit von kälteangepassten Benthosarten dominiert wird (BIOCONSULT Schuchardt & Scholle 2019). Im Zuge der Klimaerwärmung und den somit steigenden Meerestemperaturen sind vor allem kälteangepasste Benthosarten im Gebiet der Nordsee auf dem Rückzug und gelten als besonders bedroht (Wieking & Kröncke 2003).

Die Bank-Gemeinschaft besteht mittlerweile hauptsächlich aus kurzlebigen Arten. Die Art mit der höchsten max. Lebensdauer von über 500 Jahren ist die Muschel *Arctica islandica* (Islandmuschel, Butler et al. 2013). Im Bereich der Doggerbank erreicht sie jedoch maximal 167 Jahre und kommt nur in geringer Abundanz vor. Höhere Anzahlen der Islandmuschel wurden nur in den Randbereichen beobachtet (Van Moorsel 2011), was sich auch mit den Ergebnissen des BfN-Monitorings deckt. Von den häufigeren Arten in der Doggerbank erreichen die suspensions-fressenden Muscheln *Ensis ensis* und *Acanthocardia echinata* (11 - 20 Jahre, MarLIN 2006) sowie *Dosinia exoleta* (min. 12 Jahre, Tunberg 1983) das höchste Alter.

Epifauna

Untersuchungen der Epifaunagemeinschaften in der südlichen Nordsee (Neumann et al. 2017) stellten für den Bereich der Doggerbank drei Gemeinschaften heraus. Diese werden als Doggerbank-Gemeinschaft, die Dogger-Slope-Gemeinschaft und die Tailend-Gemeinschaft bezeichnet. Die Doggerbank-Gemeinschaft wurde nur kleinräumig im nordöstlichen Bereich des NSG „Doggerbank“ erfasst. Charakterarten sind *Ophiura albida*, *Asterias rubens*, *Pagurus bernhardus*, *Alcyonidium diaphanum* und *Buccinum undatum*. Zur Dogger-Slope-Gemeinschaft gehören vor allem die Arten *Asterias irregularis*, *Ophiothrix fragilis*, Porifera indet. (hier meist *Suberites ficus* und *Halichondria (Halichondria) panicea*), *P. bernhardus* und *Buglossidium luteum*, welche in der deutschen AWZ deutlich südlich der Doggerbank erfasst wurden. Der Großteil der Epifaunaproben auf der gesamten Doggerbank wurden der Tailend-Gemeinschaft zugeordnet. Die charakteristischen Arten dieser Gemeinschaft sind *Asterias rubens*, *Asterias irregularis*, *Pagurus bernhardus* und *Buglossidium luteum*.

In den Epifauna-Proben von Bildstein et al. (2023) konnten von der o. g. Doggerbank-Gemeinschaft alle fünf Charakterarten nachgewiesen werden.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Daten des BfN-Monitorings den Erkenntnissen aus der Literatur zum Gebiet der Doggerbank zu den vorkommenden Benthosgemeinschaften und dem vorhandenen Sedimenttyp sehr gut entsprechen. Typische und auch seltene Arten der Bathyporeia-Tellina-Gemeinschaft kommen regelmäßig, wenn auch teilweise in nur geringen Abundanzen, vor.

A.1.2.3. Bewertung der Datengrundlage

Es stehen als Datengrundlage sowohl Literaturdaten aus dem NSG „Doggerbank“ und den umliegenden Gebieten inklusive der Nachbarländer als auch Erfassungsdaten von Monitoring-Erfassungen zur Verfügung.

Es liegen aus den o. g. Erhebungen umfangreiche Daten zu In- und Epifauna aus den Baumkurren- und van Veen-Greifer-Untersuchungen im Auftrag des BfN vor. Die Datenbasis ist ausreichend zur Beschreibung und Bewertung des Bestandes sowie für die Beurteilung möglicher Auswirkungen und Sensitivitäten in Bezug auf das Schutzgut Benthos.

A.1.3 Fische

A.1.3.1. Datengrundlage

Aufgrund nur weniger verfügbarer Daten konnte im Rahmen der Auswertung weder die Berechnung der artspezifischen Dichten noch eine Darstellung der räumlichen Verbreitung im Untersuchungsgebiet erfolgen. Bedingt durch die geringe Anzahl an Erfassungen im Untersuchungsgebiet (siehe Abb. 8.16) wurden die Produkte der DATRAS-Datenbank (Database of Trawl Surveys) des Internationalen Rates für Meeresforschung (ICES)[214] als nicht aussagekräftig bewertet und als belastbare Datenquelle ausgeschlossen.

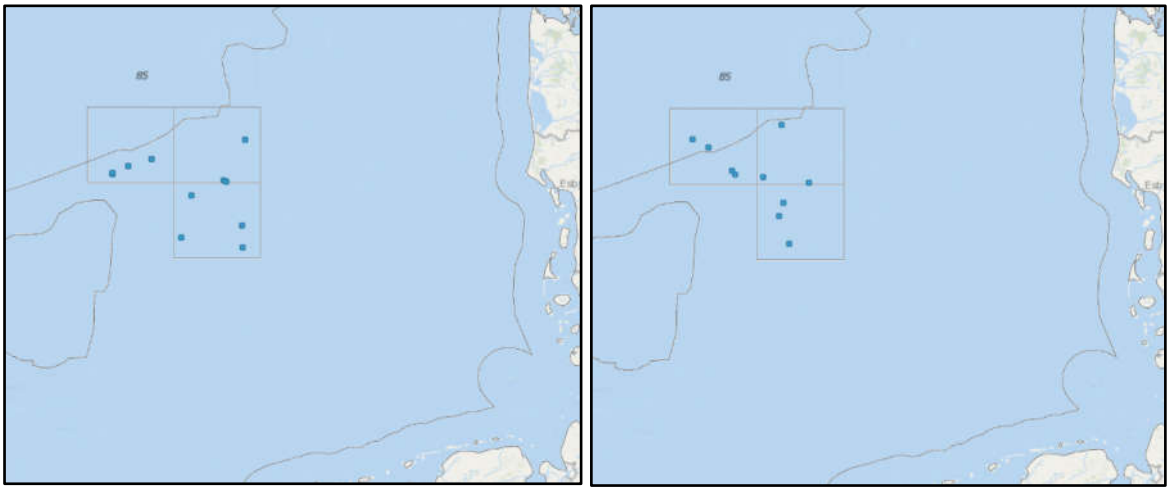


Abb. 8.16 Verteilung der im Rahmen des International Bottom Trawl Survey (North Sea) erfolgten Datenerhebungen in den Jahren 2022 (links) und 2023 (rechts) in den ICES Rechtecken 39F4, 40F3 und 40F4 (entnommen aus ICES DataPortal).

Aufgrund der wenigen Erfassungen im Untersuchungsgebiet basiert die Bewertung des Schutzgutes somit auf der Betrachtung des Zustandes der Fischvorkommen in der gesamten Nordsee unter besonderer Bezugnahme zu den Eigenschaften des Lebensraums Doggerbank. Für die Bestände ökonomisch relevanter Arten erfolgte eine Betrachtung der aktuellen Bestandsbewertungen sowie, basierend auf Daten und Erkenntnissen ausgewählter Fachliteratur, eine Einschätzung über die Bedeutung des Lebensraums Doggerbank für die entsprechenden Arten. Darüber hinaus erfolgte eine Betrachtung besonders empfindlicher oder geschützter Arten. Die Zustandsbewertung der ausgewählten Arten basiert vornehmlich auf den Ergebnissen der wissenschaftlichen Begutachtung durch den Internationalen Rat für Meeresforschung (ICES). Die Klassifizierung erfolgt dabei nach dem Ansatz des höchstmöglichen nachhaltigen Dauerertrages (MSY), welcher unter Voraussetzung der Einhaltung der Grenzwerte für Biomasse (Referenzwert B_{MSY}) und fischereiliche Sterblichkeit (Referenzwert F_{MSY}), die Ausschöpfung des maximalen Wachstumspotenzials eines Bestands vorsieht, ohne dabei dessen Fortpflanzungspotenzial zu mindern. Darüber hinaus gelten für einige Arten Referenzwerte des Vorsorgeansatzes, welche bei geringem Kenntnisstand über die zukünftige

[214] https://www.ices.dk/data/data-portals/Pages/DATRAS.aspx (zuletzt aufgerufen am 11.03.2024)

Entwicklung, der vorsichtigen Bewirtschaftung des Bestandes dienen sollen. Referenzwerte des Vorsorgeansatzes für Biomasse (B_{PA}) und Fischereiliche Sterblichkeit (F_{PA}) sollen demnach die Unsicherheiten in der Bestandsanalyse und folglich in der Bestandsbewertung berücksichtigen.

Für Informationen zum potenziellen Vorkommen im Untersuchungsgebiet wird unter anderem auf Publikationen von Sell et al. (2007), Sell & Kröncke et al. (2013) sowie auf Beschreibungen von van Moorsel (2011) verwiesen.

A.1.3.2. Bestandsbeschreibung

In der deutschen Nordsee gelten 107 Fisch- und Neunaugenarten als etabliert (Thiel et al. 2013). Zu den typischen demersalen Arten (bodenlebend) gehören Lammzunge (*Arnoglossus laterna)*, Zwergzunge (*Buglossidium luteum)*, Kliesche (*Limanda limanda)*, Scholle (*Pleuronectes platessa)*, Steinbutt (*Scophthalmus maximus)*, Glattbutt (*Scophthalmus rhombus)* und Seezunge (*Solea solea)*. Hering (*Clupea harengus)*, Makrele (*Scomber scombrus)*, Sprotte (*Sprattus sprattus)* und Holzmakrele (*Trachurus trachurus)* stellen die typischen Arten der pelagischen (im Freiwasser lebend) Fischgemeinschaft dar (BSH 2021c). 2022 für die deutsche kommerzielle Fischerei am bedeutendsten waren Makrele und Sprotte, der Kabeljau (*Gadus morhua*), und diverse demersal lebende Plattfische wie Scholle, Flunder (*Platichthys spp*.) und Kliesche (BLE 2023). Auf der Doggerbank erweist sich die Artenzusammensetzung und Vielfalt als sehr variabel. Der LRT Sandbänke bietet aufgrund der geringen Wassertiefen, dem geringen Anteil an Schwebstoffen in der Wassersäule und dem damit verbundenen hohen Lichteinfall optimale Bedingungen für benthisches Algenwachstum und somit eine hohe Primärproduktion (Brockmann & Wegener 1985, Brockmann et al. 1990). Dies wiederum schafft ein ausreichendes Nahrungsangebot und damit optimale Wachstumsbedingungen für die dort befindliche Fischfauna. Eine Studie des Bureau Waardenburg (2017) listet über 50 typische Charakterarten, darunter 12 Fischarten des LRT Sandbänke, welche für die Erhaltungsziele des NSG „Doggerbank“ von Bedeutung sind, darunter Sandaal (*Ammodytes spp*), Zwergzunge, Grauer Knurrhahn (*Eutrigla gurnardus*), Scholle, Kliesche und Wittling (*Merlangius merlangus*). Sonnewald und Türkay (2012a) beschreiben auf der Doggerbank das Vorkommen von 42 Arten basierend auf den Auswertungen von 15 wissenschaftlichen Beprobungen zwischen 1991 und 2008. Am häufigsten vertreten waren dabei die Lammzunge, die Zwergzunge sowie die Kliesche. Darüber hinaus konnten Viperqueise (*Echiichthys vipera*), Gestreifter Leierfisch (*Callionymus lyra*), Grauer Knurrhahn, Scholle und Sandgrundel (*Pomatoschistus minutus*) vermehrt im Untersuchungsgebiet festgestellt werden. Die Ergebnisse der Studie zeigen einen Rückgang der Artenvielfalt seit Beginn des Untersuchungszeitraums. Trotz kurzweiliger Anstiege in vereinzelten Untersuchungsjahren beschreiben die Ergebnisse somit einen übergeordneten Abwärtstrend (siehe Abb. 8.17).

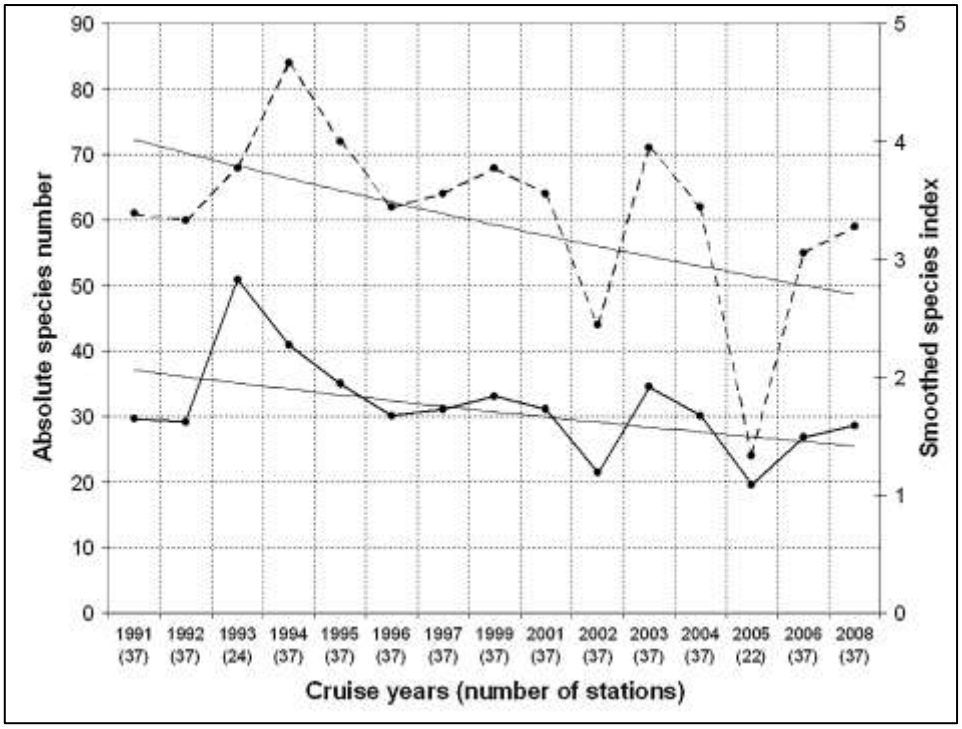


Abb. 8.17 *Artenreichtum auf der Doggerbank basierend auf 15 wissenschaftlichen Beprobungen zwischen 1991 und 2008. Die obere, gestrichelte Linie zeigt die Gesamtartenzahl pro Jahr, die untere, durchgezogene Linie zeigt die Gesamtartenzahl geteilt durch die Anzahl der beprobten Stationen. Die dünnen grauen Linien beschreiben die exponentielle Kurvenanpassung (entnommen aus Sonnewald & Türkay 2012a).*

Sell et al. (2007) beschreiben eine ähnliche Artzusammensetzung bei Befischung mittels Grundschleppnetzes im Jahr 2006. Insgesamt wurden 32 demersal lebende und 4 pelagische Arten auf der gesamten Doggerbank festgestellt. Kliesche und Grauer Knurrhahn konnten während aller Beprobungen im Untersuchungszeitraum erfasst werden und dominierten dabei die meisten Fänge hinsichtlich der Biomasse. Die Auswertung aller 35 Stationen ergab eine maximale Biomasse von 191 kg pro 30-minütiger Befischung. Darüber hinaus erfolgte die Beprobung mittels 2-m Baumkurre, welche für den Fang kleiner Grundfischarten eingesetzt wurde. Die durchschnittlichen Fangraten der Baumkurre entsprachen dabei etwa 0,91 kg/1.000 m^2. Am häufigsten vertreten waren die Arten Zwergzunge, Lammzunge, Kliesche, Sandgrundel und Großer Schlangenaal. In Bezug auf die Biomasse dominierten die Arten Kliesche, Zwergzunge, Rotzunge (*Microstomus kitt*), Lammzunge und Scholle. Zusammenfassend scheint die Artenvielfalt und das Vorkommen in den Randgebieten der Doggerbank deutlich ausgeprägter zu sein als in den flachen Bereichen in der Mitte der Doggerbank (Van Moorsel 2011). Bei Betrachtung der gesamten Doggerbank bestätigen Sell et al. (2007) die Beobachtungen von Callaway et al. (2002), wonach bei der Fischfauna der Nordsee anhand der 50 m Tiefenlinie zwischen einer südlichen und einer nördlichen Artgemeinschaft unterschieden werden kann. In den flacheren Gebieten der Doggerbank wurde dementsprechend überwiegend die für die südliche Nordsee typische Fischfauna festgestellt, welche bei Befischung mittels 2-m Baumkurre gemäß Callaway et al. (2002) von kleinen Grundfischarten wie Zwergzunge, Kliesche, Gestreifter Leierfisch und Lammzunge dominiert wird. Tiefere Stationen an der südwestlichen Flanke der Doggerbank wiesen hingegen vermehrt die durch Kliesche und Dog-

gerscharbe (*Hippoglossoides platessoides*) charakterisierte nördliche Artgemeinschaft auf. Bei Befischung größerer Grundfischarten mittels Grundschleppnetzes stimmen die Ergebnisse von Sell et al. (2007) erneut mit den von Callaway et al. (2002) beschriebenen typischen Artgemeinschaften überein. Die vermehrt vorkommende südliche Artgemeinschaft in den flacheren Gebieten der Doggerbank wurde von Arten wie Wittling, Grauer Knurrhahn und Kliesche dominiert, während die Fänge in tieferen Gebieten an der südwestlichen Flanke größere demersale Arten wie Schellfisch (*Melanogrammus aeglefinus*), Wittling und Scholle aufwiesen. Die Gesamtbiomasse erwies sich vor allem im nordöstlichen Bereich sowie an der südwestlichen Flanke als erhöht, wohingegen die gefangene Biomasse an Stationen in flacheren Wasserbereichen auf der zentralen Doggerbank deutlich geringer war (siehe Abb. 8.18).

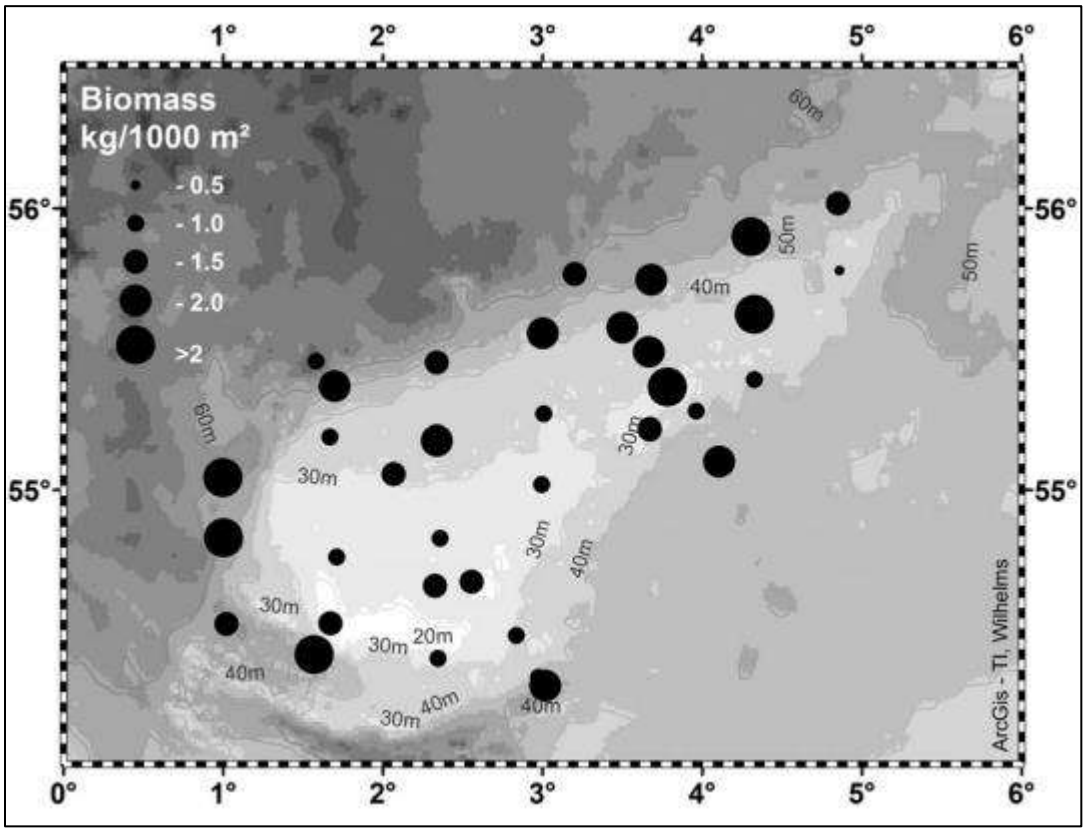


Abb. 8.18 *Gesamtbiomasse in kg pro 1.000 m² bei Befischung mittels Grundschleppnetz im Jahr 2006 (entnommen aus Sell & Kröncke 2013).*

Der Zustand der wichtigsten Fischbestände und deren Vorkommen in der gesamten Nordsee soll in Folge unter besonderer Bezugnahme zu den Eigenschaften des Lebensraums Doggerbank gesondert betrachtet werden. Dies umfasst die Arten Kliesche, Lammzunge, Zwergzunge, Gestreifter Leierfisch, Grauer Knurrhahn, Scholle, Sandaal und Wittling. Für die Bestände ökonomisch relevanter Arten erfolgte eine Betrachtung der aktuellen Bestandsbewertungen sowie, basierend auf Daten und Erkenntnissen ausgewählter Fachliteratur eine Einschätzung über die Bedeutung des Lebensraums Doggerbank für die entsprechenden Arten. Darüber hinaus erfolgte eine Betrachtung besonders empfindlicher oder geschützter Arten.

Kliesche *(Limanda limanda*)

Die Kliesche ist eine der am häufigsten vorkommenden Plattfischarten in der Nordsee und lebt, mit Ausnahme des Larvenstadiums, überwiegend demersal. Der Nordseebestand hat in der kommerziellen Fischerei eine geringe Bedeutung und wird überwiegend als Beifang in der Schollen- und Seezungenfischerei entnommen. Seit 2002 liegen neben Daten zu Biomasse, fischereilicher Sterblichkeit und Reproduktionsfähigkeit auch Informationen zu Rückwürfen vor. Zwischen 2019 und 2021 wurden demnach etwa 89 % und somit ein Großteil des Gesamtfangs zurückgeworfen (ICES 2023a). Aufgrund der unter anderem durch Rückwürfe bedingten unvollständigen Fangdaten, erfolgt die Bestandsbeurteilung derzeit nicht anhand von analytischen Bestandsberechnungen, sondern basierend auf Trends und gemäß der durch das MSY-Konzept definierten Grenzwerte in Form von Proxys (mögliche Kandidaten für MSY-Referenzwerte). Die Auswertungen für den Nordseebestand zeigen einen Rückgang der Laicherbiomasse sowie der Nachwuchsproduktion seit 2016 bzw. seit 2015 auf, wobei letztere sich in den vergangenen Jahren zu stabilisieren schien. Jüngste Abschätzungen zur Biomasse (2021) belaufen sich auf etwa 196.000 Tonnen. Die natürliche und fischereiliche Sterblichkeit unterliegt unterdessen deutlichen Schwankungen und erlaubt keine Trendabschätzung (ICES 2023a). Seit 2017 werden für diese Art keine Fangbegrenzungen festgelegt, da sie als Beifangart der Schollen- und Seezungenfischerei nicht gezielt befischt wird.

Gemäß Bureau Waardenburg (2017) gehört die Kliesche zu den Charakterarten des Lebensraumtyps Sandbänke. Bei Auswertungen von wissenschaftlichen Beprobungen der Doggerbank zwischen 1991 und 2008 traten Klieschen neben Lamm- und Zwergzungen am häufigsten im Untersuchungsgebiet auf (Sonnewald & Türkay 2012a). Sonnewald und Türkay (2012a) beschreiben die Art als typischen Vertreter der Fauna mit dem dritthöchsten mittleren Präsenzindex der Studie. Ausgewachsene Exemplare sind demnach hauptsächlich auf sandigem Grund in Tiefen von bis zu 100 m vorzufinden. Jüngere Publikationen der Autoren beschreiben die Ergebnisse einer Langzeit-Monitoring Studie einer festen Station im nordöstlichen Bereich der Doggerbank (Sonnewald & Türkay 2012c, Hahn et al. 2023). In den Jahren von 1991 bis 2021 wurde die Station 20-mal angefahren, wobei mit Ausnahme einiger weniger Jahre über einen Zeitraum von 48 Stunden alle 3 Stunden eine Probenentnahme erfolgte. Von den insgesamt 115 identifizierten Arten gehörte die Kliesche, erneut neben Zwerg- und Lammzunge, zu den am häufigsten auftretenden Arten und konnte in jedem Untersuchungsjahr festgestellt werden. Dies wird bestätigt von Studien von Sell et al. (2007) und Sell & Kröncke (2013). Bei Befischungen im Jahr 2006 konnte die Kliesche an allen Stationen auf der Doggerbank erfasst werden und dominierte darüber hinaus, zusammen mit dem Grauen Knurrhahn, die Mehrheit der Fänge hinsichtlich der Biomasse (844,56 Ind./ 30 Min. bzw. 56,3 kg/ 30 Min.). Bei Betrachtung möglicher Zusammenhänge zwischen benthischen Lebensräumen und Grundfischbeständen konnte für die Kliesche kein klarer Bezug zu bestimmten Lebensraumeigenschaften oder Gemeinschaften der In- und Epifauna hergestellt werden (Sell & Kröncke 2013). Dies wird unter anderem durch die opportunistische Lebensweise adulter Tiere und deren Unabhängigkeit von der Komposition benthischer Beuteorganismen erklärt (Kaiser & Ramsay 1997, Hinz et al. 2005). Untersuchungen der Laichgebiete in Nordsee identifizierten neben Gebieten in der Deutschen Bucht, nordwestlich von Helgoland, auch einen Schwerpunkt im näheren Umkreis der Doggerbank (Van der Land 1991).

Lammzunge (*Arnoglossus laterna*)

Über den Bestand der Lammzunge lassen sich derzeit keine genauen Angaben machen, da diese Art nicht kommerziell befischt wird und somit nur wenige Daten zum Vorkommen vorliegen. Jedoch gibt es Hinweise darauf, dass sich der Bestand in den Jahren seit 1970 in der Nordsee ausgeweitet hat (Van Hal et al. 2010). Auswertungen niederländischer Baumkurren Surveys zeigen eine Zunahme seit Beginn der Zeitreihe, so stieg die Präsenz von Lammzungen in den Fängen von etwa 20 bis 50 % zu Beginn, auf etwa 90 % in den späten 1980er Jahren an. Während des Untersuchungszeitraums konnte somit die Ausweitung des Verbreitungsgebiets, welches ursprünglich auf die südlichen, küstennahen Bereiche beschränkt war, in nördliche, küstenferne Bereiche festgestellt werden (Van Hal et al. 2010).

Die Lammzunge wird ebenfalls als Charakterart für den LRT Sandbänke angegeben (Bureau Waardenburg bv 2017). Bei Auswertungen von wissenschaftlichen Beprobungen der Doggerbank zwischen 1991 und 2008 traten Lammzungen neben Klieschen und Zwergzungen am häufigsten im Untersuchungsgebiet auf (Sonnewald & Türkay 2012b). Obwohl angenommen wird, dass die Lammzunge gemischte oder schlammige Böden bevorzugt (Nielsen 1986), wurde sie jährlich an nahezu allen Stationen festgestellt. Sonnewald und Türkay (2012b) beschreiben die Art mit dem sechsthöchsten mittleren Präsenzindex der Studie. Bei Auswertungen der Langzeit-Monitoring Studie einer Station im nordöstlichen Bereich der Doggerbank zählte die Lammzunge ebenso wie die Kliesche und Zwergzunge zu den am häufigsten vertretenden Arten im Untersuchungszeitraum (Hahn et al. 2023). Studien von Sell et al. (2007) sowie Sell & Kröncke (2013) bestätigen das hohe Vorkommen der Art im Untersuchungsgebiet. Bei Befischung mittels 2-m Baumkurre, zählte die Lammzunge nach der Zwergzunge als zweithäufigste Art mit eine mittleren Fangrate von 9,98 Ind./ 1.000 m^2 bzw. 0,089 kg/ 1.000 m^2. Bei Untersuchungen hinsichtlich möglicher Zusammenhänge zwischen benthischen Lebensräumen und Grundfischbeständen schien das Vorkommen der Lammzunge von den mittels 2-m Baumkurre gefangenen Arten am wenigsten von den abiotischen Habitatparametern abhängig zu sein (Sell & Kröncke 2013).

Zwergzunge (*Buglossidium luteum*)

Über den Bestand der Zwergzunge lassen sich derzeit keine genauen Angaben machen, da diese Art nicht kommerziell befischt wird und somit nur wenige Daten zum Vorkommen in der Nordsee vorliegen. Ebenso wie für die Lammzunge lässt sich jedoch auch für die Zwergzunge eine Ausweitung des Bestandes in der Nordsee seit den 1970er Jahren feststellen (Van Hal et al. 2010). Die Ergebnisse der jährlichen Baumkurren Surveys lassen auch für diese Art eine Zunahme seit Beginn der Zeitreihe und somit die Ausweitung des Verbreitungsgebiets, welches ursprünglich auf die südlichen, küstennahen Bereiche beschränkt war, in nördliche, küstenferne Bereiche erkennen (Van Hal et al. 2010).

Ebenso wie die Lammzunge wird die Zwergzunge als Charakterart für den LRT Sandbänke angegeben (Bureau Waardenburg bv 2017). Neben Kliesche und Lammzunge trat die Zwergzunge bei Auswertungen von wissenschaftlichen Beprobungen der Doggerbank zwischen 1991 und 2008 am häufigsten im Untersuchungsgebiet auf (Sonnewald & Türkay 2012a). Von den insgesamt 115 identifizierten Arten wies die Zwergzunge den höchsten mittleren Präsenzindex auf und konnte

in jedem Untersuchungsjahr an jeder Station festgestellt werden. Bei der Mehrheit der Fänge erreichte die Zwergzunge die höchste Abundanz. Auch in jüngeren Studien (Hahn et al. 2023) zählte die Zwergzunge ebenso wie die Kliesche und die Lammzunge zu den am häufigsten vertretenen Arten im Untersuchungszeitraum. Da die Art sandige Böden und flache Gebiete bevorzugt und sich von einer breiten Palette benthischer Organismen ernährt, wird angenommen, dass die Doggerbank ein optimales Habitat für die Zwergzunge darstellt (Schückel et al. 2011). Dies wird erneut von Studien von Sell et al. (2007) sowie Sell & Kröncke (2013) bestätigt. Bei Befischungen im Jahr 2006 konnte die Zwergzunge an allen Stationen auf der Doggerbank erfasst werden und dominierte darüber hinaus bei Befischung mittels 2-m Baumkurre, zusammen mit Kliesche, Lammzunge, Rotzunge und Scholle die Mehrheit der Fänge hinsichtlich der Biomasse (34,88 Ind./ 1.000 m^2 bzw. 0,247 kg/ 1.000 m^2.). Bei Betrachtung möglicher Zusammenhänge zwischen benthischen Lebensräumen und Grundfischbeständen konnte für die Zwergzunge ein erhöhtes Vorkommen in flacheren Gebieten festgestellt werden (Sell & Kröncke 2013). Darüber hinaus korrelierte das Vorkommen der Zwergzunge deutlich mit dem Vorkommen des Amphipoden *Bathiporeia elegans,* welcher zur bevorzugten Nahrung dieser Art zählt (Schückel et al. 2011).

Gestreifter Leierfisch (*Callionymus lyra*)

Über den Bestand des Gestreiften Leierfischs lassen sich derzeit keine genauen Angaben machen, da diese Art nicht kommerziell befischt wird und somit nur wenige Daten zum Vorkommen vorliegen. Das Verbreitungsgebiet erstreckt sich über die gesamte Nordsee[215] wobei höhere Abundanzen in den küstennahen Bereichen festgestellt wurden und das Vorkommen mit zunehmender Entfernung zur Küste abnimmt (Van Der Veer et al. 1990). Callaway et al. (2002) beschreiben *C. lyra* als eine typische Charakterart der für die südliche Nordsee typischen Fischfauna, welche neben dem Gestreifte Leierfisch ebenso von Zwergzunge, Kliesche und Lammzunge dominiert wird und vornehmlich oberhalb der 50 m Tiefengrenze vorkommt.

C. lyra wird ebenfalls als Charakterart für den LRT Sandbänke angegeben (Bureau Waardenburg bv 2017). Mit einem mittleren Präsenzindex von 0,493 beschreiben Sonnewald & Türkay (2012a) die Art als zugehörig zur allgemeinen Doggerbankfauna jedoch ohne Dominanz. Untersuchungen mittels 2-m Baumkurre im Jahr 2006 (Sell et al. 2007) beschreiben ein regelmäßiges Vorkommen des Gestreiften Leierfisches in den Fängen mit 1,26 Ind./ 1.000 m^2 bzw. 0,035 kg/ 1.000 m^2, mit einem vermehrten Vorkommen in flacheren Bereich der Doggerbank.

Grauer Knurrhahn (*Eutrigla gurnardus*)

Der Graue Knurrhahn gehört zu den am weitesten verbreiteten demersal lebenden Arten der Nordsee, welcher als Generalist ein breites Beutespektrum aufweist und somit einen wichtigen Prädator in der Nordsee darstellt (Floeter & Temming 2005, Floeter et al. 2005). Der Bestand von *E. gurnardus* in der Nordsee wird derzeit zusammen mit den Beständen des östlichen Ärmelkanals, sowie des Skagerrak und Kattegat ermittelt. Trotz einer ausgesprochenen Fangquotenempfehlung des ICES existiert derzeit keine Fangquotenregelung für diese Art, da sie hauptsächlich als Beifangart in der Grundschleppnetzfischerei auf Rund- und Plattfische gilt (ICES 2022b). Darüber hinaus wird *E.*

[215] Callionymus lyra (Dragonet) (iucnredlist.org)

gurnardus als Beifang in der industriellen Sandaal- und Sprottenfischerei gefangen. Die seit 2012 vorliegenden Daten zeigen hohe Rückwurfquoten von etwa 81 % in den Jahren zwischen 2019 und 2021 (ICES 2022b). Der Biomasseindex zeigt nach einem initialen Anstieg zwischen 1987 und 1999 einen Rückgang des Bestandes bis 2001 und eine anschließende Erholung bis 2018 an, bevor in den vergangenen Jahren erneut ein Rückgang der Population zu verzeichnen ist.

Gemäß Bureau Waardenburg (2017) gehört der Graue Knurrhahn zu den Charakterarten des LRT Sandbänke. Bei Auswertungen von wissenschaftlichen Beprobungen der Doggerbank zwischen 1991 und 2008 trat *E. gurnardus* regelmäßig im Untersuchungsgebiet auf (Sonnewald & Türkay 2012a). Mit einem mittleren Präsenzindex von 0,330 beschreiben Sonnewald & Türkay (2012a) die Art als zugehörig zur allgemeinen Doggerbankfauna jedoch ohne Dominanz. Bei Befischung mittels Grundschleppnetz im Jahr 2006 dominierte *E. gurnardus* hingegen, zusammen mit der Kliesche, die Mehrzahl der Fänge hinsichtlich der Biomasse (199,14 Ind./ 30 Min. bzw. 15,4 kg/ 30 Min.) und konnte an allen Stationen erfasst werden (Sell et al. 2007). Schwerpunkte in der Verbreitung lagen vor allem im nordöstlichen Bereich der Doggerbank, sowie im südöstlichen Randbereich (siehe Abb. 8.19).

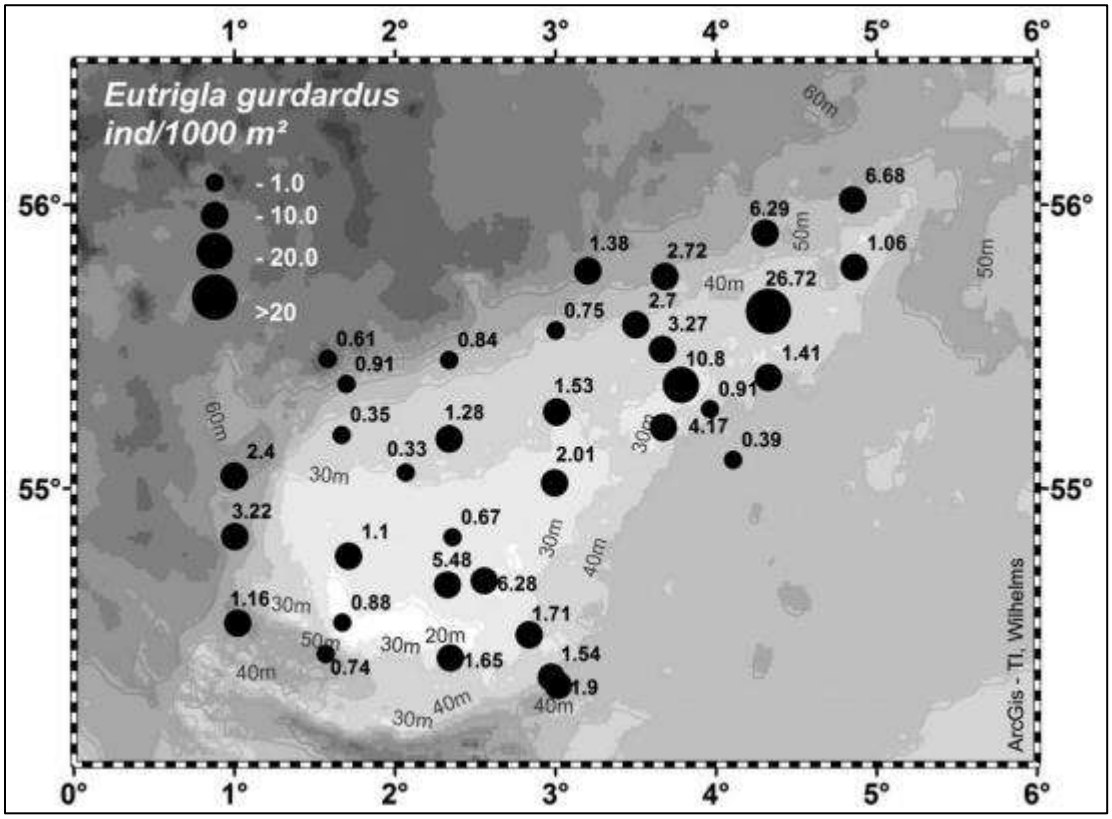


Abb. 8.19 Verteilung der Art Eutrigla gurnardus in Individuen pro 1.000 m² bei Befischung mittels Grundschleppnetze im Jahr 2006 (entnommen aus Sell & Kröncke 2013).

Bei Betrachtung möglicher Zusammenhänge zwischen benthischen Lebensräumen und Grundfischbeständen konnte für den Grauen Knurrhahn kein klarer Bezug zu bestimmten Lebensraumeigenschaften oder Gemeinschaften der In- und Epifauna hergestellt werden (Sell & Kröncke 2013). In einer weiteren Studie zur räumlichen Bewertung der Räuber-Beute-Beziehung zwischen Kabeljau

und dem Grauen Knurrhahn konnte ein vermehrtes Vorkommen des Grauen Knurrhahns in flacheren Gewässern (< 65 m) mit höheren Temperaturen (> 14 °C) festgestellt werden (Kempf et al. 2013), sodass anzunehmen ist, dass die Doggerbank ein ideales Habitat für *E. gurnardus* darstellt. Bei Untersuchungen des Beutespektrums dieser Art konnten auf der Doggerbank 3 Beute-Cluster identifiziert werden (Weinert et al. 2010). Im nordöstlichen Bereich der Doggerbank wurde in flacheren Gebieten der Sandaal und an tieferen Stationen der Quallenflohkrebs (*Hyperia galba*) als primäre Beuteorganismen festgestellt.

Scholle (*Pleuronectes platessa*)

Derzeit wird für die Scholle eine jährliche analytische Bestandsberechnung durchgeführt, sodass alle Referenzwerte gemäß dem Konzept zur Erlangung des höchstmöglichen Dauerertrages für diese Art festgelegt wurden. Jedoch gelten die Berechnungen im Allgemeinen aufgrund einer hohen Rückwurfrate und möglicher Verlagerungen von Aufwuchs- und Verbreitungsgebieten als unsicher (ICES 2023b). Nach einem starken Anstieg der Laicherbiomasse zwischen 1997 und 2014 wurde in den darauffolgenden Jahren ein Rückgang des Bestandes verzeichnet. Seit 2020 hingegen nimmt der Bestand wieder zu und liegt nun weit über den festgelegten Referenzwerten. Die ehemals hohe fischereiliche Sterblichkeit sank zwischen 2002 und 2004 erheblich und liegt derzeit unterhalb von F_{MSY}. Mit dem Rückgang der fischereilichen Sterblichkeit stieg die Nachwuchsproduktion bis 2010 stetig an und liegt nun bei einem Langzeitmittel. In der Nordsee gilt die Scholle aufgrund der Aufwuchsgebiete im Wattenmeer als sehr produktiv, sodass es mittlerweile bereits Hinweise auf eine Nahrungsknappheit gibt. Seit 2019 gilt für die Scholle außerdem das Anlandegebot, wobei weiterhin einige Ausnahmeregelungen gelten. In der Nordsee wird diese Art hauptsächlich in einer gemischten Fischerei gefangen, welche hauptsächlich auf Seezunge abzielt, jedoch aufgrund der Maschenweite auch Schollen und Rundfische fängt (Rijnsdorp et al. 2009, ICES 2023b).

P. platessa wird ebenfalls als Charakterart für den LRT Sandbänke angegeben (Bureau Waardenburg bv 2017). Im späten 18. und frühen 19. Jahrhundert galt die Doggerbank als idealer Lebensraum für diese Art mit dem Potenzial große Schollenbestände zu produzieren (Plumeridge & Roberts 2017). Bei Befischung mittel Grundschleppnetz im Jahr 2006 konnte die Scholle in 94 % der Fänge festgestellt werden, wobei die durchschnittliche Abundanz mit 8,98 Ind./ 30 Min. bzw. 1,838 kg/ 30 Min. jedoch deutlich unterhalb der von weiteren Arten wie Kliesche und Sandaal lag (Sell et al. 2007). Bei Befischung mittels 2-m Baumkurre zählte die Scholle hingegen zu den 5 dominantesten Arten hinsichtlich des Gewichts. Sell & Kröncke (2013) geben ein erhöhtes Vorkommen im Bereich der südwestlichen Flanke der Doggerbank an, bei Betrachtung möglicher Zusammenhänge zwischen benthischen Lebensräumen und Grundfischbeständen konnte für die Scholle jedoch keine klare Abhängigkeit von abiotischen Habitatparametern beobachtet werden. Auch bei Langzeitbeprobungen zwischen 1991 und 2008 konnte *P. platessa* im Untersuchungsgebiet festgestellt werden. Sonnewald & Türkay (2012a) gaben einen mittleren Präsenzindex von 0,247 an und beschrieben die Art als zugehörig zur allgemeinen Doggerbankfauna. Darüber hinaus gilt die Doggerbank als geeignetes Aufwuchsgebiet für *P. platessa* (Hufnagl et al. 2013).

Sandaal (*Ammodytes spp.*)

Für den Sandaalbestand in der zentralen und südlichen Nordsee (SA1r) werden derzeit jährliche analytische Bestandsberechnungen durchgeführt. Referenzwerte gemäß dem Konzept zur Erlangung des höchstmöglichen Dauerertrages, modifiziert für kurzlebige Arten, sind demnach festgelegt (ICES 2024a). Aufgrund der Kurzlebigkeit dieser Art weist die Laicherbiomasse eine hohe Variabilität auf. Seit 2000 liegt sie zeitweilig unter dem Referenzwert (B_{lim}). Ähnliches gilt für die fischereiliche Sterblichkeit, wobei seit den 2000er Jahren bis 2017 ein Rückgang zu verzeichnen war. Seitdem schwankt der Wert um das Langzeitmittel. Da die Nachwuchsproduktion stark von klimatischen Faktoren und damit einhergehenden Veränderungen in der Nahrungsverfügbarkeit abhängig ist, unterliegen auch diese Werte starken Schwankungen (ICES 2024a). Die festgelegte Höchstfangquote orientierte sich bis auf wenige Ausnahmen an den vom ICES ausgesprochenen wissenschaftlichen Empfehlungen, welche, erneut bedingt durch die Kurzlebigkeit der Art, deutlichen Schwankungen unterliegt. Der Bestand SA1r in der zentralen und südlichen Nordsee wird vornehmlich durch die dänische Fischerei befischt und die Anlandungen für die Herstellung von Tierfutter vollständig zu Fischmehl und -öl weiterverarbeitet (ICES 2019). Aufgrund der Weiterverarbeitung zu Fischmehl gelten die Rückwurfmengen der Sandaal-Fischerei als vernachlässigbar und auch der Beifanganteil geschützter Arten gilt als gering. In 2006 wurde der Gesamtfang in den die Doggerbank umfassenden ICES Rechtecken 40F3, 40F4 und 39F4 auf etwa 11.500 Tonnen geschätzt (Pedersen 2008). Trotz eines rückläufigen Trends bei den Anlandungen gilt der Gesamterlös des Gesamtfangs als stabil (Hamon et al. 2017).

Von den 5 in der Nordsee vorkommenden Sandaalarten macht der Kleine Sandaal *Ammodytes marinus* den Großteil der Fänge aus (ICES 2024a). Die für den LRT Sandbänke als Charakterart eingestufte Art wird häufig als semipelagisch eingestuft. Die meiste Zeit des Jahres verbringt *A. marinus* eingegraben im Sand und wandert nur während der Wachstumsphase im Frühjahr und Frühsommer durch die Wassersäule. Diese Bewegung geschieht ausschließlich tagsüber. Einzelne Individuen schließen sich dabei zu größeren Schwärmen zusammen und ernähren sich tagsüber von einer Vielzahl an Zooplanktonarten, bevor sie die Nacht eingegraben im Sandboden verweilen. Darüber hinaus verlassen Sandaale ihre Verstecke lediglich in den Wintermonaten während einer kurzen Laichperiode. Außerhalb der Wachstums- und Laichperiode verlässt *A. marinus* nur selten seinen Rückzugsort im Sandboden oder gar seine „Heimatsandbank“ (van Deurs 2010, Jensen et al. 2011). Die Abundanz und räumliche Verteilung scheint dabei weniger von der Planktondichte, als von der Substratbeschaffenheit, Bodentemperatur und dem Salzgehalt abhängig zu sein. Es gibt Hinweise darauf, dass Sandaale vor allem hydrographisch dynamische Gebiete bevorzugen (van der Kooij et al. 2008). Neben ihrem Vorkommen auf den zentralen Teilen den Doggerbank wird eine hohe Sandaaldichte in den Randgebieten an den Hängen der Sandbank vermutet und durch die Verteilung des Fischereiaufwandes bestätigt (Van Moorsel 2011). Sowohl an den Hängen als auch auf der zentralen Doggerbank spielt der Sandaal als Schlüsselkomponente im Nahrungsnetz eine wichtige Rolle und gilt als Bindeglied zwischen niederen Trophieebenen (Zooplankton) und den im Nahrungsnetz höher angesiedelten Prädatoren wie Seevögeln, darunter Basstölpel und Trottellummen und Säugetieren wie Schweins- oder Zwergwalen (Arnott & Ruxton 2002, Frederiksen et al. 2007, Van Moorsel 2011). Auswirkungen der gezielten Sandaalfischerei auf marine Organismen höherer trophischer Ebenen werden, aufgrund der Stellung des Sandaals als zentrale Nahrungskomponente für eine Mehrzahl der Prädatoren, stark angenommen (Otto et al. 2019). Bei weiteren Untersuchungen der räumlichen Verteilung des Sandaales auf der gesamten Doggerbank mittels Grundschleppnetzes im

Jahr 2006 konnten im nördlichen und östlichen Bereich der Doggerbank höhere Abundanzen festgestellt werden, während die Anzahl in weiteren Gebieten gering ausfiel (Sell et al. 2007, Sell & Kröncke 2013). Bei Betrachtung möglicher Zusammenhänge zwischen benthischen Lebensräumen und Grundfischbeständen konnte für das Vorkommen von *A. marinus* eine Korrelation mit flacheren, wärmeren Habitaten sowie dem Vorkommen des Amphipoden *B. elegans* festgestellt werden (Sell & Kröncke 2013).

Wittling (*Merlangius merlangus*)

Der Wittling zählt zu den Zielfangarten der kommerziellen Fischerei in der Nordsee und im Bereich der Doggerbank (Pedersen 2008). Für den Bestand in der Nordsee und im östlichen englischen Kanal werden regelmäßige analytische Bestandsberechnungen durchgeführt. Referenzwerte gemäß dem Konzept zur Erlangung des höchstmöglichen Dauerertrages liegen vor (ICES 2024b). Nach hohen Gesamtfängen in den späten 1970er Jahren waren die Fänge in den darauffolgenden 2 Dekaden stark rückläufig. Seit 2002 schwanken sie jährlich zwischen 4.700 und 12.000 Tonnen, womit die fischereiliche Sterblichkeit in diesen Jahren deutlich unterhalb des festgelegten Referenzwertes liegt. In Folge einiger erfolgreicher Jahresklassen stieg die Laicherbiomasse in den vergangenen 5 Jahren stark an und lag 2023 mit weit über 300 000 Tonnen deutlich über dem festgelegten Referenzwert (MSY Btrigger 148 888 Tonnen, ICES 2024b).

Gemäß Bureau Waardenburg (2017) gehört der Wittling zu den Charakterarten des Lebensraumtyps Sandbänke. Bei Auswertungen von wissenschaftlichen Beprobungen der Doggerbank zwischen 1991 und 2008 trat *M. merlangus* regelmäßig im Untersuchungsgebiet auf (Sonnewald & Türkay 2012a). Mit einem mittleren Präsenzindex von 0,207 beschreiben Sonnewald & Türkay (2012a) die Art als zugehörig zur allgemeinen Doggerbankfauna jedoch ohne Dominanz. Callaway et al. (2002) beschreiben *M. merlangus* als eine typische Charakterart sowohl der für die südliche als auch für die nördliche Nordsee typischen Fischfauna. Während van Moorsel (2011) ein Vorkommen in den zentralen Bereichen der Doggerbank vermutet, konnten bei Beprobungen mittels Grundschleppnetzes im Jahr 2006 lediglich bei den Stationen mit größeren Wassertiefen an den Randbereichen der Doggerbank hohe Abundanzen festgestellt werden (Sell & Kröncke 2013). Bei Untersuchungen hinsichtlich möglicher Zusammenhänge mit benthischen Lebensräumen schien *M. merlangus* demnach an tiefere und zum Teil schlammigere Standorte gebunden zu sein. Darüber hinaus gilt die Doggerbank als geeignetes Laich- und Aufwuchsgebiet für den Wittling (Gubbay et al. 2002).

Langlebige/gefährdete Arten

In der Nordsee wurden in der Vergangenheit 19 Fischarten als gefährdet oder mit rückläufigen Abundanzen eingestuft[216]. Für 5 dieser Arten (Nagelrochen (*Raja clavata*), Riesenhai (*Cetorhinus maximus*), Glattrochen-Komplex (*Dipturus batis*-Komplex), Fleckrochen (*Raja montagui*), Dornhai (*Squalus acanthias*)) wird derzeit ein Vorkommen in den Meeresschutzgebieten der deutschen AWZ vermutet (BfN 2017). Darüber hinaus wird das Vorkommen von 7 weiteren Arten beschrieben, für die gemäß nationaler/ regionaler Roter Listen eine Bewertung vorliegt (Thiel et al. 2013, IUCN

[216] Fish | OSPAR Commission

2021). Dazu zählen der Schellfisch, der Sternrochen (*Amblyraja radiata*), der Gewöhnliche Stechrochen (*Dasyatis pastinaca*), der Hundshai *(Galeorhinus galeus*), die Meerforelle (*Salmo trutta*), das Große Petermännchen (*Trachinus draco*) sowie der Zwergdorsch (*Trisopterus minutus*). Ein Vorkommen von Anhang II FFH-RL-Arten Flussneunauge oder Finte wurde im NSG „Doggerbank“ nicht festgestellt.

In der Literatur finden sich Hinweise auf größere Vorkommen von langlebigen Hai- und Rochenarten, wie dem Dornhai oder dem Nagelrochen, auf der Doggerbank (Van Moorsel 2011, ICES FishMap[217]). Infolge jahrzehntelanger gezielter Fischerei wurden die Bestände in der Nordsee jedoch stark reduziert. In den vergangenen Jahren wurde eine Änderung in der Artenzusammensetzung auf der Doggerbank festgestellt, indem ein vermehrtes Vorkommen kurzlebiger, opportunistischer Arten und ein gleichzeitiger Rückgang empfindlicher und langlebiger Arten, wie dem Nagelrochen oder dem Dornhai, verzeichnet wurde (Van Moorsel 2011). Infolge der rückläufigen Abundanzen gibt es für die Doggerbank nur wenige Informationen über das aktuelle Vorkommen gefährdeter Arten. Bei Befischungen mittels Grundschleppnetzes im Jahr 2006 konnten mit 0,23 Ind./ 30 Min. bzw 0,107 kg/ 30 Min. einzelne Exemplare des Sternrochens festgestellt werden (Sell et al. 2007). Darüber hinaus konnten im Rahmen der Studie einige Exemplare des Dornhais erfasst werden (0,03 Ind. /30 Min. bzw. 0,20 kg/ 30 Min.). Der Dornhai kommt entlang des gesamten nordwesteuropäischen Kontinentalschelfs vor, wo er bis in Tiefen von 900 m nachgewiesen werden konnte. Dennoch sucht er häufig flachere Gewässer mit Tiefen zwischen 10 und 200 m auf (Compagno 1984, ICES 2022c, McEachran & Branstetter n.d.). Auswertungen der IBTS-Surveys zwischen 1977 und 2005 zeigen eine weite Verbreitung dieser Art in der Nordsee mit einem erhöhten Vorkommen in der westlichen Nordsee sowie vor den Orkney- und Shetlandinseln[217] (siehe Abb. 8.20).

[217] https://www.ices.dk/about-ICES/projects/EU-RFP/Pages/ICES-FIshMap.aspx (zuletzt aufgerufen am 03.05.2024)

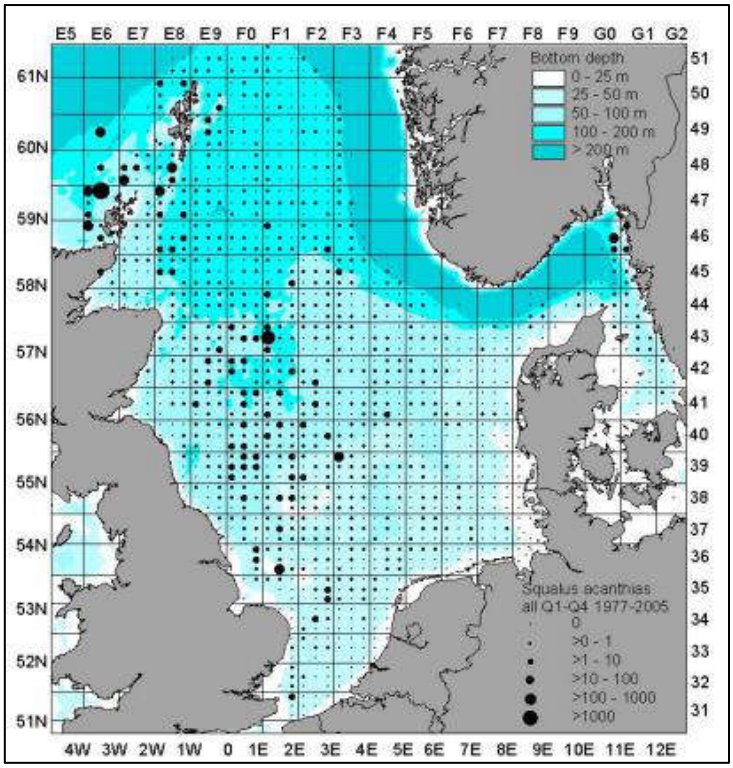


Abb. 8.20 *Mittlere jährliche Fangrate (Anzahl pro Fangstunde) für den Dornhai (S. acanthias) bei Erfassungen im Rahmen der IBTS-Surveys in den Jahren 1977-2005 (entnommen aus ICES FishMap[217]).*

Aufgrund hoher Fangzahlen in den späten 1950 und frühen 1960 Jahren mit über 60.000 Tonnen wurde der ehemals weit verbreitete Bestand in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts stark reduziert. Galt der Bestand lange als eingebrochen, liegt er seit 2013 wieder über dem festgelegte Referenzwert für die Biomasse (ICES 2022c).

Neben dem des Dornhais umfasst auch das Verbreitungsgebiet des Nagelrochens das NSG „Doggerbank“ (Van Moorsel 2011). In der erweiterten Nordsee zählt *R. clavata* zu den häufigsten Rochenarten und kommt in den Küstengewässern bis in Tiefen von etwa 300 m vor (ICES 2024c). Der Bestand in der Nordsee, Skagerrak und Kattegat sowie dem östlichen englischen Kanal befindet sich derzeit oberhalb der festgelegten Referenzwerte für die relative Biomasse (ICES 2024d). Trotz zunehmender Fangzahlen seit 2012 liegt die Fischereiliche Sterblichkeit weiterhin unterhalb des Referenzwertes. Auswertungen der IBTS-Surveys zwischen 1977 und 2005 zeigen eine weite Verbreitung von *R. clavata* in der Nordsee mit einem erhöhten Vorkommen in der südwestlichen Nordsee (siehe Abb. 8.21).

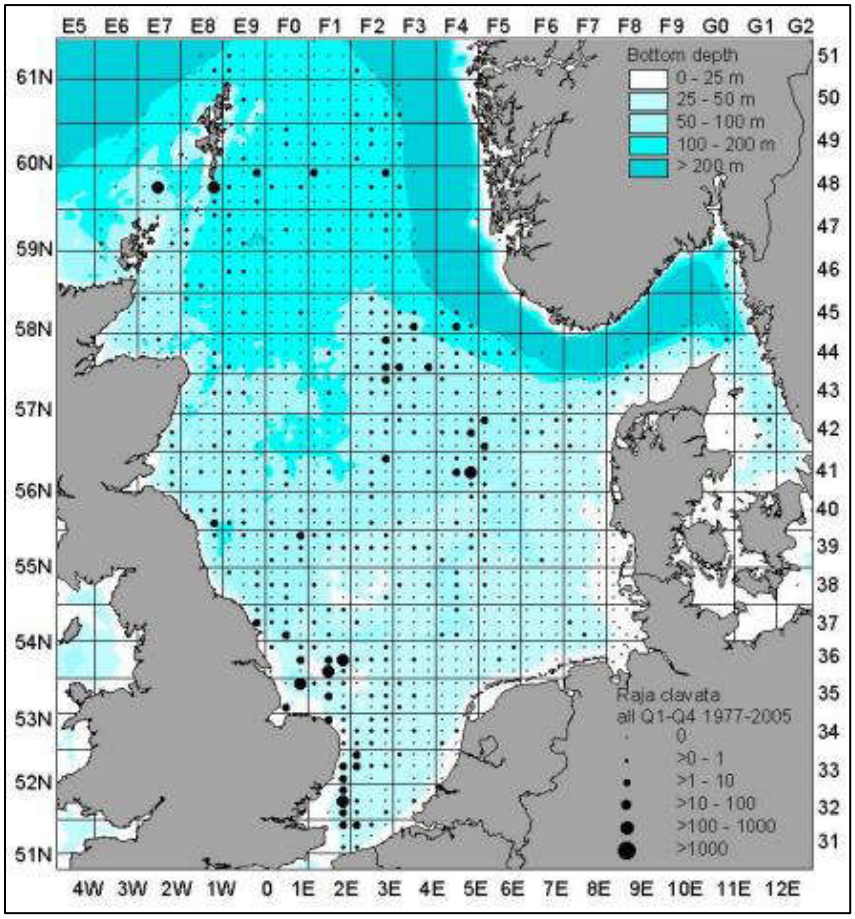


Abb. 8.21 Mittlere jährliche Fangrate (Anzahl pro Fangstunde) für Nagelrochen (R. clavata) bei Erfassungen im Rahmen der IBTS-Surveys in den Jahren 1977-2005 (entnommen aus ICES FishMap[217]).

Bei Auswertungen von wissenschaftlichen Beprobungen der Doggerbank zwischen 1991 und 2008 beschreiben Sonnewald und Türkay (2012a) vereinzelte Feststellungen des Nagelrochens in den ersten 2 Erfassungsjahren, wobei sich dessen Vorkommen überwiegend auf tiefere Gewässer unterhalb von 30 m im östlichen Teil der Sandbank zu konzentrieren scheint. Aufgrund der hydrographischen Fronten in den Randbereichen und Hängen der Doggerbank und dem entsprechenden Nahrungsangebot sind neben dem Nagelrochen weitere große und langlebige Arten auf die äußeren Randgebiete sowie auf die nähere Umgebung des NSG (u.a. Silverpit Krater südöstlich der Doggerbank) beschränkt, sodass dort ein höheres Vorkommen verzeichnet wird als in den zentralen Bereichen der Doggerbank (Van Moorsel 2011). Die Doggerbank fungiert dabei nicht nur als Lebensraum für adulte Haie und Rochen, sondern stellt darüber hinaus auch ein Laichgebiet für Arten, welche ihre Eier bevorzugt auf Hartsubstrat ablegen, sowie weitere Fischarten wie dem Kabeljau dar (Van Moorsel 2011).

A.1.3.3. Bewertung der Datengrundlage

Infolge der geringen Anzahl an Erfassungen und rückläufigen Abundanzen im Untersuchungsgebiet gibt es nur wenige Informationen über das aktuelle Vorkommen und die Verbreitung der Fischbestände auf der Doggerbank. Verbreitungskarten, welche die Bedeutung der verschiedenen Teile des

NSG verdeutlichen, können daher nur für ausgewählte Arten erstellt werden. Aufgrund dessen basiert die Bewertung kommerziell genutzter Fischbestände auf der Betrachtung des Zustandes der Fischvorkommen in der gesamten Nordsee. Trotz der besonderen Bezugnahme zu den Eigenschaften des Lebensraums Doggerbank erlaubt dies keine flächenscharfe Betrachtung des Schutzgebietes. Darüber hinaus ist eine Rekonstruktion der Initialbiomasse vieler Bestände aufgrund der aktiven Fischerei auf viele der für die Doggerbank als charakteristisch beschriebenen Arten nicht möglich, infolgedessen der Ausgangszustand der Fischbestände nicht quantifiziert werden. Für Informationen zum potenziellen Vorkommen im Untersuchungsgebiet wird unter anderem auf Publikationen von Sell et al. (2007), Sell & Kröncke et al. (2013) sowie auf Beschreibungen von Van Moorsel (2011) verwiesen. Diese erlauben eine Betrachtung des Fischvorkommens in ausgewählten Untersuchungsjahren. Die Datenbasis für die Beurteilung potenzieller Auswirkungen und Sensitivitäten für das Schutzgut Fische in Bezug auf die zeitliche und räumliche Verteilung wird daher als **mittel** erachtet.

A.1.4 Rastvögel

A.1.4.1. Datengrundlage

Grundsätzliche Informationen über die Bedeutung der Doggerbank in der deutschen AWZ für Rastvögel geht aus den Informationsschriften des Bundesamtes für Naturschutz (BfN) hervor. Diese umfassen den Standarddatenbogen des NSG „Doggerbank“ (DE 1003-301, BfN 2020a) und die Beschreibung und Zustandsbewertung von Meeresschutzgebieten in der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone (BfN Skript 477, BfN 2017). Des Weiteren liegen Seevogel Monitoringberichte aus den Jahren 2015 bis 2020 vor (FTZ 2015, 2017, Borkenhagen et al. 2018, 2019, 2020, 2021) sowie auch Berichte älteren Datums (Daten aus 2009 bis 2014, Sonntag et al. 2010, Markones & Garthe 2011, Markones et al. 2013, 2014, 2015).

Eine Reihe von Publikationen beschreiben die Verbreitung von Seevögeln in der Nordsee, die auch zur allgemeinen Einordnung des Bereichs der Doggerbank bezüglich des Vorkommens von Seevögeln genutzt werden können. Tasker & Pienkowski (1987) ermittelten Abgrenzungen sensitiver Konzentrationen von Seevögeln in der Nordsee. Stone et al. (1995) und Ollason et al. (1997) präsentieren Verbreitungskarten von Seevögeln in der Nordsee bzw. in nordwest-europäischen Gewässern. Diese Arbeiten sind zwar älteren Datums, da die Verbreitung von Seevögeln aber auch von konstanten Komponenten, wie z. B. Wassertiefen oder Hanglagen des Meeresbodens abhängen, können sie zur generellen und großräumigen Verbreitung herangezogen werden. Im Gegensatz zu diesen älteren Quellen modellierten Waggit et al. (2020) Verbreitungskarten von Meeressäugern und Seevögeln im Nord-Ost Atlantik auf der Basis von umfangreichen Daten von 1980 bis 2018.

Im Rahmen einer Vorstudie über mögliche Umwelteinflüsse einer Energieinsel in der Nordsee (North Sea Wind Power Hub, NSWPH) wurden durch das dänische Institut DHI 16 Umweltverträglichkeitsstudien (EIA) und nationale EIA Richtlinien für Offshore Wind Projekte in der Nordsee analysiert (Skov et al. 2018b). Aus diesen Auswertungen gehen Sensitivitätskarten für verschiedene Seevogelarten im Bereich der Doggerbank sowie angrenzender Gebiete hervor.

Neben der Betrachtung des deutschen Teils der Doggerbank werden auch die Rastvogelvorkommen in den der deutschen AWZ angrenzenden Gebieten auf dänischem, britischem und niederländischem Territorium berücksichtigt. Dies dient dazu, Artenlisten, Vorkommen oder Beurteilungen auf Plausibilität zu prüfen, bzw. auch mögliche Rückschlüsse auf Vorkommen aus Jahreszeiten zu erlangen, in denen die Datengrundlage eher als gering eingeschätzt wird. Da Rastvogelvorkommen sich großräumig bewegen und die Verteilung im schmalen sogenannten „Entenschnabel" der deutschen AWZ nur einen Ausschnitt der Verteilung im Gebiet darstellt, werden auch Informationen aus den angrenzenden Staaten betrachtet. Zudem ist die Wirkung eines OWP auf Rastvögel ebenfalls großräumig und kann sich, abhängig vom Standort, über die deutsche Staatsgrenze hinaus auswirken.

Dänemark

In Energinet (2017) und Niras (2012) erfolgt eine Beurteilung der Wichtigkeit des dänischen Bereichs der Doggerbank für Seevögel, sowie auch bezogen auf die angrenzenden Staaten.

Niederlande

Van Moorsel (2011) bietet einen umfassenden Überblick über Arten und Habitate der internationalen Dogger Bank (inklusive Seevögel im niederländischen Teil, zitiert nach Poot et al. 2010). Basierend auf älteren Daten (vor 1990), präsentieren Camphuysen & Leopold (1994) einen Seevogelatlas für die südliche Nordsee (niederländische Nordsee). Für den niederländischen Teil der Nordsee ermitteln Leopold & Dijkmann (2010) Karten mit Sensitivitätsindices, die auch eine Beurteilung des niederländischen Teils der Doggerbank erlauben. Ergebnisse von schiffsgestützten Erfassungen in der niederländischen Nordsee (teilweise die Doggerbank einschließend) werden in van Bemmelen et al. (2011) dargestellt.

Großbritannien

Im britischen Bereich der Doggerbank sind nach derzeitigem Stand sieben Windparks geplant oder bereits im Bau (siehe Kapitel 5.3.6).

Für die Genehmigungsprozesse sind Umweltgutachten erforderlich, die auch die Erfassung von Seevögeln beinhalten. Entsprechende Berichte enthalten Informationen zu Artenspektren, räumlicher Verteilung und Dichten von Seevögeln. Die Windparkprojekte auf der britischen Doggerbank mit der geringsten Distanz zur deutschen AWZ, und somit der höchsten Relevanz bezüglich des Vorkommens von Rastvögeln, sind die Projektflächen Teesside A (bestehend aus Doggerbank C und Doggerbank D) und Teesside B (Sofia, siehe Abb. 4.12). Für diese Projekte liegen umfangreiche Umweltverträglichkeitsstudien mit entsprechenden Berichten vor (Burton et al. 2014, Forewind 2014, Royal HaskoningDHV 2023).

Als aktuellste Daten sind die Doggerbank Projekte „Dogger Bank Südwest" und „Doggerbank Südost" einzustufen (RWE Renewables 2023). Die Bereiche liegen im südwestlichen Bereich der Doggerbank und weisen die größte Entfernung zur deutschen AWZ auf.

Aufgrund der umfangreichen Planungen von OWP fanden in Großbritannien auch intensive Forschungsarbeiten statt, die sich mit den Auswirkungen von OWP auf Seevögel beschäftigen. Hervorzuheben sind hierbei die mit sehr hohem technischen Aufwand durchgeführten Studien von Skov

et al. (ORJIP-Studie, 2018a) im OWP „Thanet“ vor der Küste Südost Englands sowie von Tjornlov et al. (EOWDC - European Offshore Wind Deployment Centre, Tjornlov et al. 2023) im OWP “Aberdeen Offshore”.

Neben den Berichten liegen teilweise auch Erfassungsdaten aus den britischen Doggerbank Projekten vor (über das Portal „Marine Data Exchange“, https://www.marinedataexchange.co.uk/), eine spezifische Auswertung dieser Daten in Bezug zur räumlichen Verbreitung wird jedoch nicht durchgeführt, da dadurch keine Rückschlüsse auf Verbreitungen im deutschen Teil der Doggerbank möglich sind.

Datengrundlage für projektspezifische Auswertungen

Projektspezifische Auswertungen erfolgten auf der Datenbasis von Flugtransekt-Erfassungen des BfN im Untersuchungsgebiet Doggerbank. Es lagen traditionelle, Beobachter-basierte Erfassungen aus den Jahren 2010 - 2018 und digitale Flugtransekt-Erfassungen aus den Jahren 2018 - 2022 vor.

Die Beobachter-basierten Flugerfassungen wurden entlang eines Transektschemas beflogen (Abb. 8.22). Da die Sichtbarkeit von Vögeln mit zunehmender Distanz vom Beobachter abnimmt, wurden bei Beobachter-basierten Erfassungen Korrekturfaktoren angewendet. Diese sollen vermeiden, dass schwerer erkennbare Arten in ihrer Dichte unterschätzt werden. Die Methode ist in Buckland et al. (2001) beschrieben. Es lagen Erfassungen aus allen Jahreszeiten vor, jedoch überwiegen die Erfassungen im Sommerhalbjahr stark. Die digitalen Flugtransekt-Erfassungen wurde mit dem HiDef-System in einem variablen Untersuchungsgebiet entlang von Transekten im Abstand von ca. 10 km durchgeführt (Abb. 8.23). Die Daten bieten eine gute Abdeckung des Gebietes NSG „Doggerbank“, jedoch beschränken sich die Erfassungen ausschließlich auf die Monate Mai und Juli, was für die meisten Rastvogelarten in den Jahreszeiten Frühjahr und Sommer liegt.

Zudem wurden Schiffstransekt-Erfassungen des European Seabirds-at-Sea Programms aus den Jahren 2010 - 2016 im Bereich der Doggerbank in der deutschen AWZ ausgewertet (Abb. 8.24). Diese sind auf der ESAS-Datenbank (*https://www.ices.dk/data/data-portals/Pages/default.aspx*) frei verfügbar. Auch hier wurden überwiegend die Jahreszeiten Frühjahr und Sommer erfasst.

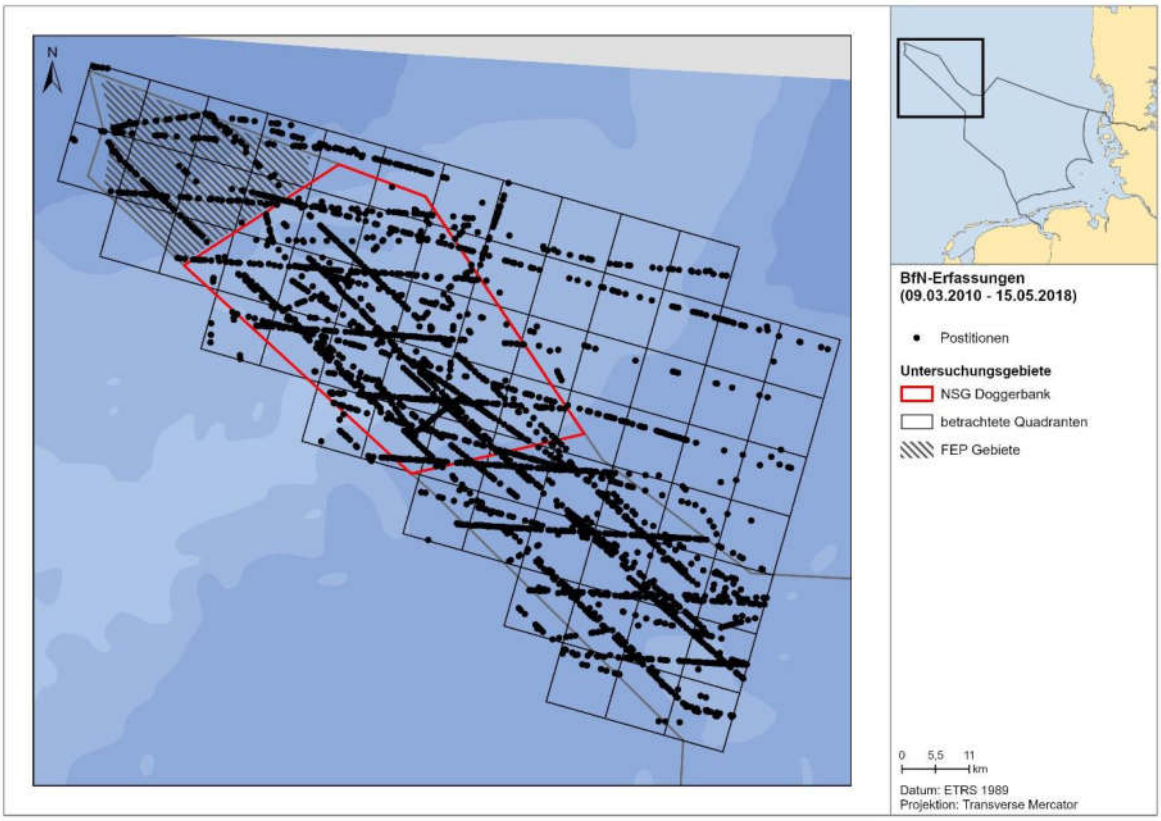


Abb. 8.22 Positionen der Beobachter-basierten Flugtransekt-Erfassungen des BfN-Monitorings zwischen den Jahren 2010 und 2018. In rot eingezeichnet ist das NSG „Doggerbank“.

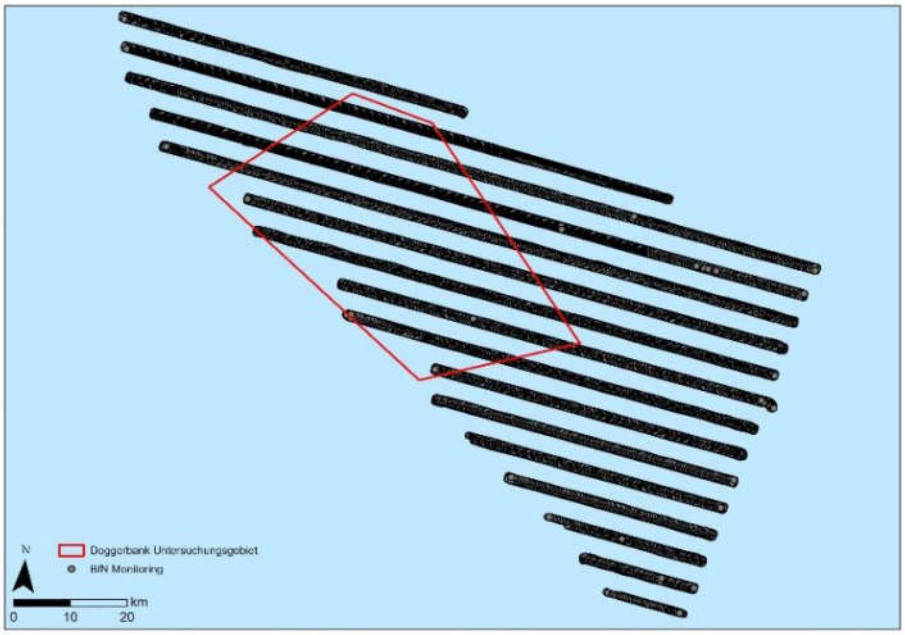


Abb. 8.23 Positionen der digitalen Flugtransekt-Erfassungen (HiDef) des BfN-Monitorings zwischen den Jahren 2018 und 2022 (nur Monate Mai und Juli). In rot eingezeichnet ist das NSG „Doggerbank“.

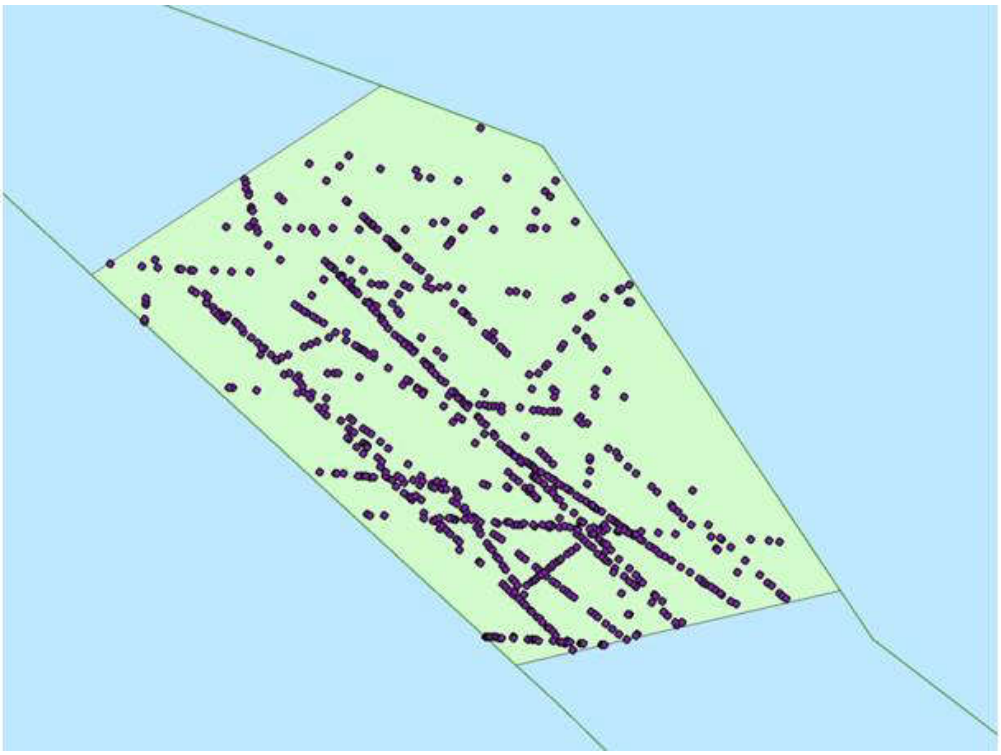


Abb. 8.24 Nachweise von Seevögeln während Schiffstransekt Erfassungen im Rahmen des ESAS Programmes aus den Jahren 2010 – 2016 (Quelle: https://www.ices.dk/data/data-portals/Pages/default.aspx).

A.1.4.2. Bestandsbeschreibung

A.1.4.2.1. Artenspektrum und Verteilung im Raum

Artenspektrum nach Literatur

Im Standarddatenbogen für das NSG „Doggerbank“ (DE1003301) werden fünf wertgebende Seevogelarten aufgeführt: Eissturmvogel, Heringsmöwe, Basstölpel, Dreizehenmöwe und Trottellumme.

Im Rahmen des Umweltberichtes zum Raumordnungsplan für die deutsche ausschließliche Wirtschaftszone in der Nordsee (BSH 2021c) wird das Gebiet des sogenannten „Entenschnabels“ als typischer Lebensraum von Hochseevogelarten eingeordnet (Einschätzung basierend auf Untersuchungen des Seevogelmonitorings des FTZ im Auftrag des BfN). Eissturmvögel und Dreizehenmöwen kommen ganzjährig vor, mit Schwerpunkten im Frühjahr bzw. Winter. Tordalke und Trottellummen sind im Winter am zahlreichsten zu beobachten, letztere kommen auch im Frühjahr in diesem entfernten Bereich der AWZ vor. Der Bereich der Doggerbank innerhalb der deutschen AWZ gehört zu den Ausläufern des Verbreitungsgebietes der Papageitaucher (*Fratercula arctica*).

Im Rahmen des BfN Skriptes 477 „Die Meeresschutzgebiete in der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone der Nordsee – Beschreibung und Zustandsbewertung — Stand 18.10.2017“ (BfN 2017) erfolgt eine detailliertere Beschreibung des Rastvogelbestandes des NSG „Doggerbank“, die im Fol-

genden für ausgewählte relevante Arten zusammengefasst wird. Für eine Einordnung des übergeordneten Vorkommens im Bereich des Nordost Atlantiks werden für einige Arten Verbreitungskarten nach Waggit et al. (2020) im Januar (Winter) und Juli (Sommer) dargestellt.

Artenspektrum nach projektspezifischer Auswertung

Bei den Beobachter-basierten Flugtransekt-Erfassungen des BfN in den Jahren 2010-2018 wurden bei 19 Erfassungsflügen insgesamt 9.593 Rastvögel nachgewiesen. Die häufigste Artengruppe waren die Alken mit einem Anteil von 51 % an den erfassten Rastvogelindividuen (Abb. 8.25). Mit fast identischen Anteilen waren die Röhrennasen und Möwen (jeweils 20 %) vertreten.

Die häufigste Art war die Trottellumme (32 %), gefolgt vom Eissturmvogel (20 %) und der Dreizehenmöwe (19 %). Die nächsthäufigste Art war mit nur 8 % der Basstölpel. In deutlich geringeren Anteilen wurden die typischen Offshore-Arten Tordalk und Papageitaucher, die Durchzügler Fluss-/Küstenseeschwalbe sowie die eher küstennah zu erwartenden Rastvögel Herings-, Mantel- und Silbermöwe.

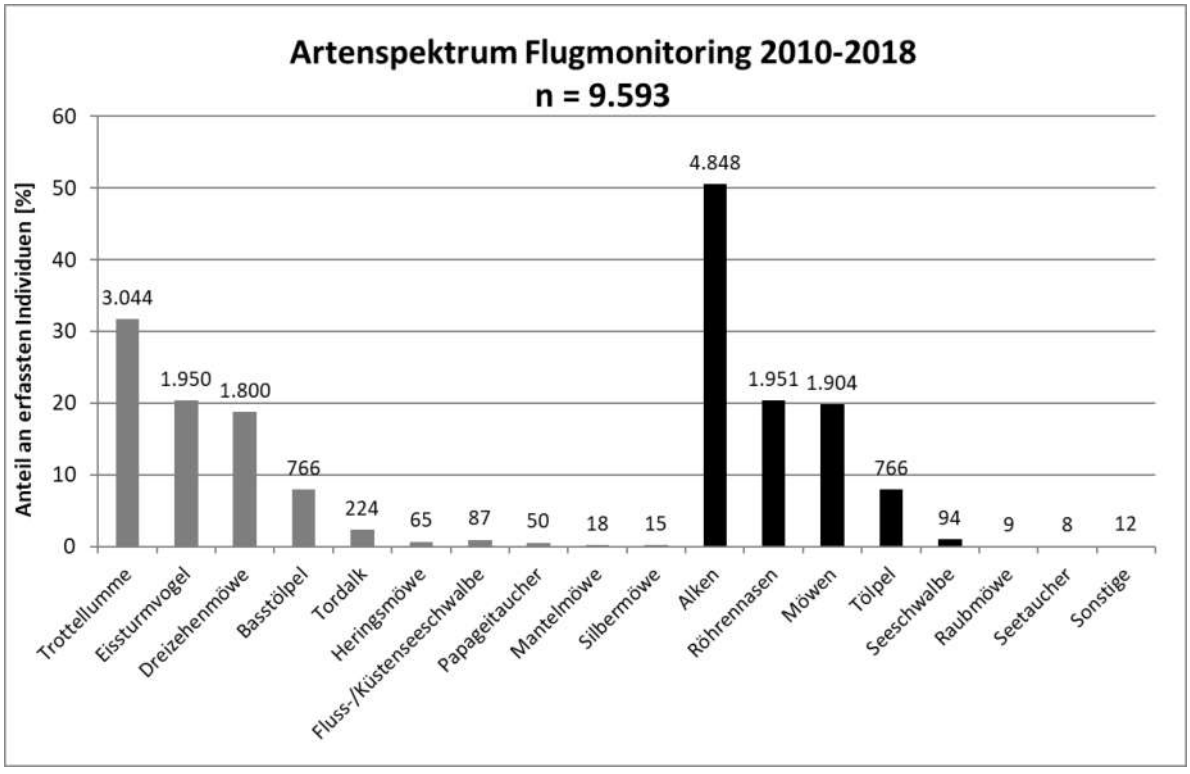


Abb. 8.25 Artenspektrum nach Beobachter-basiertem BfN-Flugmonitoring in den Jahren 2010-2016: Prozentuale Anteile der häufigsten Arten bzw. Artgruppen an der Gesamtzahl aller erfassten Rastvögel (Anzahl der Individuen jeweils oberhalb des Balkens). Einzelne Arten sind grau dargestellt, Artgruppen schwarz.

Bei den digitalen Flugtransekt-Erfassungen des BfN im Frühjahr und Sommer 2018-2021 wurden bei 6 Erfassungsflügen im auf das NSG „Doggerbank“ zugeschnittene Untersuchungsgebiet (Abb. 8.23) insgesamt 6.229 Rastvogelindividuen nachgewiesen. Die häufigste Artengruppe waren die Alken mit einem Anteil von 38 % an den erfassten Rastvogelindividuen (Abb. 8.26). Die zweitgrößte

Gruppe waren die Möwen mit 32 % und die Röhrennasen (vertreten nur durch den Eissturmvogel) mit 21 %.

Das Artenspektrum wurde sehr stark durch drei Arten geprägt: die häufigste Art war die Trottellumme (27 %), gefolgt vom Eissturmvogel (21 %) und der Dreizehenmöwe (20 %). Die nächsthäufigste Art war mit nur 5 % der Basstölpel. Weitere nachgewiesene Arten waren die typischen Offshore-Arten Papageitaucher und Tordalk, die Durchzügler Fluss-/Küstenseeschwalbe sowie die Herings- und Mantelmöwe.

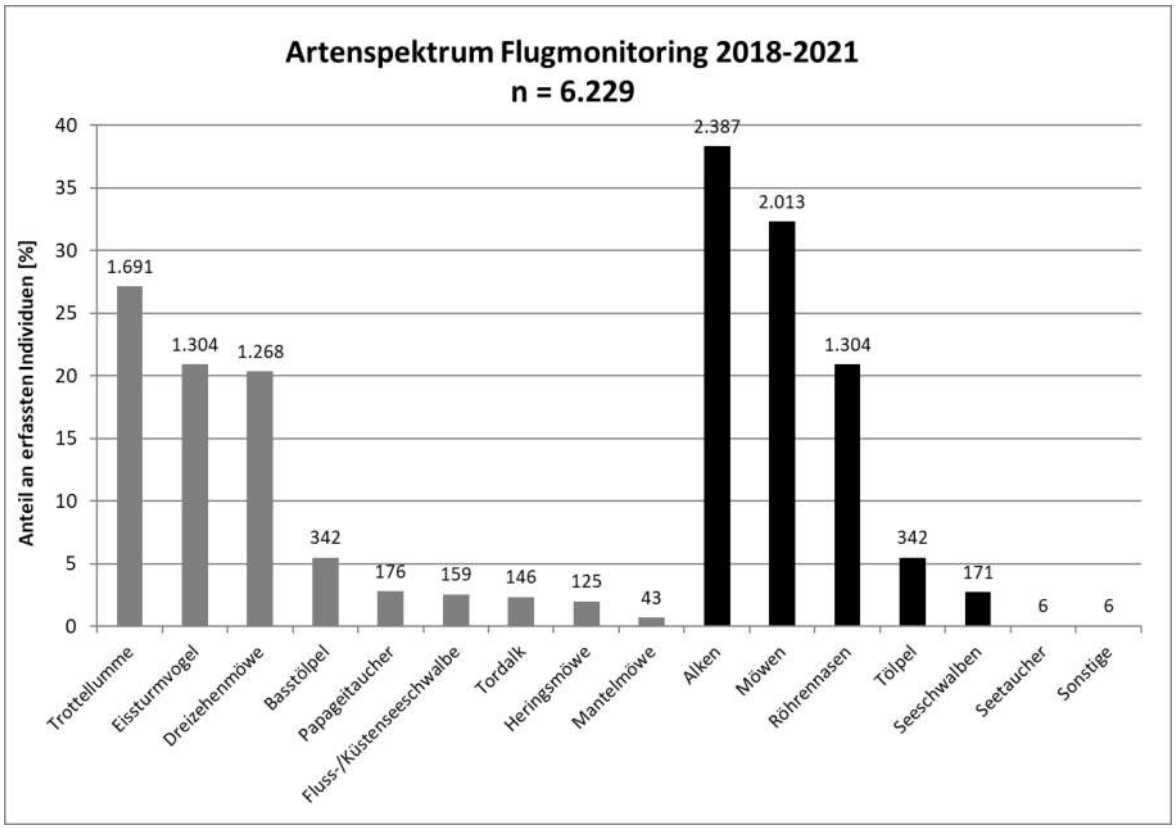


Abb. 8.26 Artenspektrum nach digitalem BfN-Flugmonitoring (HiDef) im Frühjahr und Sommer 2018-2021: Prozentuale Anteile der häufigsten Arten bzw. Artgruppen an der Gesamtzahl aller erfassten Rastvögel (Anzahl der Individuen jeweils oberhalb des Balkens). Einzelne Arten sind grau dargestellt, Artgruppen schwarz.

Beim schiffsgestützen ESAS-Monitoring wurden bei 19 Ausfahrten zwischen 2010 und 2016 im Gebiet des NSG „Doggerbank“ insgesamt 1.021 Rastvogelindividuen nachgewiesen. Diese zeigten ein sehr ähnliches Artenspektrum wie bei den BfN-Flugerfassungen.

Die häufigste Artengruppe waren die Alken mit einem Anteil von 59 % an den erfassten Rastvogelindividuen (Abb. 8.27). Die zweitgrößte Gruppe waren die Möwen mit 17 % und die Röhrennasen (vertreten nur durch den Eissturmvogel) mit 15 %. Dabei war die mit Abstand häufigste Art die Trottellumme (39 %), gefolgt vom Eissturmvogel (17 %) und der Dreizehenmöwe (14 %). Weitere nachgewiesene Arten waren die typischen Offshore-Arten Basstölpel, Papageitaucher und Tordalk, die Durchzügler auftretende Küstenseeschwalbe, die typischen Rastvögel Herings- und Mantelmöwe sowie die Skua.

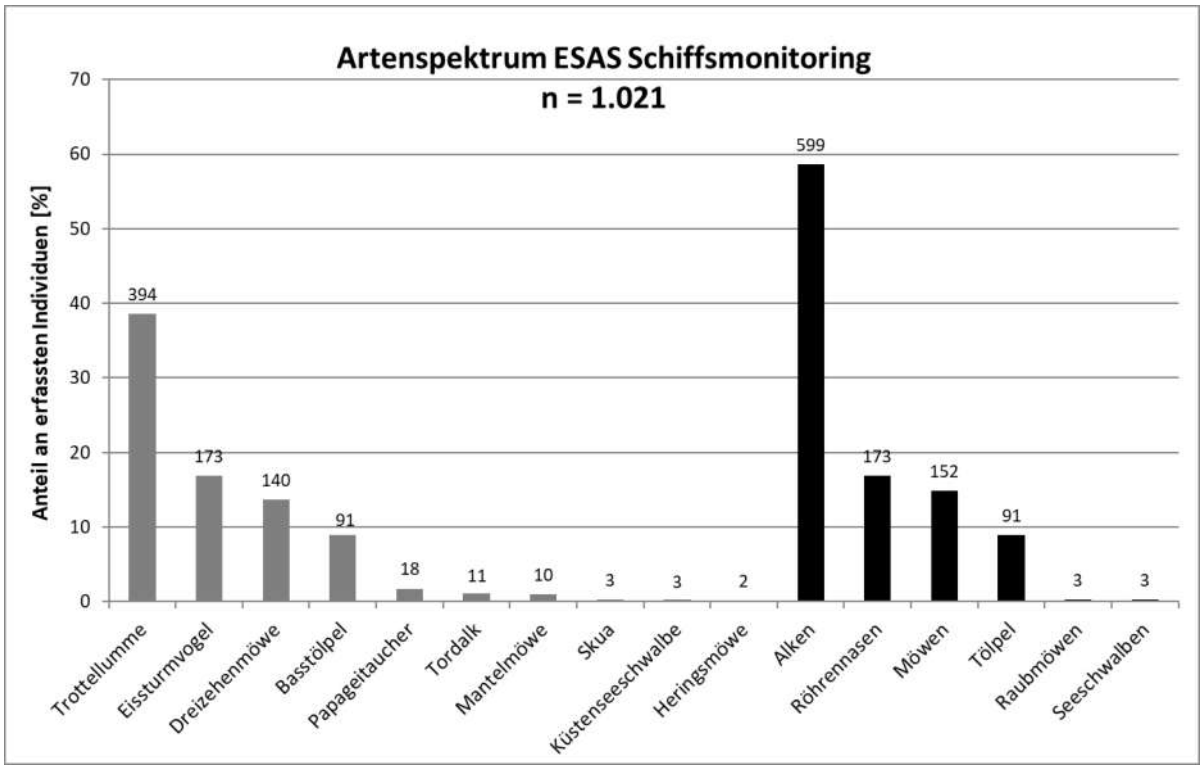


Abb. 8.27 Artenspektrum nach ESAS-Schiffsmonitoring in den Jahren 2010-2016: Prozentuale Anteile der häufigsten Arten bzw. Artgruppen an der Gesamtzahl aller im Transektbereich erfassten Rastvögel (Anzahl der Individuen jeweils oberhalb des Balkens). Einzelne Arten sind grau dargestellt, Artgruppen schwarz.

Geschützte Arten

In Tab. 8.3 sind alle bei den hier ausgewerteten Erfassungen (Beobachter-basierte und digitale Flugerfassungen, ESAS-Schiffserfassungen) Rastvogelarten sowie deren Schutzstatus gelistet.

Tab. 8.3 Schutzstatus der Arten im Untersuchungsgebiet Doggerbank bei Beobachter-basierten Flugtransekt-Erfassungen in 2010-2018, digitalen Flugtransekt-Erfassungen im Frühjahr und Sommer 2018-2021 und bei schiffsbasierten ESAS-Monitoring in den Jahren 2010-2016.

Artname	EU-VSch RL	AEWA	SPEC	IUCN (Europa)	Rote Liste Wandern-der Arten	Rote Liste D	Erfasst bei T=Flug (trad) /D=Flug (digi)/S=ESAS
Basstölpel					*	R	T/D/S
Brandseeschwalbe	Anhang I	C 1		LC	*	1	T/D/S
Dreizehenmöwe		A 1b	3	VU	*	2	T/D/S
Dunkler Sturmtaucher					*		T
Eissturmvogel			3	VU	*	R	T/D/S
Flussseeschwalbe	Anhang I	C 1		LC	3	2	T/D
Heringsmöwe		C 1		LC	*		T/D/S
Krabbentaucher		C 1		LC	*		T
Küstenseeschwalbe	Anhang I	C 1		LC	V	1	S
Lachmöwe		B 2c		LC	*		T/D
Mantelmöwe		C 1		LC	*		T/D/S
Papageitaucher		A 1b	1	EN	2	0	T/D/S
Prachttaucher	Anhang I	B 2c	3	LC	*		T
Pfeifente		B 2c		LC	*	R	D
Schmarotzerraubmöwe				EN	*		T
Spatelraubmöwe				LC	*		T
Silbermöwe		B 2c	2	LC	*	V	T/D
Skua		B 1		LC	*		T/D/S
Sterntaucher	Anhang I	C (1)	3	LC	2		T/D
Sturmmöwe		C 1		LC	*		T/D/S
Tordalk		A 4	1	LC		R	T/D/S
Trauerente		B 2a		LC	*		D
Trottellumme		B 2c/C 1	3	LC	*	R	T/D/S
Zwergmöwe	Anhang I	B 1	3	LC	*	R	D
*Gelbschnabeltaucher**		*A 1c*	*1*	*VU*	*R*		-
*Krabbentaucher**		*C 1*		*LC*	*		-

Erläuterung: *Arten wurden nicht im Untersuchungsgebiet festgestellt, jedoch gibt es Hinweise aus der Literatur, dass die Arten im Gebiet vorkommen
Erläuterungen zu den Schutzstatus im Anhang

EU-Vogelschutzrichtlinie (VSch-RL, Quelle: Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union 2013)

Annex I	Anhang I der Vogelschutz-Richtlinie umfasst insgesamt 181 Arten. Es sind die vom Aussterben bedrohte Arten, aufgrund geringer Bestände oder kleiner Verbreitungsgebiete seltene oder durch ihre Habitatsansprüche besonders schutzbedürftige Arten.

Populationsstatus nach dem Abkommen zur Erhaltung der afrikanisch-eurasischen wandernden Wasservögel (AEWA; Quelle: UNEP/AEWA Secretariat 2019):

A 1c:	Populationen mit einer Individuenzahl von weniger als etwa 10.000.
A 2:	Populationen mit einer Individuenzahl von etwa 10.000 bis 25.000.
A 3b:	Populationen mit einer Individuenzahl von etwa 25.000 bis 100.000, die als gefährdet gelten aufgrund der Angewiesenheit auf einen erheblich gefährdeten Habitattyp.
A 3c:	Populationen mit einer Individuenzahl von etwa 25.000 bis 100.000, die als gefährdet gelten aufgrund eines erheblichen langfristigen Rückganges.
A 4:	Arten, die in der IUCN Red List als „Near Threatened“ geführt werden, die aber nicht die Kriterien zur Einstufung in die Kategorien A 1, A 2 oder A 3 erfüllen,
B 1:	Populationen mit einer Individuenzahl von etwa 25.000 und 100.000, die den Voraussetzungen für Spalte A nicht entsprechen.
B 2a:	Populationen mit einer Individuenzahl von mehr als etwa 100.000, für die besondere Aufmerksamkeit notwendig erscheint aufgrund der Konzentration auf eine geringe Anzahl von Stätten in jeder Phase ihres Jahreszyklus.
B 2b:	Populationen mit einer Individuenzahl von mehr als etwa 100.000, für die besondere Aufmerksamkeit notwendig erscheint aufgrund der Angewiesenheit auf einen erheblich gefährdeten Habitattyp.
B 2c:	Populationen mit einer Individuenzahl von mehr als etwa 100.000, für die besondere Aufmerksamkeit notwendig erscheint aufgrund eines erheblichen langfristigen Rückganges.
B 2d:	Populationen mit einer Individuenzahl von mehr als etwa 100.000, für die besondere Aufmerksamkeit notwendig erscheint aufgrund großer Schwankungen bezüglich Populationsgröße oder –trends.
C 1:	Populationen mit einer Individuenzahl von mehr als etwa 100.000, für die eine internationale Zusammenarbeit von erheblichem Nutzen sein könnte und die den Voraussetzungen für Spalte A oder B nicht entsprechen.
( ):	Populationssituation unbekannt, Gefährdungsstatus geschätzt.
*:	Die mit einem Sternchen gekennzeichneten Populationen dürfen ausnahmsweise auf der Grundlage einer nachhaltigen Nutzung auch weiterhin bejagt werden, soweit die Bejagung dieser Populationen einer langen kulturellen Tradition entspricht.
[N]:	Art des AEWA-Abkommens, für die Deutschland kein Arealstaat ist.

SPEC (Species of European Conservation Concern; Quelle: BirdLife International 2017):

SPEC 1:	Europäische Arten, die global gefährdet sind.
SPEC 2:	Arten, deren globale Populationen konzentriert in Europa vorkommen und einen ungünstigen Erhaltungsstatus in Europa haben.
SPEC 3:	Arten, deren globale Populationen nicht auf Europa konzentriert sind, dort aber einen ungünstigen Erhaltungsstatus haben.
SPEC 4:	Arten, deren globale Populationen sich auf Europa konzentrieren mit günstigem Erhaltungsstatus in Europa.

Die **gesamteuropäischen Gefährdungskategorien** (EUR-Gef.) und die EU27-Gefährdungskategorien (Quelle: BirdLife International 2021):

CR – Critically Endangered:	„Vom Aussterben bedroht“. Ein Taxon ist vom Aussterben bedroht, wenn gemäß den besten verfügbaren Datengrundlagen ein extrem hohes Risiko besteht, dass das Taxon in unmittelbarer Zukunft in der Natur ausstirbt.
EN – Endangered:	„Stark gefährdet“. Ein Taxon ist stark gefährdet, wenn gemäß den besten verfügbaren Datengrundlagen ein sehr hohes Risiko besteht, dass das Taxon in unmittelbarer Zukunft in der Natur ausstirbt.
VU – Vulnerable:	„Gefährdet“. Ein Taxon ist gefährdet, wenn gemäß den besten verfügbaren Datengrundlagen ein hohes Risiko besteht, dass das Taxon in unmittelbarer Zukunft in der Natur ausstirbt.
NT - Near Threatened	„potentiell gefährdet“. Ein Taxon ist potentiell gefährdet, wenn die Beurteilung nicht zur Einstufung in die Kategorien vom Aussterben bedroht, stark gefährdet oder verletzlich führt, jedoch vorraussichtlich in naher Zukunft in einer der Kategorien eingestuft werden wird
LC - Least Concern	„nicht gefährdet“. Ein Taxon ist nicht gefährdet, wenn die Beurteilung nicht zur Einstufung in die Kategorien vom Aussterben bedroht, stark gefährdet, verletzlich oder potentiell gefährdet führt. Weit verbreitete und individuenstarke Arten sind hier geführt.
NE - Not Evaluated	„nicht bewertet“.

Die Gefährdungskategorien der **Roten Liste** wandernder Vogelarten Deutschlands (RLW-BRD; Quelle: Hüppop et al. 2013):

0 – Erloschen:	Arten, Unterarten oder biogeographische Populationen, die im Bezugsraum als wandernde Individuen verschwunden sind oder von denen keine wild lebenden Bestände mehr bekannt sind.
1 – Vom Erlöschen bedroht:	Arten, Unterarten oder biogeographische Populationen, die so schwerwiegend bedroht sind, dass ihre Bestände in absehbarer Zeit erlöschen, wenn die Gefährdungsursachen fortbestehen.
2 – Stark gefährdet	Arten, Unterarten oder biogeographische Populationen, deren Bestände erheblich zurückgegangen oder durch laufende bzw. absehbare menschliche Einwirkungen erheblich bedroht sind. Wird die aktuelle Gefährdung der Einheit nicht abgewendet, rückt sie voraussichtlich in die Kategorie „Vom Erlöschen bedroht“ auf.
3 – Gefährdet	Arten, Unterarten oder biogeographische Populationen, deren Bestände merklich zurückgegangen oder durch laufende oder absehbare menschliche Einwirkungen bedroht sind. Wird die aktuelle Gefährdung der Einheit nicht abgewendet, rückt sie voraussichtlich in die Kategorie „Stark gefährdet“ auf.
R – Extrem selten	Extrem seltene oder sehr lokal vorkommende Arten, Unterarten oder biogeographische Populationen, deren Bestände in der Summe weder lang- noch kurzfristig abgenommen haben und die auch nicht aktuell bedroht sind, aber gegenüber unvorhersehbaren Gefährdungen besonders anfällig sind.
* – Ungefährdet	Arten, Unterarten oder biogeographische Populationen werden als derzeit nicht gefährdet angesehen, wenn ihre Bestände zugenommen haben, stabil sind oder so wenig abgenommen haben, dass sie nicht mindestens in Kategorie V eingestuft werden müssen

V – Vorwarnliste	Arten, Unterarten oder biogeographische Populationen, deren Bestände merklich zurückgegangen sind, aber aktuell noch nicht gefährdet sind. Bei Fortbestehen bestandsreduzierender Einwirkungen ist in naher Zukunft eine Einstufung in die Kategorie „Gefährdet“ wahrscheinlich.
-	Nicht aufgeführte Arten

A.1.4.2.2. Seetaucher

Im NSG „Doggerbank“ kommen **Sterntaucher** nach aktueller Datenlage nicht regelmäßig vor (Mendel et al. 2008), doch ist ein Durchqueren des Gebiets auf dem Zug denkbar. **Prachttaucher** kommen ebenfalls nicht regelmäßig vor (BfN 2017), doch auch für diese Art ist nicht auszuschließen, dass sie das Gebiet auf dem Zug berührt. Weitere Taucherarten wie **Eistaucher** und **Gelbschnabeltaucher** sind in der deutschen Nordsee eher vereinzelt zu erwarten. Es gibt jedoch aus Erfassungen der Nachbarländer Anzeichen dafür, dass es für den Gelbschnabeltaucher über vereinzelte Nachweise hinaus ein kleines Überwinterungsvorkommen im Bereich der Doggerbank gibt (van Bemmelen et al. 2011, Leopold 2016). Frost et al. (2019) schätzen den Überwinterungsbestand im britischen Teil der Doggerbank auf 80 Individuen. Bei Erfassungen durch den DDA im und um den sog. Entenschnabel der deutschen AWZ (inkl. des NSG „Doggerbank“) im Mai wurden ebenfalls zwei Individuen des Gelbschnabeltauchers nachgewiesen (Gottschling & Karwinkel 2024).

A.1.4.2.3. Eissturmvogel

Im NSG „Doggerbank“ können **Eissturmvögel** in allen Bereichen und zu allen Jahreszeiten angetroffen werden, teilweise auch in hoher Individuendichte. Am größten ist der Bestand im Frühjahr (1.700 Ind.), am geringsten im Winter (110 Ind.; Tab. 8.4). Die Individuendichten im Frühjahr erreichen mit bis zu 15 % relativ hohe Anteile am nationalen Rastbestand.

*Tab. 8.4 Rastbestandszahlen des Eissturmvogels für die gesamte deutsche Nordsee sowie für das NSG „Doggerbank“ (nach: BfN 2017), * basierend auf Schiffstransektzählungen (Bezugsraum: 1993-2003; Garthe et al. 2007); nachrichtlich – FTZ unpubliziert).*

Artname	Bestand in der deutschen Nordsee (2002-2006) *	Bestand im NSG „Doggerbank“ (1993-2013)
Frühjahr	11.500	1.700
Sommer	40.000	950
Herbst	24.000	140
Winter	10.500	110

In Deutschland brüten Eissturmvögel nur auf der Hochseeinsel Helgoland (23 Paare im Jahr 2022; Dierschke et al. 2023). In der Deutschen Bucht halten sich auch Individuen von Kolonien an der schottischen Küste bzw. anderen Kolonien im Atlantik auf sowie ganzjährig Nichtbrüter. Für Eissturmvögel stellt die Doggerbank einen Nahrungsraum von großer Bedeutung dar. Sie stehen als Fischfresser gemeinsam mit anderen Seevogelarten an der Spitze der Nahrungskette in der deutschen Nordsee.

Im Nordost Atlantik sind Eissturmvögel vornehmlich in nördlicheren Breiten zu finden (Abb. 8.28) und im Sommer in höheren Dichten als im Winter. Der Bereich der Doggerbank befindet sich v. a. im Sommer in einer Zone mit zunehmend höheren Dichten.

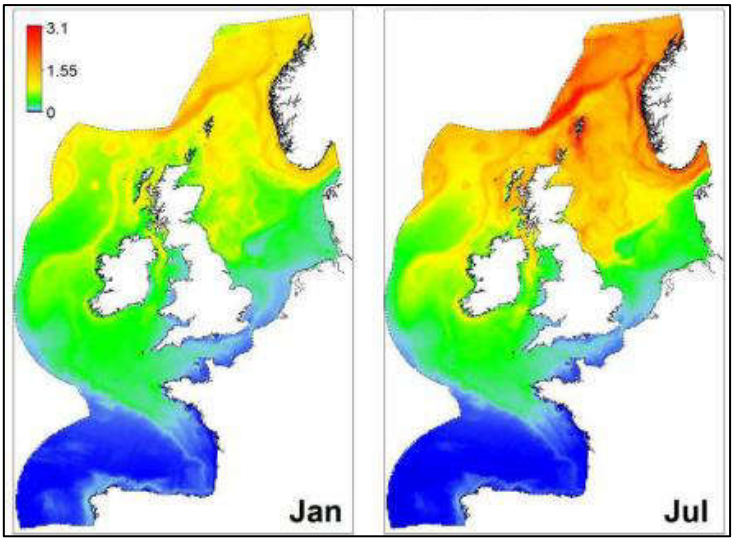


Abb. 8.28 Räumliche Verteilung des Eissturmvogels im Januar und Juli im Nordost Atlantik (Individuen/km², 10 km Auflösung), aus: Waggit et al. (2020).

Eissturmvögel sind in niederländischen Gewässern vornehmlich im küstenfernen Bereich zu finden (Abb. 8.29). Eine Bevorzugung des Gebietes der Doggerbank ist nicht zu erkennen. Küstennahe Bereiche werden in den meisten Monaten gemieden.

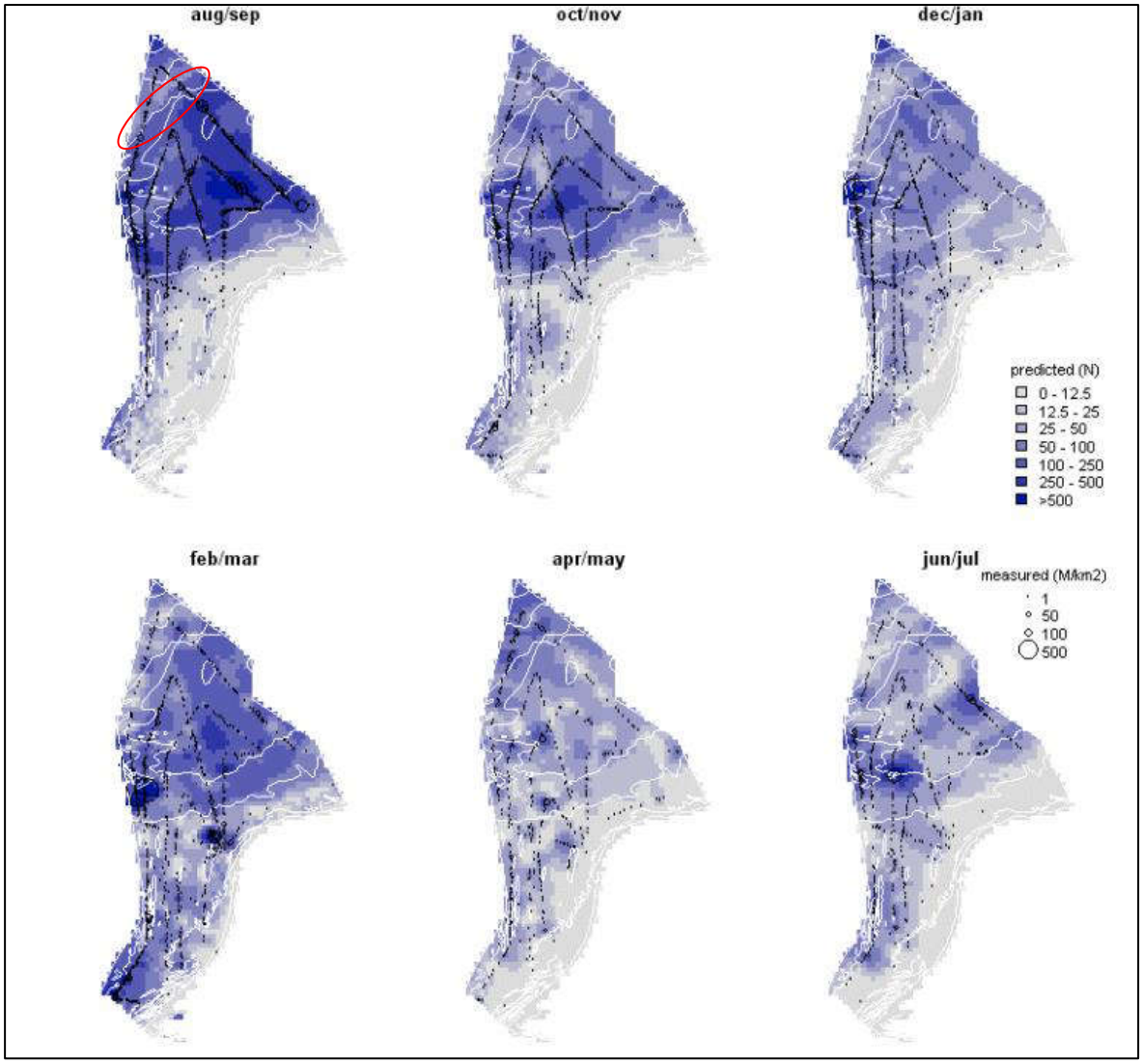


Abb. 8.29 *Vorkommen des Eissturmvogels in 5x5 km² Grids in 2-Monatsperioden in den Saisons 1999/2000 – 2007/2008 in niederländischen Gewässern, basierend auf Flugerfassungen; rot: ungefähre Lage der niederländischen Doggerbank am Beispiel der Monate August/September (nach: Poot et al. 2010).*

Das Vorkommen von Eissturmvögeln im Untersuchungsraum der britischen Doggerbank im Rahmen von Erfassungen in den Projektgebieten Teesside A und B (Abb. 8.30) schwankte stark zwischen den drei Untersuchungsjahren 2010 bis 2012 (Burton et al. 2014). Im Jahr 2010 war diese Art am stärksten vertreten, wobei in den Sommermonaten dieses Jahres ein deutlicher Schwerpunkt im Nordosten des Gebietes lag, also direkt an die Doggerbank der deutschen AWZ angrenzend bzw. überschneidend. Ein weiterer Schwerpunkt der Verbreitung lag in vielen Monaten an den Hanglangen am westlichen Rand der Doggerbank.

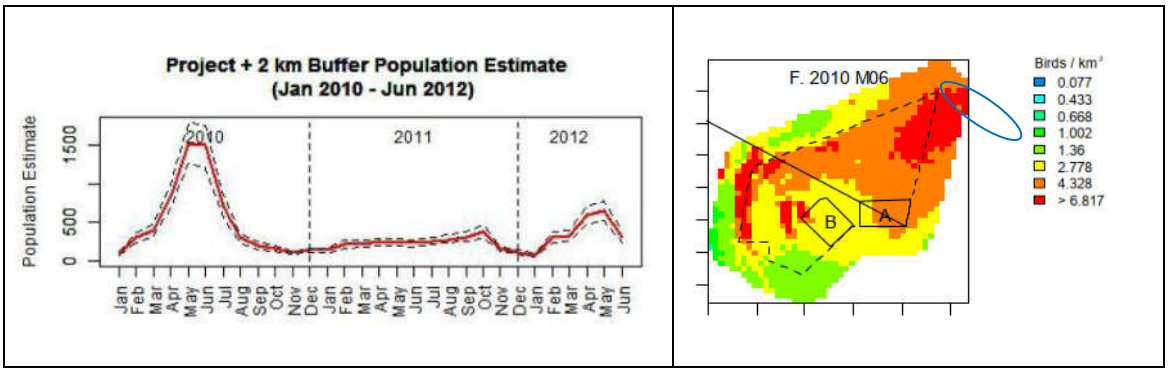


Abb. 8.30 *Vorkommen des Eissturmvogels in der britischen Doggerbank Zone nach Burton et al. (2014). Links: Populationsschätzung in den Projektgebieten Teesside A und B (plus 2 km Puffer) in den Jahren 2010 bis 2012. Rechts: Darstellung der räumlichen Verteilung innerhalb eines Monats mit hohen Dichten (in Publikation sind Karten für jeden Monat vorhanden), blauer Kreis: ungefähre Lage der Doggerbank in der Deutschen AWZ.*

Auswertungen von ESAS-Daten (1980-2004, Abb. 8.31) bestätigen im Bereich der Doggerbank Bereiche mit hoher Dichte im Westen der Doggerbank und auch im nordöstlichen Teil in holländischen und auch in deutschen Gewässern (Skov et al. 2018b).

Der JNCC meldet für die meisten Kolonien Englands, besonders auch die im Osten der Insel, negative Bestandstrends seit Ende der 90er Jahre (Datenbasis: 1986-2019; JNCC 2021b). BirdLife International berichtet für Europa Brutbestände zwischen 3.380.000 und 3.500.000 Brutpaaren (BirdLife International 2015). Jedoch sind die Bestände seit Mitte der 80er Jahre um mehr als 40 % gesunken (BirdLife International 2024).

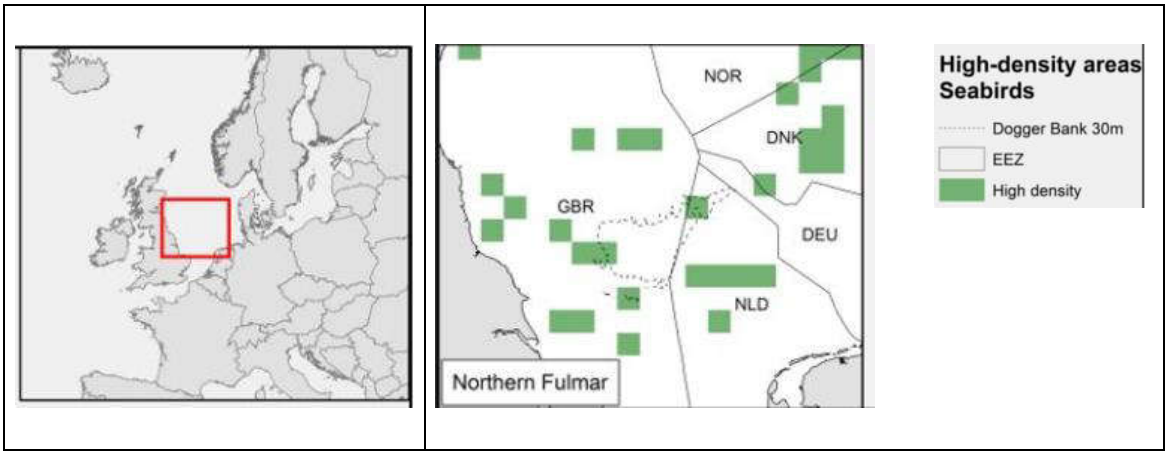


Abb. 8.31 *Vorkommen des Eissturmvogels in der Nordsee nach Skov et al (2018b) basierend auf ESAS-Daten (1980 – 2004).*

Verteilung im Raum nach BfN digitalen und Beobachter-basierte Flugtransekt-Erfassungen sowie ESAS Schiffstransekt-Erfassungen

Der Eissturmvogel kommt nach digitalen Flugerfassungen (Abb. 8.32) im artspezifischen Frühjahr im gesamten Untersuchungsgebiet in mindestens geringen Dichten vor. Verbreitungsschwerpunkte zeigten sich am südlichen Zipfel des UG und südlich außerhalb des NSG in der deutschen AWZ. Im

Osten, außerhalb des NSG, in der dänischen AWZ wurden ebenfalls hohe Dichten nachgewiesen. Die beobachterbasierten Flugerfassungen (Abb. 8.33) zeigen ebenfalls eine großflächige Verteilung im Gebiet in allen Jahreszeiten.

Bei Schiffstransekt-Erfassungen wurde der Eissturmvogel (Abb. 8.34) im artspezifischen Sommer in mittleren bis hohen Dichten großflächig im UG nachgewiesen. Der nordöstliche Rand des UG zeigte dabei tendenziell geringere Dichten. Im artspezifischen Frühjahr wurden ebenfalls zentral mittlere Dichten festgestellt, jedoch wurde in dieser Jahreszeit nur ein schmaler Streifen des UG untersucht. Der Herbst und Winter zeigten hohe Dichten in der südlichen Ecke des UG.

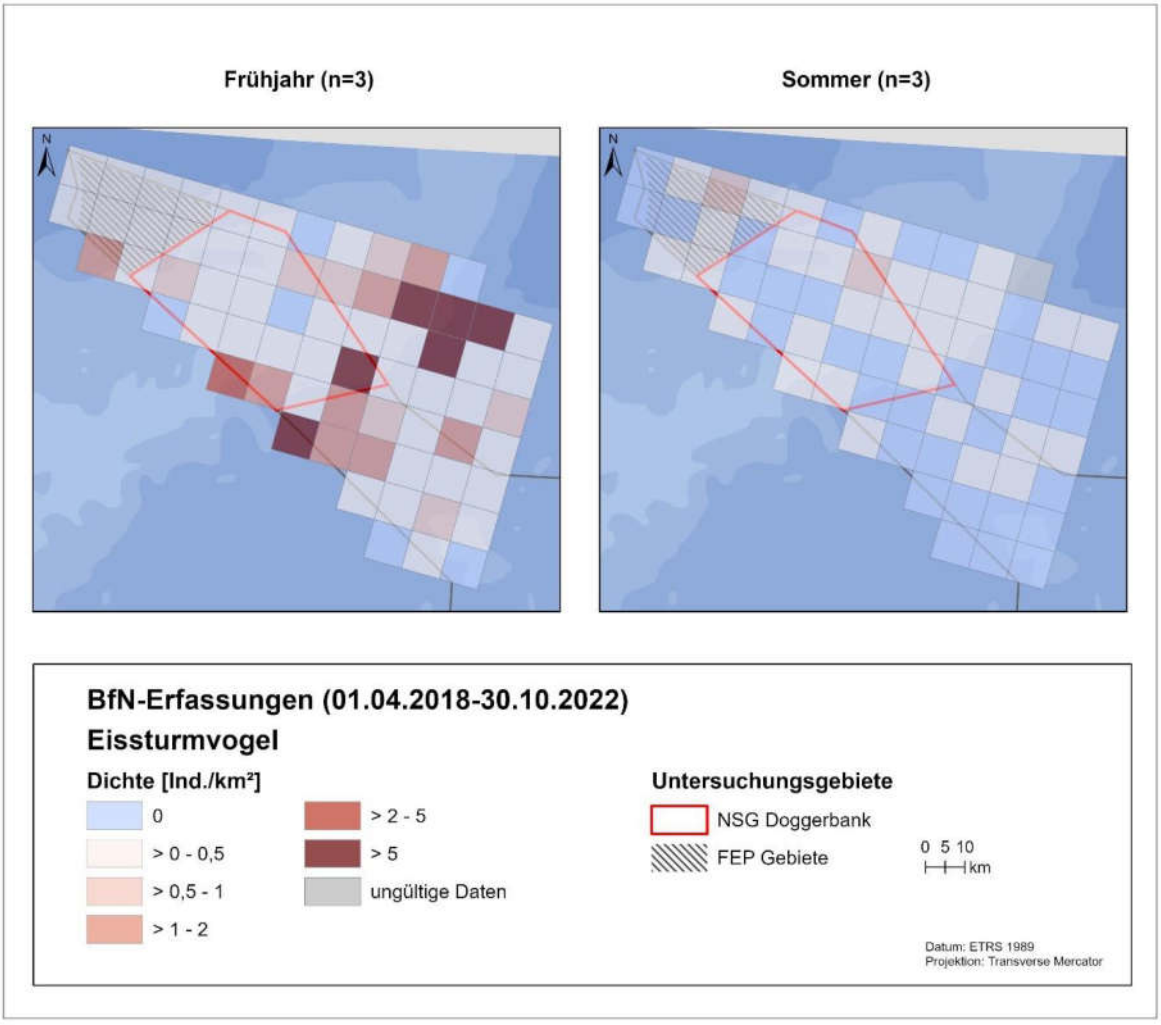


Abb. 8.32 Verteilung des Eissturmvogels nach digitalen Flugtransekt-Erfassungen (HiDef) im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2018-2022.

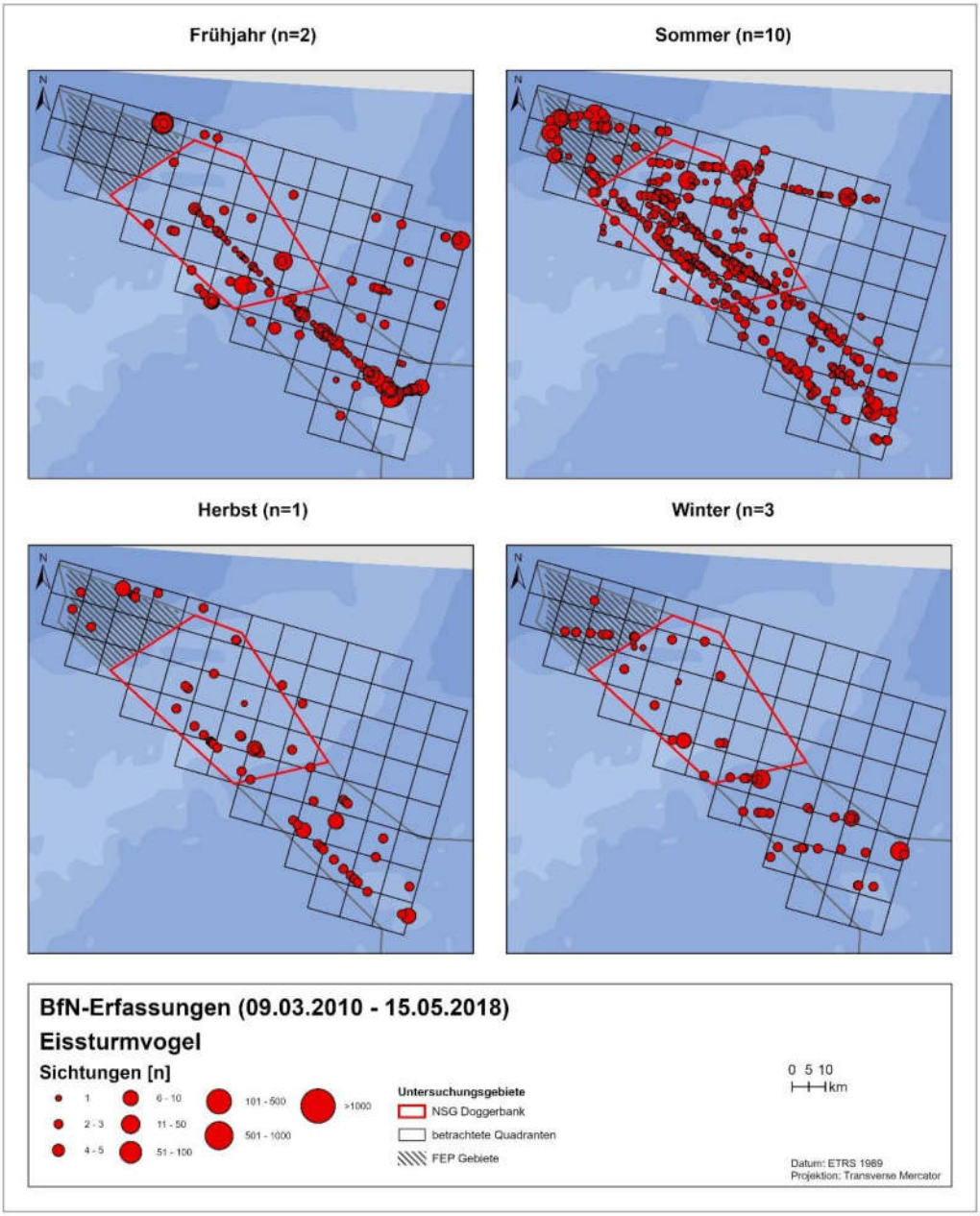


Abb. 8.33 Verteilung des Eissturmvogels nach Beobachter-basierten Flugtransekt-Erfassungen im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2010-2018.

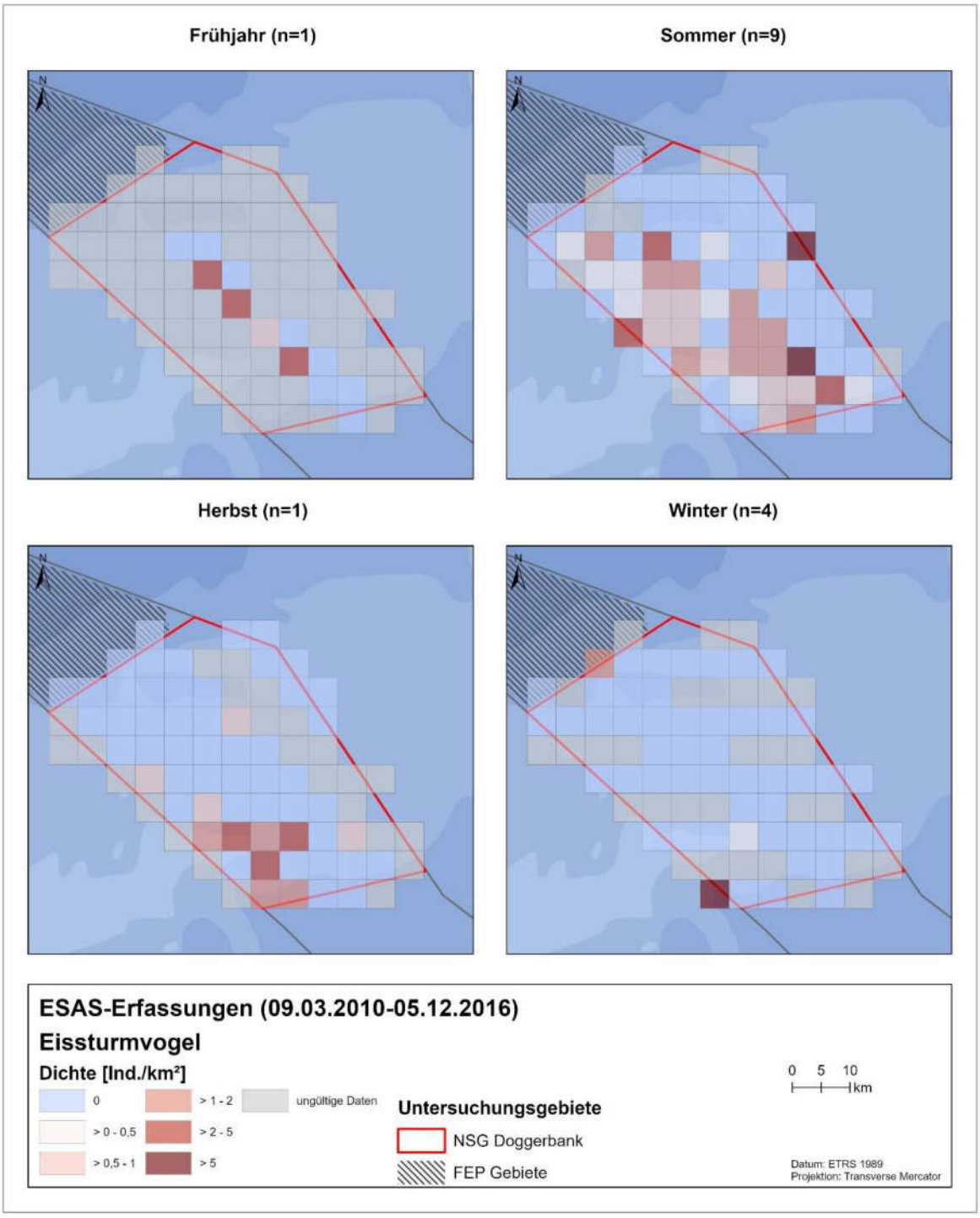


Abb. 8.34 Verteilung des Eissturmvogels nach ESAS-Schiffsmonitoring im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2010-2016.

A.1.4.2.4. Basstölpel

Basstölpel sind im NSG „Doggerbank“ vor allem im Frühjahr und Sommer anzutreffen, seltener im Herbst und nicht im Winter (Tab. 8.5). Lokal kann es dabei zu hohen Dichten kommen, nach den bisher spärlichen Daten besonders im Nordwesten des NSG (BfN 2017). Aufgrund der sehr langen Nahrungsflüge ist mit einer Vernetzung des Vorkommens mit den anderen Schutzgebieten in der Nordsee zu rechnen, wo sie teilweise in vergleichbaren Dichten vorkommen (z. B. NSG „Sylter Außenriff – Östliche Deutsche Bucht“).

*Tab. 8.5 Rastbestandszahlen des Basstölpels für die gesamte deutsche Nordsee sowie für das NSG „Doggerbank“ (nach: BfN 2017) * basierend auf Schiffstransektzählungen (Bezugsraum: 1993-2003; Garthe et al. 2007); nachrichtlich – FTZ unpubliziert).*

Artname	Bestand in der deutschen Nordsee (2002-2006) *	Bestand im NSG „Doggerbank“ (1993-2013)
Frühjahr	800	250
Sommer	1.400	420
Herbst	2.700	70
Winter	230	0

Auch der Basstölpel kommt in Deutschland nur auf der Hochseeinsel Helgoland als Brutvogel vor. Das Brutvorkommen des Basstölpels umfassten im Jahr 2022 noch 1.585 Brutpaare (Dierschke et al. 2023), jedoch war die Helgoländer Brutkolonie seit dem Jahr 2021 wie viele andere Koloniebrüter von der Vogelgrippe betroffen und der Bruterfolg war seitdem sehr gering (NABU 2022, Süddeutsche Zeitung 2023). Aufgrund der sehr langen Nahrungsflüge der Helgoländer Brutvögel (Garthe et al. 2017a) kann auch das Gebiet der Doggerbank als Nahrungsrevier während der Brutzeit erreicht werden (die meisten Nahrungsflüge sind jedoch kürzer). Basstölpel im Bereich der Doggerbank können auch von schottischen Kolonien aus aufgesucht werden. Die deutsche AWZ umfasst insgesamt weniger als 1 % der europäischen Population des Basstölpels (Birdlife International 2021). Die Art zeigte in Deutschland und auch in anderen europäischen Ländern seit vielen Jahren einen Zuwachs im Bestand (Birdlife International 2021).

Im Nordost Atlantik sind Basstölpel vornehmlich in küstennahen Bereichen der britischen und irischen Inseln zu finden, im Sommer mit Schwerpunkten im Bereich größerer Kolonien (Abb. 8.35). Der Bereich der Doggerbank befindet sich v. a. im Sommer in einer Zone mit zunehmend höheren Dichten.

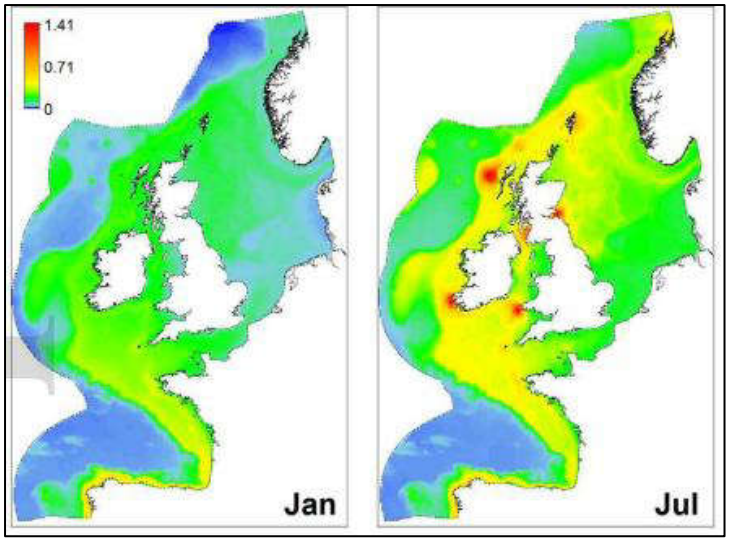


Abb. 8.35 Räumliche Verteilung des Basstölpels im Januar und Juli im Nordost Atlantik (Individuen/km², 10 km Auflösung), aus: Waggit et al. (2020).

Basstölpel kommen in niederländischen Gewässern weit verbreitet in meist geringen Dichten vor (Abb. 8.36). Lokale Schwerpunkte weisen die vornehmlich auf gute Nahrungssituationen hin (z. T. in Verbindung mit Fischtrawlern). Insbesondere im Frühjahr liegt ein Hauptvorkommen im Bereich der Doggerbank, aber auch in den Monaten August bis Januar ist die Art dort in z. T. höheren Dichten anzutreffen. Basstölpel in diesem Bereich werden vornehmlich den Kolonien am Bempton Cliff in Ostengland und Helgoland zugeordnet.

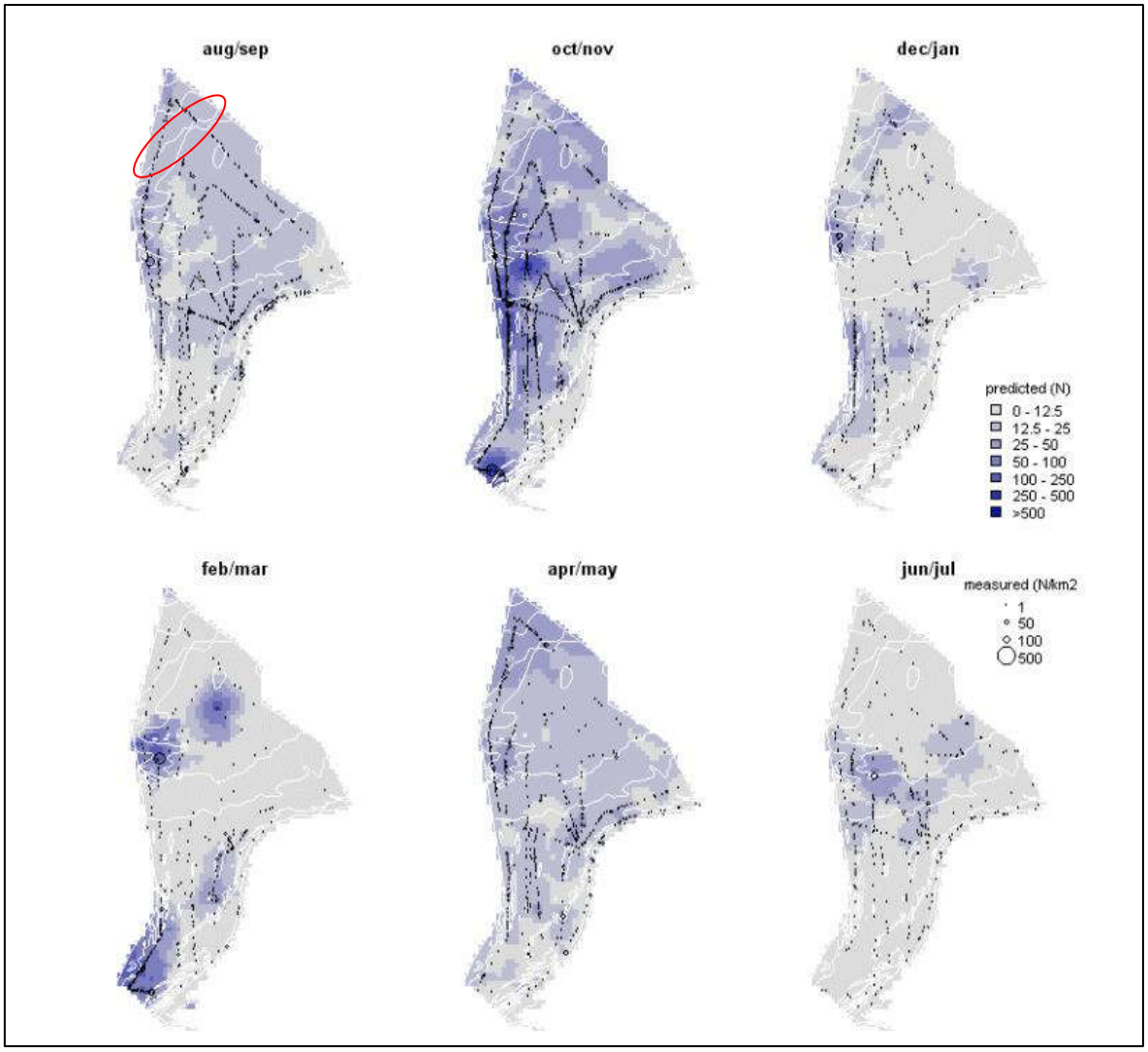


Abb. 8.36 Vorkommen des Basstölpels in 5x5 km² Grids in 2-Monatsperioden in den Saisons 1999/2000 – 2007/2008 in niederländischen Gewässern, basierend auf Flugerfassungen; rot: ungefähre Lage der niederländischen Doggerbank am Beispiel der Monate August/September (nach: Poot et al. 2010).

Das Vorkommen von Basstölpeln im Untersuchungsraum der britischen Doggerbank im Rahmen von Erfassungen in den Projektgebieten Teesside A und B schwankte stark zwischen den drei Untersuchungsjahren 2010 bis 2012 (Burton et al. 2014). Im Jahr 2010 war diese Art nur in geringen Anzahlen vorhanden, dagegen zeigten sich im Frühjahr 2011 und 2012 deutliche Peaks von jeweils deutlich mehr als 2.000 Individuen (Abb. 8.37). Die Schwerpunkte des Vorkommens lagen im südlichen Bereich der britischen Doggerbank (z. B. März 2012 in Abb. 8.37, aber auch in weiteren Monaten). In vielen Monaten zeigte sich auch ein verstärktes Vorkommen der Art in einem Band am nördlichen Rand der Doggerbank, welches sich bis in die Deutsche AWZ hineinzieht (siehe Mai 2012 in Abb. 8.37).

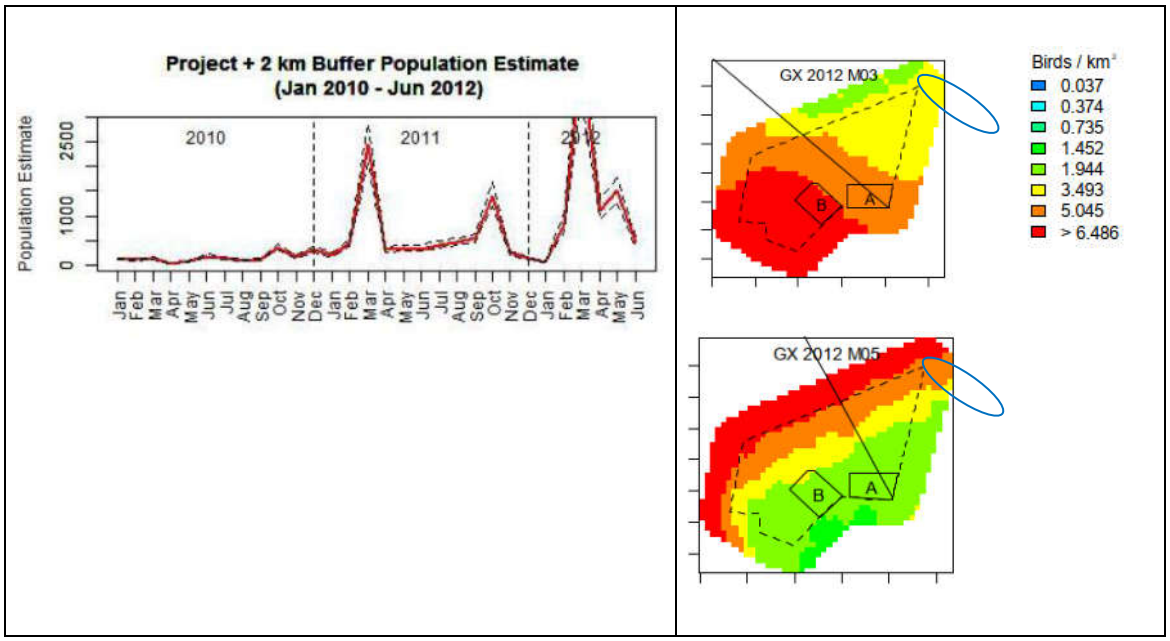


Abb. 8.37 *Vorkommen des Basstölpels in der britischen Doggerbank Zone nach Burton et al. (2014). Links: Populationsschätzung in den Projektgebieten Teesside A und B (plus 2 km Puffer) in den Jahren 2010 bis 2012. Rechts: Darstellung der räumlichen Verteilung innerhalb von Monaten mit hohen Dichten (in Publikation sind Karten für jeden Monat vorhanden), blaue Kreise: ungefähre Lage der Doggerbank in der Deutschen AWZ.*

Auswertungen von ESAS-Daten (1980-2004) zeigen einen größeren zusammenhängenden Bereich mit hohen Dichten von Basstölpeln vom Nordosten Schottlands bis zur südwestlichen Flanke der Doggerbank (Skov et al. 2018b). Auch angrenzend zur Doggerbank in der Deutschen AWZ ist ein Bereich mit hohen Dichten gekennzeichnet (Abb. 8.38).

Der Winterbestand des Basstölpels zeigte zwischen 2003/04 und 2015/16 eine deutliche Bestandszunahme im Winterbestand in Deutschland von ca. 200 % (Gerlach et al. 2019). Dem JNCC zufolge zeigt die britische Brutpopulation insgesamt ebenfalls einen deutlich positiven Bestandstrend (Datenbasis: 1986-2019; JNCC 2021c). Es ist jedoch zu bedenken, dass hier noch nicht die Nachwirkungen der Vogelgrippe Epidemie seit 2021 mit dargestellt sind, da Basstölpel in Großbritannien durch diese auch stark beeinträchtigt waren (The Guardian 2024).

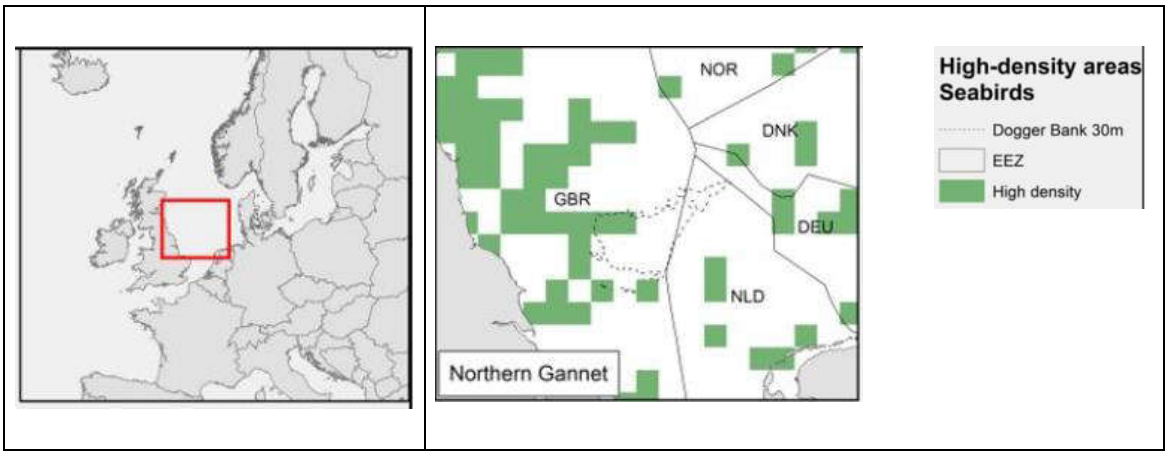


Abb. 8.38 Vorkommen des Basstölpels in der Nordsee nach Skov et al (2018b) basierend auf ESAS-Daten (1980 – 2004).

Verteilung im Raum nach BfN digitalen und Beobachter-basierte Flugtransekt-Erfassungen sowie ESAS Schiffstransekt-Erfassungen

Basstölpel kommen nach digitalen Flugerfassungen (Abb. 8.39) im artspezifischen Sommer im gesamten Gebiet des NSG „Doggerbank“ in geringen Dichten vor. Die beobachterbasierten Flugerfassungen (Abb. 8.40) zeigen für Sommer, Herbst und Winter ebenfalls eine großflächige Nutzung. Im Frühjahr gab es nur eine Erfassung, wo nur wenige Individuen festgestellt wurden.

Bei Schiffstransekt-Erfassungen wurde der Basstölpel (Abb. 8.41) im artspezifischen Sommer in mittleren Dichten großflächig im NSG nachgewiesen. Die höchsten Dichten wurden im Zentrum des NSG festgestellt. Im artspezifischen Herbst wurde eine starke Konzentration in der südlichen Ecke des NSG nachgewiesen, jedoch beruht diese Verteilung nur auf einer Erfassung. Im Frühjahr und Winter wurden nur wenige Nachweise erbracht.

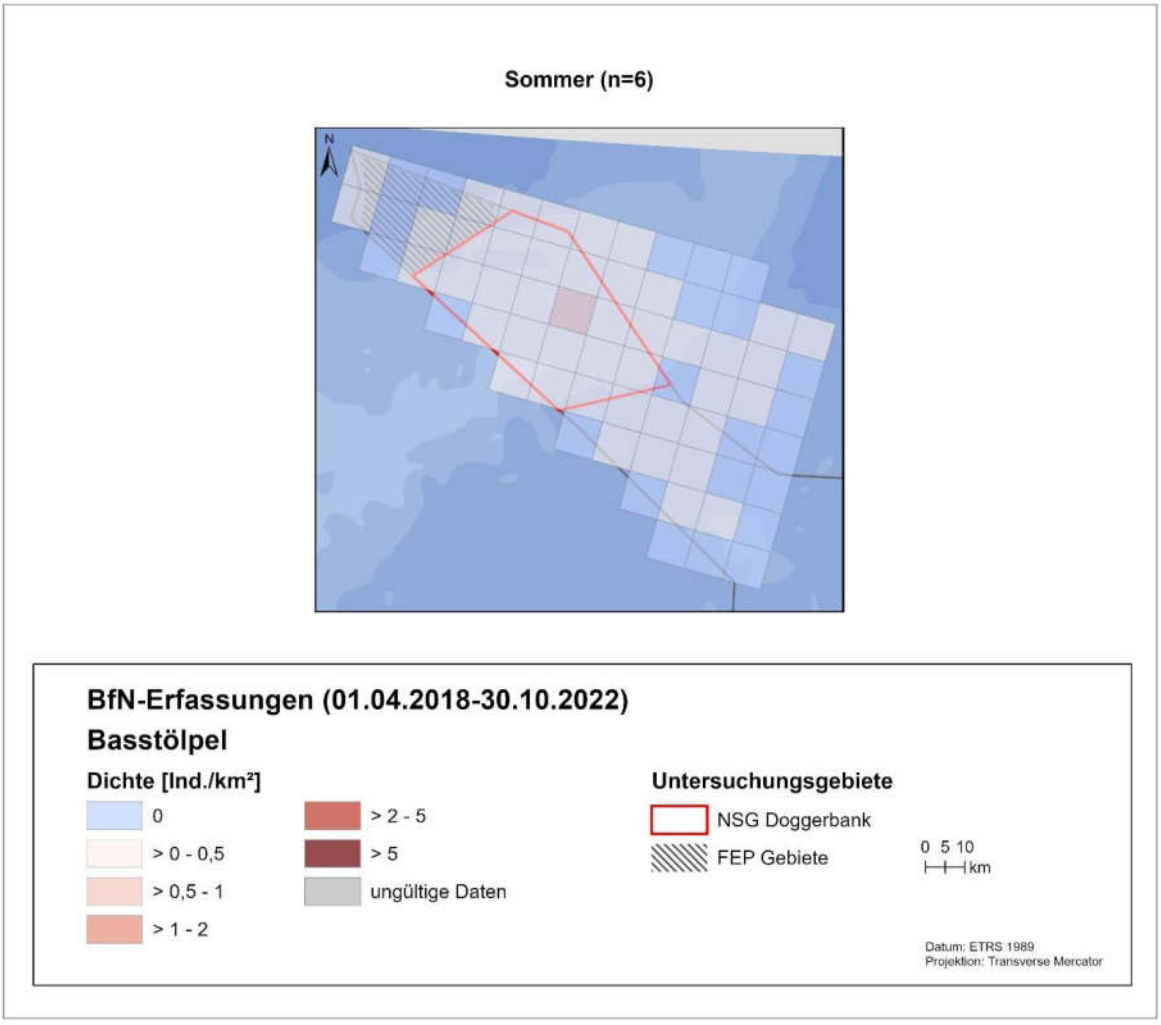


Abb. 8.39 Verteilung des Basstölpels nach digitalen Flugtransekt-Erfassungen (HiDef) im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2018-2022.

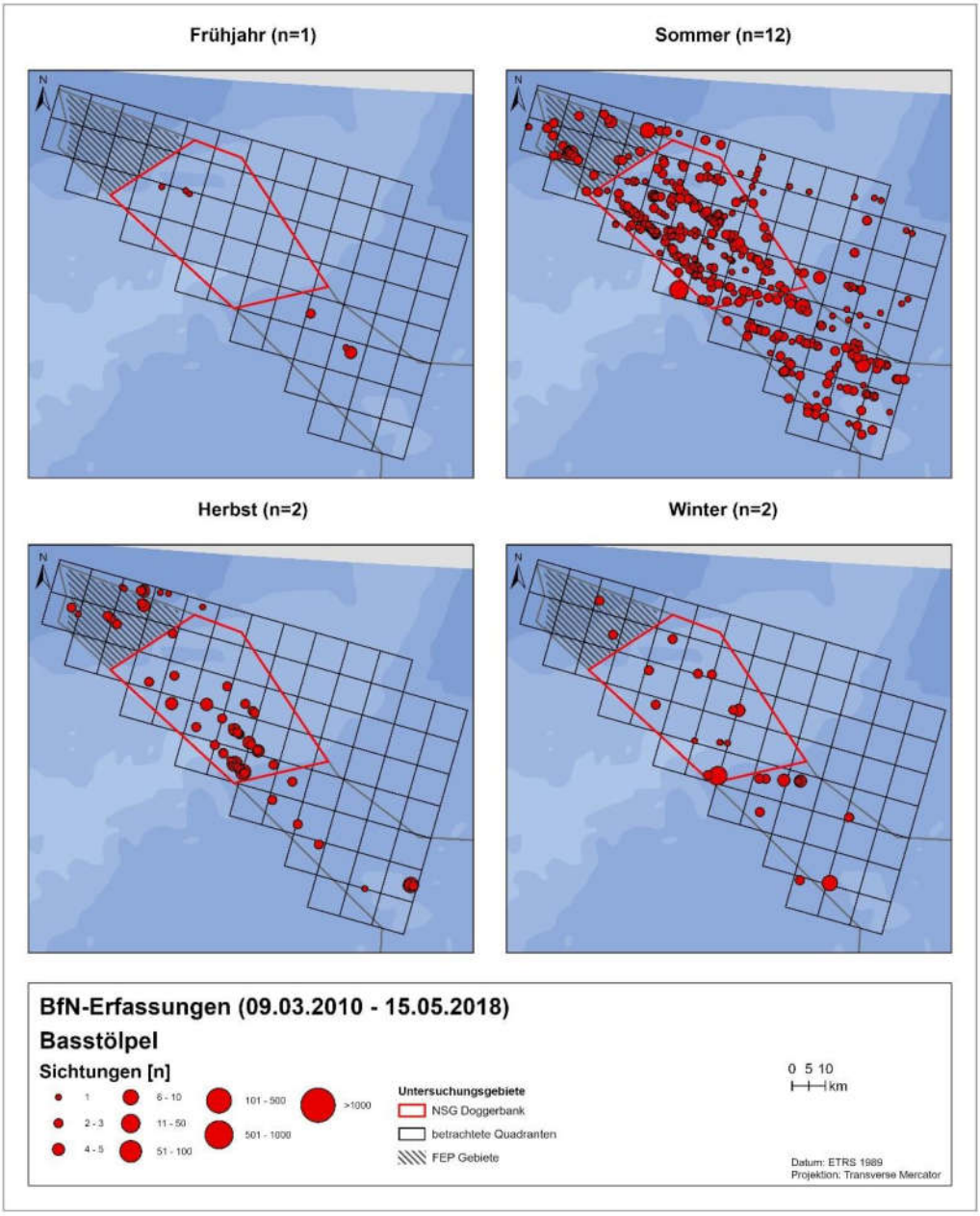


Abb. 8.40 Verteilung des Basstölpels nach Beobachter-basierten Flugtransekt-Erfassungen im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2010-2018.

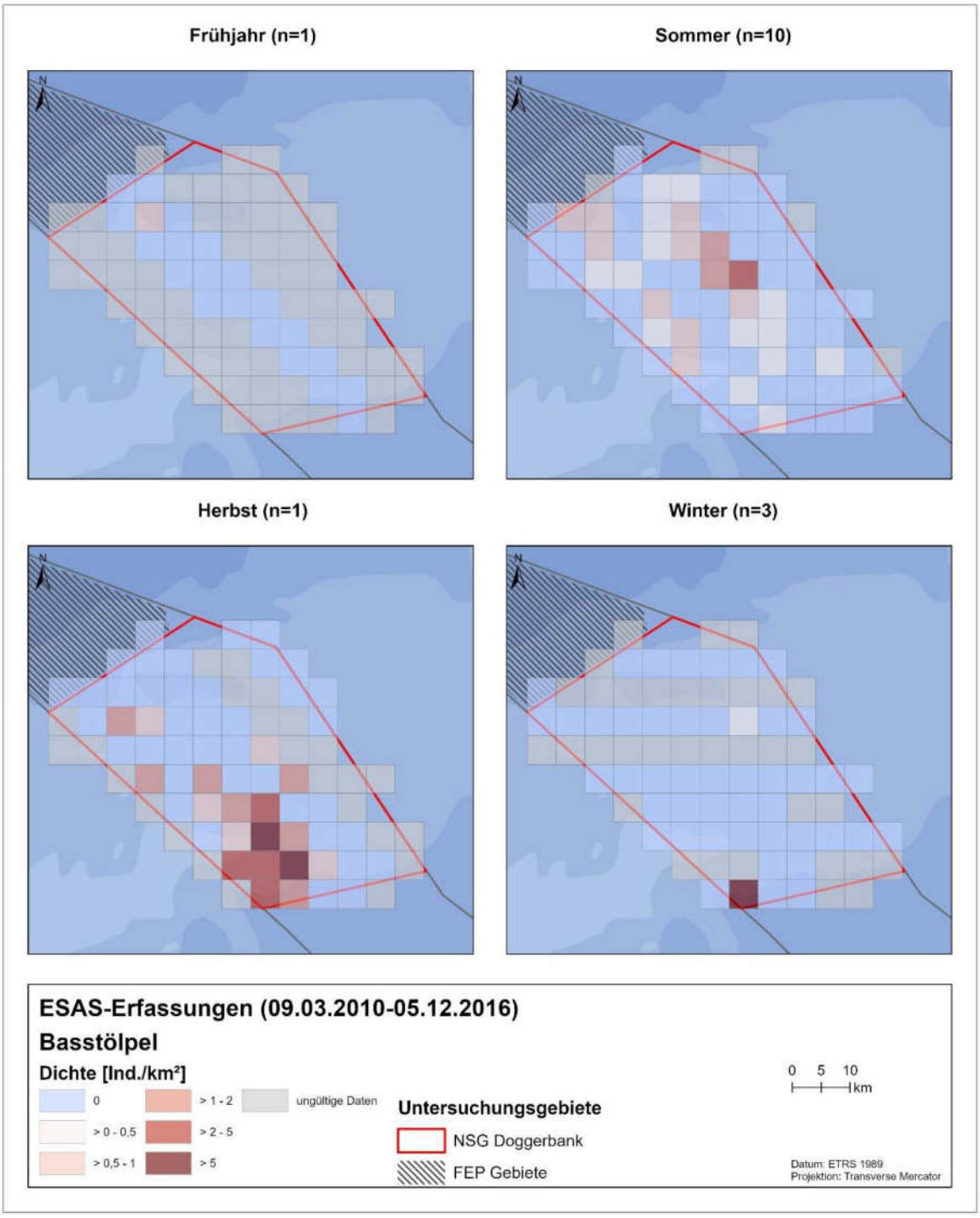


Abb. 8.41 Verteilung des Basstölpels nach ESAS-Schiffsmonitoring im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2010-2016.

A.1.4.2.5. Zwergmöwen

Zwergmöwen wurden im Bereich des NSG „Doggerbank“ bisher vornehmlich im Frühjahr während der Zugzeit festgestellt, punktuell dann auch in hohen Dichten (Bestandsschätzung: 900 Ind. mit

Dichten von > 2 Ind./km^2; zitiert in BfN 2017). Dies deutet darauf hin, dass das Gebiet von Durchzüglern genutzt wird, in den anderen Jahreszeiten reicht das Vorkommen insgesamt nicht bis in den zentralen Bereich der Nordsee hinein.

Zwergmöwen kamen im Untersuchungsraum der britischen Doggerbank im Rahmen von Erfassungen in den Projektgebieten Teesside A und B nur im Monat Oktober in geringer Anzahl vor (Burton et al. 2014). Hochrechnungen liegen bei insgesamt 38 Individuen und sind damit nicht von nationaler oder internationaler Bedeutung.

Verteilung im Raum nach BfN digitalen und Beobachter-basierte Flugtransekt-Erfassungen sowie ESAS Schiffstransekt-Erfassungen

A.1.4.2.6. Larus-Möwen

Mantelmöwen und **Silbermöwen** treten im NSG „Doggerbank“ nach bisherigen Beobachtungen nur sporadisch und in kleiner Anzahl auf, Mantelmöwen besonders im Winter. Auch **Heringsmöwen** treten im Sommerhalbjahr nur in geringen Dichten auf (Mendel et al. 2008) - während eines Frühjahrsfluges im Mai 2019 betrug die Dichte von Heringsmöwen im Bereich des Entenschnabels 0,004 Ind./m² (Borkenhagen et al. 2020).

Die Mantelmöwe zeigt vereinzelte Brutvorkommen in Deutschland, unter anderem auf der Amrumer Odde und Helgoland (2 bzw. 4 Brutpaare im Jahr 2019; Walter 2020, 18 bzw. 4 Brutpaare im Jahr 2020 Ballstedt et al. 2021) und in den Niederlanden (Koffijberg et al. 2006). Die Silbermöwe kommt als Brutvogel beispielsweise auf der Hallig Südfall, der Hallig Gröde, der Amrumer Odde und Helgoland (jeweils 777, 415, 862 bzw. 86 Brutpaare im jahr 2020; Ballstedt et al. 2021), sowie entlang des gesamten Küstenbereiches der Wattenmeerinseln vor. Die Heringsmöwe brütet in großen Zahlen auf der Amrumer Odde (1.575 Brutpaare im Jahr 2019; Walter 2020, 1.090 Brutpaare im Jahr 2020 Ballstedt et al. 2021), auf Helgoland (ansteigende Brutpaarzahlen bis Ausbruch der Vogelgrippe: 651 Brutpaare in 2021, 452 Brutpaare in 2022; Dierschke et al. 2023) und auf vielen weiteren Inseln des Wattenmeeres, sowie am Festland. Heringsmöwen sind weiträumig anzutreffen, sowohl im küstennahen Bereich als auch offshore. Als typische Schiffsfolger sind Vorkommen von Mantel-, Silber- und Heringsmöwe sind stark an Bewegungen von Fischkuttern gekoppelt (Mendel et al. 2008).

Silbermöwen werden auch im britischen Teil der Doggerbank nur in geringer Anzahl nachgewiesen (Burton et al. 2014). Dagegen liegen die Schätzungen des monatlichen Vorkommens von Heringsund Mantelmöwen in den Projektgebieten Teesside A und B bei ca. 200 Ind./km² (Mai, Juni) bei der Heringsmöwe und bei ca. 240 Ind./km² (Januar) bei der Mantelmöwe (Hauptvorkommen im Winter). Insbesondere die Heringsmöwe zeigt auch Vorkommensschwerpunkte im östlichen Teil der britischen Doggerbank, die im Nordosten an die deutsche AWZ angrenzt. Die Dichten liegen hier in einem Bereich von > 1,366 Ind./km². Daneben sind in vielen Monaten der Bereich der westlichen Hanglagen der Doggerbank stark frequentiert. Mantelmöwen weisen in allen Monaten einen Vorkommensschwerpunkt im südlichen Bereich der Doggerbank auf (ebenfalls bevorzugt an den westlichen Hanglagen der Doggerbank). Im nordöstlichen Bereich in der Nähe der deutschen AWZ war dagegen kein Vorkommensschwerpunkt zu verzeichnen. In einzelnen Monaten traten Dichten von bis zu ca. 0,80 Ind./km² auf (z. B. April 2011).

Nach Auswertungen von ESAS-Daten (1980 – 2004) gibt es keine Vorkommensschwerpunkte der Heringsmöwe im Bereich der Doggerbank (Skov et al. 2018b), während bei der Mantelmöwe im südlichen Bereich der britischen Doggerbank hohe Dichten dieser Art festgestellt wurden (Abb. 8.42). Für beide Arten stellt die Doggerbank in der deutschen AWZ kein Bereich mit hohen Dichten dar.

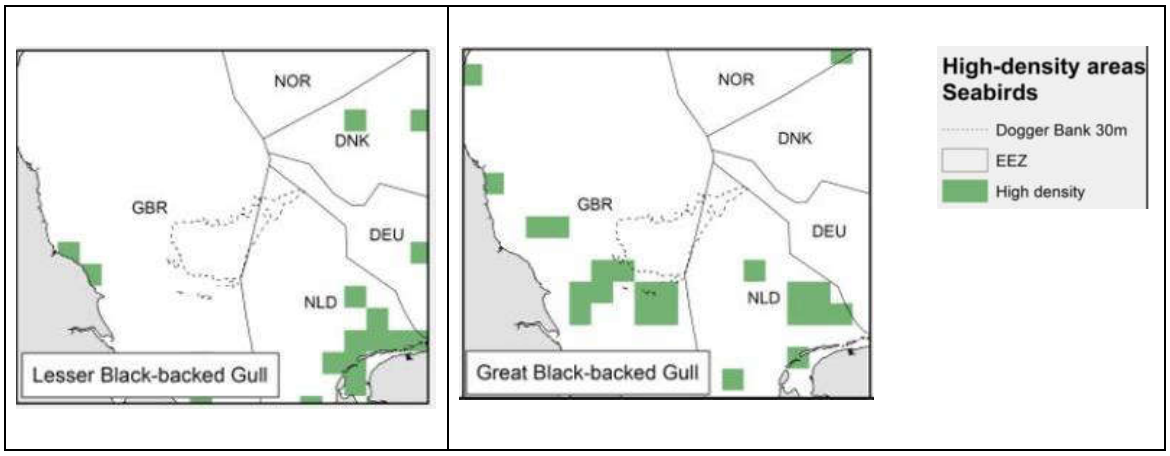


Abb. 8.42 Vorkommen von Herings- (links) und Mantelmöwen in der Nordsee nach Skov et al (2018b) basierend auf ESAS-Daten (1980 – 2004).

Die Bestandstrends der Heringsmöwe der gesamten deutschen Nordsee zeigten über den Zeitraum von 1990 bis 2009 eine starke Zunahme, jedoch sanken die Bestände bis 2013 wieder auf das Ursprungsniveau (1990 bis 2013; Markones et al. 2015). Gerlach et al. (2019) zeigten im 24-Jahrestrend (1992–2016) ebenfalls eine starke Zunahme für die Heringmöwe. Die Brutbestände der Heringsmöwe in Großbritannien zeigten zwischen 2002 und 2018 einen deutlich abnehmenden Trend (JNCC 2021d).

Für die Silbermöwe zeigte sich im Vergleich von 1993 bis 2003 eine leichte Zunahme, nur im Sommer war eine leichte Abnahme für die gesamte deutsche Nordsee festzustellen (1990 bis 2013; Markones et al. 2015). Von Gerlach et al. (2019) wurde für die Silbermöwe im 12-Jahrestrend ein starker Rückgang im Brut- und Rastbestand festgestellt. Im Küstenmeer, wo die Art am häufigsten vorkommt, zeigte sich jedoch kein signifikanter Trend (2002-2015; Guse et al. 2018). In Großbritannien zeigten die Brutbestände der Silbermöwe zwischen 2002 und 2018 einen tendenziell abnehmenden Trend, jedoch war die Rate der Abnahme über die letzten 20 Jahre sehr flach (JNCC 2021e).

Die Mantelmöwe zeigte im Bereich der deutschen Nordsee in der Vergangenheit einen starken Rückgang im Sommer (1990 bis 2013; Markones et al. 2015). Auch von Gerlach et al. (2019) wurde für die Mantelmöwe im zwischen 2003/04 und 2015/16 während der gesamten Rastperiode ein Rückgang festgestellt. Im Küstenmeer zeigte sich jedoch kein signifikant rückläufiger Trend (2002-2015; Guse et al. 2018). Die Brutbestände der Mantelmöwe zeigten in Großbritannien 2002-2018 ebenfalls keinen negativen Trend (JNCC 2021f).

Verteilung im Raum nach BfN digitalen und Beobachter-basierte Flugtransekt-Erfassungen sowie ESAS Schiffstransekt-Erfassungen

Die Heringsmöwe kam nach digitalen Flugerfassungen (Abb. 8.43) im artspezifischen Frühjahr, Sommer und Herbst in geringen Dichten bevorzugt in den Bereichen außerhalb des NSG, vor allem in

der östlich angrenzenden dänischen AWZ vor. Die beobachterbasierten Flugerfassungen (Abb. 8.44) zeigen ein sporadisches Vorkommen der Art in allen Jahreszeiten.

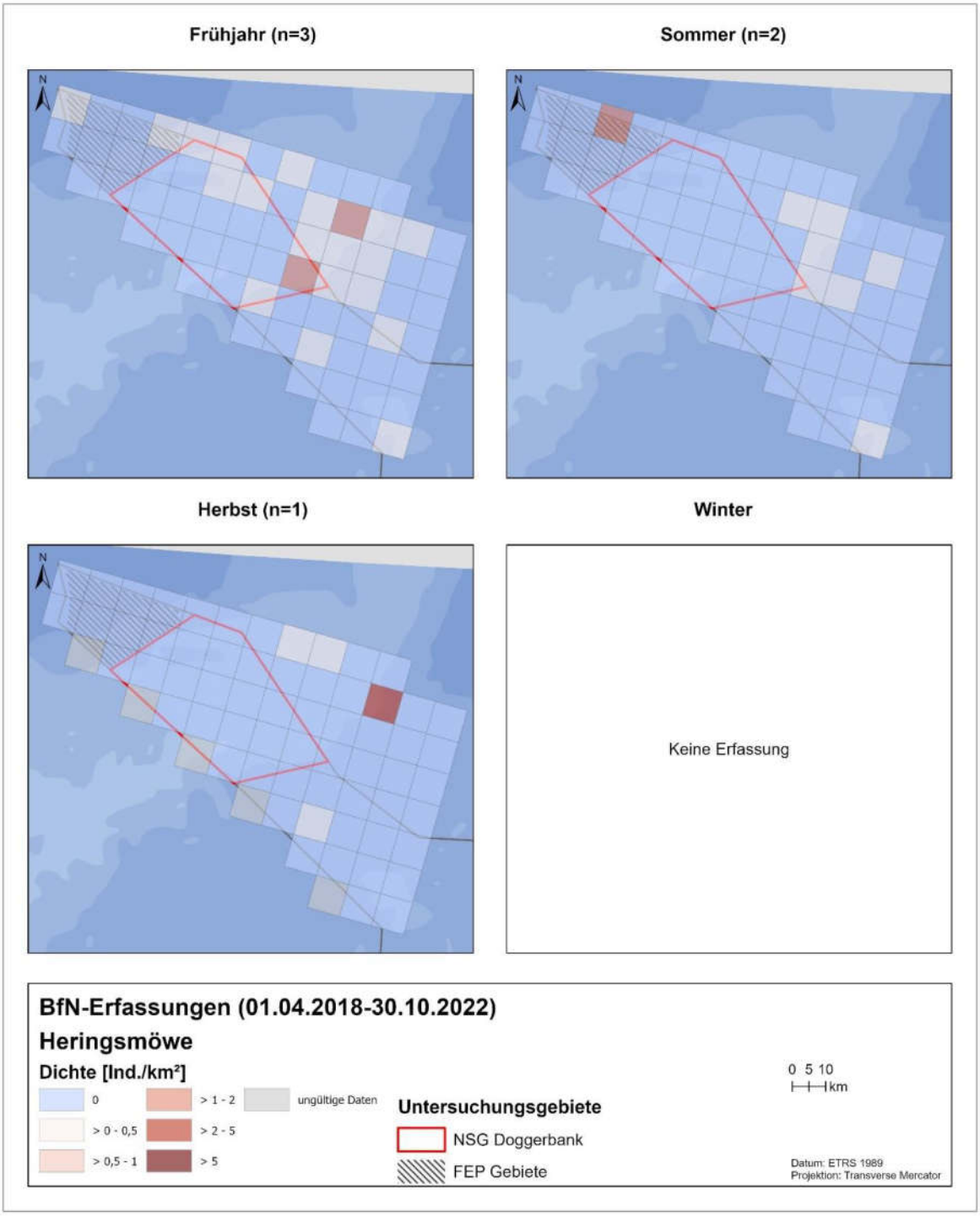


Abb. 8.43 Verteilung der Heringsmöwe nach digitalen Flugtransekt-Erfassungen (HiDef) im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2018-2022.

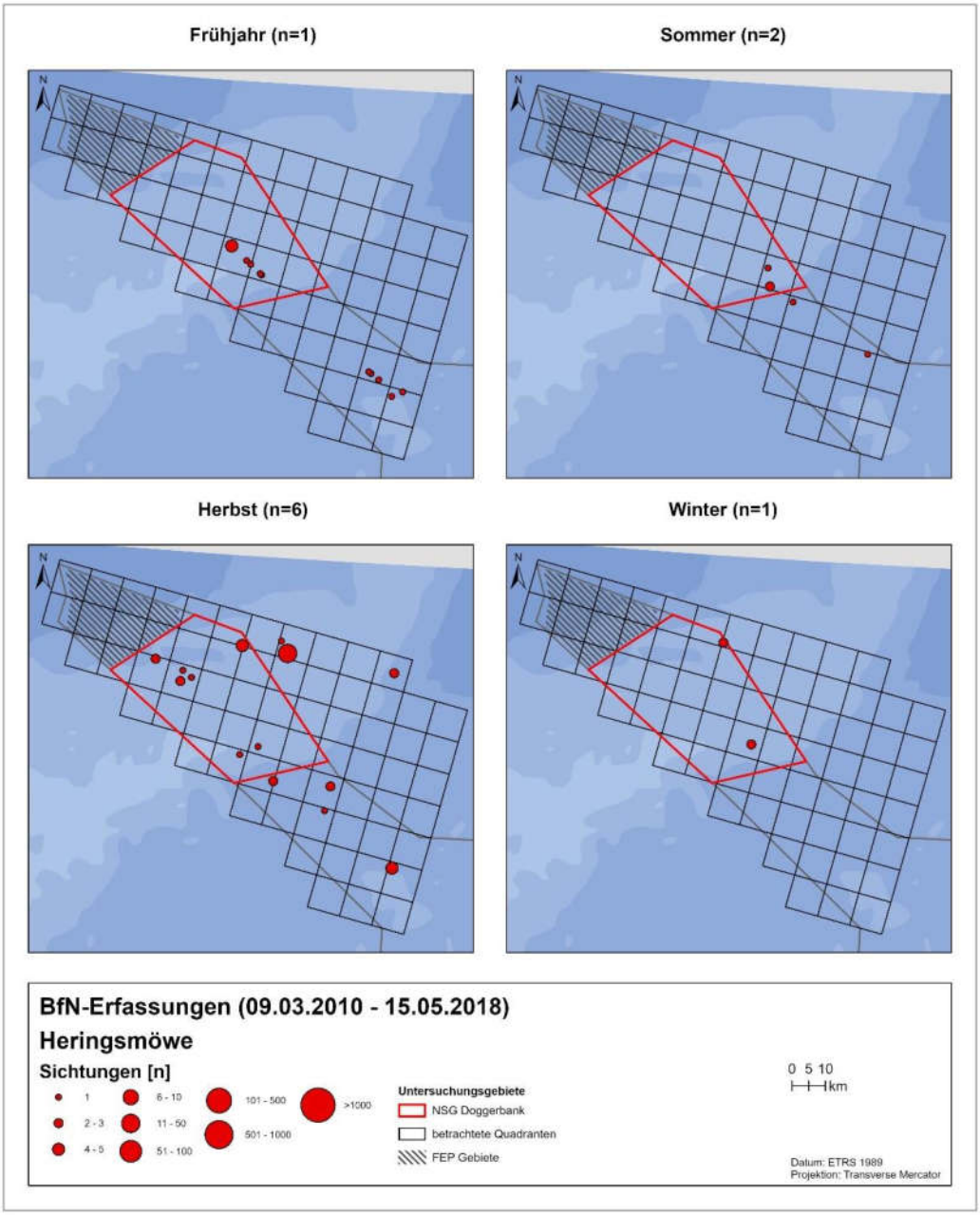


Abb. 8.44 Verteilung der Heringsmöwe nach Beobachter-basierten Flugtransekt-Erfassungen im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2010-2018.

Die Mantelmöwe zeigte nach digitalen Flugerfassungen (Abb. 8.45) im artspezifischen Sommer eine ähnliche Verteilung wie die Heringsmöwe mit Vorkommen in geringen Dichten außerhalb des NSG. Die beobachterbasierten Flugerfassungen (Abb. 8.46) zeigen ein sporadisches Vorkommen der Art in allen Jahreszeiten.

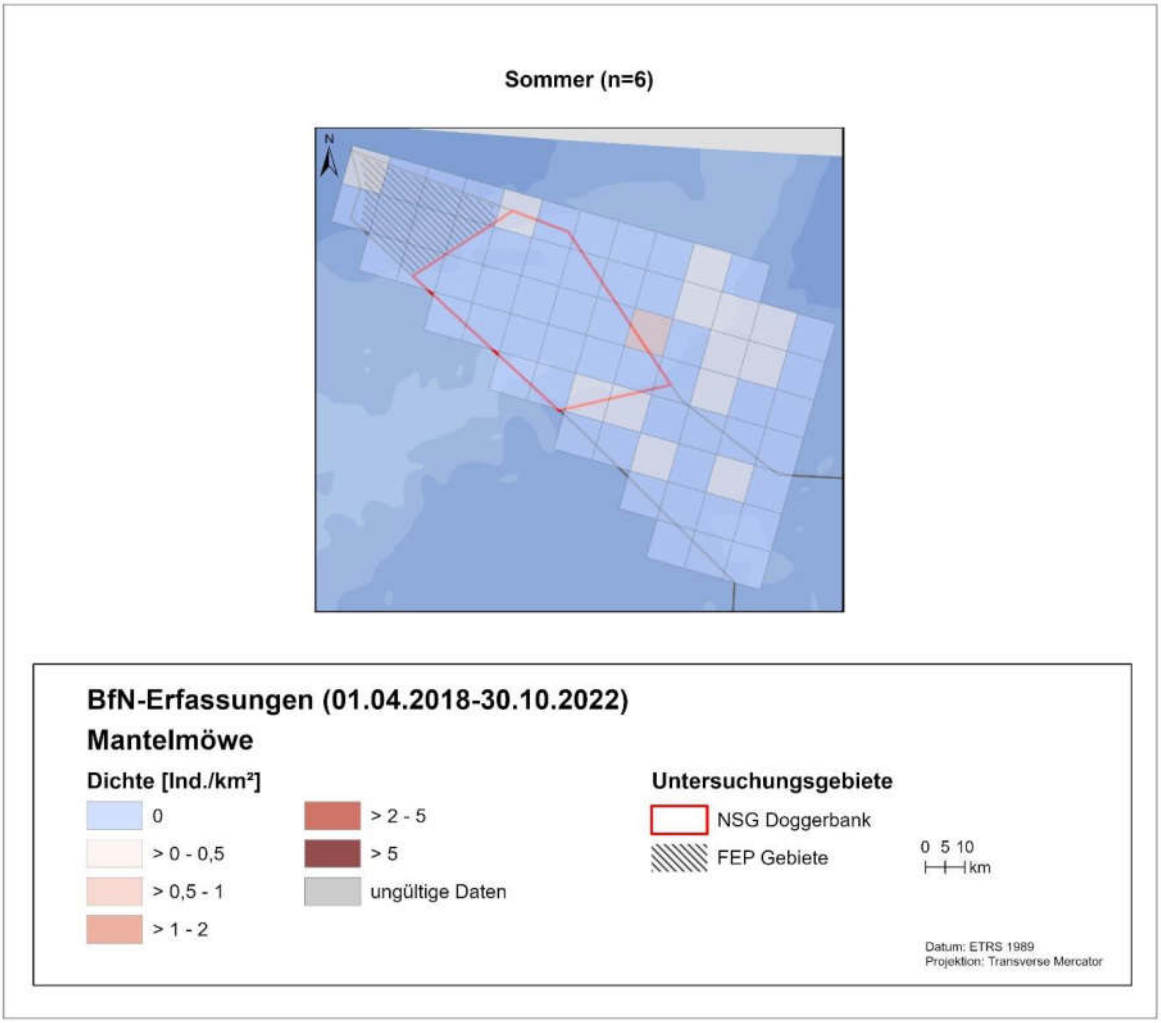


Abb. 8.45 Verteilung der Mantelmöwe nach digitalen Flugtransekt-Erfassungen (HiDef) im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2018-2022.

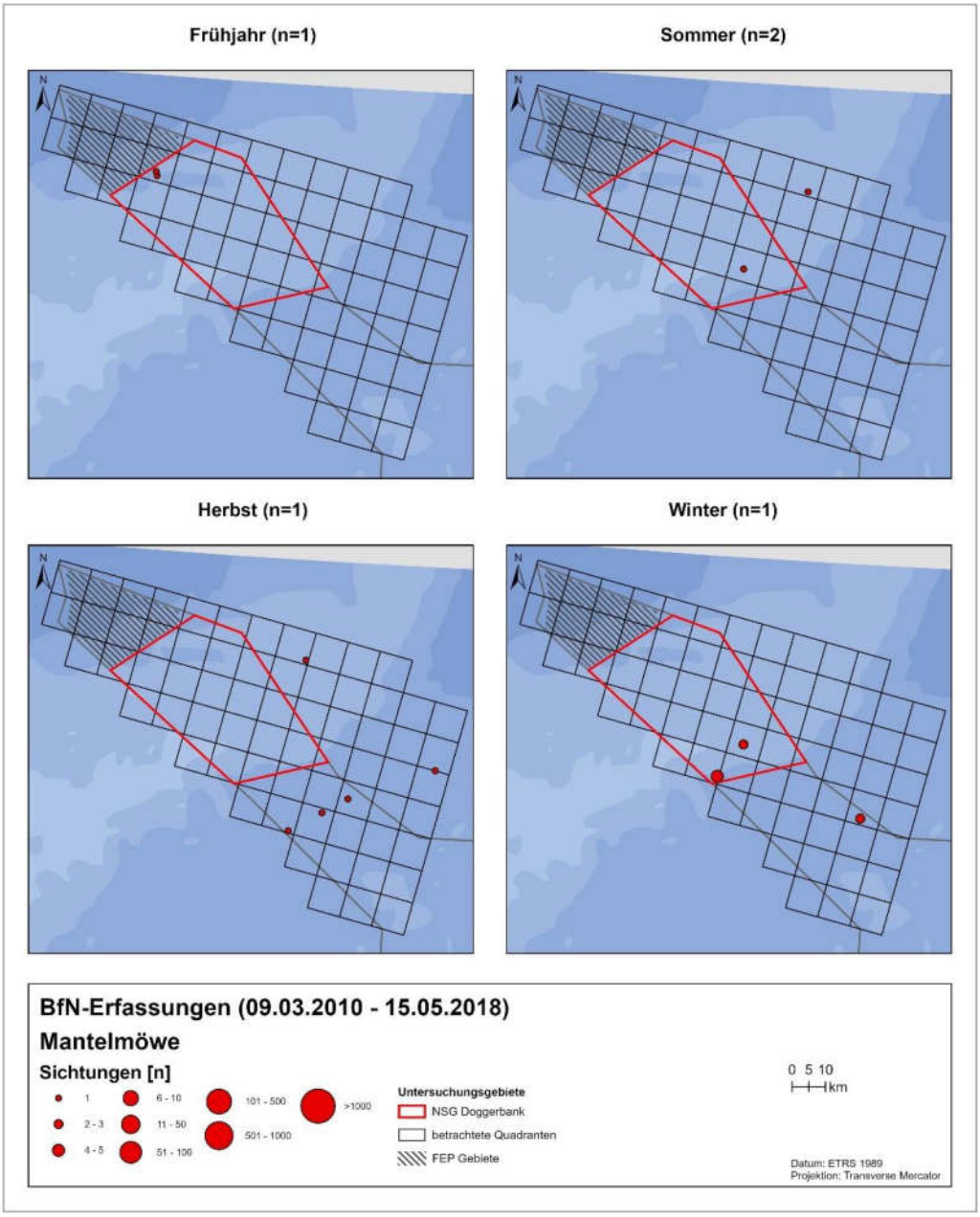


Abb. 8.46 Verteilung der Mantelmöwe nach Beobachter-basierten Flugtransekt-Erfassungen im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2010-2018.

A.1.4.2.7. Dreizehenmöwen

Dreizehenmöwen sind im Gebiet des NSG „Doggerbank“ ganzjährig anzutreffen. Am häufigsten wird diese Art im Winter festgestellt, während im Sommer nur vergleichsweise wenige Individuen anzutreffen sind (Tab. 8.6).

*Tab. 8.6 Rastbestandszahlen der Dreizehenmöwe für die gesamte deutsche Nordsee sowie für das NSG „Doggerbank“ (nach: BfN 2017), * basierend auf Schiffstransektzählungen (Bezugsraum: 1993-2003; Garthe et al. 2007); nachrichtlich – FTZ unpubliziert).*

Artname	Bestand in der deutschen Nordsee (2002-2006) *	Bestand im NSG „Doggerbank“ (1993-2013)
Frühjahr	13.500	800
Sommer	20.000	11-50
Herbst	16.500	210
Winter	14.000	17.000

Die häufigsten Beuteorganismen der Dreizehenmöwen, pelagische Schwarmfische, zeigen eine hohe räumliche Mobilität, welche durch hydrografische Bedingungen gesteuert wird. Die Nahrung besteht überwiegend aus Fisch, besonders aus pelagischen Kleinfischen wie Sandaalen (Ammodytidae), Heringsartigen (Clupeidae), Dorschartigen (Gadidae) und Grundeln (Gobiidae). Erfassungen von Dreizehenmöwen auf See in der Deutschen Bucht zeigen, dass sie sich im Sommer bevorzugt in Gewässern mit mittlerem Salzgehalt aufhalten, während im Winter Gewässer mit hohem Salzgehalt bevorzugt werden (Garthe 1997, Markones 2007).

Die Dreizehenmöwe brütet auf Helgoland und zeigt dort einen großen Brutbestand, mit 2.463 Brutpaaren in 2022 (Dierschke et al. 2023). Allerdings seit Beginn der 2000er eher rückläufig (Dierschke et al. 2011) und hat sich seit 2010 fast halbiert. Auch in den vorangegangenen Jahren nahm der Bestand jedes Jahr ab (Dierschke et al. 2019, 2021, 2022). Zudem kam auch für diese Art der Vogelgrippe-Ausbruch im Jahr 2022 hinzu (Dierschke et al. 2023). Insgesamt ist bei der Dreizehenmöwe über einen Zeitraum von 10 Jahren bis 2014 ein Rückgang um mehr als drei Viertel des Bestandes der Nordsee erkennbar (Markones et al. 2015). Wie andere Möwen ist auch die Dreizehenmöwe häufig in Trupps (auch mit anderen Arten) und in Assoziation mit Fischereifahrzeugen anzutreffen (Mendel et al. 2008). Erfassungen im niedersächsischen Küstenmeer zeigten für die Dreizehenmöwe zwischen 2002 und 2015 ebenfalls einen starken Rückgang (Guse et al. 2018).

Auch in anderen europäischen Ländern hat der Bestand der Dreizehenmöwe stark abgenommen. In Großbritannien ist der Bestand seit Mitte der 90er Jahre rückläufig und ist im Jahr 2019 um ca. 50 % geringer als 1986, als die Datenaufnahme begann (Datenbasis 1986-2019; JNCC 2021a). Auch der OSPAR Status Bericht (OSPAR Commission 2023) zeigte in allen untersuchten Regionen stark abnehmende Trends im Brutbestand der Art, von 1,8 Mio. Brutpaaren in 1991 auf 600.000 Brutpaare in 2015-2020. Im Bereich der Region II, Nordsee, die auch die deutsche AWZ enthält, hat der Brutbestand von 505.694 Brutpaaren in 1991 auf 183.304 Brutpaare in 2014-2019 abgenommen (OSPAR Commission 2023).

Im Nordost Atlantik konzentrieren sich Dreizehenmöwen im Sommer vornehmlich in Küstennähe, während sie sich im Winter relativ gleichmäßig in mittleren Dichten zwischen England und Norwegen/Dänemark verteilen (einschließlich der Doggerbank, Abb. 8.47).

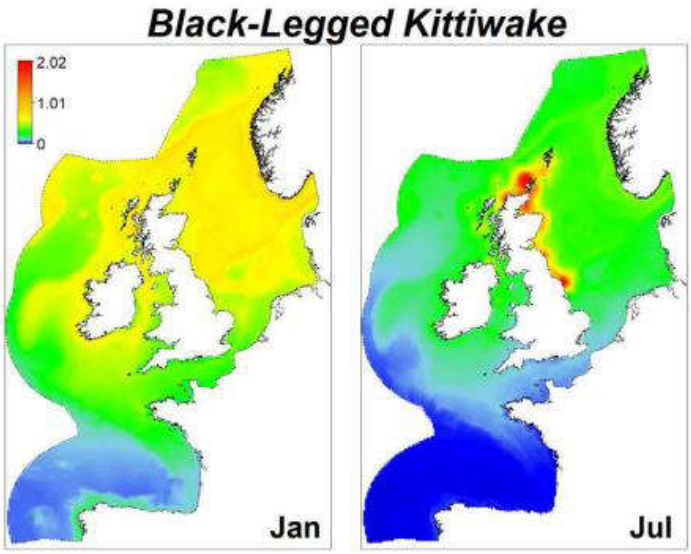


Abb. 8.47 Räumliche Verteilung der Dreizehenmöwe im Januar und Juli im Nordost Atlantik (Individuen/km², 10 km Auflösung), aus: Waggit et al. (2020).

Dreizehenmöwen kommen in niederländischen Gewässern vor allem in den Monaten Februar bis Mai in höheren Konzentrationen im Bereich der Doggerbank vor (Abb. 8.48). Während die Art in den Herbst- und Wintermonaten (Oktober bis Februar/März) großflächig verteilt ist (mit lokalen Schwerpunkten), ist in den übrigen Monaten eine küstenferne Verteilung zu erkennen.

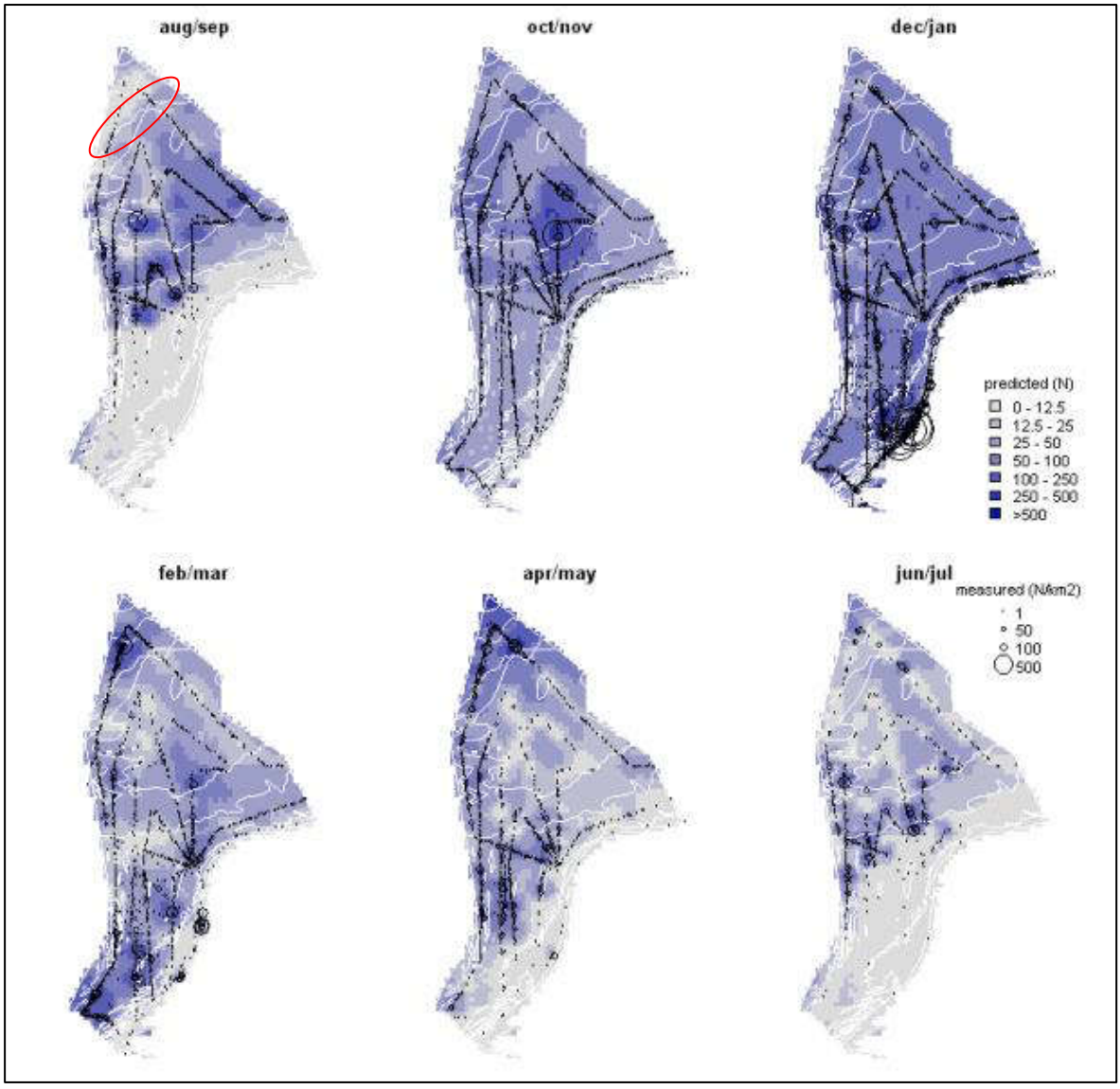


Abb. 8.48 Vorkommen der Dreizehenmöwe in 5x5 km² Grids in 2-Monatsperioden in den Saisons 1999/2000 – 2007/2008 in niederländischen Gewässern, basierend auf Flugerfassungen; rot: ungefähre Lage der niederländischen Doggerbank am Beispiel der Monate August/September (nach: Poot et al. 2010).

Das Vorkommen von Dreizehenmöwen im Untersuchungsraum der britischen Doggerbank im Rahmen von Erfassungen in den Projektgebieten Teesside A und B (Burton et al. 2014) zeichnete sich in jedem Jahr durch einen Peak im Frühjahr aus, der im Jahr 2011 am stärksten ausfiel (Abb. 8.49). Die Schwerpunkte des Vorkommens lagen in allen Monaten im Bereich der Hanglangen im südwestlichen Bereich der britischen Doggerbank (z. B. März 2011 in Abb. 8.49). In keinem Monat lag der Schwerpunkt der Verbreitung im nordöstlichen Bereich, der an die Doggerbank in der deutschen AWZ angrenzt. Die maximalen Dichten dieser Region sind mit Abb. 8.49 abgedeckt und liegen im Bereich von ca. 10 Ind./km², in den meisten Monaten deutlich darunter.

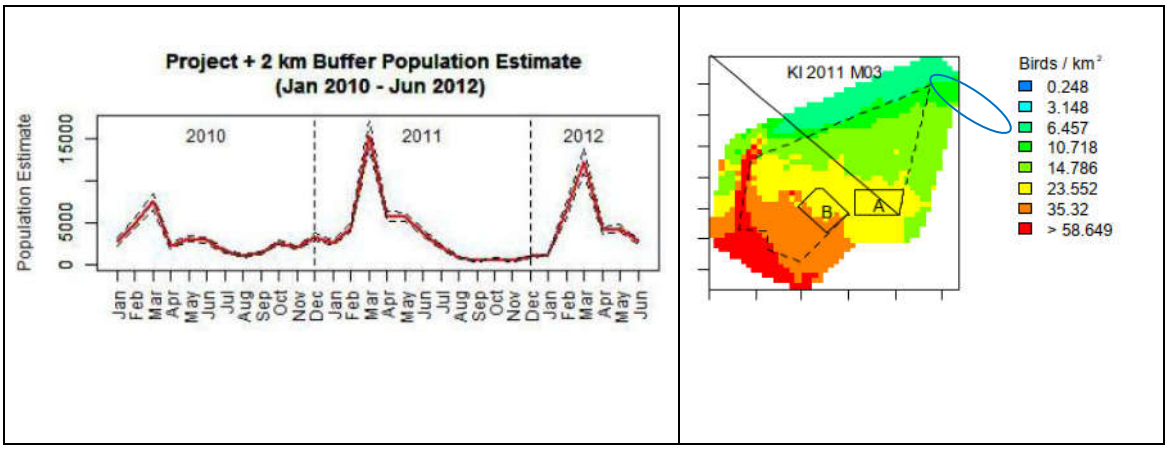


Abb. 8.49 Vorkommen der Dreizehenmöwe in der britischen Doggerbank Zone nach Burton et al. (2014). Links: Populationsschätzung in den Projektgebieten Teesside A und B (plus 2 km Puffer) in den Jahren 2010 bis 2012. Rechts: Darstellung der räumlichen Verteilung innerhalb eines Monats mit hohen Dichten (in Publikation sind Karten für jeden Monat vorhanden), blaue Kreise: ungefähre Lage der Doggerbank in der Deutschen AWZ.

Nach Auswertungen von ESAS-Daten (1980 – 2004) gibt es in verschiedenen Bereichen der Nordsee lokale Vorkommensschwerpunkte der Dreizehenmöwe (am großräumigsten vor der britischen Küste), wobei der Bereich der deutschen Doggerbank nicht als Zone mit hohen Dichten identifiziert wurde (Abb. 8.50).

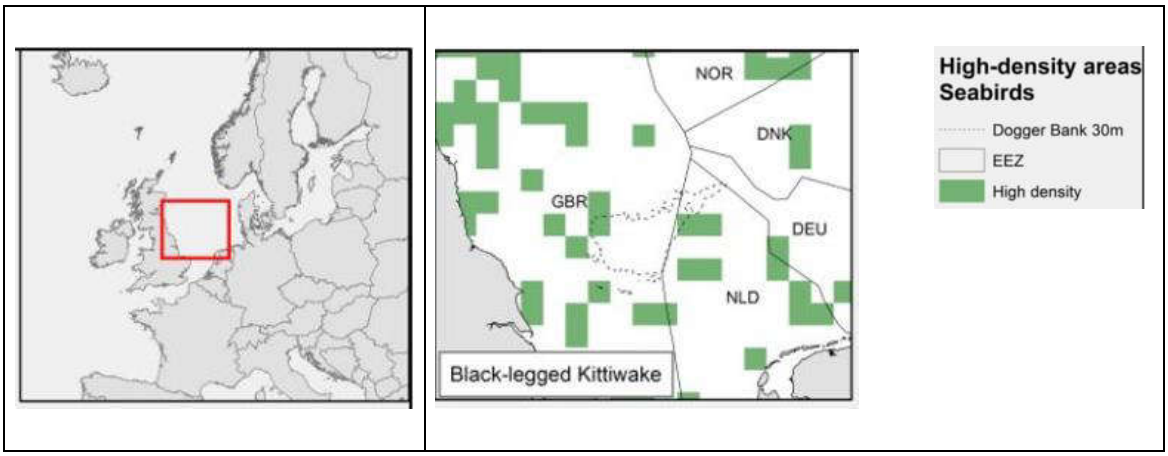


Abb. 8.50 Vorkommen der Dreizehenmöwe in der Nordsee nach Skov et al (2018b) basierend auf ESAS-Daten (1980 – 2004).

Verteilung im Raum nach BfN digitalen und Beobachter-basierte Flugtransekt-Erfassungen sowie ESAS Schiffstransekt-Erfassungen

Die Dreizehenmöwe (Abb. 8.51) kommt im artspezifischen Sommer im gesamten Gebiet des NSG „Doggerbank“ vor. Schwerpunkte liegen an den nördlichen Rändern, am südlichen Rand sowie über das NSG hinaus im Osten in der dänischen AWZ. Die beobachterbasierten Flugerfassungen (Abb. 8.52) zeigen ein großflächiges Vorkommen besonders im Frühjahr und Sommer, während im Herbst Dreizehenmöwen eher südlich bzw. und Winter nördlich und südlich außerhalb des NSG nachgewiesen wurden.

Bei Schiffstransekt-Erfassungen wurde die Dreizehenmöwe (Abb. 8.53) hauptsächlich im artspezifischen Sommer großflächig und in lokal hohen Dichten im Gebiet nachgewiesen. Ein spezifischer Schwerpunkt ließ sich nicht ableiten. Die übrigen Jahreszeiten zeigten nur wenige Nachweise der Art.

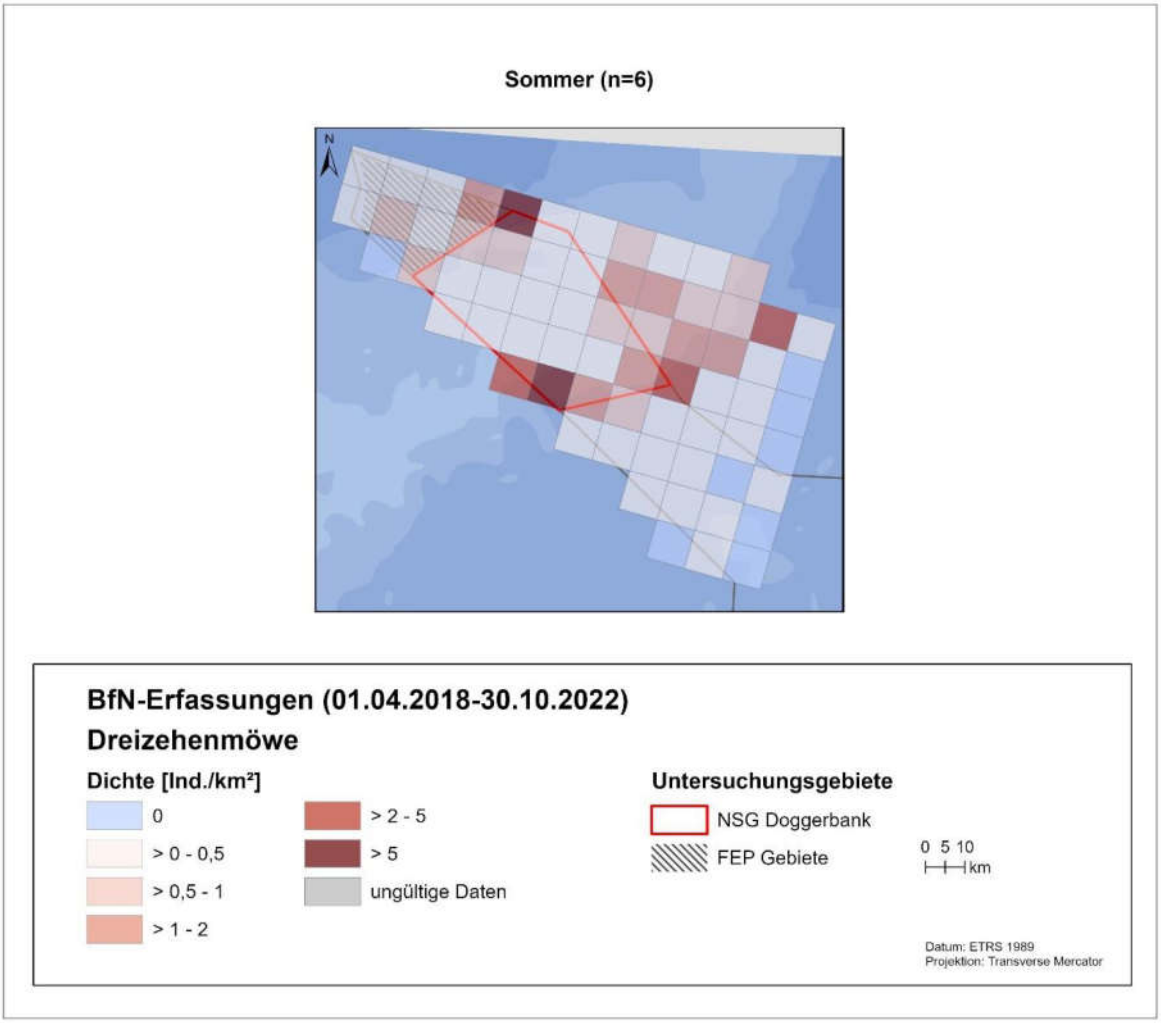


Abb. 8.51 Verteilung der Dreizehenmöwe nach digitalen Flugtransekt-Erfassungen (HiDef) im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2018-2022.

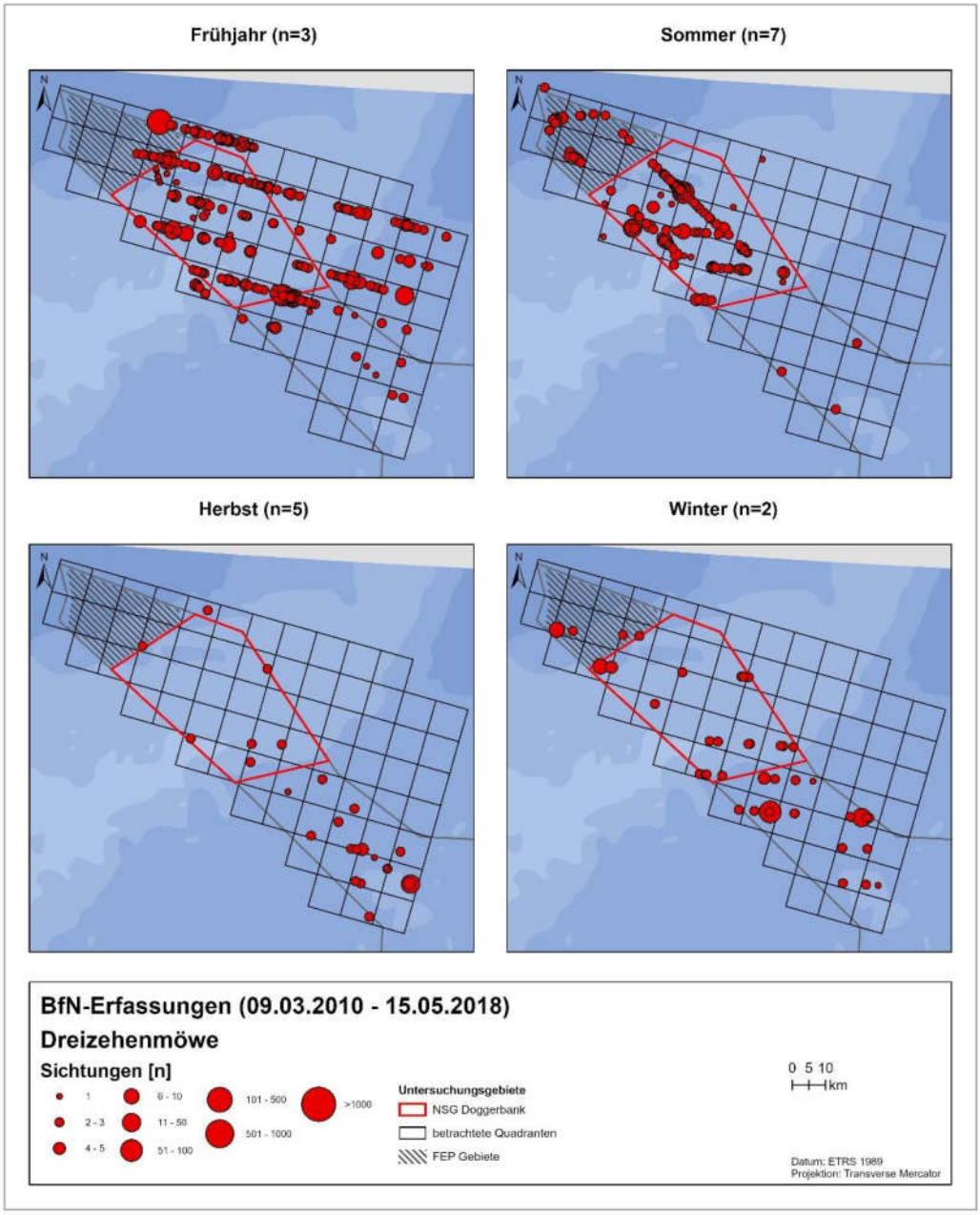


Abb. 8.52 Verteilung der Dreizehenmöwe nach Beobachter-basierten Flugtransekt-Erfassungen im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2010-2018.

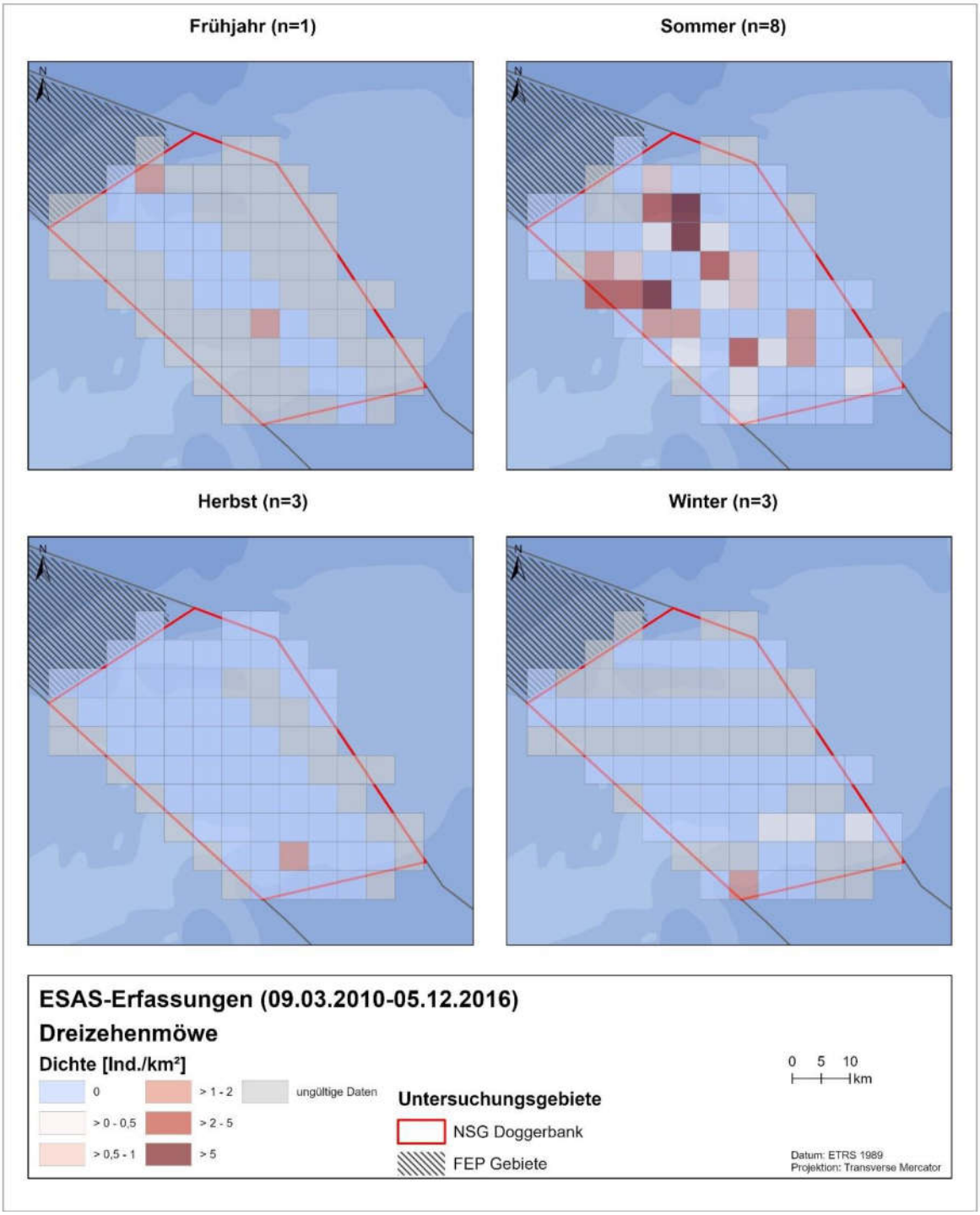


Abb. 8.53 Verteilung der Dreizehenmöwe nach ESAS-Schiffsmonitoring im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2010-2016.

A.1.4.2.8. Seeschwalben

Brand-, Fluss- und Küstenseeschwalben wurden auf Basis von Rastvogelzählungen im Zeitraum 1990 bis 2006 nicht im NSG „Doggerbank“ nachgewiesen (Mendel et al. 2008), doch ist damit zu rechnen, dass dort vor und nach der Brutzeit Durchzügler auf dem Weg von und zu den skandina-

vischen Brutgebieten vorkommen. Im Bereich der britischen Doggerbank wurde in den Projektgebieten Teesside A und B insgesamt ein Bestand von sieben Küstenseeschwalben im Zeitraum von Mai bis September nachgewiesen (Burton et al. 2014).

Verteilung im Raum nach BfN digitalen und Beobachter-basierte Flugtransekt-Erfassungen sowie ESAS Schiffstransekt-Erfassungen

Fluss- und Küstenseeschwalben kommen nach digitalen Flugerfassungen (Abb. 8.54) im Gebiet der Doggerbank hauptsächlich als Zugvögel vor. Im artspezifischen Frühjahr wurden im Zentrum des UG lokal geringe Dichten nachgewiesen. Im Herbst wurden über das gesamte Gebiet verteilt lokal mittlere bis hohe Dichten festgestellt. Ein besonderer Nutzungsschwerpunkt im UG zeigte sich nicht. Die beobachterbasierten Flugerfassungen (Abb. 8.55) zeigen Vorkommen der Art in größeren Gruppen, was auf Zugtrupps hindeutet. Allerdings sind auch im artspezifischen Sommer noch einige Trupps zu sehen. Auch im Herbst gab es vereinzelte Nachweise.

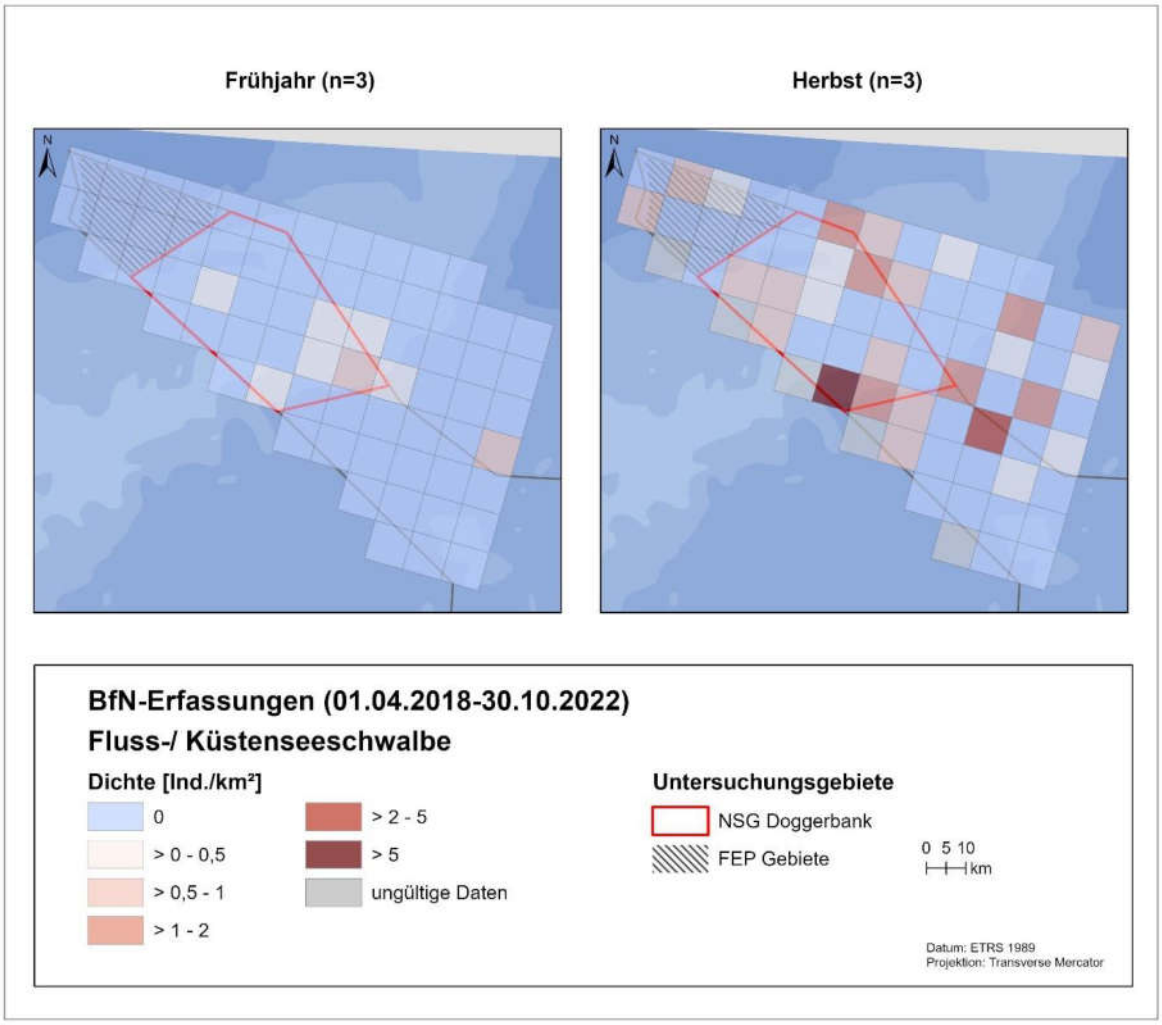


Abb. 8.54 Verteilung der Fluss-/Küstenseeschwalbe nach digitalen Flugtransekt-Erfassungen (HiDef) im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2018-2022.

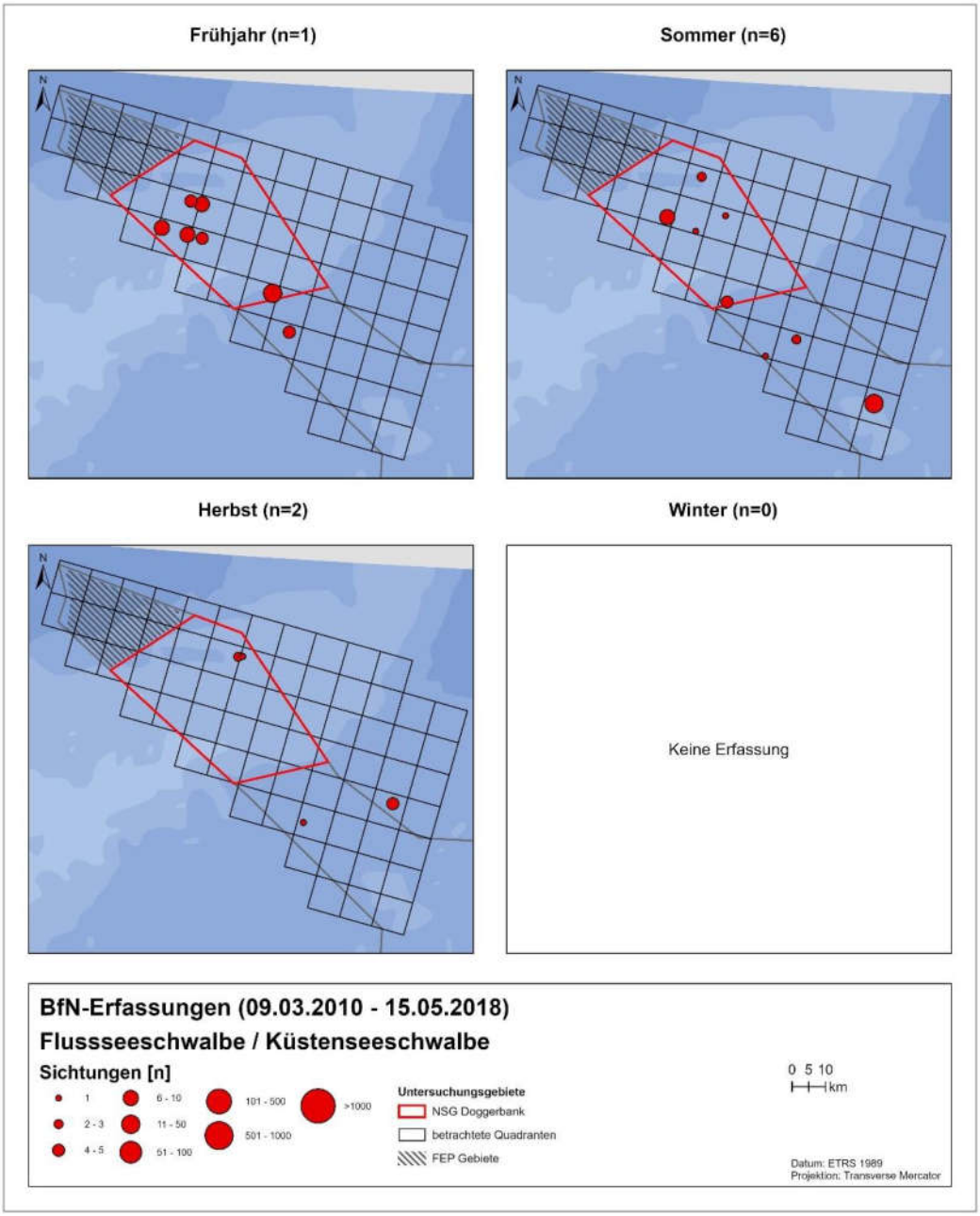


Abb. 8.55 Verteilung der Fluss-/Küstenseeschwalbe nach Beobachter-basierten Flugtransekt-Erfassungen im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2010-2018.

A.1.4.2.9. Alken

Tordalken konzentrieren sich im NSG „Doggerbank“ im Herbst, Winter und Frühjahr, wobei im Winter die größten Bestände vorkommen. Aus dem Sommer gibt es nur vereinzelte Nachweise. **Trottellummen** sind im NSG „Doggerbank“ dagegen ganzjährig anzutreffen, insbesondere jedoch im Winter und Frühjahr (Tab. 8.7). Im Winter halten sich bis zu 27 % des Rastbestandes der deutschen Nordsee im Bereich des NSG „Doggerbank“ auf. Im Sommer und Herbst kommen deutlich weniger Individuen vor. Das Vorkommen erstreckt sich über das gesamte NSG, doch wurden die höchsten Dichten im Winter im Südwesten des Gebiets beobachtet (BfN 2017).

Die Trottellumme hat ihre einzigen Brutvorkommen in Deutschland auf der Insel Helgoland, wo bis Ausbruch der Vogelgrippe im Jahr 2022 eine stetig wachsende Brutpopulation beobachtet wurde. Im Jahr 2021 wurden noch 4.726 Brutpaare nachgewiesen, im Jahr 2022 waren es noch 4.007 Paare (Dierschke et al. 2023). Daneben sind Trottellummen in großen Brutkolonien im Norden Großbritanniens anzutreffen (Mendel et al. 2008). Auch der Tordalk brütet in Deutschland ausschließlich auf Helgoland, wo eine kleine, aber stabil bzw. langsam ansteigende Brutpopulation bestand, bis im Jahr 2022 die Vogelgrippe auftrat (Dierschke et al. 2011, 2023). Der Brutbestand von Tordalken lag im Jahr 2021 bei 84 Brutpaaren, im Jahr 2022 wurden nur noch 74 Paare festgestellt (Dierschke et al. 2023). Der große Teil der in der Nordsee auftretenden Tordalken brütet aber auf den Britischen Inseln, daher sind die höchsten Dichten in der Nordsee wie bei den Trottellummen im Winter zu erwarten (Mendel et al. 2008).

Im niedersächsischen Küstenmeer zeigte sich kein signifikanter Bestandstrend, jedoch wurde seit 2010 ein Anstieg im Bestand festgestellt (Guse et al. 2018). Der Sommerbestand von Trottellumme und Tordalk zeigte einen signifikanten Anstieg in der deutschen Nordsee zwischen 1990 und 2013 (Markones et al. 2015) und zwischen 1980 und 2016 (Gerlach et al. 2019). Gerlach et al. (2019) beschreibt jedoch für die Trottellumme zwischen 2003/04 und 2015/16 eine Bestandsabnahme im Winterbestand in Deutschland von über 75 %. In Großbritannien zeigte sich zwischen 2000 und 2018 ein stabiler bis leicht zunehmender Bestandstrend im Brutvorkommen der Trottellumme (JNCC 2021g). Auch die Brutbestände des Tordalk in Großbritannien zeigten zwischen 1986 und 2018 eine deutliche Zunahme (JNCC 2021h).

*Tab. 8.7 Rastbestandszahlen der Trottellumme für die gesamte deutsche Nordsee sowie für das NSG „Doggerbank“ (nach: BfN 2017), * basierend auf Schiffstransektzählungen (Bezugsraum: 1993-2003; Garthe et al. 2007); nachrichtlich – FTZ unpubliziert).*

Artname	Bestand in der deutschen Nordsee (2002-2006) *	Bestand im NSG „Doggerbank“ (1993-2013)
Frühjahr	18.500	4.400
Sommer	7.000	900
Herbst	21.000	600
Winter	33.000	9.000

Trottellummen und Tordalken fangen ihre Beutetiere tauchend und gehören als Fischfresser zu den Topprädatoren in der marinen Umwelt. Während der Brutzeit spielt die Doggerbank nur eine geringe Rolle aufgrund der Entfernungen zu den relevanten Brutkolonien. Im Winter ist die Verteilung der Beutefischarten ein wichtiger Faktor für die Verbreitung der Trottellumme (Nettleship & Birkhead 1985). Außerdem scheinen Trottellummen im Winter Gebiete mit geringerer Wassertiefe und einer besonderen Hydrodynamik, die vermutlich mit erhöhtem Beuteaufkommen verbunden ist, zu bevorzugen.

Im Nordost Atlantik liegen die Verbreitungsschwerpunkte von Trottellummen und Tordalken im Sommer (Juli) vornehmlich in Küstennähe, wobei die Trottellumme auch küstenfern zwischen Eng-

land und Norwegen/Dänemark großflächig in mittleren Dichten anzutreffen ist (Abb. 8.56). Im Winter ist ein Band höherer Dichten von der Mitte der Ostküste Englands in Richtung Nordosten (Richtung Skagerak) erkennbar, welches auch den Bereich der Doggerbank beinhaltet.

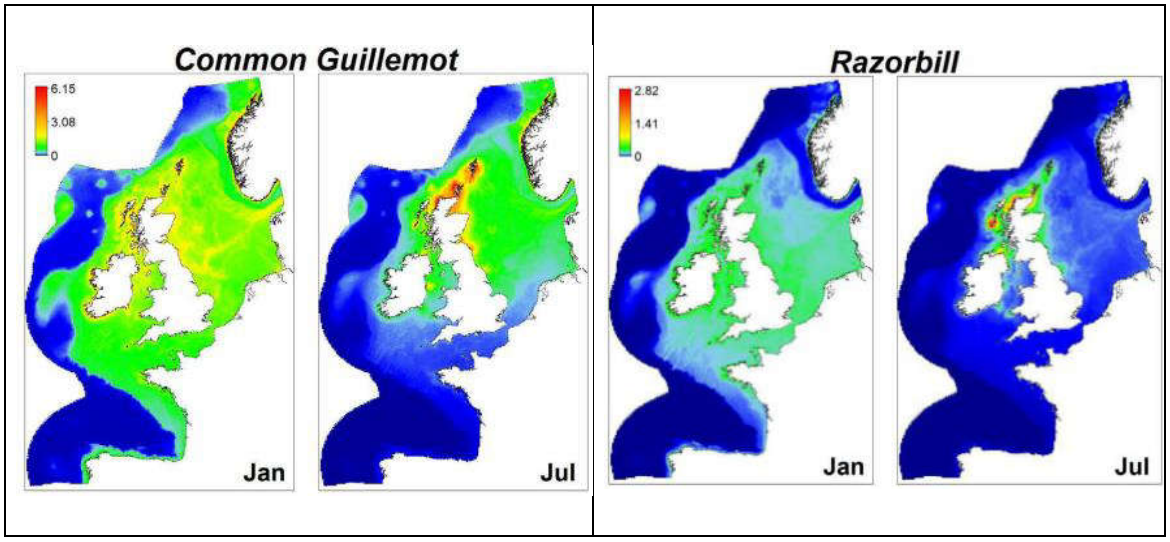


Abb. 8.56 Räumliche Verteilung von Trottellummen (links) und Trodalken (rechts) im Januar und Juli im Nordost Atlantik (Individuen/km², 10 km Auflösung), aus: Waggit et al. (2020).

Trottellummen/Tordalken zeigen in niederländischen Gewässern vor allem in den Monaten Oktober bis Mai hohe Konzentrationen im Bereich der Doggerbank (Abb. 8.57). In den Herbst-/Wintermonaten Oktober bis Januar sind die Arten auch in anderen Gewässerteilen bis in Küstennähe in höheren Dichten vertreten.

Im Bereich der britischen Doggerbank überschreiten die Bestände sowohl der Trottellummen als auch der Tordalken die 1 % Populationsgrenze für eine nationale Bedeutung in der Brutzeit und ebenfalls für eine internationale Bedeutung im Winter (Burton et al. 2014). In den Projektgebieten Teesside A und B liegen die maximalen Bestände der Trottellumme bei ca. 13.500 Individuen (Maximum im März, als Mittel über drei Jahre von 2010 bis 2012) und bei ca. 5.200 Individuen bei dem Tordalken (Maximum des Vorkommens ebenfalls im März).

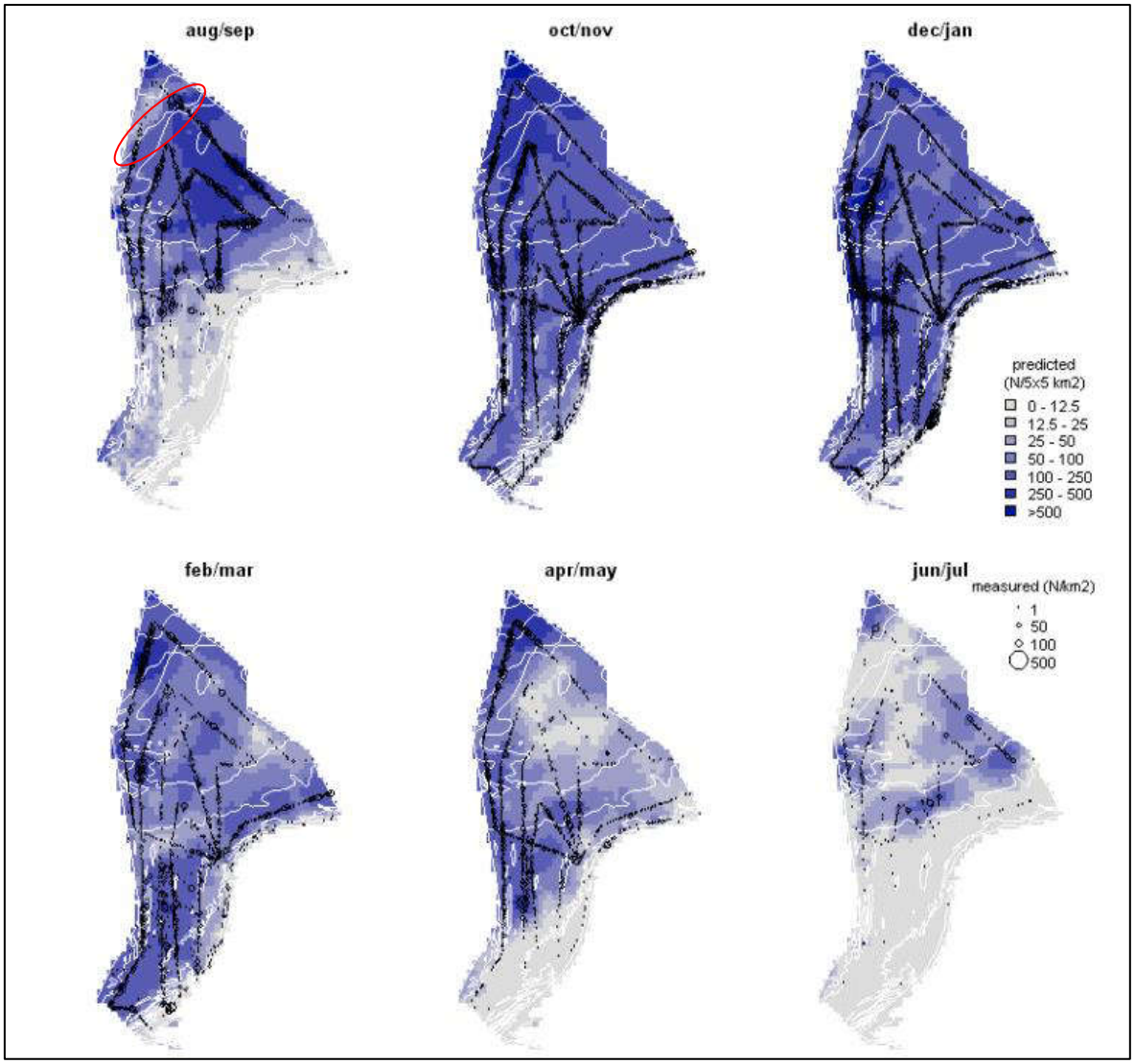


Abb. 8.57 Vorkommen von Trottellummen/Tordalken in 5x5 km² Grids in 2-Monatsperioden in den Saisons 1999/2000 – 2007/2008 in niederländischen Gewässern, basierend auf Flugerfassungen; rot: ungefähre Lage der niederländischen Doggerbank am Beispiel der Monate August/September (nach: Poot et al. 2010).

Das Vorkommen von Trottellummen im Untersuchungsraum der britischen Doggerbank im Rahmen von Erfassungen in den Projektgebieten Teesside A und B schwankte saisonal (Burton et al. 2014), war jedoch im Vergleich der Untersuchungsjahre sehr konstant (Abb. 8.58). Die Schwerpunkte des Vorkommens lagen in allen Monaten im südwestlichen Bereich der britischen Doggerbank. Im Frühjahr kommen auch im Nordosten (in der Nähe der Deutschen AWZ) mittlere Dichten im Bereich von ca. 30 Ind./km² vor, in den übrigen Monaten liegen die Dichten dagegen oft unterhalb von 1 Ind./km² (siehe Beispielmonat September 2010 in Abb. 8.58).

Für den Tordalken ergibt sich im Bereich der britischen Doggerbank ein ähnliches Bild wie bei der Trottellumme (Burton et al. 2014). Das Hauptvorkommen ist auf die Frühjahrsmonate konzentriert und der Verbreitungsschwerpunkt liegt im südwestlichen Bereich der Doggerbank (Dichten > 50 Ind./km²). Im Frühjahr kommen im Nordosten (in der Nähe der deutschen AWZ) mittlere Dichten im Bereich von bis zu ca. 10 Ind./km² vor.

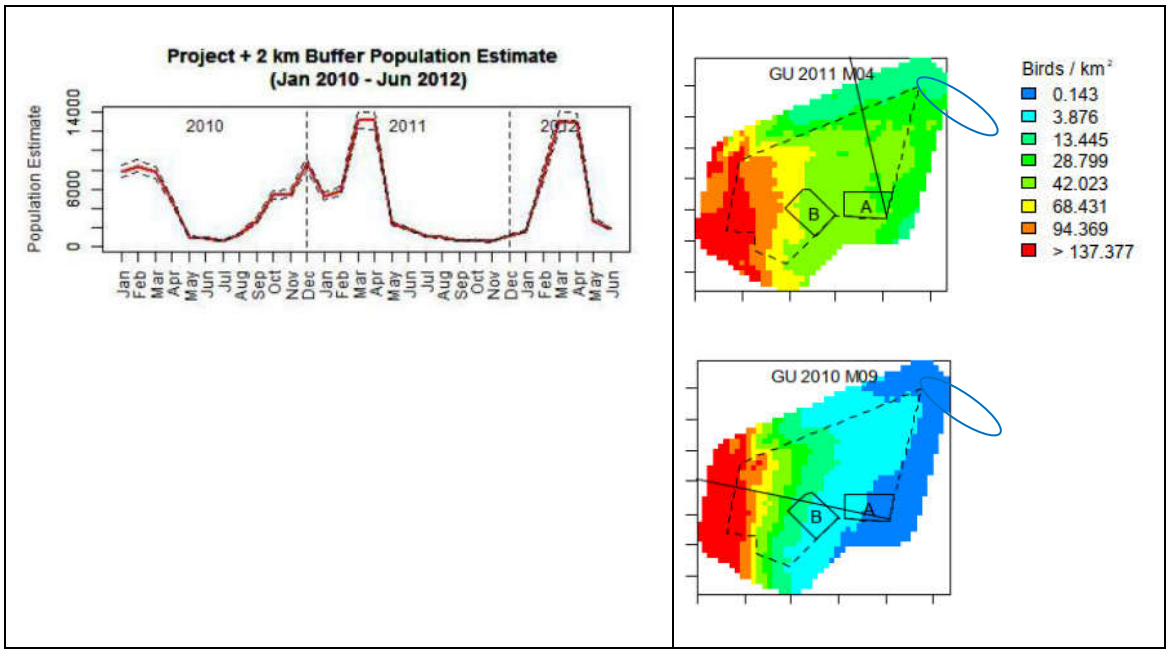


Abb. 8.58 Vorkommen von Trottellummen in der britischen Doggerbank Zone nach Burton et al. (2014). Links: Populationsschätzung in den Projektgebieten Teesside A und B (plus 2 km Puffer) in den Jahren 2010 bis 2012. Rechts: Darstellung der räumlichen Verteilung innerhalb von Monaten mit hohen Dichten (in Publikation sind Karten für jeden Monat vorhanden), blaue Kreise: ungefähre Lage der Doggerbank in der Deutschen AWZ.

Nach Auswertungen von ESAS-Daten (1980 – 2004) kommen Trottellummen in hohen Dichten im nördlichen und westlichen Teil der britischen Doggerbank vor (Skov et al. 2018b), im niederländischen und deutschen Teil der Doggerbank wurden dagegen keine Konzentrationspunkte registriert (Abb. 8.59). Dagegen weisen diese Daten einen Bereich hoher Dichte von Tordalken im Bereich der deutschen Doggerbank aus (Abb. 8.60).

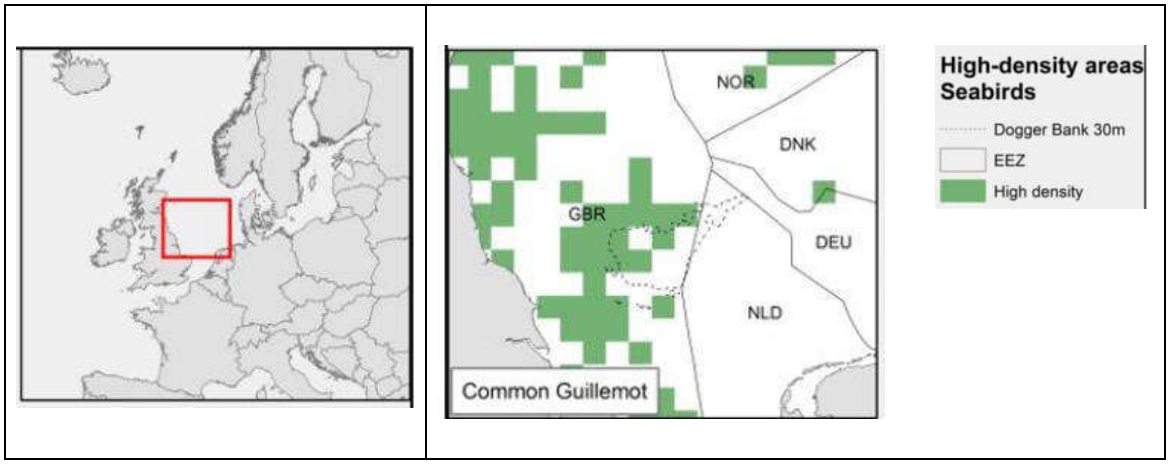


Abb. 8.59 Vorkommen von Trottellummen in der Nordsee nach Skov et al (2018b) basierend auf ESAS-Daten (1980 – 2004).

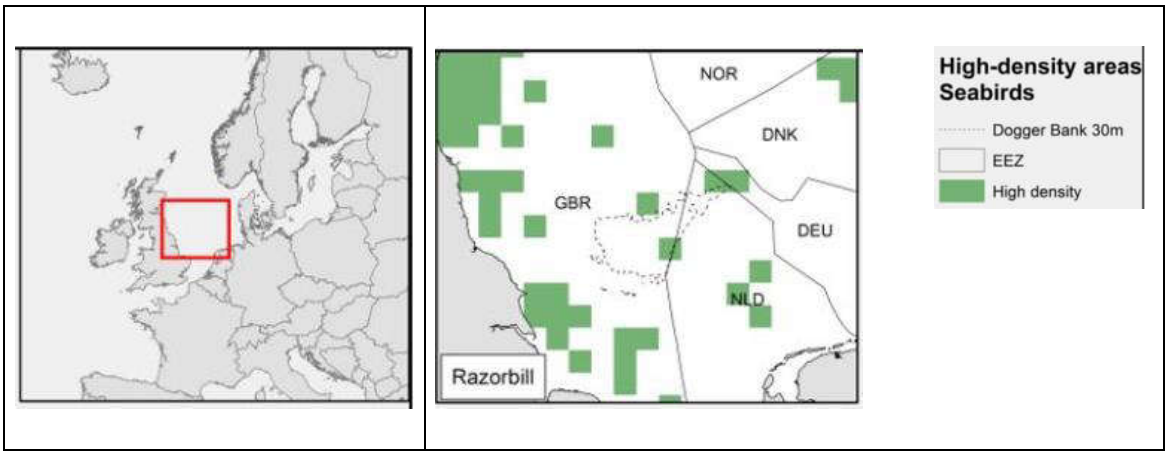


Abb. 8.60 Vorkommen von Tordalken in der Nordsee nach Skov et al (2018b) basierend auf ESAS-Daten (1980 – 2004).

Verteilung im Raum nach BfN digitalen und Beobachter-basierte Flugtransekt-Erfassungen sowie ESAS Schiffstransekt-Erfassungen

Die Trottellumme wurde nach digitalen Flugerfassungen (Abb. 8.61) im artspezifischen Sommer großflächig im gesamten UG in geringen Dichten nachgewiesen. Im Herbst war die Verteilung ebenfalls großflächig, jedoch zeigten sich im Bereich des NSG und im Entenschnabel nördlich davon mittlere bis hohe Dichten. Innerhalb des NSG wurden die höchsten Dichten am südlichen Rand festgestellt, jedoch wurden auch im Norden hohe Dichten nachgewiesen. Die beobachterbasierten Flugerfassungen (Abb. 8.62) zeigen im artspezifischen Sommer, Herbst und Winter eine großflächige Nutzung. Besonders im Herbst und Winter schienen aber die Flächen südlich des NSG besonders stark genutzt zu werden.

Bei Schiffstransekt-Erfassungen wurde die Trottellumme (Abb. 8.63) im Herbst und Winter in mittleren bis hohen Dichten lückenhaft im gesamten NSG nachgewiesen. Im Herbst und Winter zeigte sich tendenziell eine Konzentration im Süden des Gebietes. Im Frühjahr und Sommer wurden ebenfalls lokal mittlere Dichten festgestellt, jedoch nicht großflächig über das NSG verteilt.

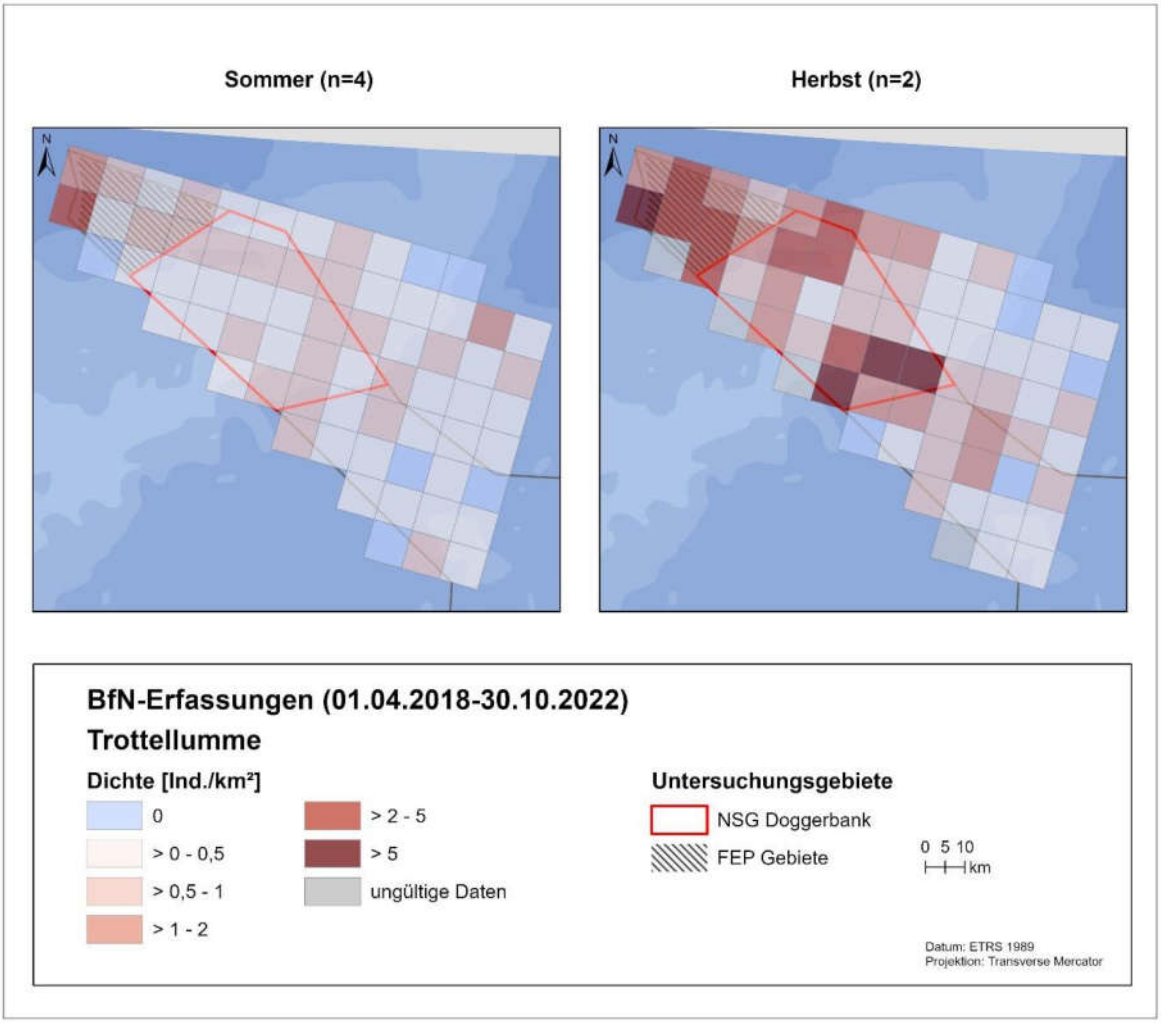


Abb. 8.61 Verteilung der Trottellumme nach digitalen Flugtransekt-Erfassungen (HiDef) im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2018-2022.

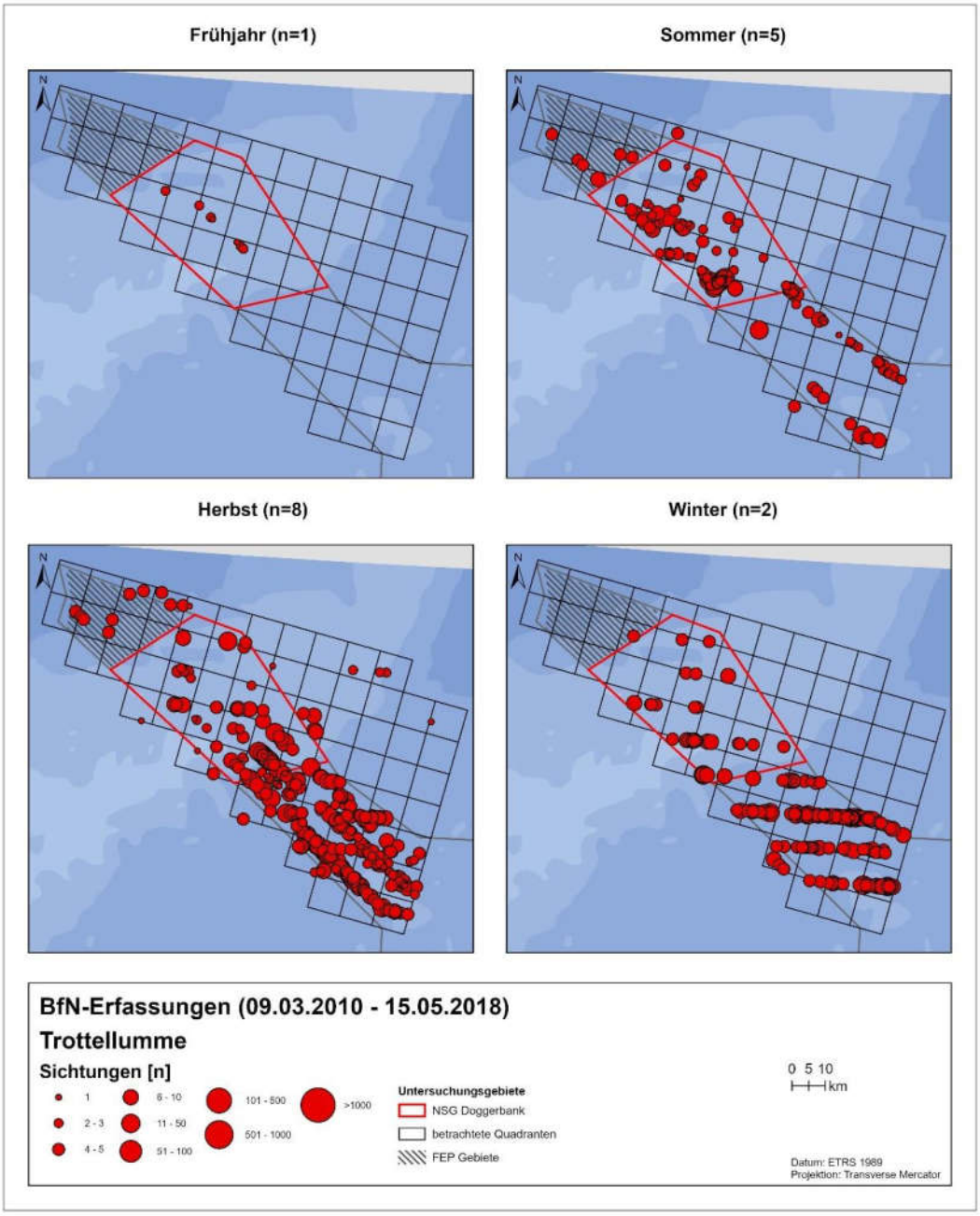


Abb. 8.62 Verteilung der Trottellumme nach Beobachter-basierten Flugtransekt-Erfassungen im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2010-2018.

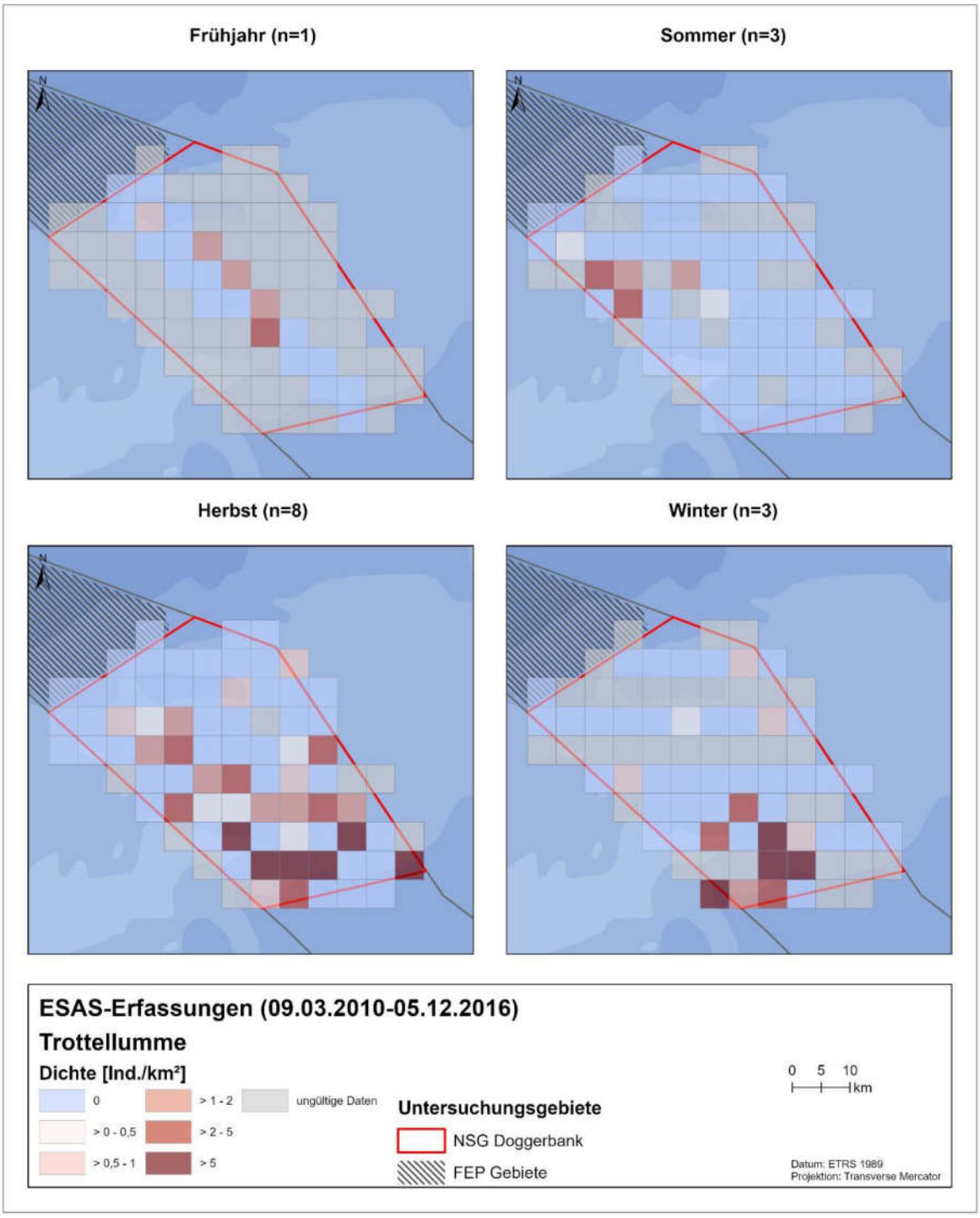


Abb. 8.63 Verteilung der Trottellumme nach ESAS-Schiffsmonitoring im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2010-2016.

Der Tordalk wurde nach digitalen Flugerfassungen (Abb. 8.64) im artspezifischen Sommer und Herbst in geringen bis mittleren Dichten großflächig im NSG und lückenhaft im UG außerhalb des NSG festgestellt. Es zeigte sich kein spezifischer Verbreitungsschwerpunkt. Die beobachterbasierten Flugerfassungen (Abb. 8.65) zeigten im Winter eine lückenhafte, aber großflächige Verbreitung.

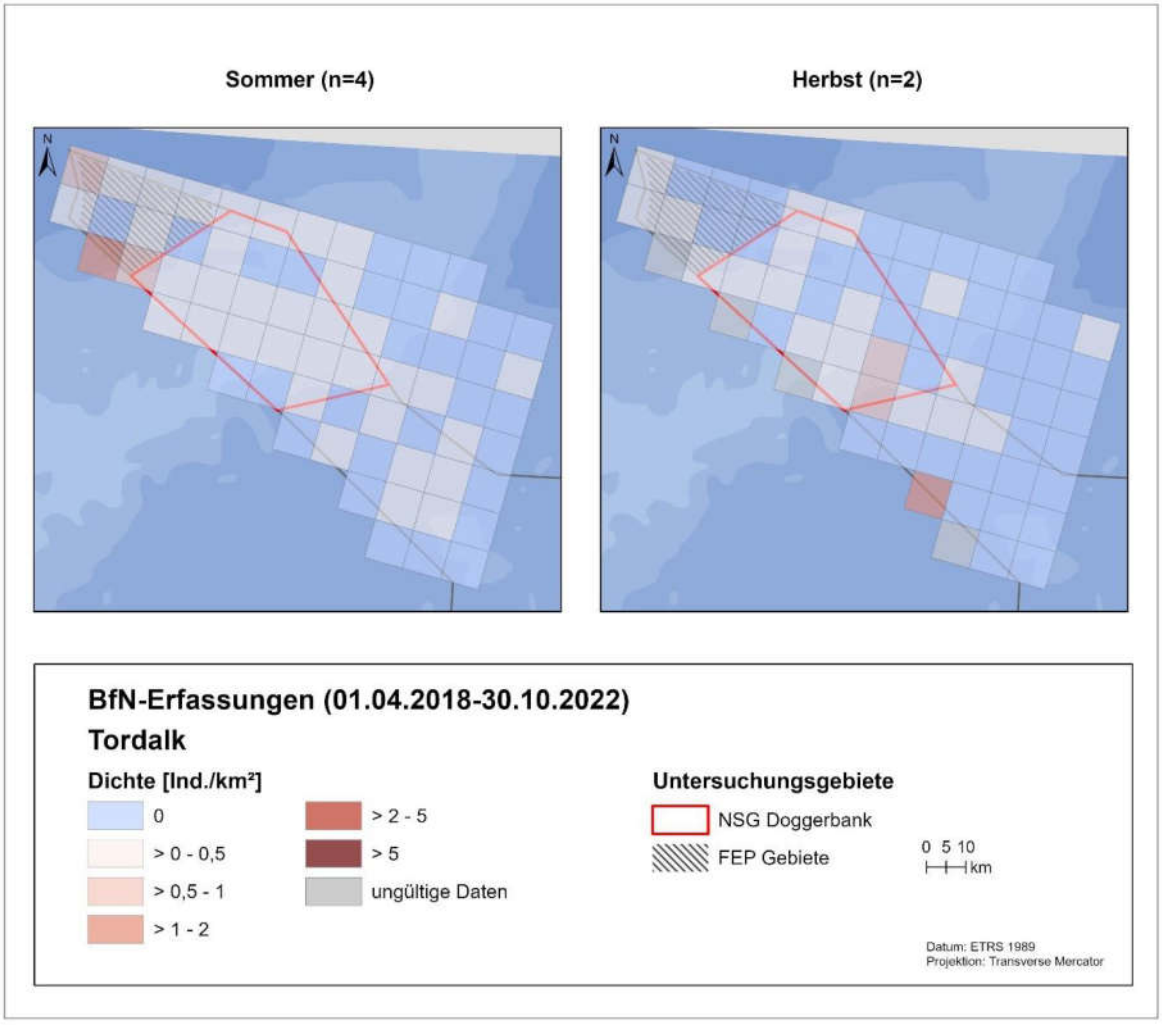


Abb. 8.64 Verteilung des Tordalken nach digitalen Flugtransekt-Erfassungen (HiDef) im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2018-2022.

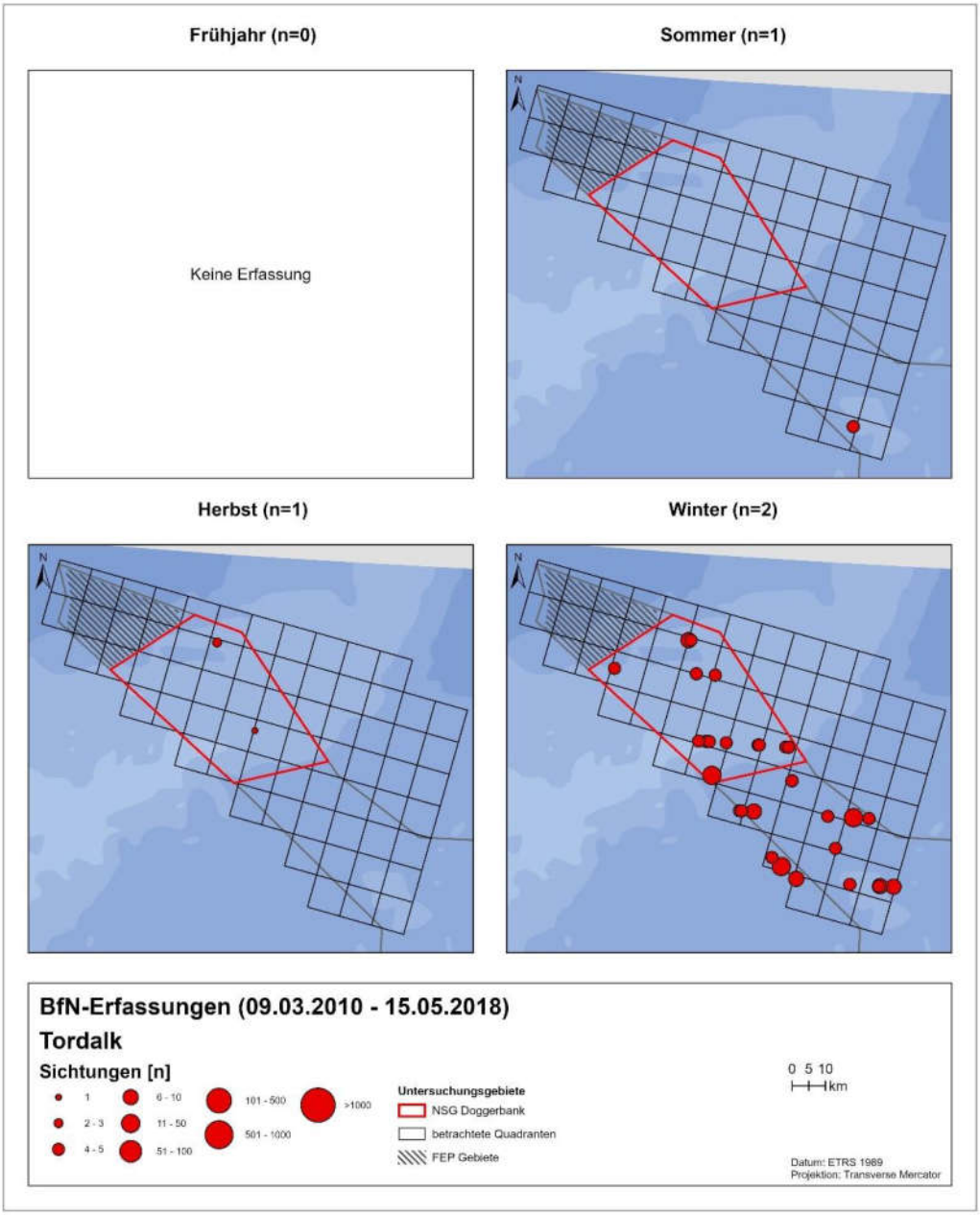


Abb. 8.65 Verteilung des Tordalken nach Beobachter-basierten Flugtransekt-Erfassungen im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2010-2018.

Papageitaucher im möglichen Einzugsbereich der Doggerbank sind Kolonien an der schottischen Küste zuzuordnen. Ihr Vorkommen wird als regelmäßig, aber spärlich eingestuft, wobei sie häufiger im Winter als im Sommer anzutreffen sind. Der Rastbestand Doggerbank im Frühjahr wird auf ca. 200 Individuen geschätzt. Erfassungen aus dem sogenannten Entenschnabel, einem Gebiet nahe des NSG, zeigen mittlere Anzahlen an Papageitauchern im Winter und Frühjahr (Tab. 8.8). Bei den Erfassungsfahrten des DDA im Mai 2024 wurden ebenfalls einige Papageitaucher nachgewiesen (Gottschling & Karwinkel 2024). Papageitaucher sind ausgeprägte Meeresvögel, die auf ihren Nahrungsflügen sehr weite Strecken zurücklegen und somit auch in sehr küstenfernen Regionen anzutreffen sind. Fisch tragende Altvögel wurden in Entfernungen von bis zu 250 km von der Kolonie

festgestellt (Harris & Wanless 2011). Sie fangen ihre Beutetiere tauchend, wobei sie meistens in Tiefen bis zu 10 m kleine Fische erbeuten. Das NSG „Doggerbank“ befindet sich im Randbereich des Aktionsraums der auf den Britischen Inseln brütenden Papageitaucher. Da sie in Deutschland fast nur in diesem Schutzgebiet regelmäßig vorkommen, beherbergt es folglich einen sehr großen Anteil des nationalen Rastbestandes. Aus dieser Perspektive sollte der Art im NSG „Doggerbank“ eine hohe Schutzwürdigkeit zukommen.

Tab. 8.8 Papageitaucher nach Erfassungen im Gebiet N-19 nördlich des NSG „Doggerbank“ (nachrichtlich – BSH unpubliziert).

Monat	Jahr	Anzahl Papageitaucher	Erfasste Transektstrecke
Juli	2023	0	95,75
August		0	95,75
September		0	95,75
Dezember		6	95,75
Januar	2024	0	95,75
Februar		28	95,75
März		14	95,75
Mai (2 Transektfahrten)		4	191,50
Juni		4	95,75

Papageitaucher im britischen Teil der Doggerbank kommen in höheren Dichten vornehmlich im Westen und Nordosten vor (Burton et al. 2014) und somit auch angrenzend an den deutschen Teil der Doggerbank. Diese Bereiche finden sich auch nach Auswertungen von ESAS-Daten (1980 – 2004) wieder (Skov et al. 2018b), wobei die Hauptverbreitung der Art entlang der schottischen und britischen Küste verläuft (Abb. 8.66). Die Brutbestände der Papageitaucher in Großbritannien zeigten zwischen 2000 und 2018 einen stabilen Bestandstrend, davor wurde seit 1986 eine Zunahme festgestellt (JNCC 2021i).

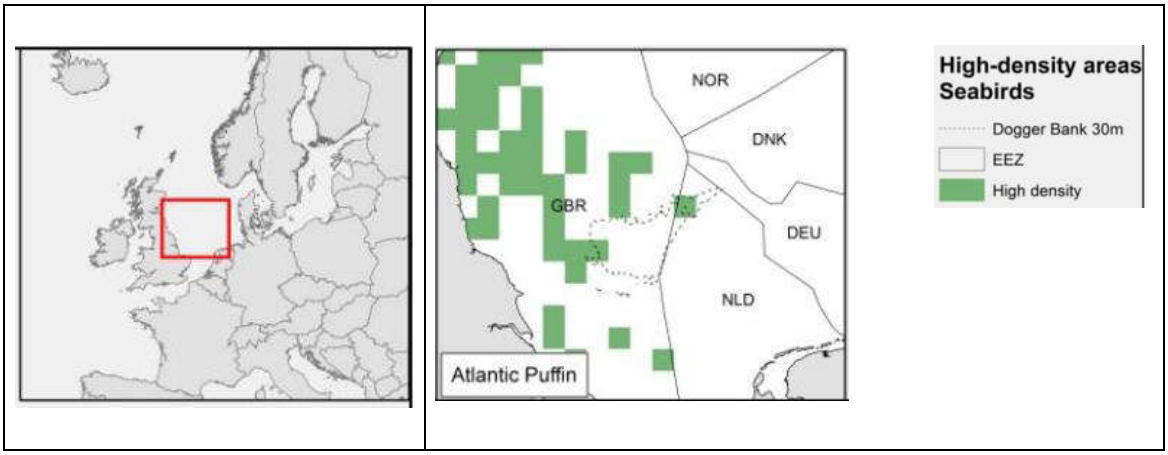


Abb. 8.66 Vorkommen von Papageitauchern in der Nordsee nach Skov et al (2018b) basierend auf ESAS-Daten (1980 – 2004).

Verteilung im Raum nach BfN digitalen und Beobachter-basierte Flugtransekt-Erfassungen sowie ESAS Schiffstransekt-Erfassungen

Papageitaucher wurden nach digitalen Flugerfassungen (Abb. 8.67) im artspezifischen Sommer in geringen Dichten fast flächendeckend im UG nachgewiesen. Der Bereich des NSG wurde vollständig durch die Art genutzt. Die beobachterbasierten Flugerfassungen (Abb. 8.68) zeigten eine lückenhafte, aber großflächige Verteilung im gesamten Gebiet im Frühjahr und Winter.

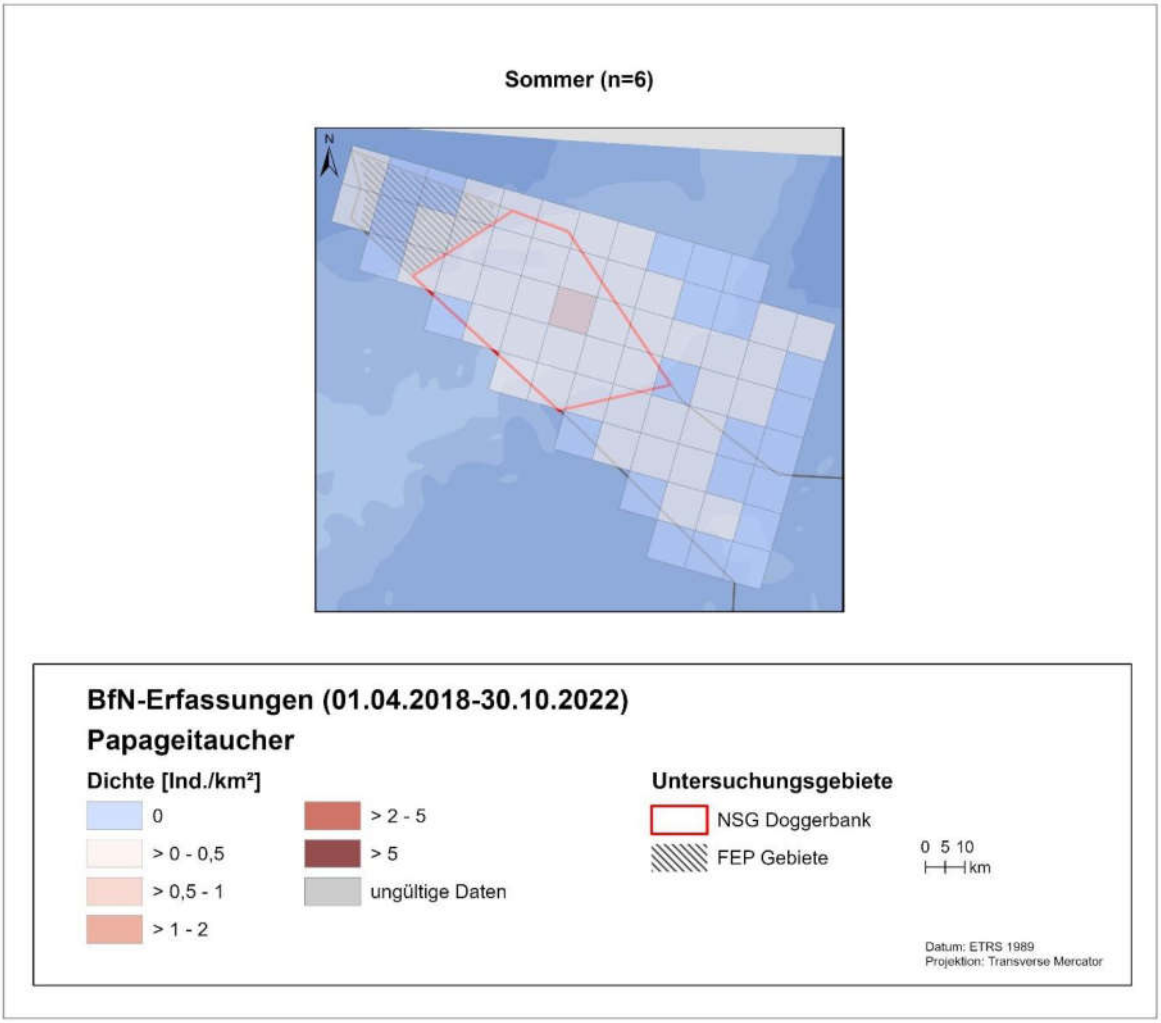


Abb. 8.67 Verteilung des Papageitauchers nach digitalen Flugtransekt-Erfassungen (HiDef) im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2018-2022.

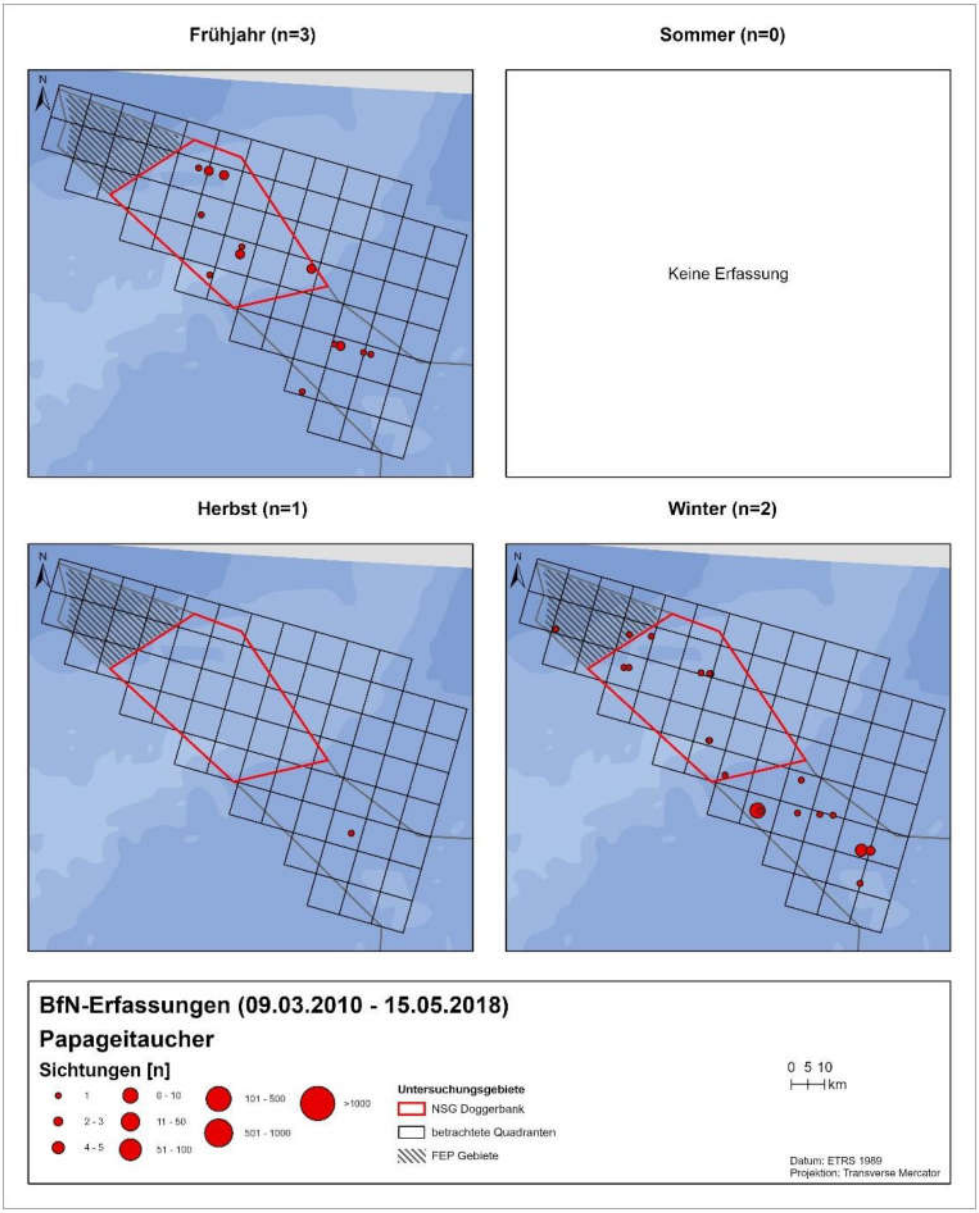


Abb. 8.68 Verteilung des Papageitauchers nach Beobachter-basierten Flugtransekt-Erfassungen im Bereich des NSG „Doggerbank“ in den Jahren 2010-2018.

Auch **Krabbentaucher** aus den arktischen Brutkolonien Grönlands und Norwegens kommen auf der Doggerbank vor. Generell sind Krabbentaucher in der deutschen Nordsee eine Seltenheit, jedoch zeigen die Erfassungen aus dem britischen Teil der Doggerbank (Burton et al. 2014), dass im Winter auch hohe Dichten an Krabbentauchern vorkommen (Abb. 8.69). Auch zeigen Berichte aus Erfassungsgebieten in Entenschnabel, nahe des NSG, dass im Winter mittlere bis hohe Anzahlen an Krabbentauchern im Gebiet vorkommen können (Tab. 8.9). Da Krabbentaucher in Deutschland fast ausschließlich im NSG „Doggerbank“ vorkommen, beherbergt es folglich einen sehr großen Anteil des nationalen Rastbestandes. Aus dieser Perspektive sollte der Art im NSG „Doggerbank“ eine hohe Schutzwürdigkeit zukommen.

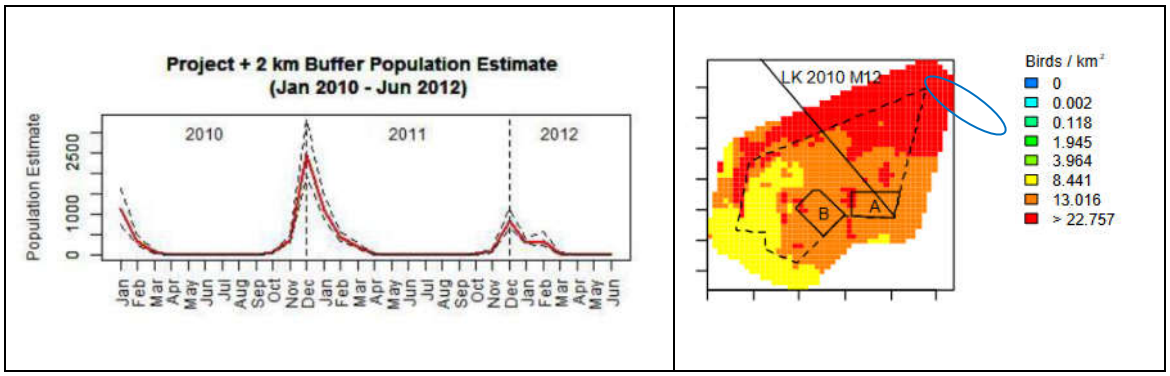


Abb. 8.69 *Vorkommen von Krabbentauchern in der britischen Doggerbank Zone nach Burton et al. (2014). Links: Populationsschätzung in den Projektgebieten Teesside A und B (plus 2 km Puffer) in den Jahren 2010 bis 2012. Rechts: Darstellung der räumlichen Verteilung innerhalb von Monaten mit hohen Dichten (in Publikation sind Karten für jeden Monat vorhanden), blaue Kreise: ungefähre Lage der Doggerbank in der Deutschen AWZ.*

Tab. 8.9 *Krabbentaucher nach Erfassungen im Gebiet N-19 nördlich des NSG „Doggerbank“ (nachrichtlich – BSH unpubliziert).*

Monat	Jahr	Anzahl Krabbentaucher	Erfasste Transektstrecke
Juli	2023	0	95,75
August		0	95,75
September		0	95,75
Dezember		4	95,75
Januar	2024	0	95,75
Februar		84	95,75
März		0	95,75
Mai (2 Transektfahrten)		0	191,50
Juni		0	95,75

A.1.4.2.10. Übergeordnete Betrachtung: Seevögel in der Nordsee

Garthe & Hüppop (2004) entwickelten einen Wind-Sensitivitäts-Index (WSI), der die räumliche Verteilung windpark-sensitiver Arten widerspiegelt (basierend auf eine Kombination verschiedener Parameter: u. a. Manövrierfähigkeit, Flughöhe, Störungsempfindlichkeit, Populationsgröße und Schutzstatus (insgesamt neun Parameter). Die höchsten Indices wurden in Küstennähe ermittelt, wogegen, küstenfern und insbesondere auch im Bereich der Doggerbank, die geringsten Indices bestimmt wurden (Abb. 8.70). Dies begründet sich auch darin, dass typische Hochseevögel wie der Eissturmvogel oder die Dreizehenmöwe aufgrund verschiedener Parameter sehr geringe Indices aufweisen.

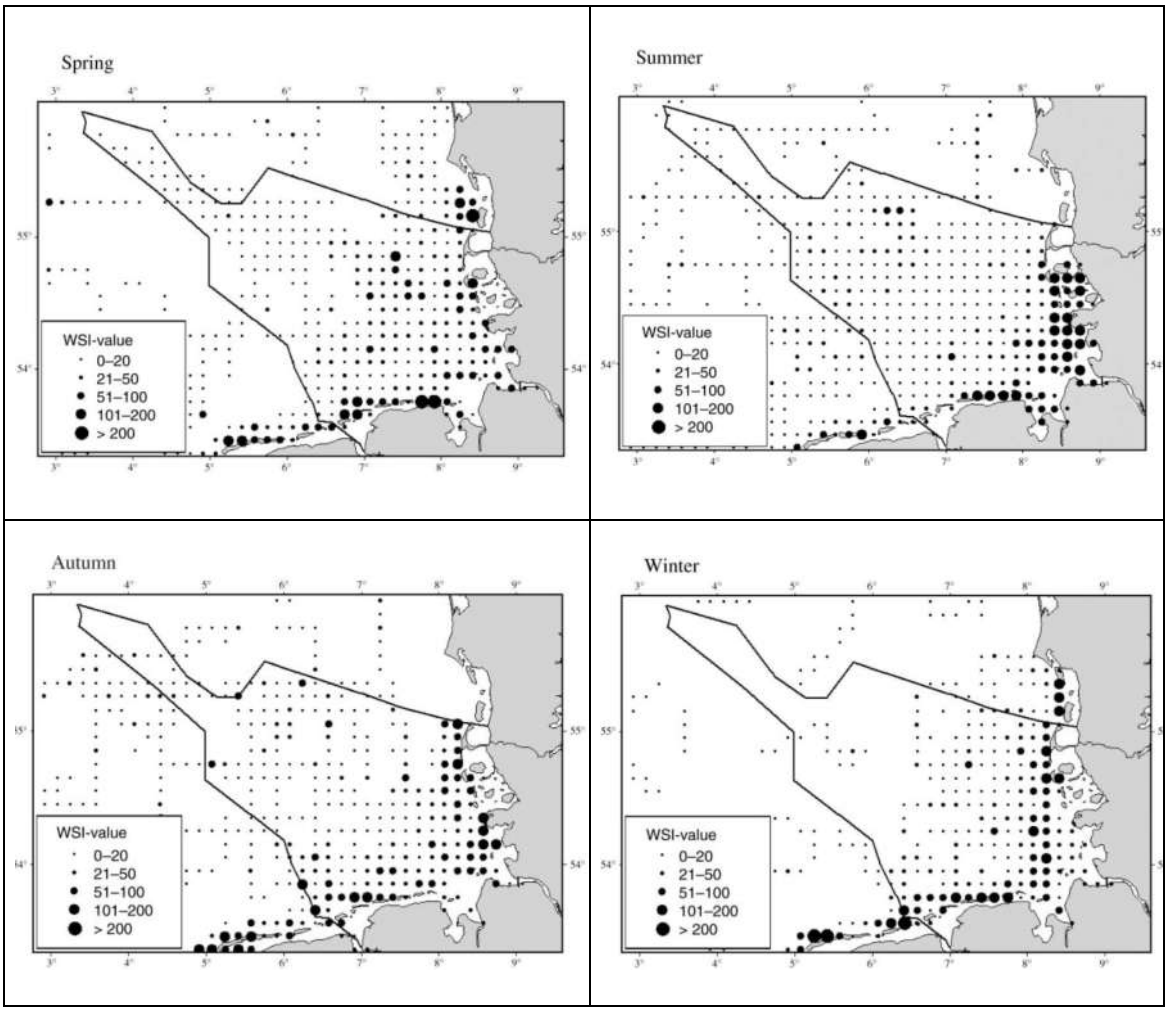


Abb. 8.70 Räumliche Verteilung eines Wind-Sensitivitäts-Index (WSI), in den alle Seevögel berücksichtigt werden, in der südöstlichen Nordsee in den verschiedenen Jahreszeiten (Daten von 1993 – 2002); nach Garthe & Hüppop (2004).

Leopold & Dijkmann (2010) ermittelten ebenfalls den WSI für die räumliche Verbreitung von Seevögeln in niederländischen Gewässern entsprechend der Methodik nach Garthe & Hüppop (2004). Mit Hilfe des Indexes sind räumliche Vergleiche der Empfindlichkeit von Bereichen möglich, die auf Basis aller vorkommenden Seevögel basieren. Die Auswertungen wurden auf 2-Monatsbasis durchgeführt und getrennt nach Erfassungen mittels Schiff und Flugzeug dargestellt (Abb. 8.71). Im Bereich der Doggerbank sind sensitive Bereiche insbesondere in den Monaten Oktober bis März erkennbar (mit beiden Erfassungsmethoden). Auch in den Monaten Februar bis Mai sind kleinflächigere Bereiche mit hohen Indices vorhanden. In den Monaten Oktober bis Januar sind die sensiblen Areale im Bereich der Doggerbank direkt an die Doggerbank in der deutschen AWZ angrenzend.

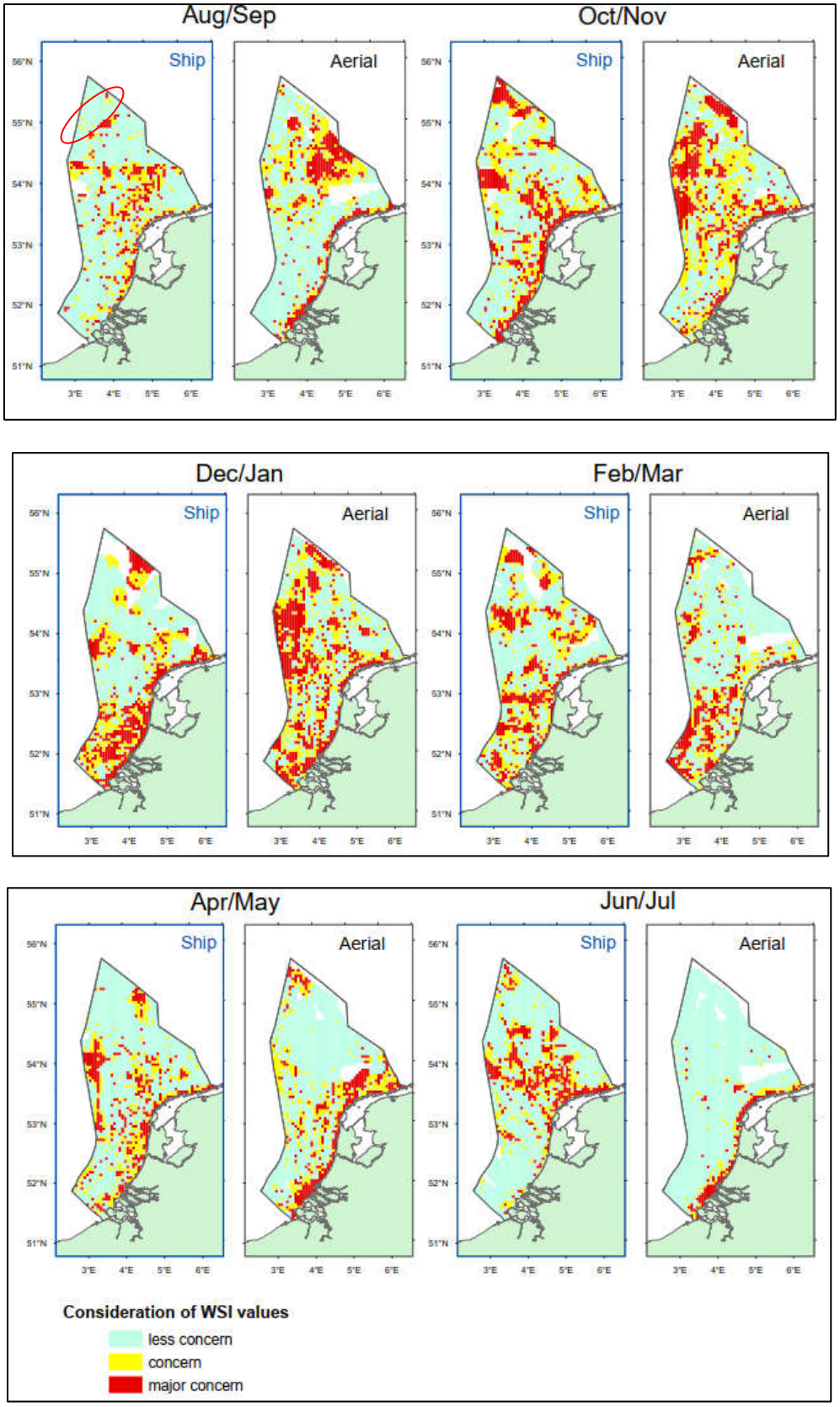


Abb. 8.71 *Vergleich von Sensitivitäts-Indices (WSI) auf Basis von Schiffserfassungen (Ship) und Flugerfassungen (Aerial) in niederländischen Gewässern (nach: Leopold & Dijkman 2010). Weiße Bereiche: keine Erfassungen; roter Kreis: rot: ungefähre Lage der niederländischen Doggerbank am Beispiel der Monate August/September.*

Der dänische Teil der Doggerbank (ca. 1.400 km²) weist nur wenige Bereiche auf, die von hoher ökologischer Wertigkeit sind und kein Gebiet der dänischen Doggerbank ist Teil des Natura 2000 Netzwerkes oder besitzt einen anderen Schutzstatus (Einschätzung von NIRAS 2012, Energinet 2017). Hotspots für Biodiversität sind an den Hängen der Doggerbank zu erwarten, die auch eine Bedeutung für Rastvögel aufweisen. Hierbei werden für den dänischen Teil der Doggerbank insbesondere Krabbentaucher hervorgehoben.

A.1.4.3. Bewertung der Datengrundlage

Es stehen als Datengrundlage sowohl Literaturdaten aus dem NSG „Doggerbank“ und den umliegenden Gebieten inklusive der Nachbarländer als auch Erfassungsdaten von Schiffs- und Flugtransekt-Erfassungen zur Verfügung.

Die Daten, die als Grundlage für die räumliche Verteilung dieser Art herangezogen wurden, decken das gesamte Gebiet des NSG „Doggerbank“ ab und gehen teilweise auch darüber hinaus. Dennoch sind die Daten zum Teil bereits recht alt und bilden nur teilweise die Begebenheiten in verschiedenen Jahreszeiten ab. Die Daten der ESAS-Schiffstransekt-Erfassungen wurden in den Jahren 2010-2016 erfasst und umfassten zwar den gesamten Jahresverlauf, jedoch lag der überwiegende Anteil der Erfassungen im Sommerhalbjahr. Die Daten der beobachterbasierten Flugtransekt-Erfassungen entstammen den Jahren 2010-2018, und deckten ebenfalls stark überwiegend das Sommerhalbjahr ab. Die Daten der digitalen Flugtransekt-Erfassungen wurden zwischen 2018 und 2022 erfasst und stammen ausschließlich aus den Monaten Mai und Juli, was für die meisten Arten den Jahreszeiten Frühjahr und Sommer entspricht. Da einige Arten, wie beispielsweise die Trottellumme und andere Alkenarten, hauptsächlich im Winterhalbjahr im Gebiet auftreten, entsteht hier eine Datenlücke.

Die Literaturangaben beziehen sich ebenfalls meist auf Daten, die bereits älter und damit eventuell nicht mehr aktuell sind. Dennoch ergeben sich besonders aus den Beschreibungen und Zustandsbewertungen der Meeresschutzgebiete und den Monitoringberichten der Nachbarländer eine Einschätzung davon, welche Arten im Gebiet zu erwarten sind. Es ist jedoch möglich, dass sich die Häufigkeiten und Verteilungen seit den Erfassungen geändert haben.

Die Datengrundlage beruht zum Teil auf relativ alten Daten, welche eventuell nicht mehr die aktuellen Begebenheiten im NSG „Doggerbank“ widerspiegeln und bilden den Jahresverlauf nicht gleichmäßig ab. Insgesamt ist die die Datenlange für eine grundsätzliche Bewertung des Schutzgutes Rastvögel jedoch ausreichend.

A.1.5 Zugvögel

A.1.5.1. Datengrundlage

Historisch sind Zugvogelkollisionen mit Leuchtfeuern im Nordseeraum schon seit Jahrhunderten bekannt und wurden teilweise sogar zur Volksernährung genutzt (z. B., Gätke 1900, Ballasus 2007). Ähnliches gilt auch für Vogelschlag an unbefeuerten, stationären Objekten (z. B., Kelm 1978, Müller 1981, Aumüller et al. 2011), doch lassen solche Beobachtungen trotz ihrer Regelmäßigkeit keine

Quantifizierung des Anteils an den betroffenen Populationen zu. Schon während des Zweiten Weltkrieges beobachtete der britische Ornithologe David L. Lack erstmals mit militärischen Radargeräten den nächtlichen Vogelzug über der zentralen Nordsee (Lack & Varley 1945). Diese und folgende Beobachtungen publizierte er zwischen 1959 und 1963 in einer mehrteiligen Artikelserie (Lack 1959, 1960a, 1960b, 1960c, 1962, 1963a, 1963b), womit er gleichzeitig den Grundstein für die Radarornithologie legte (vgl. auch Fox & Beasley 2010). Leider wissen wir heute kaum mehr über den nächtlichen Vogelzug über der zentralen Nordsee als David Lack vor 60-80 Jahren. In Deutschland endet küstenferne Vogelzugforschung in der Deutschen Bucht meist entlang einer Linie von der Plattform FINO-3 über die Insel Helgoland zur Plattform FINO-1, und soweit es Vogelzug-Untersuchungen im Entenschnabel (mit der Doggerbank) gibt, so sind die Daten zurzeit nicht öffentlich verfügbar.

Aus der wesentlich landnäheren Deutschen Bucht liegen reichhaltige Daten über das Vorkommen von Zugvögeln vor, z. B. von der Forschungsplattform Nordsee („FPN“, operativ von 1974 bis 1993) (Schonart 1978, Helbig et al. 1979, Grimminger 1981, Müller 1981, Dierschke 2001), von der Insel Helgoland mit der Vogelwarte Helgoland (u. a. Hüppop et al. 2010) sowie in jüngerer Zeit von den Plattformen FINO-1 (2008-2012) (Hill et al. 2014) und FINO-3 (Aumüller et al. 2013). Westlich dieser Linie sind Radaruntersuchungen des nächtlichen Vogelzugs nur noch schiffsgestützt möglich (vgl. auch Jellmann 1977, Clemens 1988) und somit umso seltener, je weiter seewärts ein Untersuchungsgebiet nach Nordwesten liegt – insbesondere in den wettermäßig raueren Vogelzug-Monaten September bis November und Februar bis April.

Auch gibt es relativ wenige systematische Beobachtungen des Tageszugs aus dem Bereich der Doggerbank, die meistens im Rahmen des “European Seabirds at Sea (ESAS)”-Programms erhoben wurden (siehe auch im Rastvögel-Kapitel 5.7). Eine alternative Besenderung von Singvögeln ist noch immer problematisch, wenn das Sendergewicht nicht 3 % der Körpermasse übersteigen soll und eine schwache Sendeleistung das Vorhandensein von Empfängern auf See voraussetzen würde. Aus diesem Grund sind auf dem *MOTUS Wildlife Tracking System* (motus.org) basierende Programme auf die küstennahe Deutsche Bucht begrenzt (Brust et al. 2019, Michalik et al. 2020, Brust & Hüppop 2021). Mögliche Geolokatoren (Messgeräte zur Aufzeichnung von Hell-Dunkel-Phasen) lösen geographisch nicht hoch genug auf und verlangen den Wiederfang des Trägers, um die aufgezeichneten Daten auszulesen (Clements et al. 2021). Somit bleibt nur die Telemetrierung (Besenderung) größerer Vögel, wie z. B. von Seevögeln oder Limikolen (z. B. Abb. 8.72), doch lassen die Ergebnisse keine Rückschlüsse auf nächtlich ziehende Singvögel zu. Substanzieller Greifvogelzug ist über der zentralen Nordsee nicht zu erwarten (Wernham et al. 2002, Bakken et al. 2006, Bairlein et al. 2014).

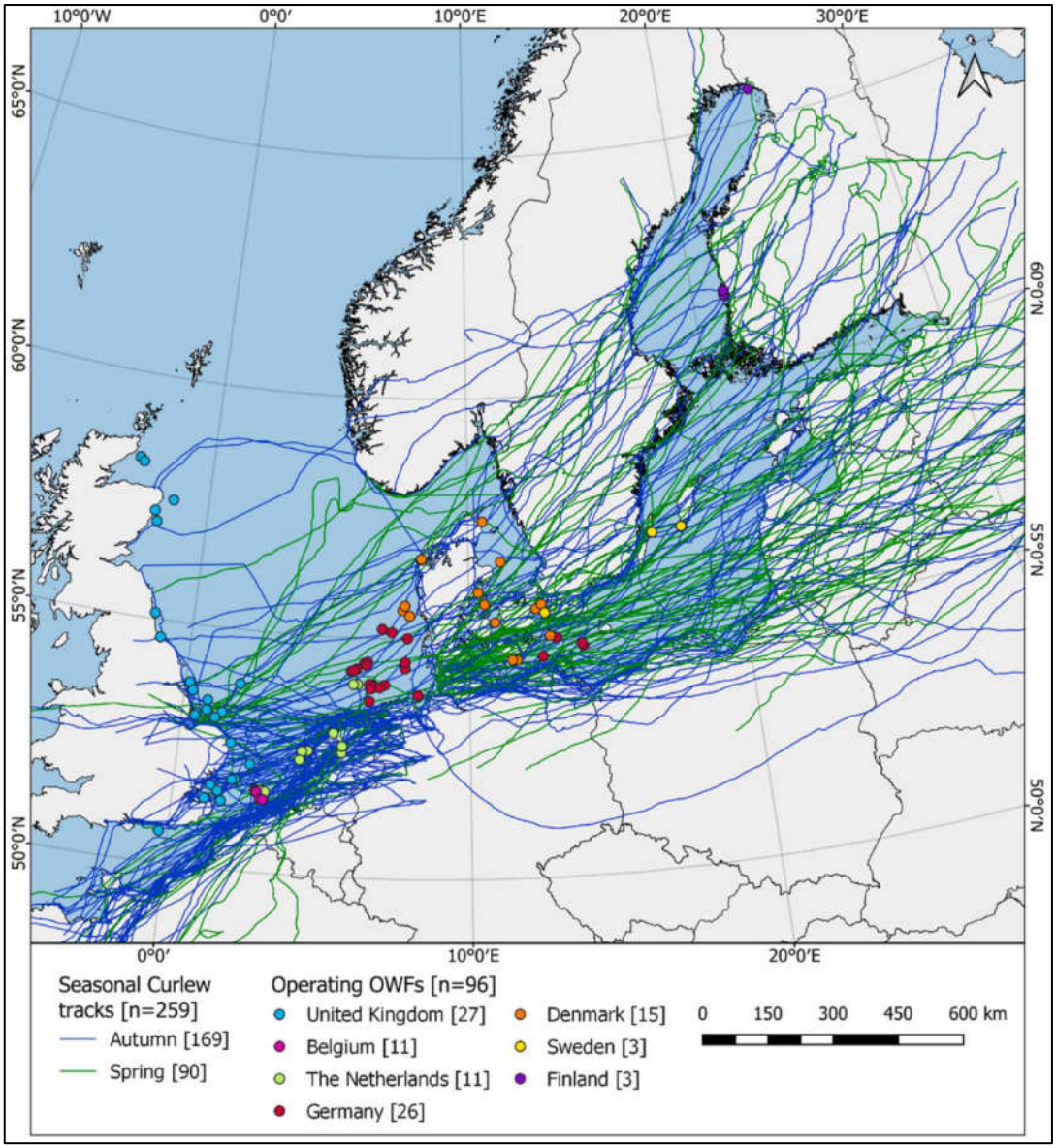


Abb. 8.72 *Der Verlauf von 259 Zugrouten von 143 besenderten Großen Brachvögeln während der Überquerung von Nord- und Ostsee im Frühjahr (grün) und im Herbst (blau) zwischen 2017 und 2022. Farbige Punkte stellen insgesamt 96 existierende Windparks dar, an denen die Brachvögel vorbeikommen können (entnommen aus Schwemmer et al. 2023).*

A.1.5.2. Bestandsbeschreibung

Das Zugvogelvorkommen in der zentralen Nordsee lässt sich ökologisch-taxonomisch in drei beteiligte Vogelgruppierungen unterteilen:

- Oftmals tagziehende Seevögel, wie z.B. der Eissturmvogel (*Fulmarus glacialis*), der Basstölpel (*Morus bassanus*) und die Dreizehenmöwe (*Rissa tridactyla*), werden eingehend im Rastvogel-Kapitel abgehandelt (u. a. ESAS-Daten);

- Tag- und nachtziehende Larolimikolen (Möwen, Seeschwalben und Watvögel; siehe auch Abb. 8.72; ESAS-Daten weisen z. B. nur ein geringes Tagzug-Vorkommen von Limikolen auf);

- Nachtziehende Singvögel mit den Insektenfressern (u.a. Grasmücken, Laubsänger und Rohrsänger) später im Frühjahr und früher im Herbst und den etwas robusteren Finken, Staren und Drosseln früher im Frühjahr bzw. später im Herbst.

Die nachtziehenden Singvögel dürften zahlenmäßig die weitaus größte der drei Gruppen darstellen und – aufgrund ihrer nächtlichen Zugweisen – auch einem höheren Kollisionsrisiko unterliegen. Ihre genaue Zughöhe, z. B. in Relation zum Rotorbereich, lässt sich nicht unbedingt vorhersagen, da sie u. a. von verschiedenen Faktoren wie Wind, Sicht, Niederschlag, Temperatur, Jahreszeit und – last but not least – von der jeweiligen Vogelart abhängt. Radardaten liegen dazu von der zentralen Nordsee kaum vor, sodass folgende Analogieschlüsse gezogen werden müssen: Starker Nachtzug – meist von Singvögeln und Larolimikolen auf dem Weg von Skandinavien nach Großbritannien oder zurück – muss auch für die Doggerbank angenommen werden, wie Beringungswiederfunde (Wernham et al. 2002, Bakken et al. 2006, Bairlein et al. 2014) und Beobachtungen aus der Deutschen Bucht (Dierschke 2001, Brust & Hüppop 2021) und vom britischen Teil der Doggerbank (Royal Haskoning DHV 2013) nahelegen. Im Hauptvogelzugmonat Oktober werden vermutlich die folgenden sieben Singvogelarten die Masse der Durchzügler stellen: Amsel (*Turdus merula*), Wacholderdrossel (*Turdus pilaris*), Singdrossel (*Turdus philomelos*), Rotdrossel (*Turdus iliacus*), Star (*Sturnus vulgaris*), Buchfink (*Fringilla coelebs*) und Bergfink (*Fringilla montifringilla*).

A.1.5.3. Bewertung der Datengrundlage

Gezielte Sichtbeobachtungen des Tagzuggeschehens sowie zitierfähige Vertikalradar-Untersuchungen des Nachtzuges scheinen aus neuerer Zeit aus dem Seegebiet nicht vorzuliegen (siehe auch Kapitel A.1.5.1 und Kapitel A.1.5.2). Solange dieser Forschungsbedarf nicht erfüllt werden kann, können notgedrungen nur Daten aus der besser untersuchten Deutschen Bucht analog herangezogen werden.

A.1.6 Marine Säuger

A.1.6.1. Datengrundlage

Als Datengrundlage für die Beschreibung des Schutzgutes Marine Säugetiere dienen vor allem Monitoringdaten aus Erfassungsflügen, die im Auftrag des BfN in der Vergangenheit im Bereich des Entenschnabels und/oder der Doggerbank durchgeführt wurden. Jeweils eine bis zwei Erfassungen wurden in den Jahren 2002, 2003, 2005, 2006, 2007, 2009, und 2012 durchgeführt sowie jeweils zwei Erfassungen in den Jahren 2018-2020 sowie eine Erfassung im Jahr 2021 und 2023. Die Daten wurden in Monitoringberichten veröffentlicht:

- Forschungsverbund MINOS Plus - Weiterführende Arbeiten an Seevögeln und Meeressäugern zur Bewertung von Offshore - Windkraftanlagen. Teilvorhaben 2 - "Erfassung der Dichte und Verteilungsmuster von Schweinswalen (*Phocoena phocoena*) in der deutschen Nord- und Ostsee" (Gilles et al. 2007),

- Monitoringbericht 2009-2010. Marine Säugetiere und Seevögel in der deutschen AWZ von Nord- und Ostsee. Teilbericht Marine Säugetiere. Teil A: Visuelle Erfassung von Schweinswalen (Gilles & Siebert 2010),
- Monitoringbericht 2010-2011. Marine Säugetiere und Seevögel in der deutschen AWZ von Nord- und Ostsee. Teilbericht Marine Säugetiere. Teil A: Visuelle Erfassung von Schweinswalen und akustische Erfassung im Seegebiet Doggerbank (Gilles et al. 2011),
- Monitoring von marinen Säugetieren 2012 in der deutschen Nord- und Ostsee. Teil A: Visuelle Erfassung von Schweinswalen (Gilles et al. 2013),
- Monitoring von marinen Säugetieren 2018 in der deutschen Nord- und Ostsee. Visuelle Erfassung von Schweinswalen (Nachtsheim et al. 2019),
- Monitoring von marinen Säugetieren 2019 in der deutschen Nord- und Ostsee. Visuelle Erfassung von Schweinswalen (Nachtsheim et al. 2020).
- Monitoring von marinen Säugetieren 2020 in der deutschen Nord- und Ostsee. Visuelle Erfassung von Schweinswalen (Nachtsheim et al. 2021a)
- Monitoring von marinen Säugetieren 2021 in der deutschen Nord- und Ostsee. Visuelle Erfassung von Schweinswalen (Nachtsheim et al. 2024b)
- Monitoring von marinen Säugetieren in der deutschen Nord- und Ostsee 2023. Visuelle Erfassung von Schweinswalen (Nachtsheim et al. 2024a)

Alle Erfassungen wurden als Linientransekt-Flüge mit einem Transektabstand von 10 km durchgeführt. An allen Erfassungstagen des BfN-Monitorings wurden konventionelle Observerflüge durchgeführt. Im Zeitraum 2018-2022 wurden zusätzlich zu den visuellen Erfassungen an denselben Tagen auch digitale Flugerfassungen durchgeführt. Diese Daten wurden unserer Kenntnis nach bisher nicht veröffentlicht. Sie werden im Rahmen dieser Studie verwendet. Von diesen digitalen Daten wurde das Video des zweiten Fluges im Jahr 2022 derzeit noch nicht ausgewertet.

In Tab. 8.10 sind die Erfassungsdaten zusammengestellt, für die GIS-Daten (Punktsichtungen und Dichteraster) zur Verfügung stehen. Insgesamt liegen Daten von 24 konventionellen und digitalen Schweinswalerfassungen zwischen 2002-2022 für den Bereich des Entenschnabels vor (Datenbezug: konventionelle Erfassungen: BfN, per Mail am 27.02.20024, digitale Erfassungen: unveröff. Daten des BfN-Monitorings, eigene Auswertung). Zusätzlich liegen Sichtungsdaten des BfN Seevogelmonitorings, bei dem auch Meeressäugetiere erfasst wurden, von 20 Erfassungstagen als GIS-Daten (Punktsichtungen) vor.

Tab. 8.10 Flug- und Schiffstransekt-Erfassungen im Rahmen des BfN-Monitorings für Schweinswale und Seevögel im Bereich des NSG „Doggerbank“, die als GIS-Daten für diesem Bericht vorliegen. Seevogelerfassungen rosa unterlegt, konventionelle Schweinswalflüge hellblau unterlegt, digitale Schweinswalflüge hellgrün unterlegt. Verwendung: 1=Punktsichtungskarten von Zwergwalen, Robben, Delfinen; 2=Dichtekarten Schweinswal; 3=Kälberanteil Schweinswal.

Erfassungsdatum	Art der Erfassung	Verwendung im Bericht
09.03.2010	Schiffstransekt-Erfassung Seevögel	1
05.05.2010	Schiffstransekt-Erfassung Seevögel	1

Erfassungsdatum	Art der Erfassung	Verwendung im Bericht
08.08.2010	Schiffstransekt-Erfassung Seevögel	1
18.07.2010	Schiffstransekt-Erfassung Seevögel	1
08.08.2010	konventionelle Flugtransekt-Erfassung Seevögel	1
28.07.2011	Schiffstransekt-Erfassung Seevögel	1
29.07.2011	Schiffstransekt-Erfassung Seevögel	1
06.08.2011	konventionelle Flugtransekt-Erfassung Seevögel	1
18.08.2011	Schiffstransekt-Erfassung Seevögel	1
23.07.2012	Schiffstransekt-Erfassung Seevögel	1
10.07.2014	Schiffstransekt-Erfassung Seevögel	1
29.09.2014	konventionelle Flugtransekt-Erfassung Seevögel	1
26.02.2016	konventionelle Flugtransekt-Erfassung Seevögel	1
06.06.2016	konventionelle Flugtransekt-Erfassung Seevögel	1
11.06.2016	konventionelle Flugtransekt-Erfassung Seevögel	1
11.07.2016	Schiffstransekt-Erfassung Seevögel	1
12.07.2016	Schiffstransekt-Erfassung Seevögel	1
04.12.2016	konventionelle Flugtransekt-Erfassung Seevögel	1
30.08.2017	konventionelle Flugtransekt-Erfassung Seevögel	1
15.05.2018	konventionelle Flugtransekt-Erfassung Seevögel	1
28.05.2002	konventionelle Flugtransekt-Erfassung Schweinswale	1, 2
30.05.2003	konventionelle Flugtransekt-Erfassung Schweinswale	1, 2
04.08.2003	konventionelle Flugtransekt-Erfassung Schweinswale	1, 2
22.04.2005	konventionelle Flugtransekt-Erfassung Schweinswale	1, 2
23.11.2005	konventionelle Flugtransekt-Erfassung Schweinswale	1, 2
08.06./13.06.2006	konventionelle Flugtransekt-Erfassung Schweinswale	1, 2
19.07.2007	konventionelle Flugtransekt-Erfassung Schweinswale	1, 2
22.06.2009	konventionelle Flugtransekt-Erfassung Schweinswale	1, 2, 3
27.05.2012	konventionelle Flugtransekt-Erfassung Schweinswale	1, 2, 3
26.07.2012	konventionelle Flugtransekt-Erfassung Schweinswale	1, 2, 3
15.05.2018	konventionelle Flugtransekt-Erfassung Schweinswale	1, 2, 3
02.07.2018	konventionelle Flugtransekt-Erfassung Schweinswale	1, 2, 3
15.05.2019	konventionelle Flugtransekt-Erfassung Schweinswale	1, 2, 3
25.07.2019	konventionelle Flugtransekt-Erfassung Schweinswale	1, 2, 3
01.06.2020	konventionelle Flugtransekt-Erfassung Schweinswale	1, 2, 3
15.05.2018	digitale Flugtransekt-Erfassung Schweinswale	1, 2, 3
02.07.2018	digitale Flugtransekt-Erfassung Schweinswale	1, 2, 3
15.05.2019	digitale Flugtransekt-Erfassung Schweinswale	1, 2, 3
25.07.2019	digitale Flugtransekt-Erfassung Schweinswale	1, 2, 3
06.05.2020	digitale Flugtransekt-Erfassung Schweinswale	1, 2, 3
01.06.2020	digitale Flugtransekt-Erfassung Schweinswale	1, 2, 3
29.05.2021	digitale Flugtransekt-Erfassung Schweinswale	1, 2, 3
10.06.2021	digitale Flugtransekt-Erfassung Schweinswale	1, 2, 3
31.05.2022	digitale Flugtransekt-Erfassung Schweinswale	1, 2, 3

Das Untersuchungsgebiet des Schweinswal-Monitorings des BfN wurde im Betrachtungszeitraum einmal verändert. Das Untersuchungsgebiet A deckte bis 2012 den Entenschnabel der AWZ vollständig mit Ost-West-Transekten im 10 km-Abstand ab (siehe Abb. 8.73). Bei einzelnen Erfassungen wurde von dem Transektdesign abgewichen, so wurde im Frühjahr 2003 auch ein langes Transekt entlang des Entenschnabels von SO nach NW geflogen, im Herbst 2005 wurde nur jedes 2. Transekt geflogen, sodass bei dieser Erfassung ein Transektabstand von 20 km vorliegt.

Ab 2018 wurde das Untersuchungsgebiet in Richtung der dänischen AWZ erweitert (siehe Abb. 8.73 und Abb. 8.74). Bei den neueren Erfassungsflügen ab 2018 wurde das Transektdesign leicht zwischen den Erfassungen 2018/19 (gelbe Linien) und 2020/21 (blaue Linien) verändert. Um dasselbe Raster für alle Erfassungen ab 2018 verwenden zu können, wurde dieses so positioniert, dass jeweils beide Transektlinien aus den zwei Designs in der jeweiligen Rasterzellenreihe liegen. Die Transektlinien verlaufen dadurch nicht mittig durch die Rasterzellen.

Aufgrund der unterschiedlichen Transektdesigns erfolgt die Auswertung der Daten für die konventionellen und digitalen Erfassungen separat.

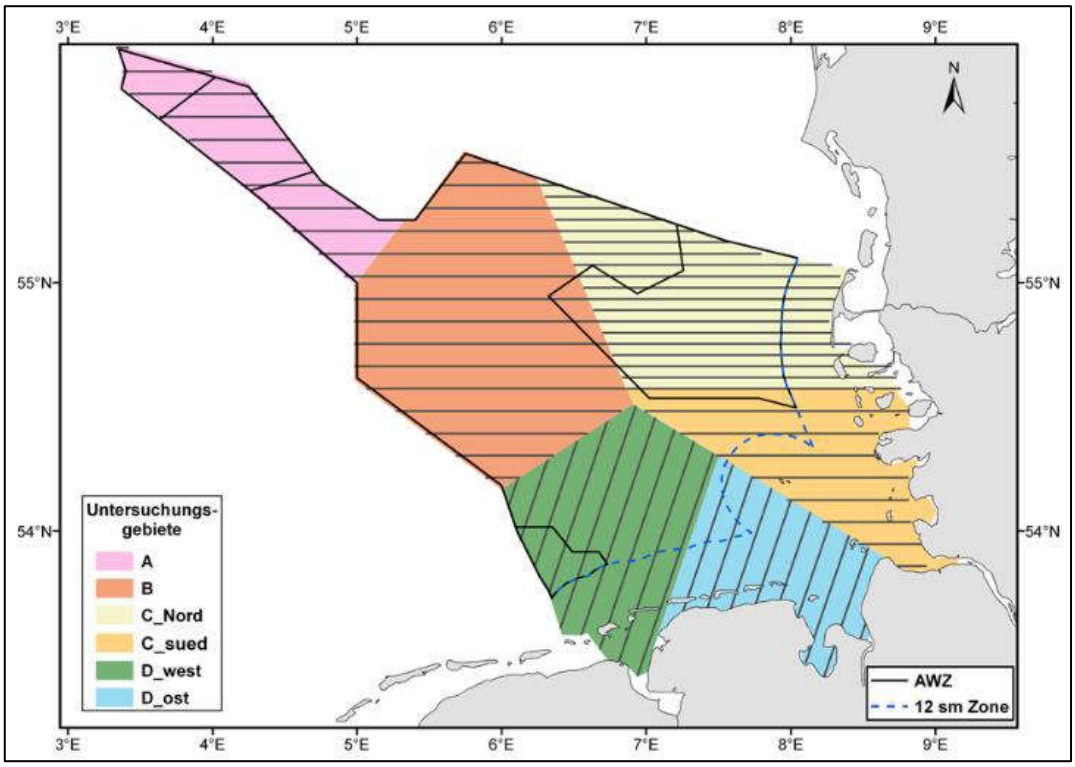


Abb. 8.73 Untersuchungsgebiete und Transektdesign in der Nordsee bei Erfassungsflügen bis 2012. Das NSG „Doggerbank“ wird durch das Untersuchungsgebiet A (rosa) abgedeckt (Entnommen aus Gilles & Siebert 2010).

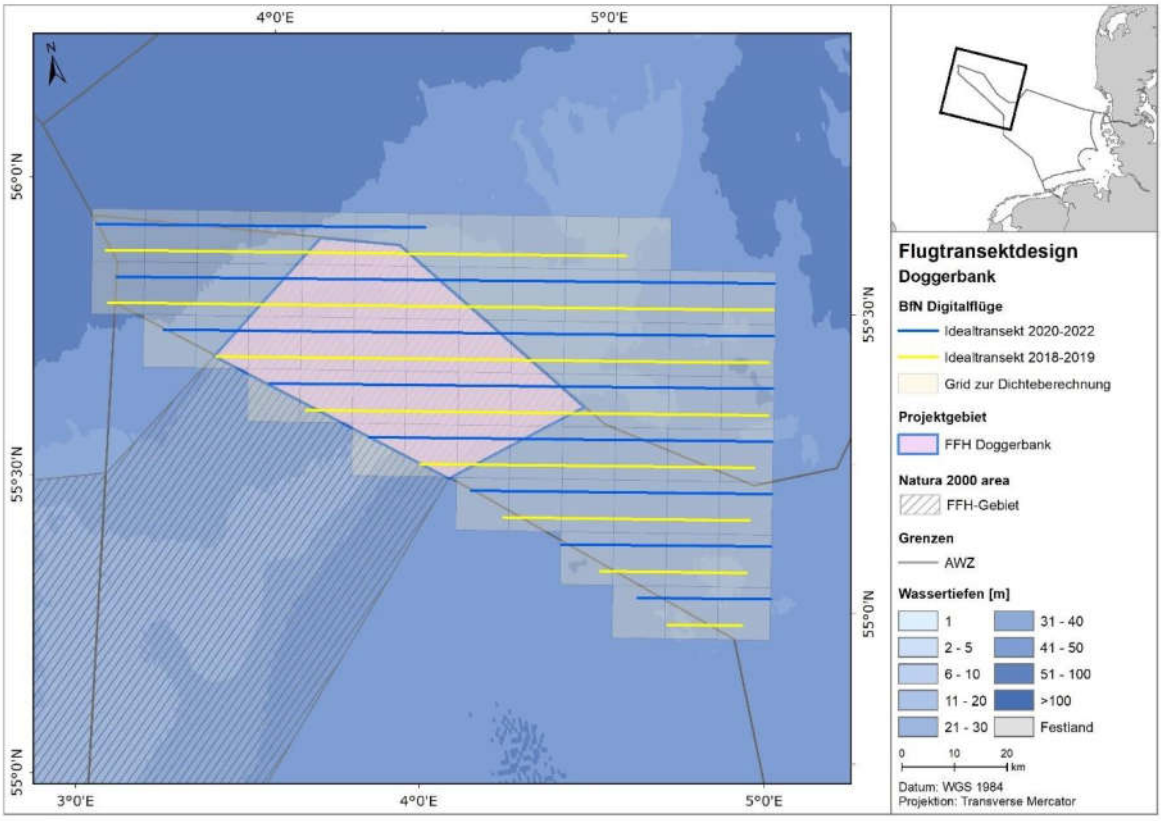


Abb. 8.74 Flugtransektdesign des Untersuchungsgebietes A bei Erfassungsflügen 2018/19 und 2020-2022 sowie das verwendete Raster zur Berechnung der Dichte von Schweinswalen für die Daten der digitalen Erfassungsflüge.

Zwergwal- und Delfinsichtungen, die während des Schweinswal- und Seevogelmonitorings gesichtet wurden, sowie während weiterer Erfassungen, wurden durch das BfN zusammengefasst übermittelt (BfN, per Mail am 23.02.2024) und werden in Punktsichtungskarten dargestellt.

Zusätzlich wurden unveröffentlichte Sichtungsdaten aus dem Projekt „Habitatwahl und Populationsdynamik von Schweinswalen im Ökosystem der deutschen Nord- und Ostsee“ (HABITATWal)[218] von einer schiffsbasierten Transekterfassung von Meeressäugern auf der Doggerbank vom 05.-10.05.2024 vorab durch das BfN bereitgestellt (BfN (2024), basierend auf Daten des Instituts für Terrestrische und Aquatische Wildtierforschung (ITAW)).

[218] HABITATWal - Habitatwahl und Populationsdynamik von Schweinswalen im Ökosystem der deutschen Nord- und Ostsee (tiho-hannover.de), zuletzt zugegriffen am 12.07.2024.

Zwei weitere schiffsbasierte Seevogelerfassungen mit der Seabird-at-Sea-Methode des Dachverbands Deutscher Avifaunisten, bei denen auch Meeressäuger miterfasst werden, wurden 2024 im Februar und im Juni durchgeführt, für die ausschließlich Fahrtberichte vorliegen. [219, 220]

Folgende Veröffentlichungen liefern weitere Informationen über den Bestand von Meeressäugern in der zentralen Nordsee oder im Bereich der Doggerbank und werden für die Einordnung der Ergebnisse herangezogen:

- Small Cetacean in a Human High-Use Area: Trends in Harbor Porpoise Abundance in the North Sea Over Two Decades (Nachtsheim et al. 2021b),
- Harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) presence, abundance and distribution over the Dogger Bank, North Sea, in winter (Cucknell et al. 2017),
- Marine mammal survey in the wider Dogger Bank area summer 2013 (Geelhoed et al. 2014),
- SCANS-Zählungen (Hammond et al. 2002, 2017, Hammond 2006, Gilles et al. 2023),
- Spring distribution and density of mink whale *Balaenoptera acutorostrata* along an offshore bank in the central North Sea (De Boer 2010),
- Verschiedene Telemetriestudien an Kegelrobben und Seehunden (McConnell et al. 1999, Brasseur et al. 2010, Sharples et al. 2012, Jones et al. 2015, Brasseur 2017, Carter et al. 2022),
- Seals at sea: modelling seal distribution in the German bight based on aerial survey data (Herr et al. 2009).

Im britischen Teil der Doggerbank sind mehrere OWP geplant, bzw. befinden sich bereits im Bau. Von diesen Vorhaben liegen Meeressäugererfassungen vor, die vor allem Hinweise auf die Nutzung der Doggerbank für die Zeit des Winterhalbjahrs geben können, für die nur sehr wenig Daten aus dem NSG „Doggerbank“ vorliegen.

- Dogger Bank Teesside A & B Environmental Statement Chapter 14 Marine Mammals (Mackey & Keenan 2014)

A.1.6.2. Bestandsbeschreibung

Die Arten Schweinswal und Seehund sind Erhaltungsziele des FFH-Gebietes, bzw. Schutzzweck des NSG „Doggerbank“ (§ 3 Abs. 2 Nr. 2 sowie § 3 Abs. 3 NSGDgbV). Im Standarddatenbogen[221] für das FFH-Gebiet „Doggerbank“ wird der Seehund in der Abundanzkategorie P „vorhanden“ geführt. Eine Bestandsabschätzung ist aufgrund von Datenmangel nicht möglich. Der Bestand des Schweinswals

[219] Fahrtbericht: https://www.dda-web.de/downloads/surveyberichte/2024_02_Fahrtbericht_Arctic_Hunter.pdf zuletzt zugegriffen am 10.07.2024.

[220] Fahrtbericht: Seevogelsurvey auf der Doggerbank und in der Deutsche Bucht mit der „Arctic Hunter“ 21.06.–23.06.2024 (dda-web.de), zuletzt zugegriffen am 10.07.2024.

[221] https://natura2000.eea.europa.eu/natura2000/SDF.aspx?site=DE1003301 (zuletzt aufgerufen am 13.12.2023)

wird mit 501-1.000 Individuen angegeben (siehe Tab. 8.11). Der Gesamtwert des Gebietes wird für den Seehund mit C (signifikanter Wert), für den Schweinswal mit B (guter Wert) angegeben.

Tab. 8.11 Im FFH-Gebiet „Doggerbank" vorkommende Arten des Anhangs II der FFH-Richtlinie und diesbezügliche Beurteilung des Gebietes. Entnommen aus dem Standarddatenbogen; Stand: 06.2015.

Code	Artname	Populations-größe	Population	Erhaltungs-grad	Isolierung	Gesamtbe-urteilung
1351	Schweinswal (*Phocoena phocoena*)	501 – 1.000	B	B	C	B
1365	Seehund (*Phoca vitulina*)	vorhanden	C	B	C	C

Aufgrund der besonders hohen Bedeutung des Gebietes für die Fortpflanzung und Jungenaufzucht sowie die Nahrungssuche in der deutschen AWZ wird gemäß BfN (2017) der Soll-Zustand für den Schweinswal mit (A) angegeben (Tab. 8.12). Der Ist-Zustand wird durch Aggregation der drei Kriterien „Zustand der Population", „Habitatqualität" und „Beeinträchtigungen" gebildet (B-B-C). Es ergibt sich ein Ist-Zustand von (B). Das Defizit zwischen Soll- und Ist-Zustand beträgt damit (-1).

Für den Seehund wird der Soll-Zustand des NSG „Doggerbank" mit (B) angegeben (Tab. 8.12). Der Wert beruht auf der Annahme, dass das NSG prinzipiell ein günstiges Nahrungshabitat darstellt und Trittsteinfunktion auf Wanderwegen erfüllen kann, sich jedoch in großer Entfernung zu Ruhe- und Wurfplätzen befindet und damit eine mittlere Bedeutung für den Seehund hat. Die Aggregation der Kriterien „Zustand der Population", „Habitatqualität" und „Beeinträchtigungen" (A-B-C) ergibt den Ist-Zustand (B) und ein Defizit von (0).

Tab. 8.12 Bewertung der Soll- und Ist-Zustände der Schutzgüter Schweinswal und Seehund nach BfN (2017).

Schutzgut	Soll-Zu-stand	Kriterien für die Bewertung des Ist-Zustandes			Ist-Zu-stand	Defizit
		Zustand der Popu-lation	Habitat-qualität	Beein-trächtigun-gen		
Schweinswal	**A**	B	B	C	**B**	**-1**
Seehund	**B**	A	B	C	**B**	**0**

In den küstenfernen Bereichen der AWZ, in denen das NSG „Doggerbank" liegt, kommen gelegentlich auch weitere Arten von marinen Säugetieren vor. Neben Schweinswal und Seehund werden aufgrund ihrer relativen Häufigkeit die folgenden Arten in diesem Gutachten zusätzlich betrachtet:

- Kegelrobbe (Halichoerus grypus),
- Weißschnauzendelfin (*Lagenorhynchus albirostris*) und
- Zwergwal (Balaenoptera acutorostrata).

A.1.6.2.1. Schweinswal

Dichte und Bestand

Nachtsheim et al. (2021b) veröffentlichten eine Studie zum Trend der Schweinswalpopulation in der deutschen Nordsee, in der auch Bestand und Trend von Schweinswalen im FFH-Gebiet „Doggerbank“ analysiert wurden. Hierfür werteten Nachtsheim et al. (2021b) Ergebnisse von Flugzeug-Transekterfassungen des BfN-Monitorings im Zeitraum 2002 – 2019 aus. Demnach schwankte die Abundanz von Schweinswalen im Schutzgebiet während Frühjahrserfassungen um einen Median von etwas mehr als 2.000 Individuen (siehe Abb. 8.75). Erfassungen während der Sommermonate zeigten mit etwa 1.000 Individuen zwischen 2003 und 2007 und etwa 2.000 Individuen in den darauffolgenden Jahren einen möglicherweise ansteigenden Trend (siehe Abb. 8.76). Insgesamt ist die Variabilität zwischen den einzelnen Erfassungen jedoch sehr hoch.

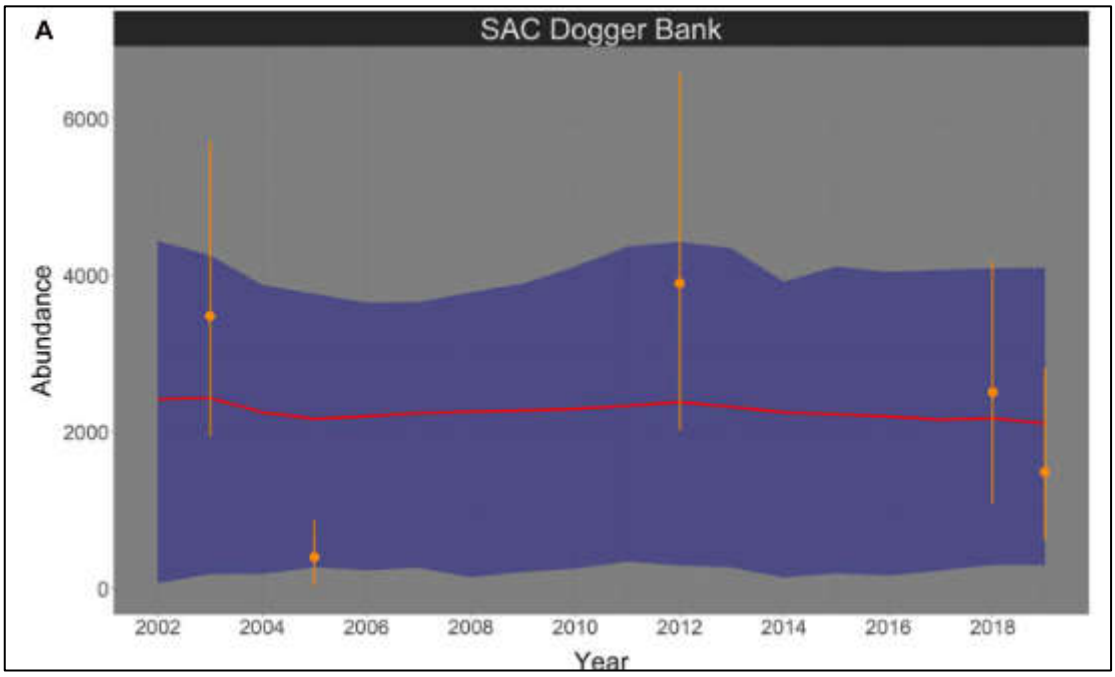


Abb. 8.75 *Bayesische Trendanalyse für die Abundanz des Schweinswals im FFH-Gebiet „Doggerbank“ im Frühjahr (01.03.-31.05.) im Zeitraum 2002 – 2019 (Entnommen aus Nachtsheim et al. 2021b). Orangene Punkte zeigen die gebietsbezogenen Abundanzschätzungen mit zugehörigem 95%-Konfidenzintervall. Die rote Linie zeigt den Median der Posteriori-Verteilung der berechneten "wahren" Abundanzen aus dem Bayesischen Modell, der blau schattierte Bereich zeigt den entsprechenden 95%-Glaubwürdigkeitsintervall.*

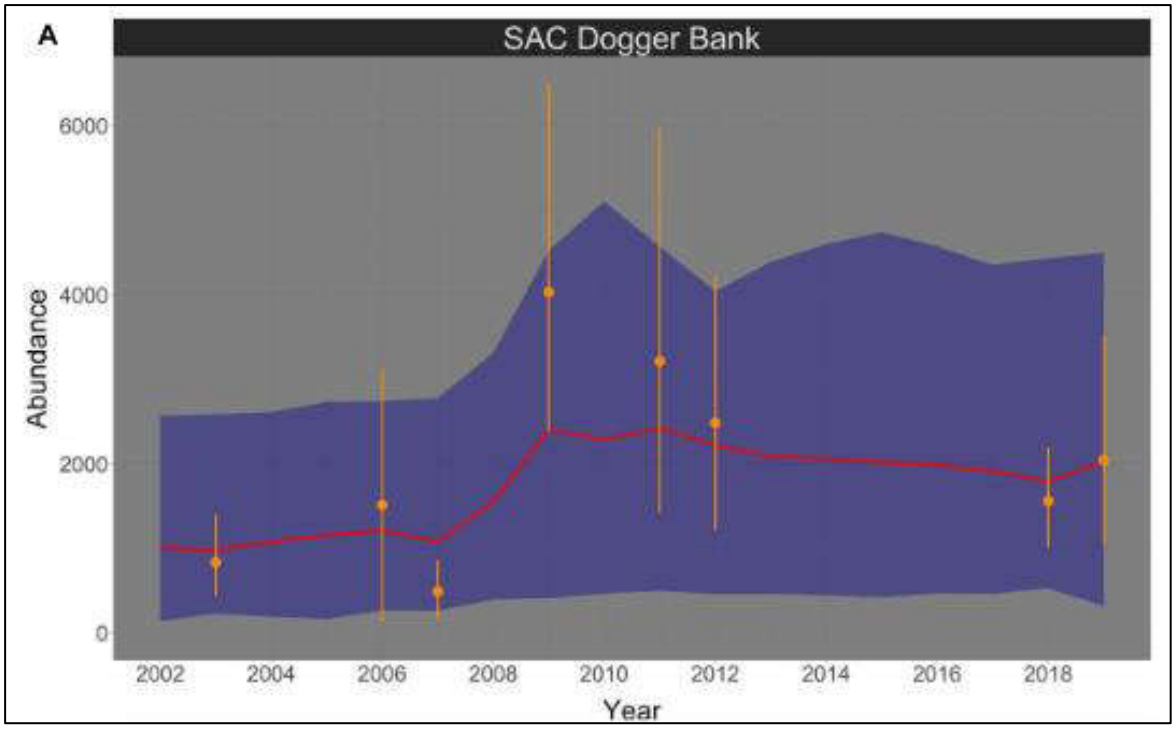


Abb. 8.76 *Bayesische Trendanalyse für die Abundanz des Schweinswals im FFH-Gebiet „Doggerbank“ im Sommer (01.06.-31.08.) im Zeitraum 2002 – 2019 (Entnommen aus Nachtsheim et al. 2021b). Orangene Punkte zeigen die gebietsbezogenen Abundanzschätzungen mit zugehörigem 95%-Konfidenzintervall. Die rote Linie stellt den Median der Posteriori-Verteilung der berechneten "wahren" Abundanzen aus dem Bayesischen Modell dar, der blau schattierte Bereich zeigt den entsprechenden 95%-Glaubwürdigkeitsintervall.*

Digitale Flugerfassungen bei Frühjahrserfassungen im Zeitraum 2018-2021 ergaben Schweinswal-Dichten, die für das NSG „Doggerbank“ bei 0,65-3 Ind./km² lagen. Dies entspricht einer Abundanz von ca. 1.000-5.000 Individuen im Schutzgebiet (Abb. 8.77).

Im Sommer wurden auf Basis der digitalen Erfassungsdaten vergleichbare Dichten zwischen 0,97 und 2,82 Ind./km² und entsprechende Abundanzen von ca. 1.600 und 4.800 Individuen für das Gebiet berechnet (Abb. 8.77). Im Mittel sind die ermittelten Abundanzen der digitalen Daten für beide Jahreszeiten mit etwa 3.000 Individuen für das Schutzgebiet höher als die von Nachtsheim et al. (2021b) zusammengestellten teilweise älteren konventionellen Erfassungsdaten. Die mittlere Schweinswaldichte lag bei den digitalen Flugerfassungen bei durchschnittlich 1,8 Ind./km². Möglicherweise zeichnen die Daten eine weiter zunehmende Bedeutung des Gebietes für den Schweinswal ab.

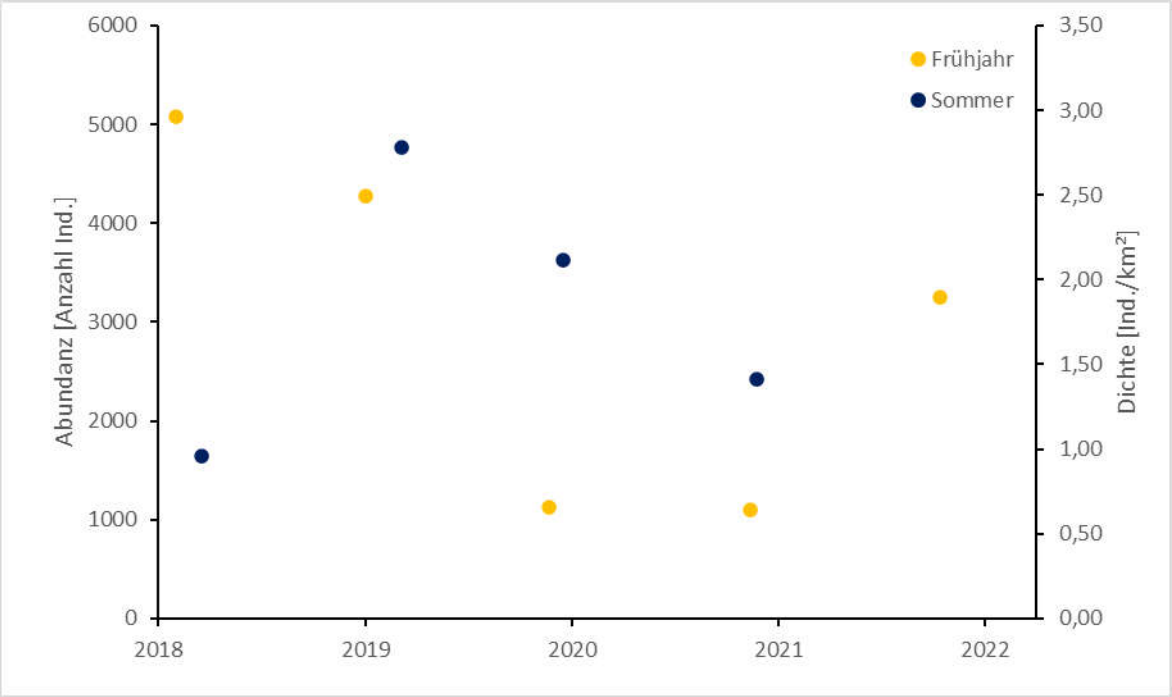


Abb. 8.77 *Dichte- und Abundanzschätzungen des Schweinswalbestands innerhalb des NSG „Doggerbank“ auf Grundlage digitaler Flugtransekt-Erfassungen im Zeitraum 2018-2022 im Frühjahr (März-Mai) und Sommer (Juni-August).*

Auffällig ist, dass auf Grundlage der vier visuellen und der vier digitalen Flugerfassungen, die 2018 und 2019 nacheinander an denselben Tagen erfolgten, sehr unterschiedliche Schweinswal-Abundanzen ermittelt wurden. Mit Ausnahme der Sommererfassung 2018, an der mit beiden Methoden etwa 1.500 Schweinswale für das Gebiet ermittelt wurden, ergaben die digitalen Flugerfassungen bei den drei anderen Erfassungstagen Abundanzen, die gegenüber den visuellen Erfassungen um den Faktor 2-3 höher lagen. Im Rahmen dieses Gutachtens kann nicht bewertet werden, ob dies mit den unterschiedlichen Methoden zu erklären ist oder ob die Variabilität der Schweinswalvorkommen selbst innerhalb eines Tages so groß ist, dass es zu diesen unterschiedlichen Ergebnissen kommen kann.

Die Bedeutung des Gebietes als Fortpflanzungs- und Aufzuchtgebiet für den Schweinswal wird in den Schutzzielen des NSG „Doggerbank“ hervorgehoben. Während Flugtransekt-Erfassungen wurden im Bereich des NSGs Schweinswalkälber in unterschiedlich großen Anteilen festgestellt (Abb. 8.78). Für die Ermittlung des Kälberanteils wurden Erfassungen zwischen dem 15. Mai und dem 31. August berücksichtigt. Dabei fällt auf, dass im Zeitraum 2009-2012 mit durchschnittlich 12 % ein höherer Anteil an Kälbern gesichtet wurde als im Zeitraum 2018-2021 (0-9 %). Es ist zu beachten, dass die Erfassungen unterschiedlich große Untersuchungsgebiete umfassen (siehe Abb. 8.73, Abb. 8.74 und Abb. 8.79). Dies erklärt jedoch nicht die Unterschiede im Kälberanteil zwischen den älteren und jüngeren Daten.

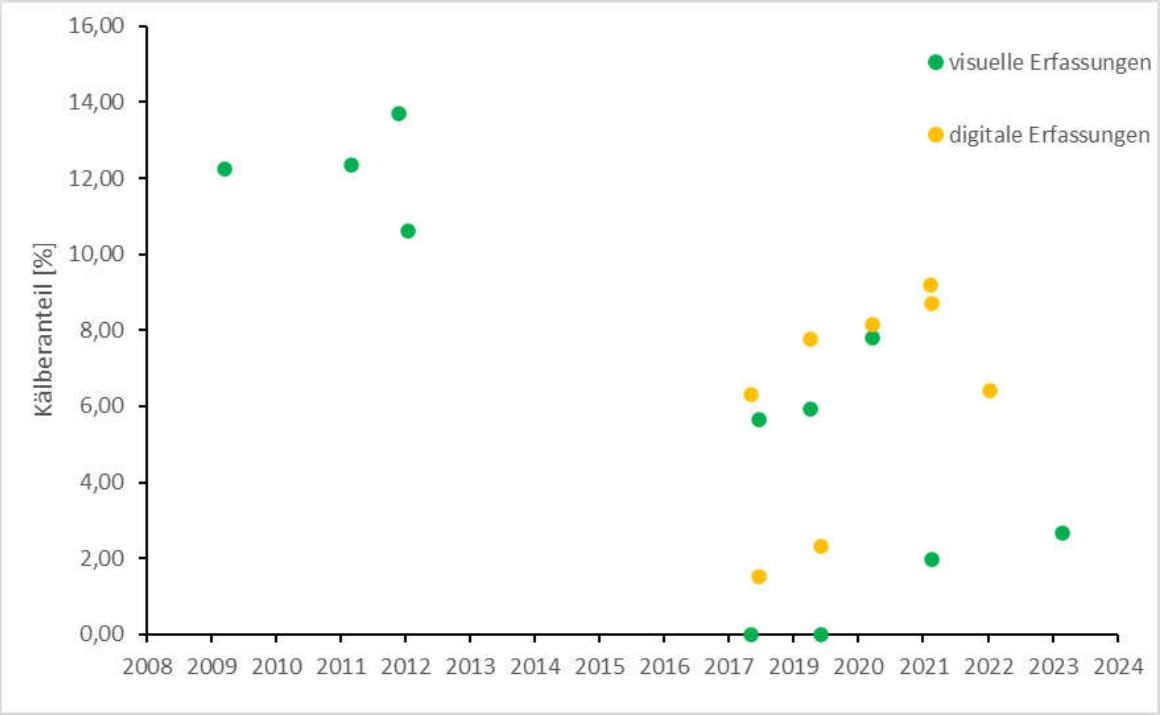


Abb. 8.78 *Kälberanteil während Flugtransekt-Erfassungen des BfN-Monitorings zwischen 2009 und 2023 im Stratum A (Entenschnabel). Es wurden ausschließlich Mutter-Kalb-Paare bei Erfassungen von Mitte Mai bis September in der Darstellung berücksichtigt. (Datenquellen: Gilles & Siebert 2010, Gilles et al. 2011, 2013, Nachtsheim et al. 2019, 2020, 2021a, 2024a, 2024b sowie unveröff. digitale Daten des BfN-Monitorings).*

Bei den absolut im Entenschnabel gesichteten Kälberzahlen sind auch bei den jüngeren Erfassungen hohe Werte vertreten (z.B. 24, bzw. 23 gesichtete Kälber am 15.05.2018 und am 15.05.2019). Diese werden aufgrund der teilweise sehr hohen Schweinswalabundanzen bei den jüngeren Erfassungen beim Kälberanteil nicht sichtbar. Aufgrund des unterschiedlich großen Untersuchungsgebietes und der unterschiedlichen Methoden lassen sich die absoluten Zahlen jedoch nicht direkt vergleichen.

Räumliche Verteilung und Saisonalität

Transekterfassungen des Entenschnabels, bzw. des NSG „Doggerbank“ an einzelnen Tagen stellen eine Momentaufnahme der Schweinswalbestände und deren Verteilung dar. Die Variabilität der Ergebnisse ist dabei groß. Großräumige Erfassungen von Schweinswalen können Habitatpräferenzen und Verteilungsmuster der Schweinswale besser aufzeigen. Flugtransekt-Erfassungen wurden für die gesamte Doggerbank im Sommer 2011 und 2013 durchgeführt (Gilles et al. 2011, Geelhoed et al. 2014). Während der Erfassung 2011 wurden vor allem an den Hangbereichen im Südwesten, Norden und Nordosten (NSG „Doggerbank“) viele Schweinswale festgestellt, wohingegen das Plateau der Sandbank und der Hang Richtung Südosten nur sehr wenig durch Schweinswale genutzt wurde (siehe Abb. 8.79 und Abb. 8.80) (Gilles et al. 2011). Eine ähnliche Verteilung mit insgesamt aber weniger Schweinswalen und einem ausgeprägterem Dichteschwerpunkt im Südwesten der Doggerbank wurde während der Doggerbankerfassung 2013 festgestellt (Geelhoed et al. 2014) (Abb. 8.81 und Abb. 8.82). Der deutsche Teil der Doggerbank konnte bei dieser Erfassung größtenteils nicht beflogen werden, in angrenzenden Gebieten wurden eher geringe Schweinswalvorkommen detektiert.

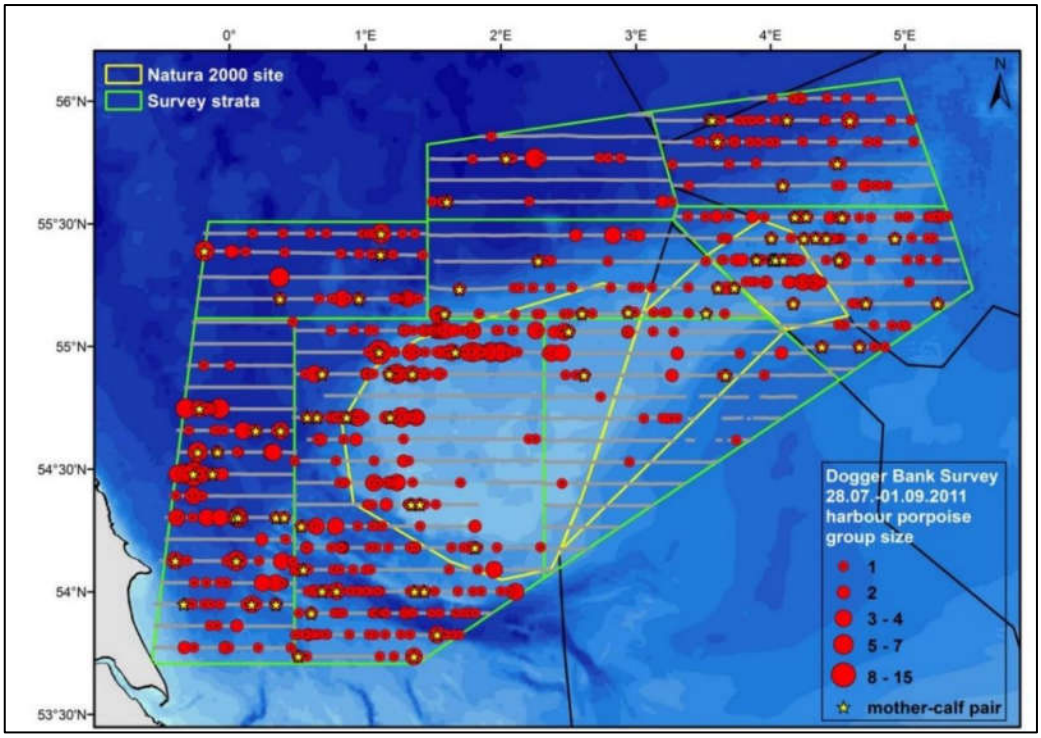


Abb. 8.79 Schweinswalsichtungen im Bereich der Doggerbank im Sommer 2011. Die Befliegung des Stratum DB, in dem sich der deutsche Teil der Doggerbank befindet, fand am 12.08.2011 statt (Entnommen aus Gilles et al. 2011).

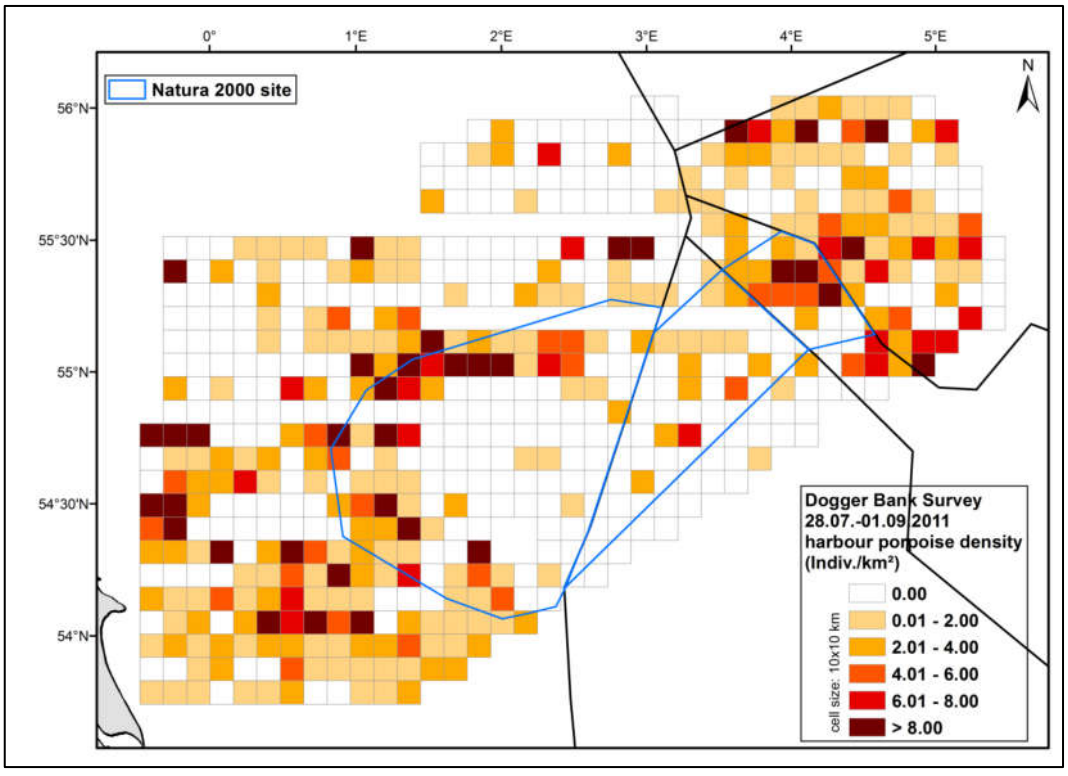


Abb. 8.80 Räumliche Verteilung der Schweinswaldichte (Individuen/km²) während Flugzeugsurveys der Doggerbank im Sommer 2011. Rasterzellengröße: 10x10 km (Entnommen aus Gilles et al. 2011).

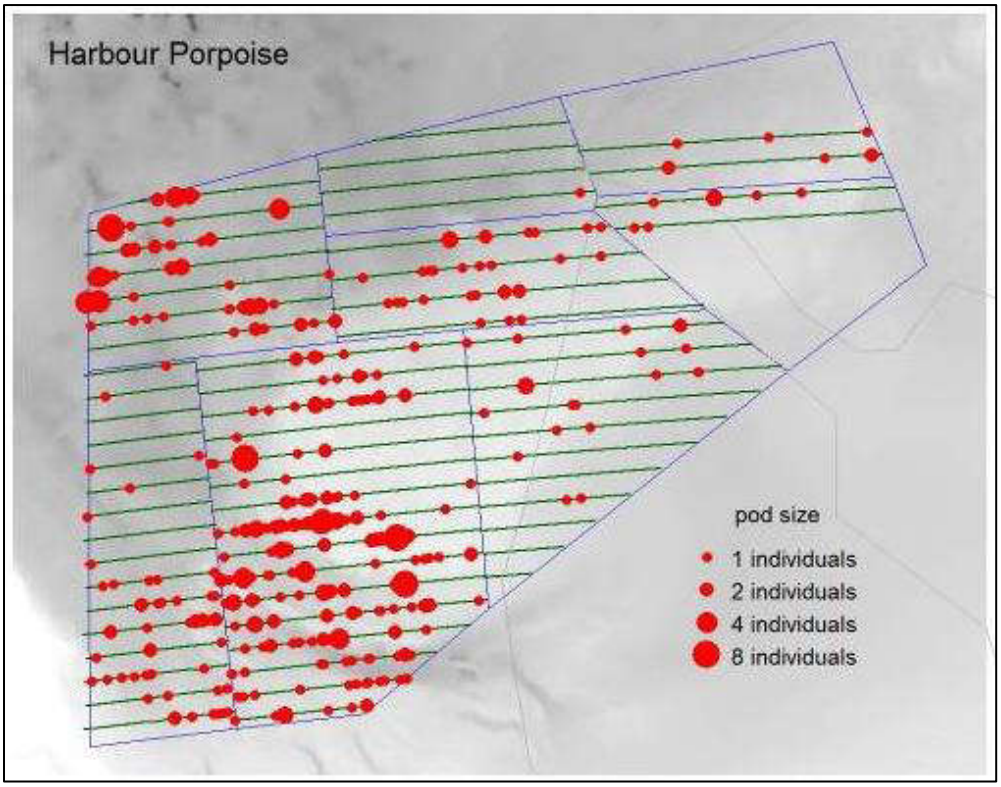


Abb. 8.81 Schweinswalsichtungen im Bereich der Doggerbank im Sommer 2013. Die Befliegung des Stratum DB, in dem sich der deutsche Teil der Doggerbank befindet, fand am 05.09.2013 statt und musste aufgrund schlechter Wetterbedingungen abgebrochen werden. (Entnommen aus Geelhoed et al. 2014).

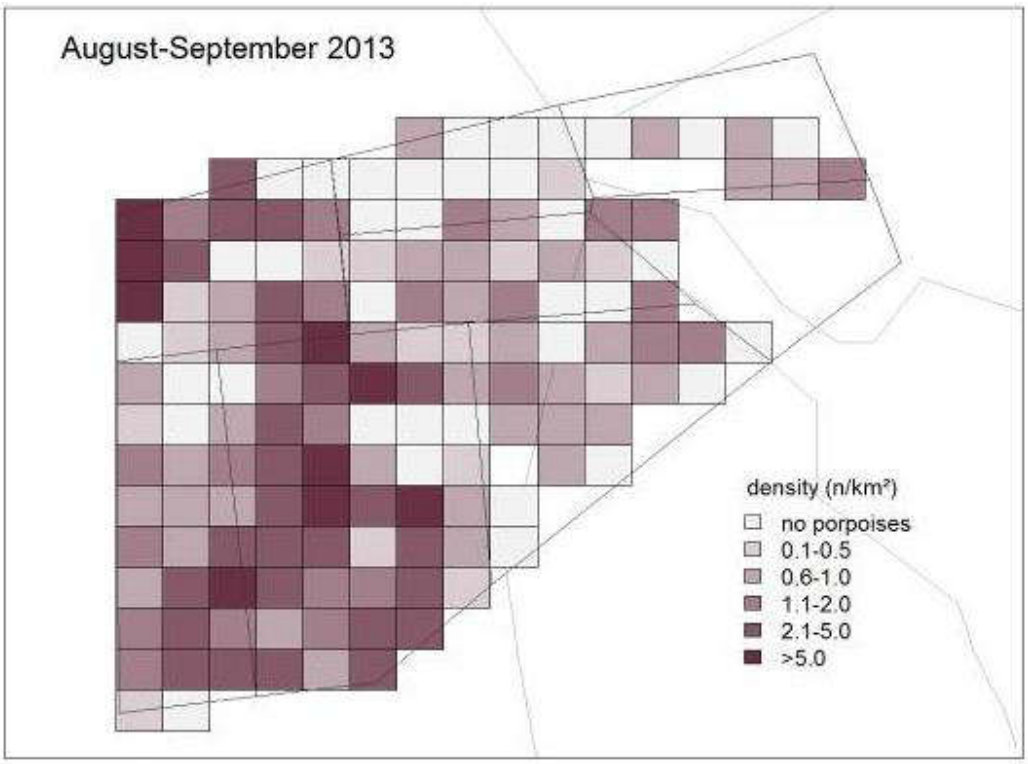


Abb. 8.82 Räumliche Verteilung der Schweinswaldichte (Individuen/km²) während Flugzeugsurveys der Doggerbank im Sommer 2013. Rasterzellengröße: 10x10 km Entnommen aus (Entnommen aus Geelhoed et al. 2014).

Großräumige Erfassungen von Meeressäugetieren wurden auch im Rahmen der SCANS-Studien 1994, 2005, 2016 und 2022 durchgeführt (Hammond et al. 2002, 2017, Hammond 2006, Gilles et al. 2023). Dichtekarten für die Nordsee, die auf den Daten der SCANS-Studien beruhen, zeigen 1994 einen Verbreitungsschwerpunkt des Schweinswals um Schottland sowie um Jütland herum (Abb. 8.83). In den jüngeren Erfassungen 2005-2022 befand sich der Dichteschwerpunkt weiter nach Süden verlagert vor der Ostküste Englands bis in die zentrale Nordsee. 2016 und 2022 wurden hohe Schweinswaldichten auch vor der niederländischen Küste festgestellt. Der Dichteschwerpunkt umfasste mit Ausnahme der Erfassung 1994 auch den Bereich der Doggerbank in der zentralen Nordsee (siehe auch Abb. 8.84).

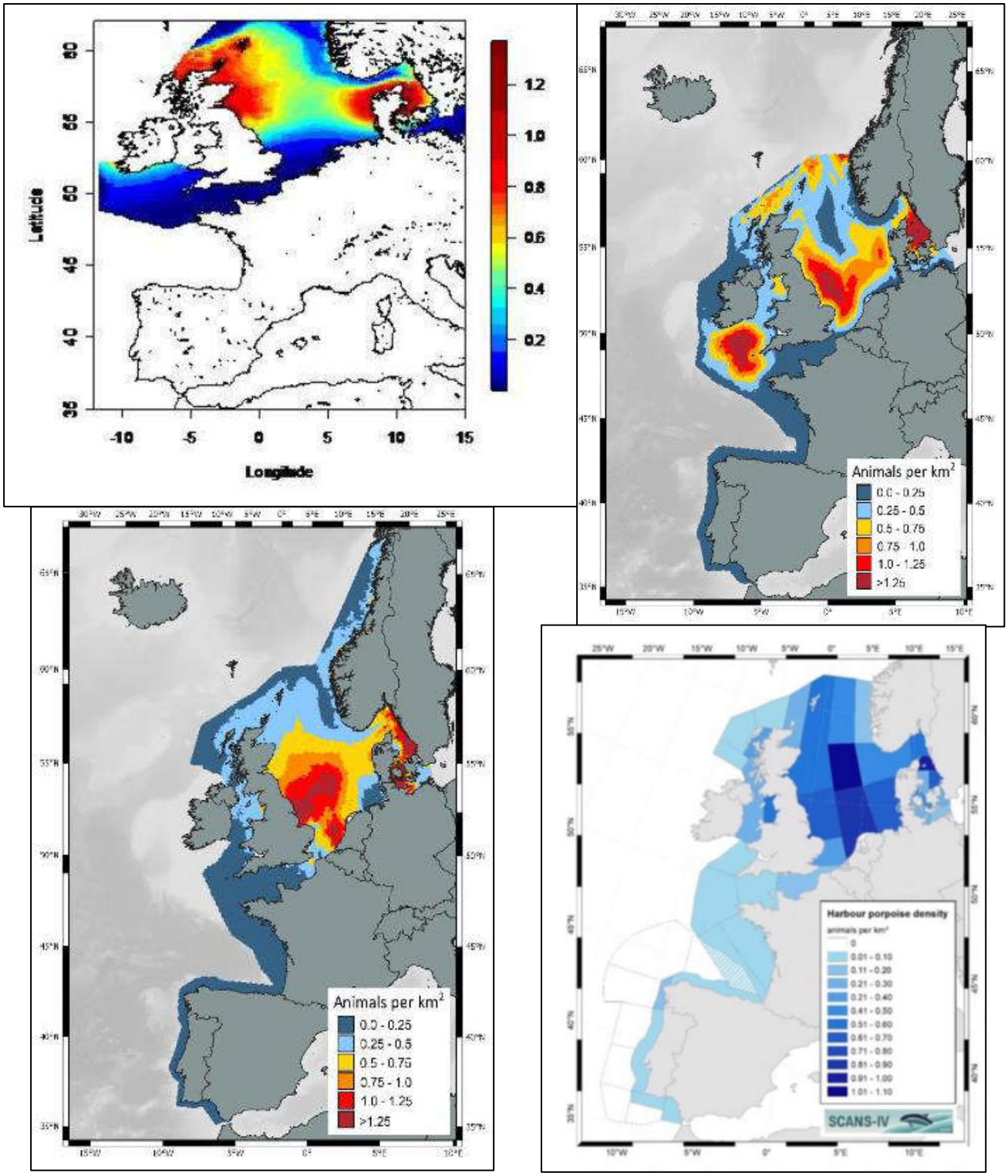


Abb. 8.83 *Übersicht über die Ergebnisse der SCANS-Studien. Auf Flugtransekt-Daten beruhende modellierte Dichten von Schweinswalen während der SCANS-Erfassung 1994 (oben links), SCANS II-Erfassung 2005 (oben rechts) und SCANS III-Erfassung 2016 (unten links) sowie berechnete Dichten für die Untersuchungsblöcke der SCANS IV-Erfassung 2022, Erfassungen wurden jeweils im Sommer durchgeführt. (Entnommen aus Hammond 2006, Lacey et al. 2022, Gilles et al. 2023).*

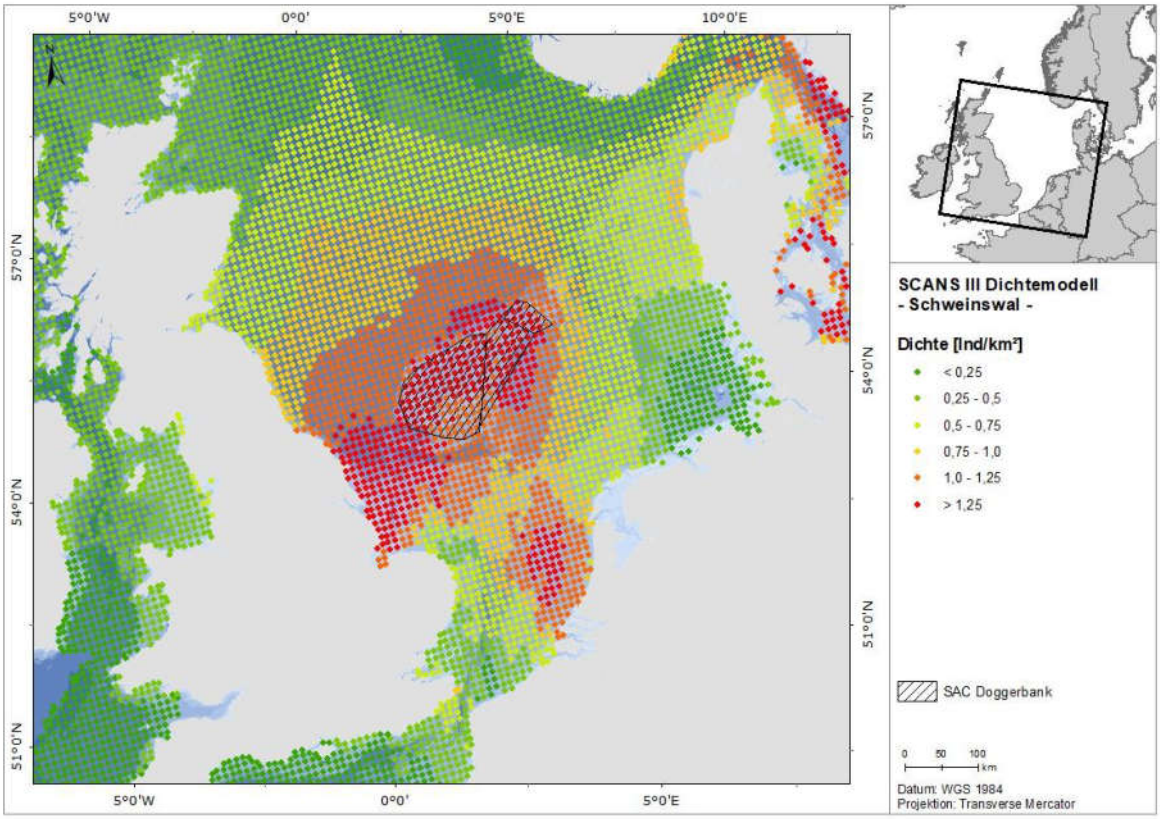


Abb. 8.84 Dichtemodell für den Schweinswal aus den Daten der SCANS III-Erfassung 2016 mit dem trilateralen Schutzgebiet auf der Doggerbank unterlegt (Datenbezug: https://scans3.wp.st-andrews.ac.uk/resources/).

Gilles et al. (2016) entwickelten auf Grundlage von nationalen und internationalen Erfassungen aus Großbritannien, Belgien, Niederlande, Deutschland und Dänemark, die auch die SCANS-Daten und die Erfassungen des BfN-Monitorings miteinschließen, ein habitat-basiertes Dichtemodell für die zentrale und südliche Nordsee. Als Prädiktoren dienten dabei Tiefe, Entfernung zur Küste und zu Sandaalgründen, Meeresoberflächentemperatur als Proxy für Fronten, und Tageslänge. Das Modell zeigt für den Bereich der Doggerbank im Frühjahr und Sommer große Dichten an (Abb. 8.86). Vor allem nordwestlich der Doggerbank befindet sich ein Hotspot. Im Herbst sagt das Modell (bei einer schlechteren Datenlage) in allen Bereichen des zentralen und südlichen Nordsee deutlich geringere Dichten voraus. Der Dichteschwerpunkt im Bereich nordwestlich der Doggerbank bleibt jedoch auch im Herbst bestehen. Auch im Bereich der deutschen Doggerbank zeigt das Modell gegenüber der Umgebung weiterhin erhöhte Dichten. Für den Winter lagen keine Erfassungsdaten vor, sodass auch keine Modellierung durchgeführt werden konnte.

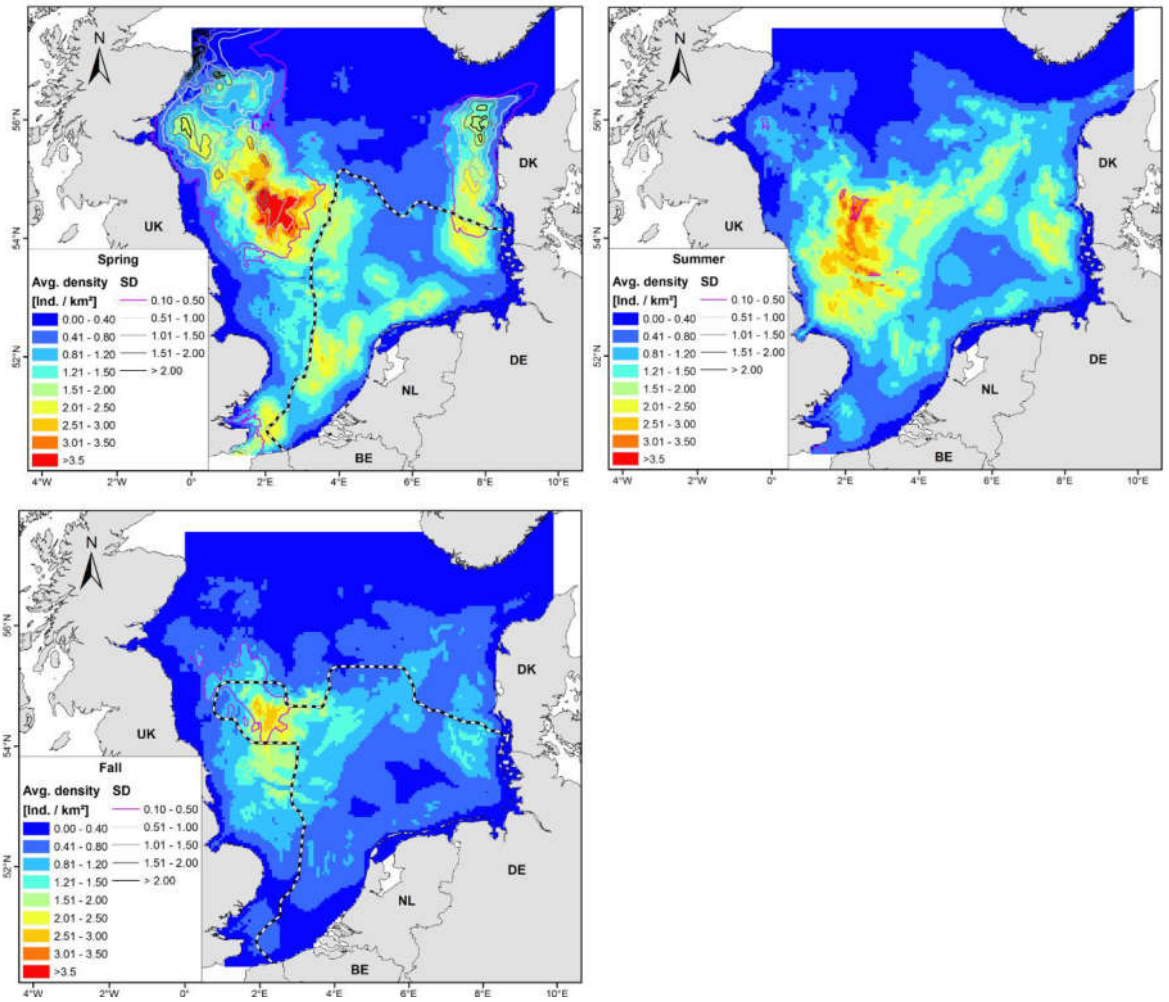
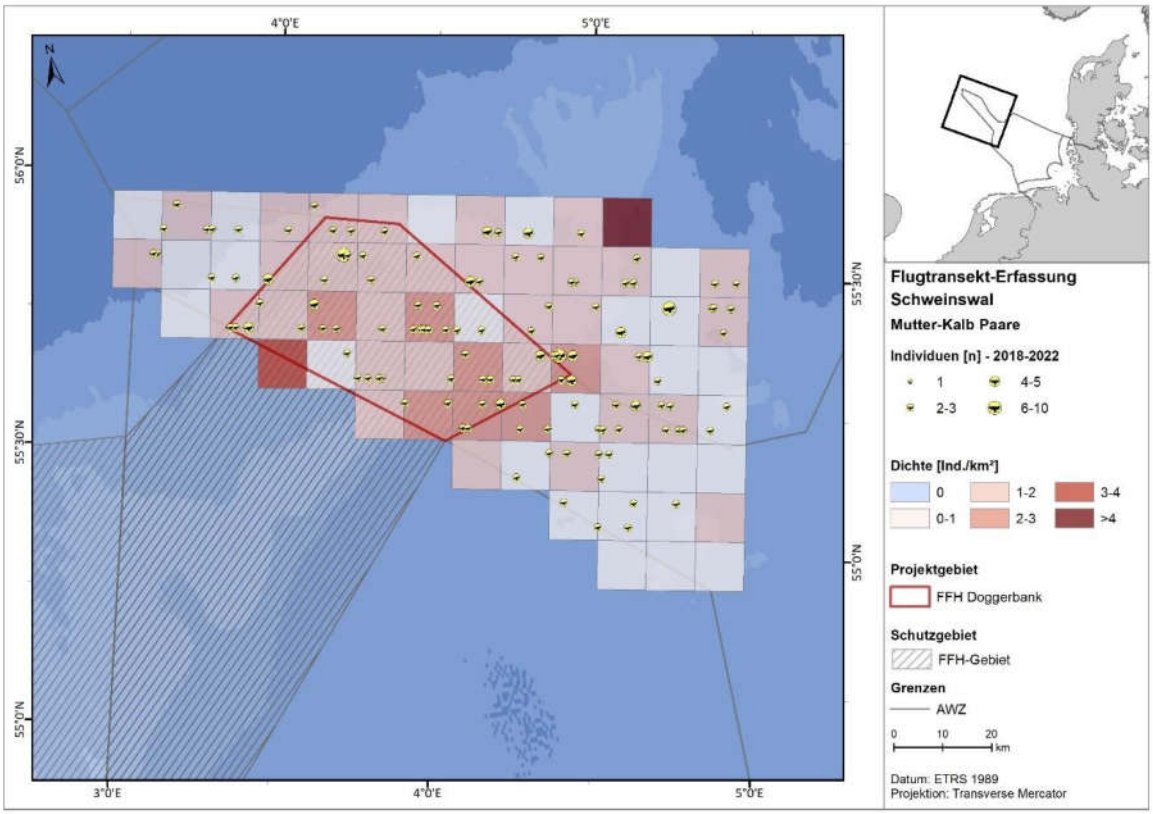


Abb. 8.86 *Modellierte Schweinswaldichten in der Nordsee für Frühling (oben links), Sommer (oben rechts) und Herbst (unten links). Die schwarz-weiß gestrichelte Linie stellt die Abdeckung der beflogenen Gebiete für die jeweiligen Jahreszeiten dar (Entnommen aus Gilles et al. 2016).*

Für den deutschen Bereich der Doggerbank ergibt sich auf Grundlage der Flugtransekt-Erfassungen des BfN Schweinswalmonitorings aus den vergangenen Jahren kein eindeutiger Trend für die Verteilung der Schweinswale innerhalb des Schutzgebietes. Die über alle digitalen Erfassungsflüge (9 Flüge im Zeitraum 2018-2022) gemittelte Dichterasterkarte zeigt hohe Schweinswaldichten innerhalb des deutschen Schutzgebiets sowie geringere Dichten nördlich und südlich davon (Abb. 8.87 oben). Innerhalb des Schutzgebietes erscheint die Verteilung relativ gleichmäßig mit einem leichten Schwerpunkt am südlichen Hang. Mutter-Kalb-Paare wurden ohne klar erkennbare Verteilungsmuster im gesamten Schutzgebiet gesichtet. Bei den konventionellen Erfassungen (15 Flüge im Zeitraum 2002-2020) erscheint die Verteilung der Schweinswale gleichmäßig über das gesamte Untersuchungsgebiet verteilt und weniger konzentriert auf den Bereich des NSG (Abb. 8.87 unten). Es liegen im Vergleich mit den digitalen Daten insgesamt geringere Dichten vor.


4°0'E
5°0'E
56°0'N
55°30'N
55°0'N
3°0'E
4°0'E
5°0'E
Flugtransekt-Erfassung
Schweinswal
Mutter-Kalb Paare
Individuen [n] - 2018-2022
1
2-3
4-5
6-10
Dichte [Ind./km²]
0
0-1
1-2
2-3
3-4
>4
Projektgebiet
FFH Doggerbank
Schutzgebiet
FFH-Gebiet
Grenzen
AWZ
0
10
20
km
Datum: ETRS 1989
Projektion: Transverse Mercator

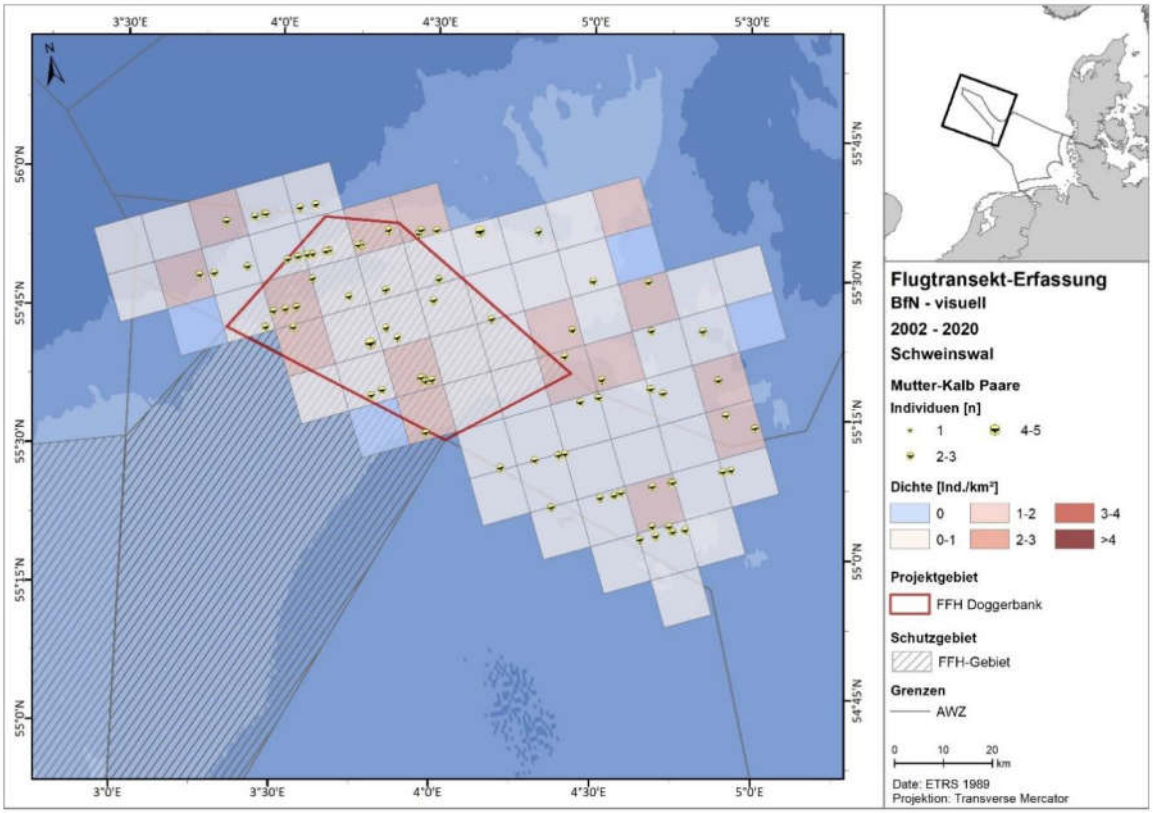

3°30'E
4°0'E
4°30'E
5°0'E
5°30'E
56°0'N
55°45'N
55°30'N
55°15'N
55°0'N
54°45'N
3°0'E
3°30'E
4°0'E
4°30'E
5°0'E
Flugtransekt-Erfassung
BfN - visuell
2002 - 2020
Schweinswal
Mutter-Kalb Paare
Individuen [n]
1
2-3
4-5
Dichte [Ind./km²]
0
0-1
1-2
2-3
3-4
>4
Projektgebiet
FFH Doggerbank
Schutzgebiet
FFH-Gebiet
Grenzen
AWZ
0
10
20
km
Date: ETRS 1989
Projektion: Transverse Mercator

Abb. 8.87 Gemittelte Schweinswaldichten und Mutter-Kalb-Sichtungen im Bereich des deutschen NSG „Doggerbank“ auf Grundlage der Ergebnisse der digitalen Flugtransekt-Erfassungen des BfN-Monitorings 2018-2022 (oben, 9 Flüge) sowie der visuellen Erfassungen im Zeitraum 2002-2018 (unten) (15 Flüge). (Daten: konventionelle Erfassungen: BfN, per Mail am 27.02.20024, digitale Erfassungen: unveröff. Daten des BfN-Monitorings, eigene Auswertung).

Bei einer für die Jahreszeiten getrennten Darstellung ist auf Grundlage der jüngeren digitalen Erfassungen 2018-2022 im Sommer ein Dichteschwerpunkt am südöstlichen Hang erkennbar (Abb. 8.88), wohingegen die Frühjahrsverteilung relativ einheitlich erscheint. Diese Verteilungsmuster finden sich in den visuellen teilweise älteren Daten von 2002-2020 nicht wieder, wo ein leichter Dichteschwerpunkt im Frühjahr an der nördlichen Grenze des NSG liegt und eine einheitliche Verteilung im Sommer vorherrscht (Abb. 8.89). Während der einzigen Herbsterfassung im Entenschnabel (Flug am 23.11.2005) wurden keine Schweinswale im Schutzgebiet gesichtet und nur geringe Dichten südlich davon festgestellt.

Da zwischen den einzelnen Erfassungsflügen große Variabilität besteht, ist es schwer zu unterscheiden, ob es sich bei den vermeintlichen Dichteschwerpunkten um zufällig entstandene Artefakte oder um generelle Muster in der Schweinswalverteilung im Schutzgebiet handelt. Bei vielen Einzelerfassungen traten Schweinswalvorkommen geclustert auf (Abb. 8.90). Dichtekonzentrationen lagen dabei mal im Norden, mal Südwesten oder Südosten des NSGs. Es kann vermutet werden, dass dies an dem Vorhandensein ebenfalls geclusterter Nahrungsfischbestände liegt. Selbst bei Erfassungen, die an denselben Tagen stattgefunden haben, werden teilweise ganz unterschiedliche Verteilungen sichtbar.

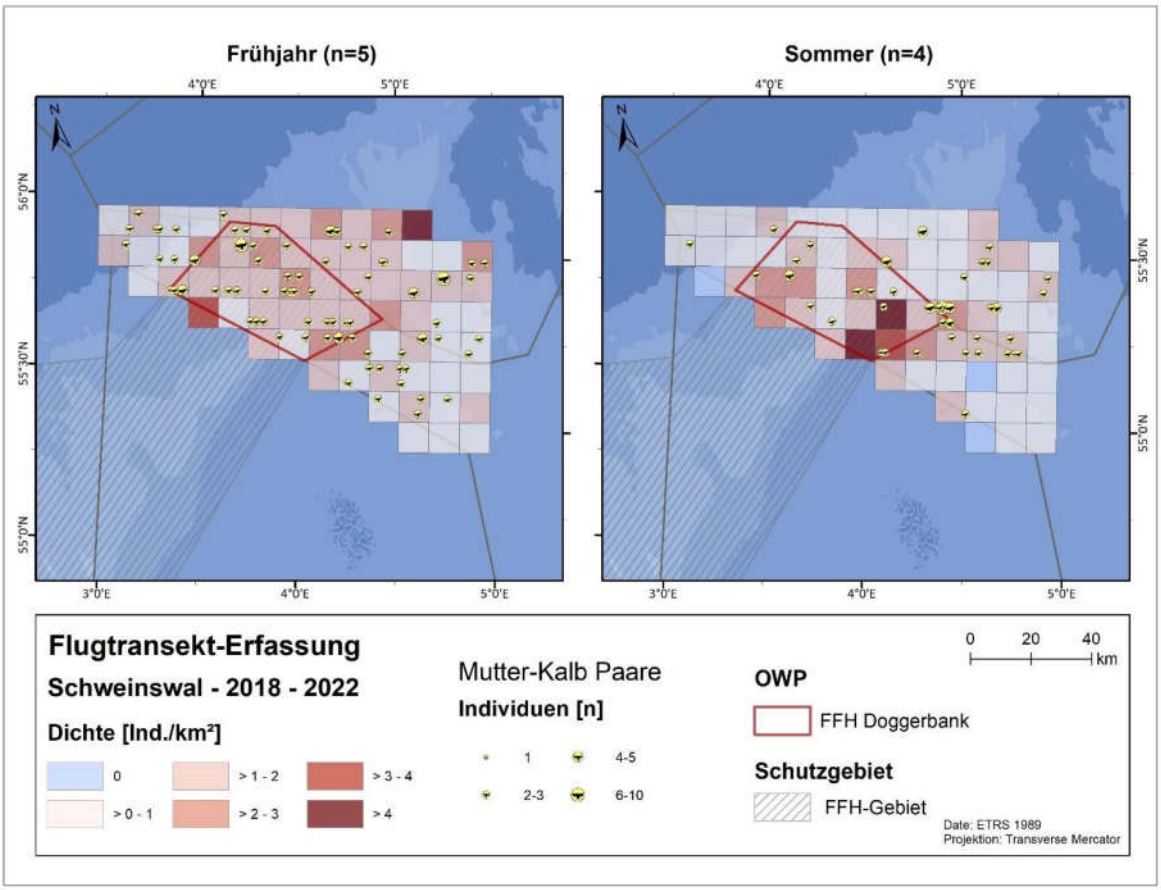


Abb. 8.88 Gemittelte Schweinswaldichten und Mutter-Kalb-Sichtungen getrennt nach Frühjahr und Sommer im Bereich des deutschen NSG „Doggerbank“ auf Grundlage der Ergebnisse der digitalen Flugtransekt-Erfassungen des BfN-Monitorings 2018-2022 (5 Flüge im Frühjahr, 4 Flüge im Sommer; unveröff. Daten des BfN-Monitorings, eigene Auswertung).

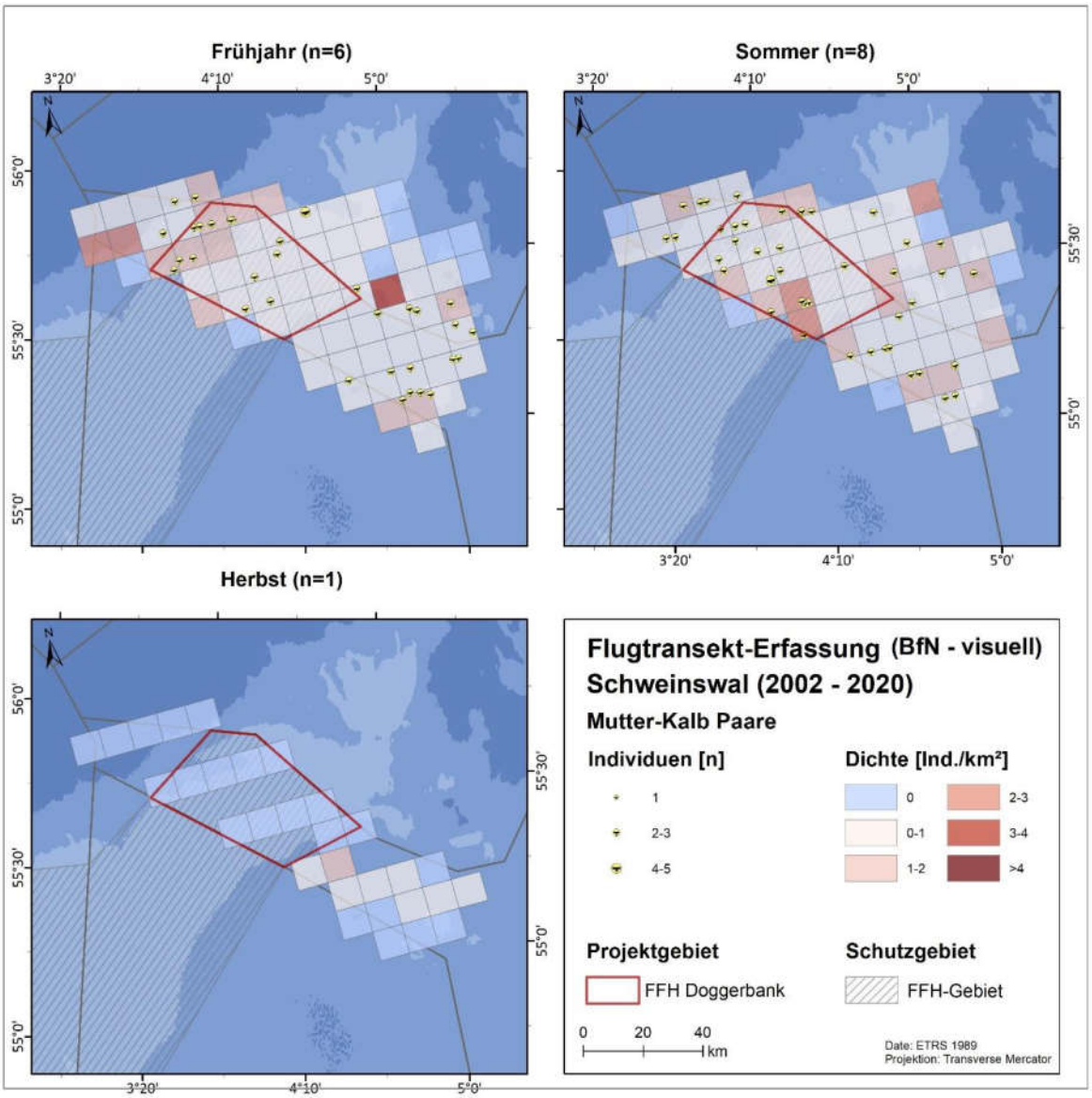


Abb. 8.89 *Gemittelte Schweinswaldichten und Mutter-Kalb-Sichtungen getrennt nach Frühjahr, Sommer und Herbst im Bereich des deutschen NSG „Doggerbank“ auf Grundlage der Ergebnisse der visuellen Erfassungen des BfN-Schweinswalmonitorings im Zeitraum 2002-2020 (6 Flüge im Frühjahr, 8 Flüge im Sommer, 1 Flug im Herbst). Mutter-Kalb-Sichtungen lagen nicht für alle Erfassungen vor. (Daten: BfN, per Mail am 27.02.20024).*

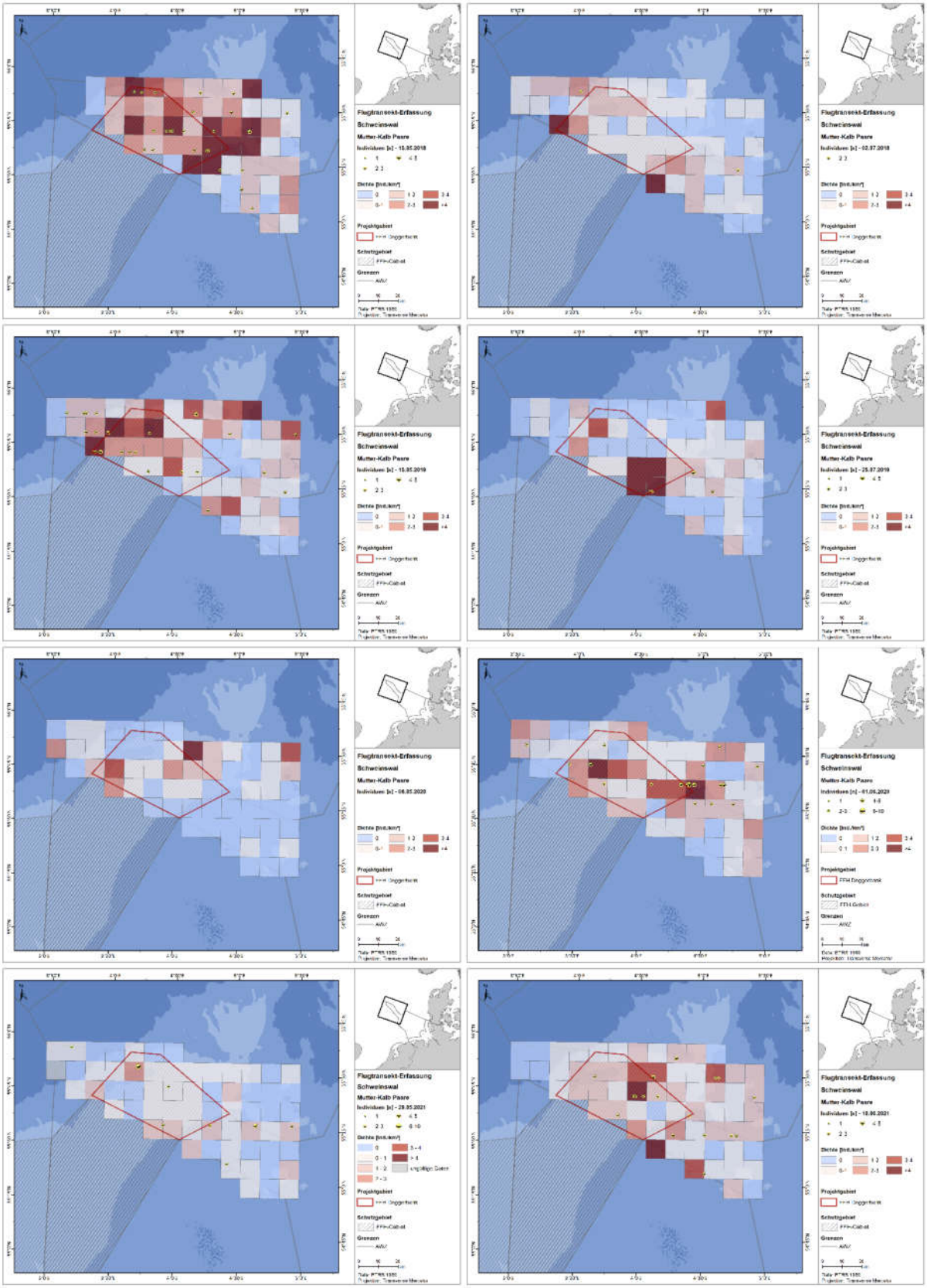


Abb. 8.90 *Dichterasterkarten mit Mutter-Kalb-Sichtungen zu den einzelnen digitalen Erfassungsflügen 2018-2021. Pro Jahr wurde jeweils eine Frühjahrserfassung (linke Seite) und eine Sommererfassung (rechte Seite) durchgeführt. (Daten: digitale Erfassungsdaten des BfN-Monitorings, eigene Auswertung).*

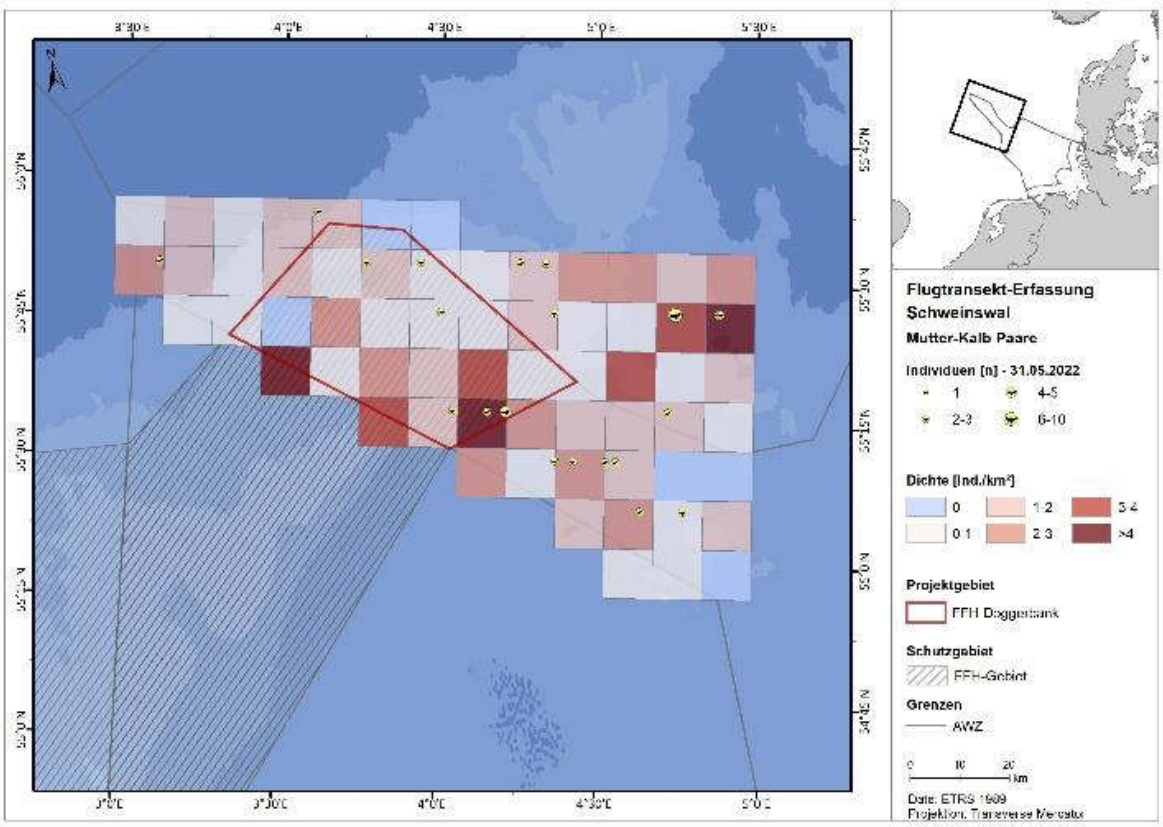


Abb. 8.91 Dichterasterkarte mit Mutter-Kalb-Sichtungen eines digitalen Erfassungsfluges im Frühjahr 2022. (Daten: digitale Erfassungsdaten des BfN-Monitorings, eigene Auswertung).

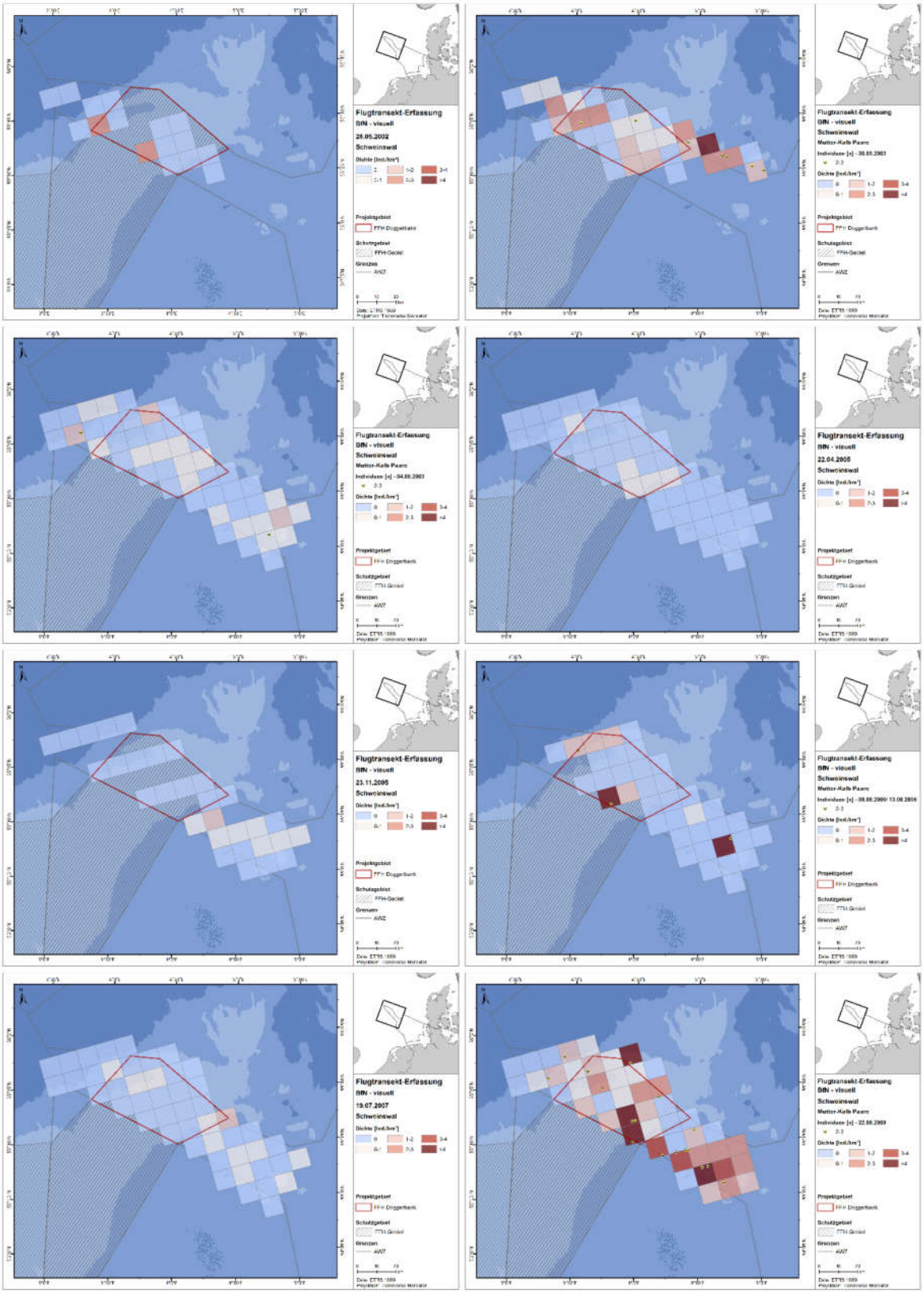


Abb. 8.92 Dichterasterkarten zu den einzelnen konventionellen Erfassungsflügen 2002-2009. Mutter-Kalb-Sichtungen werden dargestellt, sofern Daten vorlagen (Daten: BfN, per Mail am 27.02.20024).

Abb. 8.93 Dichterasterkarten zu den einzelnen konventionellen Erfassungsflügen 2012-2020. Mutter-Kalb-Sichtungen werden dargestellt. An zwei Erfassungstagen wurden keine Kälber gesichtet. (Daten: BfN, per Mail am 27.02.20024).

Am 25.08.2023 fand im Rahmen des BfN-Schweinswalmonitorings ebenfalls eine Erfassung des Stratums A statt, von der für diesen Bericht keine GIS-Daten vorlagen. Es wurde an diesem Tag eine Konzentration der Schweinswalvorkommen südlich des Schutzgebiets detektiert. Die mittlere Dichte stellte mit 2,91 Ind./km gegenüber einer mittleren Dichte von 0,53 Ind./km² für die restlichen im Sommer beflogenen Nordseegebiete einen sehr hohen Wert dar.

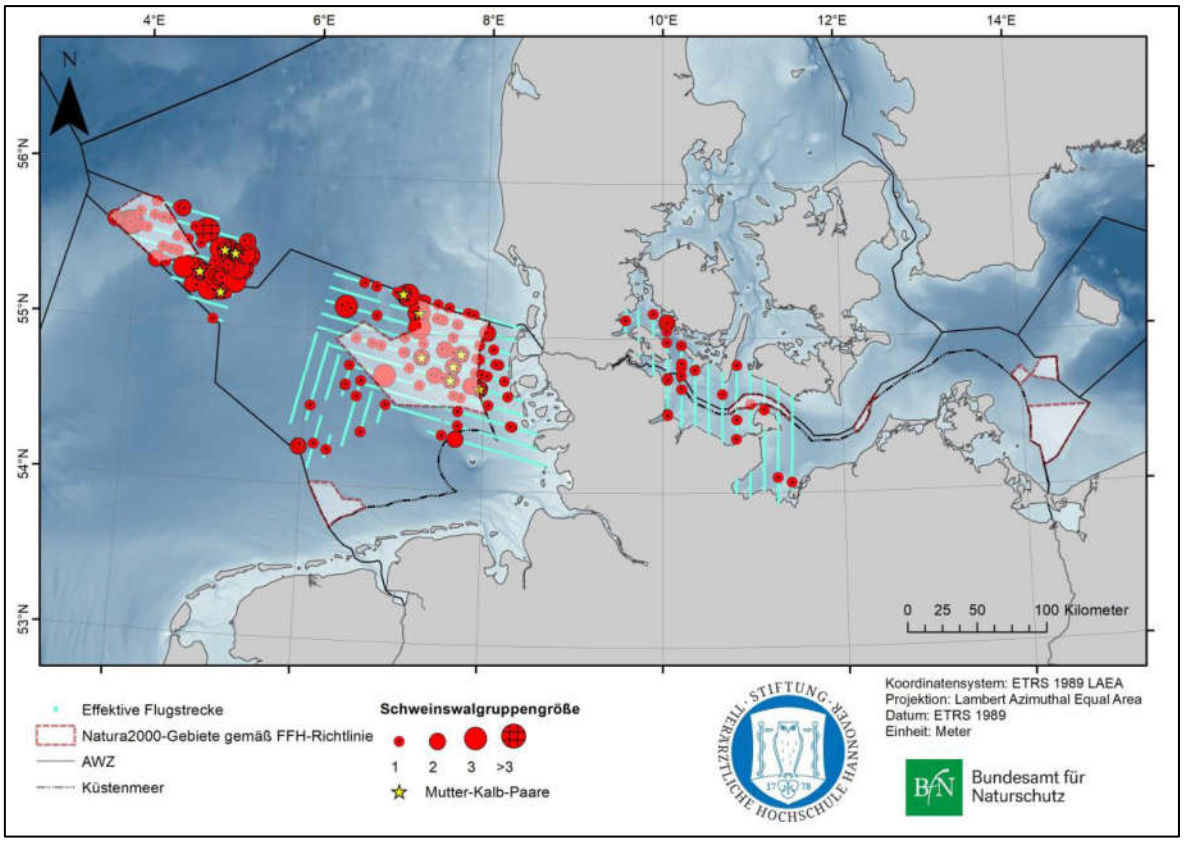


Abb. 8.94 Sichtungsdaten von Schweinswalen bei visuellen Erfassungsflügen im Sommer 2023. Die Erfassung des Stratums A (Doggerbank) erfolgte am 25.08.2023 (Entnommen aus Nachtsheim et al. 2024a).

Eine außergewöhnliche Konzentration von Schweinswalen im südöstlichen Hangbereich der Doggerbank wurde auch am 22.06.2024 bei einem schiffsgestützten Seevogelsurvey des Dachverbands Deutscher Avifaunisten (DDA) beobachtet (Bange & Borkenhagen 2024). Im Dichtezentrum wurden 72 Schweinswale auf einer Transektstrecke von 8,5 km gesichtet (Abb. 8.95). Die Autoren des Fahrtberichts führten dies auf die Anwesenheit von großen Sandaalschwärmen zurück, da in räumlicher Nähe auch bis zu 15 Hochseetrawler anwesend waren, die bekanntermaßen auf Sandaale zur Fischmehlproduktion fischen.

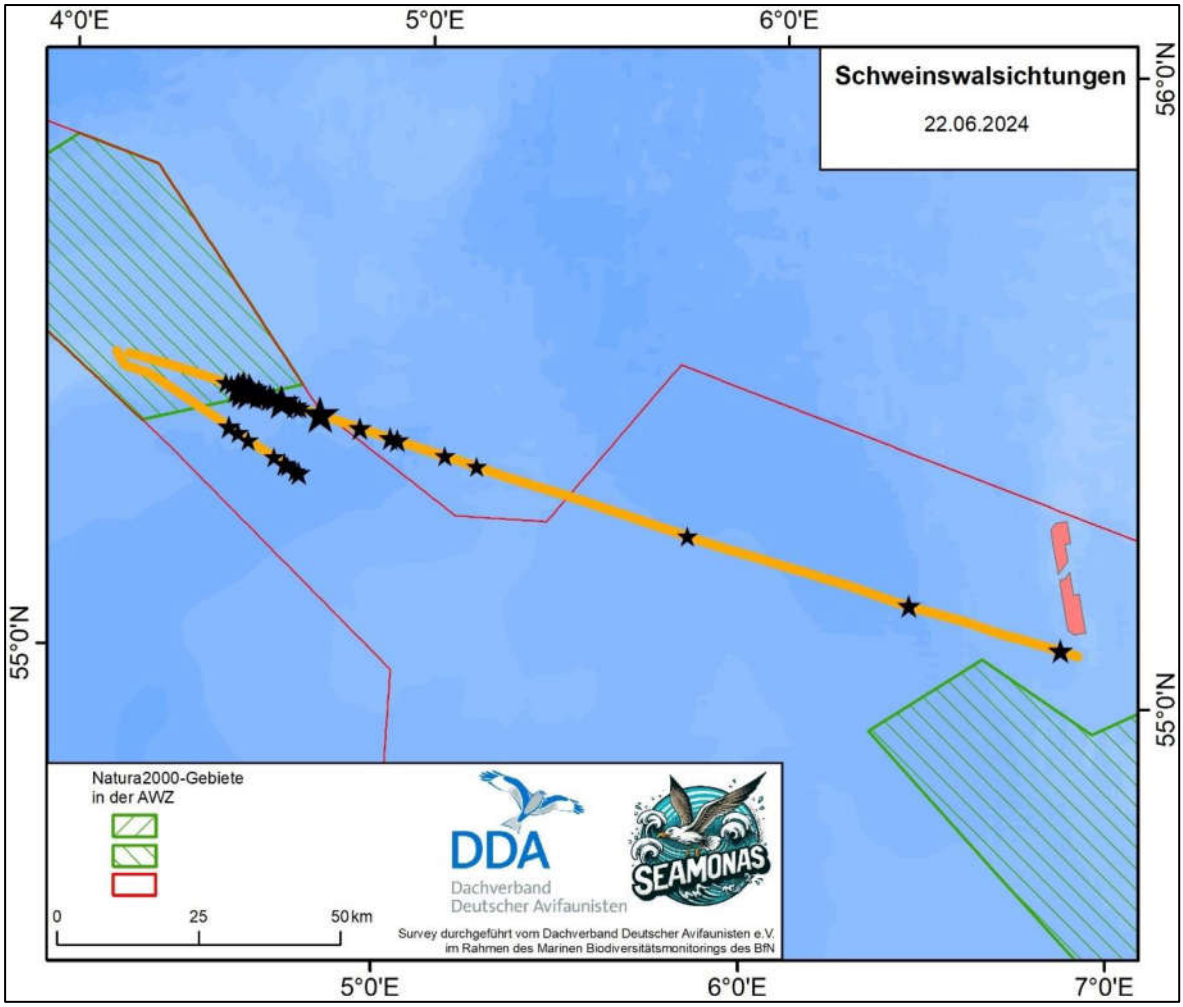


Abb. 8.95 Schweinswalsichtungen bei einem schiffsgestützten Seevogelsurvey des Dachverbands Deutscher Avifaunisten (DDA) am 22.06.2024 (Entnommen aus Bange & Borkenhagen 2024).

Im Rahmen des Projektes HABITATWal wurden während einem mehrtägigen Schiffssurvey auf der Doggerbank marine Säugetiere erfasst. Auf einer Transektstrecke von knapp 1.400 km wurden dabei 111 Schweinswale gesichtet (siehe Abb. 8.96, BfN (2024), basierend auf Daten des Instituts für Terrestrische und Aquatische Wildtierforschung (ITAW)). Ein klares Verteilungsmuster ergibt sich nicht. Bei der Erfassung wurden des Weiteren viele Robben, Weißschnauzendelfine und Zwergwale gesichtet. Die Sichtungen sind in Abb. 8.100, Abb. 8.108 und Abb. 8.113 in den Kapiteln zu den jeweiligen Arten dargestellt.

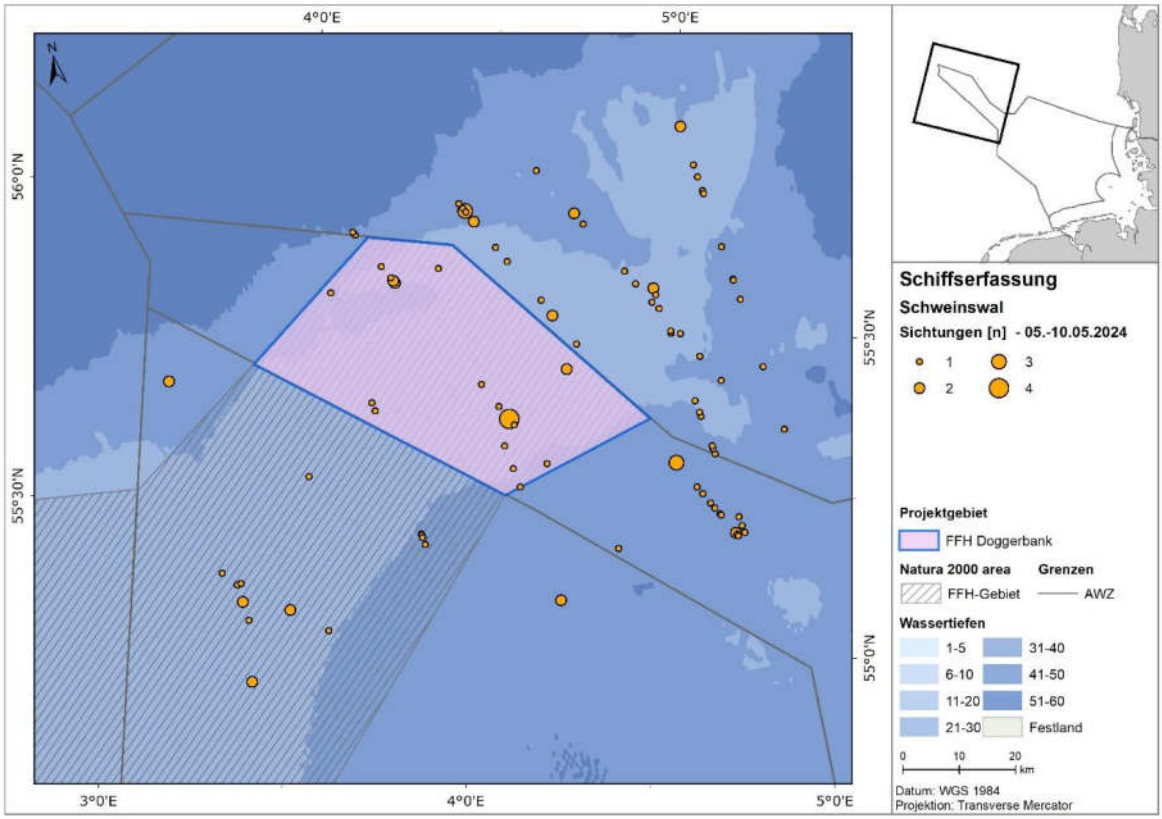


Abb. 8.96 Sichtungen von Schweinswalen während einer Schiffserfassung (05.-10.05.2024) auf der Doggerbank im Rahmen des Projektes HABITATWal. BfN (2024), basierend auf Daten des Instituts für Terrestrische und Aquatische Wildtierforschung (ITAW).

Verbreitung im Winterhalbjahr

Insgesamt gibt es nur wenige Untersuchungen, die Aufschluss über das Vorkommen und die Verbreitung von Schweinswalen im Winterhalbjahr im Schutzgebiet „Doggerbank“ geben.

Im November 2005 wurde im Rahmen der MINOS-Studie der Entenschnabel (Stratum A) mithilfe von Flugtransekten erfasst (Gilles et al. 2007). Mit etwa 0,6 Ind./km wurde im Stratum A eine geringe Dichte festgestellt. Die Dichte war dabei über das Stratum nicht gleichverteilt, Schweinswale wurden ausschließlich im südlichen Bereich des Entenschnabels außerhalb des NSGs detektiert (siehe Herbsterfassung Abb. 8.89).

Untersuchungen von Todd et al. (2009) zeigen, dass Schweinswale auch im Winter im Bereich der Doggerbank anwesend sind. Mithilfe von passiv-akustischem Monitoring wiesen sie die Nutzung der Umgebung von Gasförderplattformen (A6-A, B4-05 und B11-04) in der Doggerbank durch Schweinswale im Winterhalbjahr nach. Diese Bereiche wurden vor allem nachts zur Nahrungssuche genutzt.

Cucknell et al. (2017) untersuchten Schweinswalbestände im gesamten Bereich der Doggerbank mithilfe schiffsbasierter akustischer und visueller Erfassungen im November 2011. Die Studie ergab hohe Schweinswaldichten westlich des britischen Doggerbank-Gebiets. Im Block 1b, der die zent-

rale Nordsee und die deutschen, niederländischen Anteile und Teile der britischen Doggerbank miteinschließt, wurde mit 0,46 Ind./km² eine geringe Schweinswaldichte gefunden. Für den deutschen Teil der Doggerbank berechnete das Dichtemodell eine noch geringere Dichte von 0-0,27 Ind./km² (siehe Abb. 8.97).

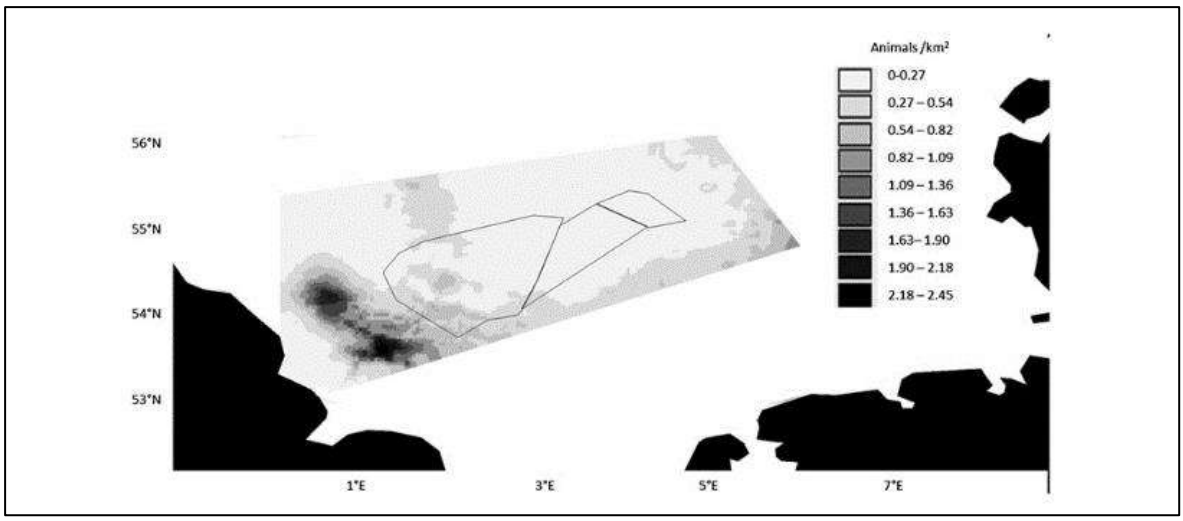


Abb. 8.97 *Auf Grundlage akustischer Daten modellierte Schweinswaldichten in der zentralen Nordsee im November 2011. Die schwarzen Linien bezeichnen die Doggerbankgebiete des Vereinigten Königreichs, der Niederlande und Deutschlands (von links nach rechts) (entnommen aus Cucknell et al. 2017).*

Am 20.02.2024 wurde ein schiffsbasierter Seevogelsurvey durch den DDA durchgeführt, der auch die deutsche Doggerbank mitabdeckte. Bei relativ schlechten Sichtbedingungen (4-5 Bft) wurden keine marinen Säugetiere erfasst (Weiel & Lemke 2024).

Da im britischen Teil der Doggerbank mehrere OWP geplant, bzw. bereits im Bau sind, liegen aus diesem Bereich Monitoringdaten vor, die weitere Hinweise auf die Saisonalität der Schweinswalvorkommen auf der Doggerbank geben können. Monatliche Flugtransekt-Daten, die 2010-2012 für den Bau der OWP Dogger Bank Teesside A & B (Dogger Bank C & D) (siehe Kapitel 5.3.6, Abb. 4.12) erhoben wurden, zeigen bei den Schweinswalabundanzen einen Peak im Mai und Juni (siehe Abb. 8.98) (Mackey & Keenan 2014). Im frühen Frühjahr und im Herbst wurden etwa ein Viertel des Maximalbestandes im Gebiet erfasst und zwischen November und Februar sind nur noch sehr wenige Individuen im Untersuchungsgebiet gesichtet worden. Vergleichbare Ergebnisse zeigt auch das schiffsbasierte Monitoring (Abb. 8.99).

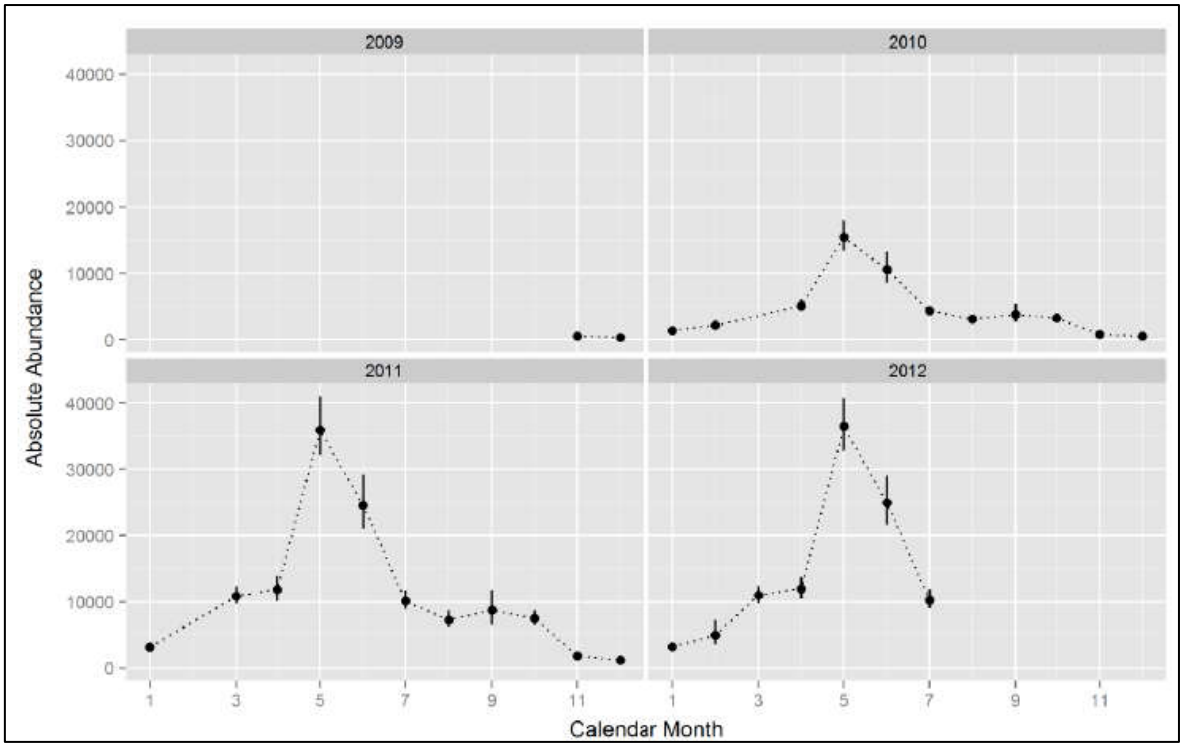


Abb. 8.98 *Abundanzschätzungen des Schweinswalbestands auf Grundlage von Basisdatenerhebungen mittels Flugtransekten für die OWP Dogger Bank Teesside A und B in UK-Gewässern (Entnommen aus Mackey & Keenan 2014).*

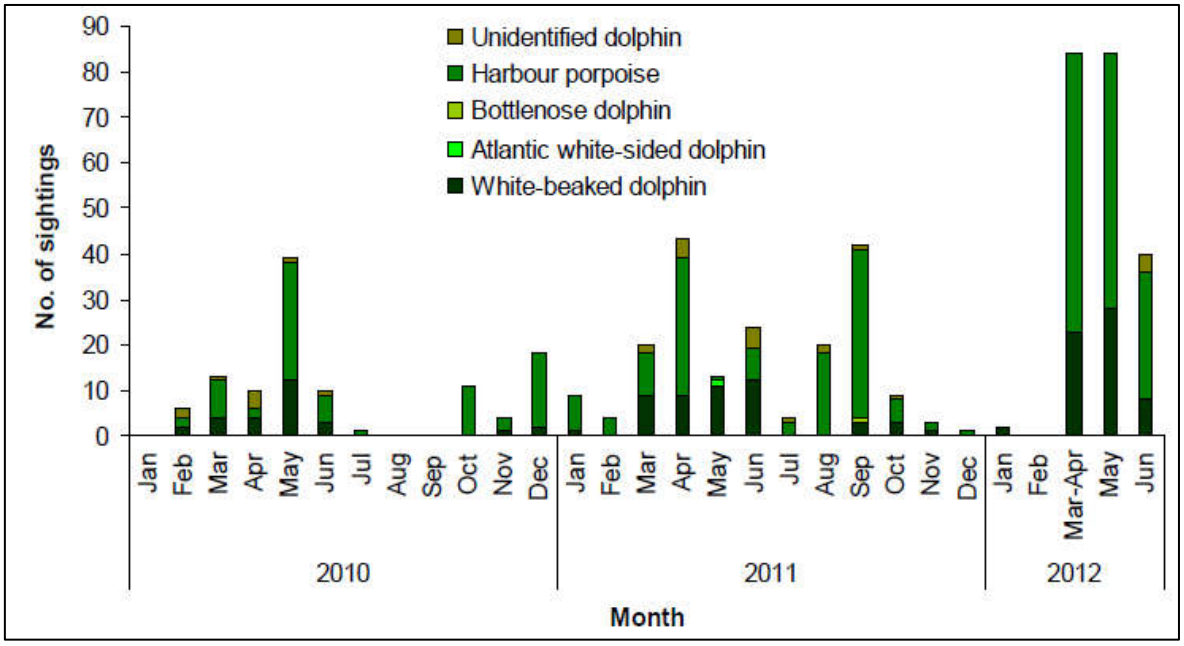


Abb. 8.99 *Sichtungen von Zahnwalen während des schiffsbasierten Monitorings Januar 2010 bis Juni 2012 in der für OWP untersuchten Dogger Bank Zone im britischen Teil der Doggerbank (Entnommen aus Mackey & Keenan 2014).*

Diese Ergebnisse zusammen mit den wenigen Erfassungen, die auch das deutsche NSG „Doggerbank“ mit abdecken, lassen vermuten, dass die Schweinswaldichte im Herbst und Winter gegenüber dem Bestand im Frühjahr und Sommer auch im NSG „Doggerbank“ stark vermindert ist.

A.1.6.2.2. Robben

Kegelrobben und Seehunde sind vor allem küstennah verbreitet. Sie werden jedoch gelegentlich auch im Entenschnabel der deutschen AWZ gesichtet. Sichtungen von Robben, die im Rahmen des BfN-Monitorings für Schweinswale und Rastvögel im Bereich des Entenschnabels der deutschen AWZ gemacht wurden (Daten: BfN, per Mail am 27.02.20024; digitale Erfassungen: unveröff. Daten des BfN-Monitorings, eigene Auswertung) sowie Daten aus dem Projekt HABITATWal (BfN (2024) basierend auf Daten des Instituts für Terrestrische und Aquatische Wildtierforschung (ITAW)) sind in Abb. 8.100 dargestellt. Während der Flugerfassungen wurden meist einzelne Tiere in der südlichen Hälfte des NSGs und südlich des Schutzgebietes gesichtet. Bei der Schiffserfassung 2024 wurde eine außergewöhnlich hohe Anzahl von Robben gesichtet (13 Kegelrobben, 15 unbestimmte Robben). Insgesamt kamen bei den Erfassungen 23 Kegelrobben und 5 Seehunde vor sowie 32 Robben, die nicht bestimmt werden konnten. Innerhalb der deutschen NSG-Grenzen wurden während der Erfassungen 15 Individuen (4 Kegelrobben, 11 unbestimmte Robben) gesichtet.

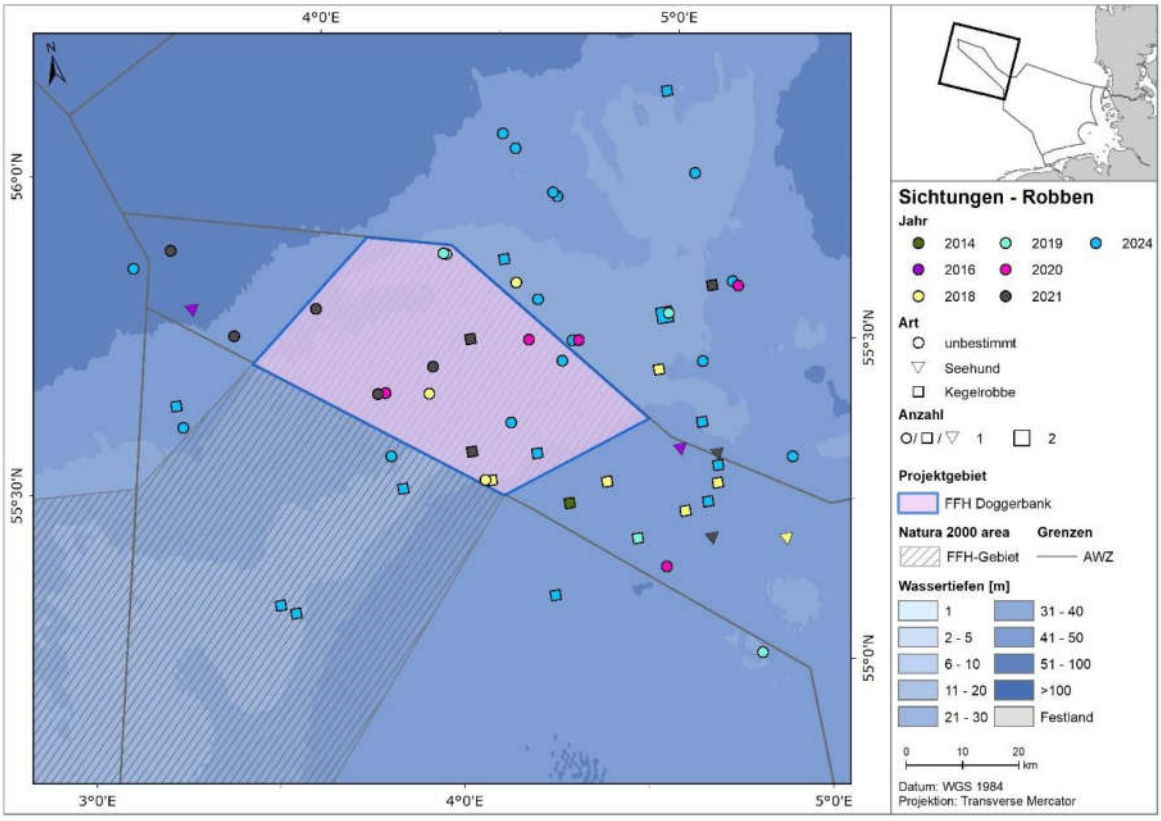


Abb. 8.100 Sichtungen von Robben (Seehunde, Kegelrobben und unbestimmte Robben) im oder in der Nähe des NSG „Doggerbank“ bei Erfassungsflügen des BfN-Monitorings im Zeitraum 2002 – 2022 sowie während des Schiffssurveys zum Projekt HABITATWal (hellblaue Punkte 2024). (Daten: BfN, per Mail am 27.02.20024, sowie unveröff. digitale Daten des BfN-Monitorings, eigene Auswertung; hellblaue Sichtungspunkte: BfN (2024) basierend auf Daten des Instituts für Terrestrische und Aquatische Wildtierforschung (ITAW))

Auch anhand von Telemetriedaten sind gelegentliche Beutezüge sowohl von Kegelrobben als auch von Seehunden in die Doggerbank belegt (McConnell et al. 1999, Tougaard et al. 2006, Sharples et al. 2012, Jones et al. 2015, Brasseur 2017, Carter et al. 2022). Die Besucher der Doggerbank wurden in Kolonien an der britischen Ostküste sowie im niederländischen und dänischen Wattenmeer besendert. Aus Deutschland sind keine Telemetriestudien bekannt. Vor allem Kegelrobben machen offenbar ausgedehnte Wanderungen und wechseln auch zwischen den Liegeplätzen in UK und dem Wattenmeer (Brasseur 2017) (siehe Abb. 8.101).

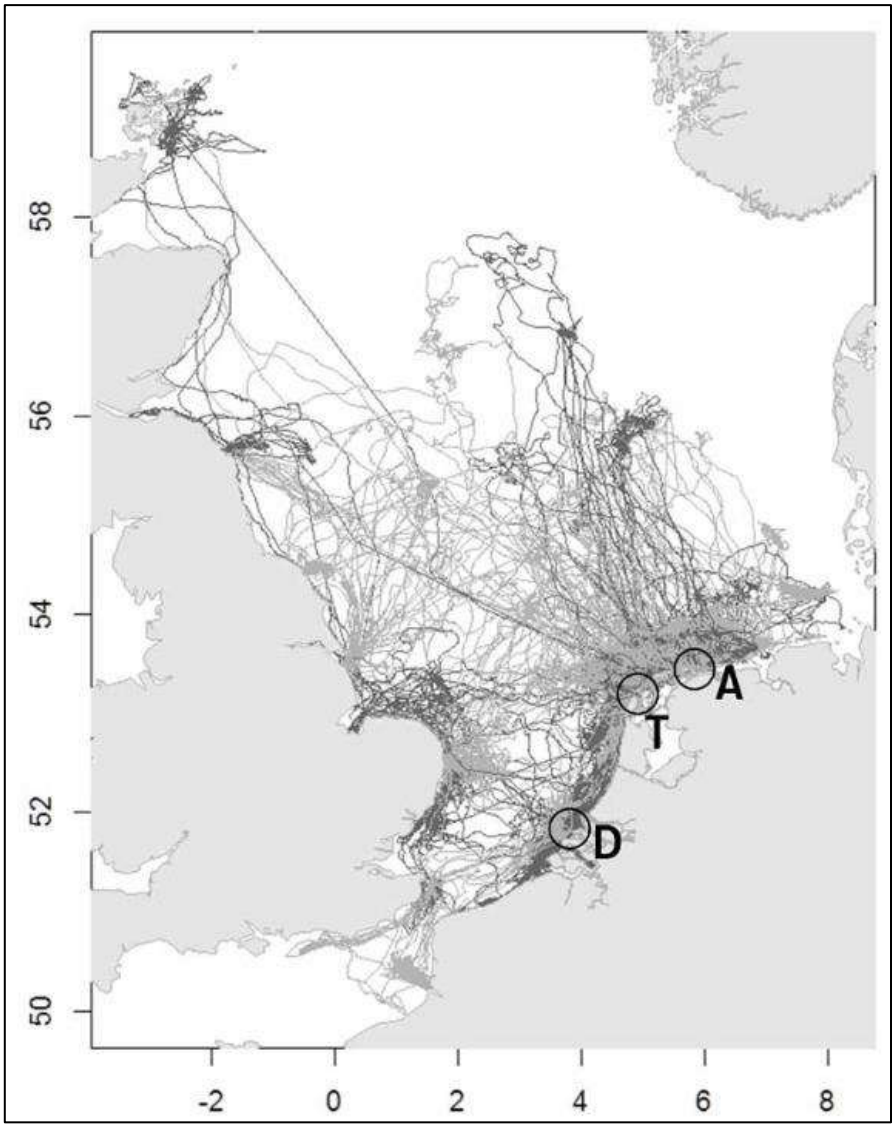


Abb. 8.101 Telemetriedaten von im niederländischen Wattenmeer besenderten Kegelrobben 2007-2015 (Entnommen aus Brasseur 2017).

Kegelrobben und Seehunde sind an ihre Liegeplätze im Küstenbereich (z.B. im Wattenmeer, an der britischen Ostküste) gebunden. Entsprechend nimmt die Dichte von Kegelrobben und Seehunden mit der Entfernung zur Küste ab. Herr et al. (2009) modellierten das Vorkommen von Seehunden und Kegelrobben (in der Studie nicht unterschieden) in der deutschen AWZ der Nordsee anhand von Sichtungsdaten, wobei Wassertiefe und Entfernung zur Küste die relevantesten Prediktoren

waren. Sehr hohe Dichten liegen entsprechend küstennah vor (siehe Abb. 8.102). Für die Doggerbank sagt das Modell mit bis zu 0.01 Ind./km² eine geringe Robbendichte voraus, die jedoch über der Dichte der umliegenden tieferen Bereichen liegt. Ähnliche Ergebnisse liefert auch die Habitatmodellierung von Carter et al. (2022), die auf Telemetriedaten von an der britischen Ostküste besenderten Seehunden und Kegelrobben basiert. Hotspots der Robbenverteilung liegen an der Küste, die Doggerbank zeigt jedoch vor allem bei Kegelrobben gegenüber der Umgebung erhöhte Dichten (siehe Abb. 8.103 oben). Bei Seehunden ist die Dichte auf der Doggerbank gemäß der Modellierung von Carter et al. (2022) nahe null (siehe Abb. 8.103 unten). Die Art erscheint sehr viel küstengebundener zu sein. Es ist zu beachten, dass das Modell keine Robben berücksichtigt, die aus anderen Kolonien, z.B. im Wattenmeer stammen.

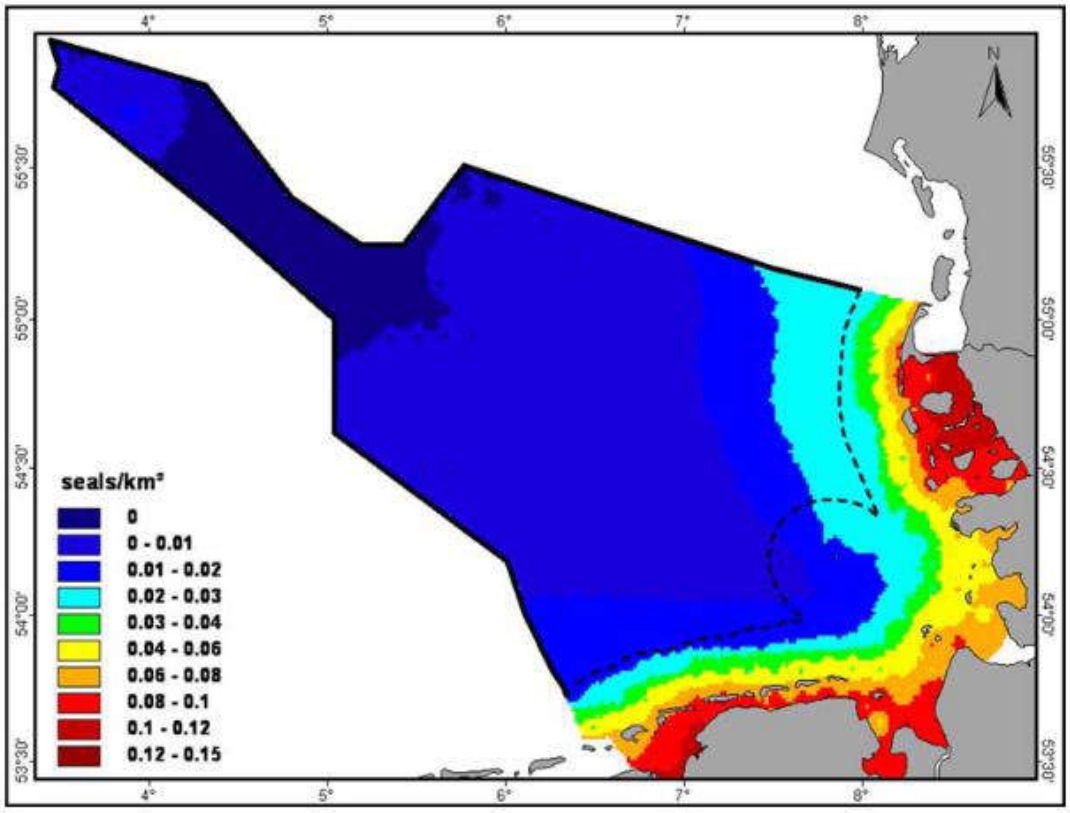


Abb. 8.102 Modellierte Dichte von Robben (Kegelrobben und Seehunde) in der deutschen AWZ (Entnommen aus Herr et al. 2009).

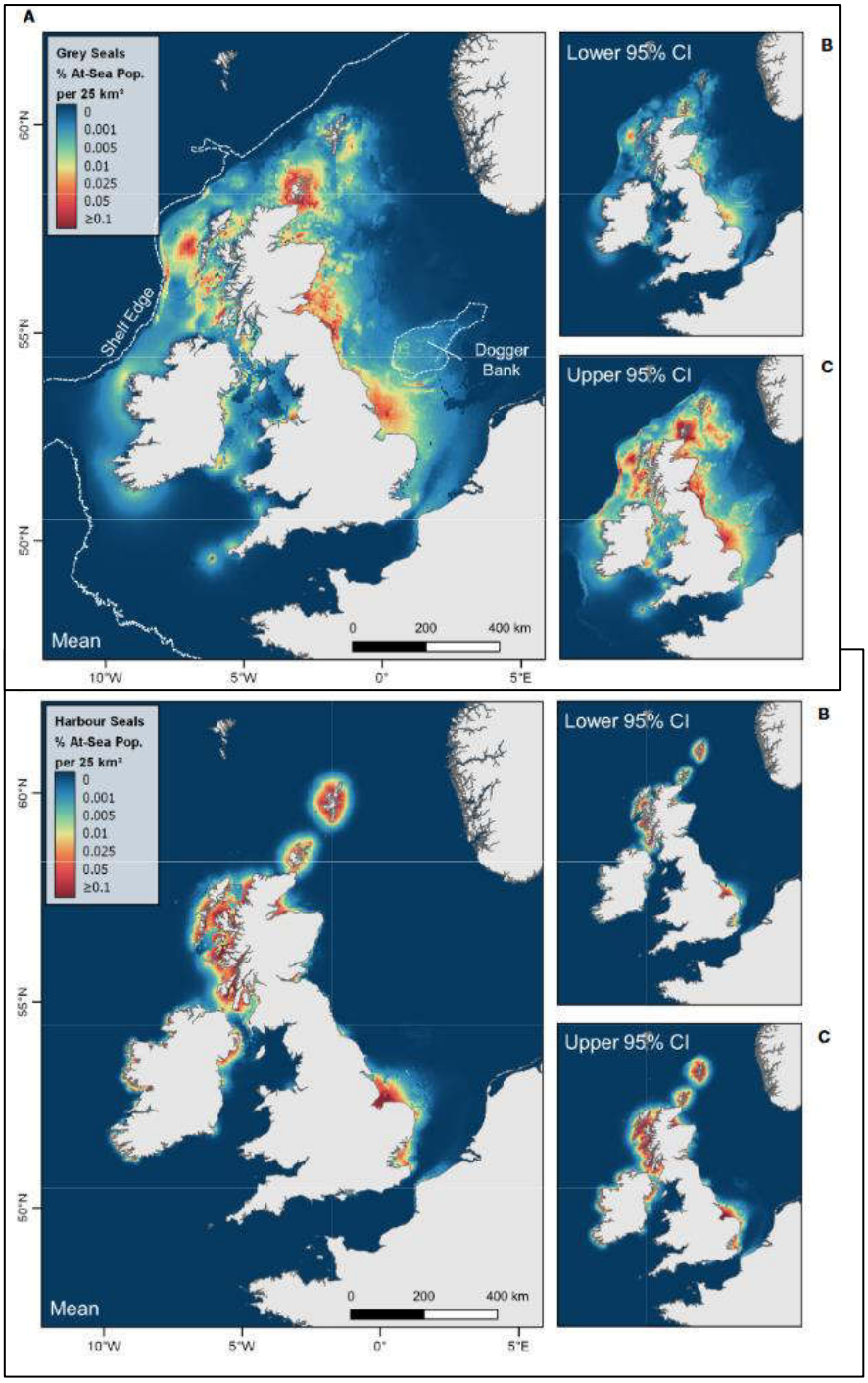


Abb. 8.103 Mittlere relative Dichte von Kegelrobben (oben) und Seehunden (unten) in der Nordsee, die in Kolonien in UK und Irland besendert wurden (A) sowie jeweils unteres (B) und oberes (C) Konfidenzintervall. Das Modell berücksichtigt keine Robben, deren Liegeplätze sich in anderen Gebieten befinden (Entnommen aus Carter et al. 2022).

A.1.6.2.3. Zwergwal

Der Bestand von Zwergwalen in der Nordsee wird zwischen 1989-2022 (Daten der SCANS-Zählungen sowie des Norwegian Independent Line Transect Surveys (NILS)) auf konstant etwa

10.000 Tiere geschätzt (Gilles et al. 2023 und darin genannte Quellen). Konzentrationsgebiete innerhalb der Nordsee befanden sich während der Erfassungen östlich von Schottland (1994, 2005, 2016) mit einer zunehmenden Verbreitung auch in die südliche Nordsee (Hammond et al. 2002, 2017, Hammond 2006, Gilles et al. 2023) (siehe Abb. 8.104). Während der Erfassung im Sommer 2022 wurden Zwergwale auch südlicher als in den anderen Erfassungsjahren bis vor die niederländische Küste detektiert (Gilles et al. 2023).

Die SCANS-Erfassungen zeigen, dass die Zwergwalverbreitung in der Nordsee bis auf die Doggerbank und südlich davon reicht. Auf Grundlage der Daten der Erfassung 2016 wird für den deutschen Teil der Doggerbank eine Dichte von > 0,02 Ind./km² vorhergesagt ((Lacey et al. 2022); siehe Abb. 8.105).

Des Weiteren liegen Daten einer schiffsgestützten Erfassung im Frühjahr 2007 vor (De Boer 2010), die Erkenntnisse über Zwergwalbestände im Doggerbankbereich liefern. Der Untersuchungsbereich der Studie erfasste den nördlichen Bereich der deutschen Doggerbankgebiete sowie angrenzende Bereiche der Nachbarländer. Demnach konzentrieren sich die Zwergwale im Frühjahr an der nördlichen NSG-Grenze bei der 40 m-Tiefenlinie. Die berechnete Dichte lag in April-Mai mit 0,029 Ind./km² etwas höher als die Dichten der SCANS-Zählungen im Juli. Ab Juni verringerte sich die Dichte wieder deutlich. Die Autorin führte den Peak im Frühjahr auf das zeitliche Zusammentreffen mit dem Aufsteigen von Kleinen Sandaalen (*Ammodytus marinus*) aus dem Sediment zurück. Diese sind die bevorzugte Nahrungsquelle von Zwergwalen, wie Mageninhaltsanalysen zeigten (z.B. Olsen & Holst 2001, Pierce et al. 2004). Ein gehäuftes Auftreten von Zwergwalen im Zusammenhang mit Sandaalvorkommen wurde auch bei anderen Untersuchungen rund um Schottland beobachtet (Macleod et al. 2004, Robinson et al. 2007).

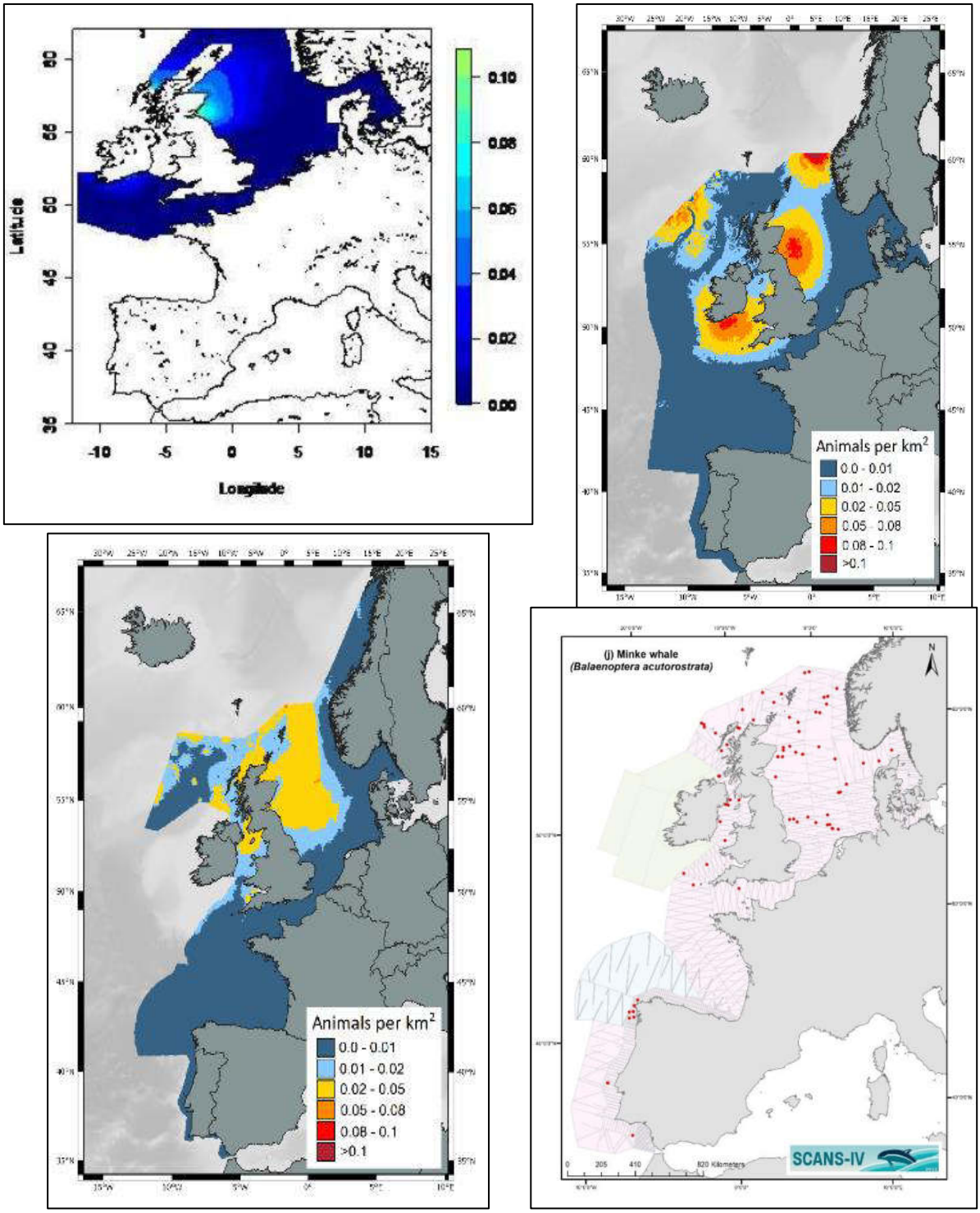


Abb. 8.104 Übersicht über die Ergebnisse der SCANS-Studien. Auf Flugtransekt-Daten beruhende modellierte Dichten von Zwergwalen während der SCANS-Erfassung 1994 (oben links), SCANS II-Erfassung 2005 (oben rechts) und SCANS III-Erfassung 2016 (unten links) sowie Sichtungen von Zwergwalen während der SCANS IV-Erfassung 2022. Erfassungen wurden jeweils im Sommer durchgeführt (Entnommen aus Hammond 2006, Lacey et al. 2022, Gilles et al. 2023).

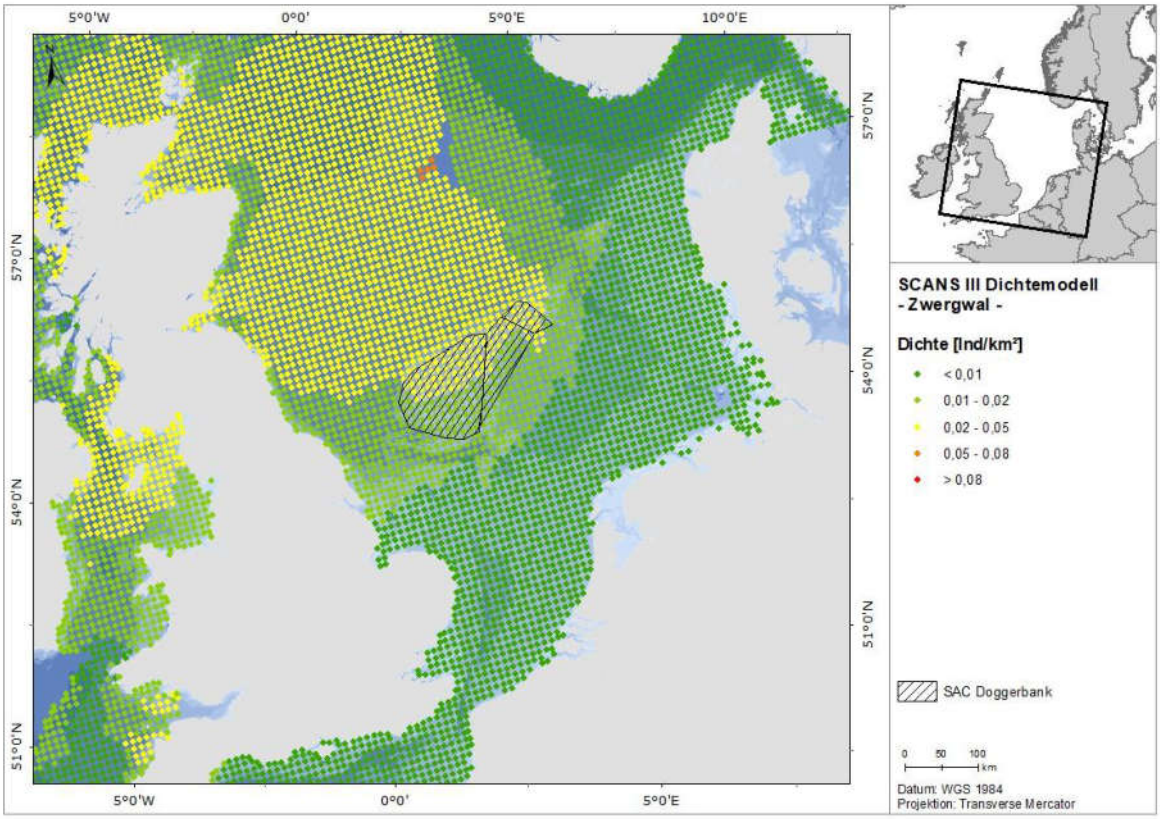


Abb. 8.105 Dichtemodell für den Zwergwal aus den Daten der SCANS III-Erfassung 2016 mit dem trilateralen Schutzgebiet auf der Doggerbank unterlegt. Datenbezug: https://scans3.wp.st-andrews.ac.uk/resources/

Bei Flugtransekt-Erfassungen der gesamten Doggerbank im Sommer (Gilles et al. 2011, Geelhoed et al. 2014) wurden Zwergwale vor allem an den Hängen im Südwesten bis Nordwesten der Doggerbank in UK-Gewässern gesichtet (siehe Abb. 8.106 und Abb. 8.107).

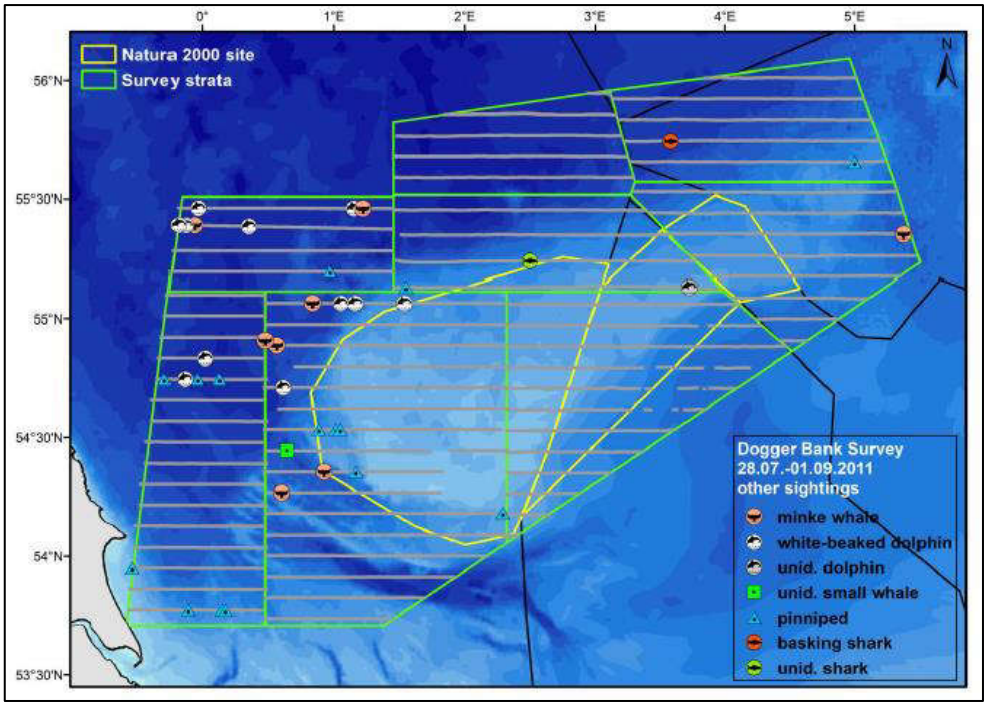


Abb. 8.106 Sichtungen von marinen Säugetieren (ohne Schweinswale) und großen Fischen bei einer flugzeuggestützten Doggerbankerfassung im Sommer 2011 (Entnommen aus Gilles et al. 2011).

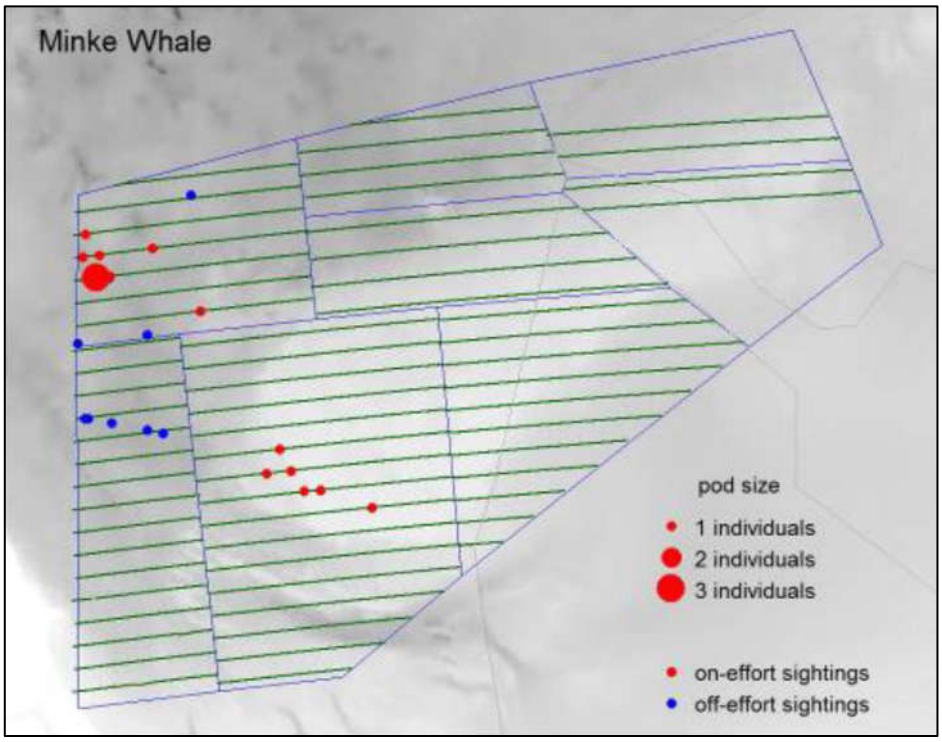


Abb. 8.107 Sichtungen von Zwergwalen bei einer flugzeuggestützten Doggerbankerfassung im Sommer 2013 (Entnommen aus Geelhoed et al. 2014).

Im Rahmen des nationalen Schweinswalmonitorings des BfN wurden Zwergwale im Bereich des Entenschnabels der deutschen AWZ regelmäßig, wenn auch nicht während jeder Erfassung gesichtet. Meist handelte es sich dabei um einzelne Individuen, an einzelnen Erfassungstagen war jedoch auch ein geclustertes Auftreten mehrerer Tiere zu beobachten. Im Sommer 2009 wurden beispielsweise 9 Individuen im Stratum A festgestellt (Gilles & Siebert 2010). Vier davon befanden sich in räumlicher Nähe zueinander nördlich des NSG „Doggerbank“.

Zwergwale, die während des Rastvogel- und Schweinswalmonitorings des BfN sowie weiterer Erfassungen im Zeitraum 1994-2024 gesichtet wurden, sind zusammenfassend in Abb. 8.108 dargestellt (Datenbezug über BfN, per Mail am 23.02.2024). Zwergwale wurden dabei vor allem an den Hängen der Doggerbank im Südosten sowie im Nordwesten des Schutzgebietes entlang der 40 m-Tiefenlinie gesichtet. Es ist zu beachten, dass der nördliche Hang 2007 im Rahmen einer Studie (De Boer 2010) umfassend untersucht wurde (grüne Punktsichtungen) und der Untersuchungsumfang dort viel höher ist als in den anderen Bereichen. Hellblaue Punkte stellen Zwergwalsichtungen dar, die bei einem mehrtägigen Schiffssurvey auf der Doggerbank vom 04.05.-12.05.2024 im Rahmen des Projekts HABITATWal gemacht wurden (BfN (2024) basierend auf Daten des Instituts für Terrestrische und Aquatische Wildtierforschung (ITAW)). Auf einer Transektstrecke von knapp 1.400 km wurden an 5 Erfassungstagen im Bereich der Doggerbank 41 Zwergwalsichtungen gemacht.

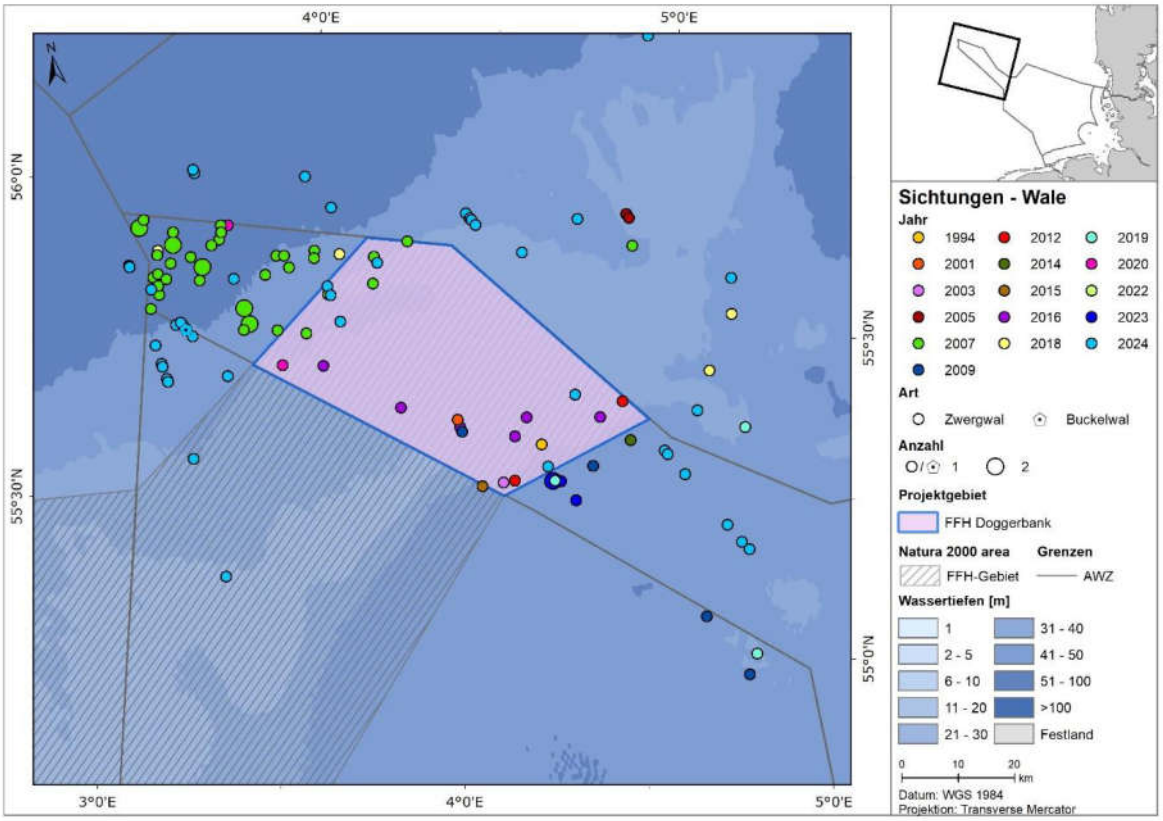


Abb. 8.108 Sichtungen von Zwergwalen im oder in der Nähe des NSG „Doggerbank“ im Zeitraum 1994 – 2024. (Daten: zusammengestellt durch das BfN, übermittelt per Mail am 23.02.2024, sowie unveröff. digitale Daten des BfN-Monitorings, eigene Auswertung; hellblaue Sichtungspunkte: BfN (2024) basierend auf Daten des Instituts für Terrestrische und Aquatische Wildtierforschung (ITAW)).

Untersuchungen für die britischen Windparks Dogger Bank Teesside A & B zeigen, dass Zwergwale vor allem zwischen März und Juli die erfassten Bereiche der Doggerbank nutzen, wohingegen sie im Winterhalbjahr kaum gesichtet wurden (siehe Abb. 8.109) (Mackey & Keenan 2014). Es wird vermutet, dass die Ergebnisse aus den UK-Gewässern auf den deutschen Teil der Doggerbank übertragbar sind und auch hier im Winter geringe Zwergwalvorkommen vorliegen.

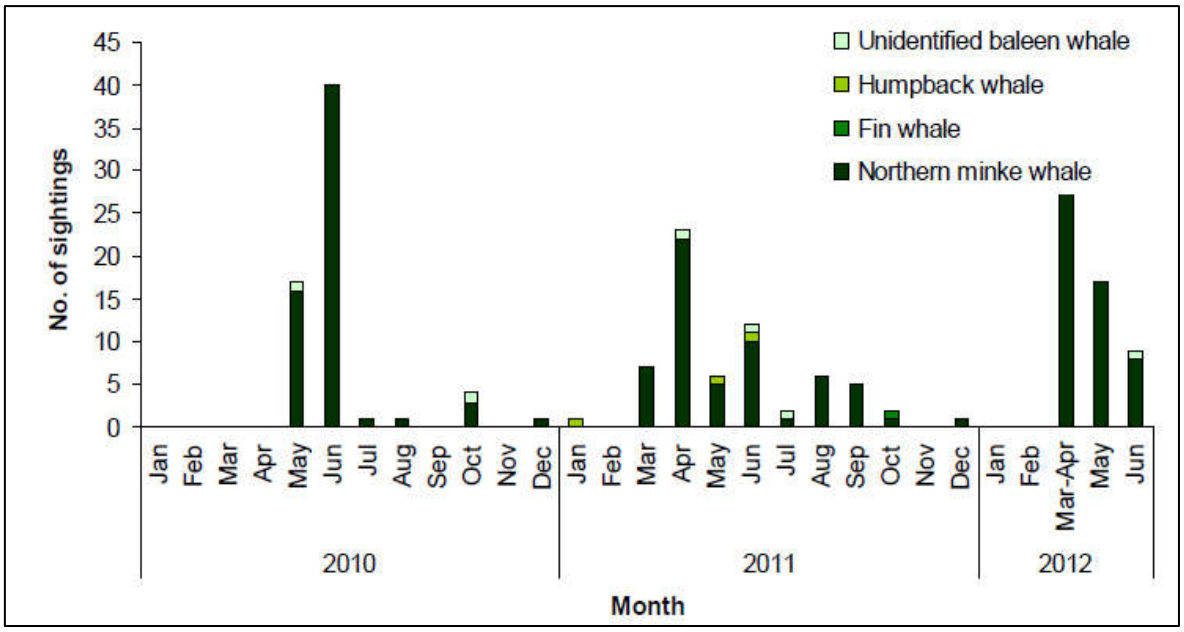


Abb. 8.109 Sichtungen von Bartenwalen während des schiffsbasierten Monitorings von Januar 2010 bis Juni 2012 zu den Windparks Dogger Bank Teesside A & B im britischen Teil der Doggerbank (Entnommen aus Mackey & Keenan 2014).

A.1.6.2.4. Weißschnauzendelfin

Der Bestand von Weißschnauzendelfinen wird in der Nordsee auf 20.000-40.000 Individuen geschätzt mit einem möglicherweise zwischen 1994-2022 ansteigenden Trend (Daten der SCANS-Zählungen; Gilles et al. 2023). Sichtungskarten zeigen, dass die Art im Sommer vor allem in der nördlichen Nordsee vorkommt (Hammond et al. 2002, 2017, Lacey et al. 2022, Gilles et al. 2023) und die Doggerbank das südlichste Verbreitungsgebiet darstellt (siehe Abb. 8.110 und Abb. 8.111).

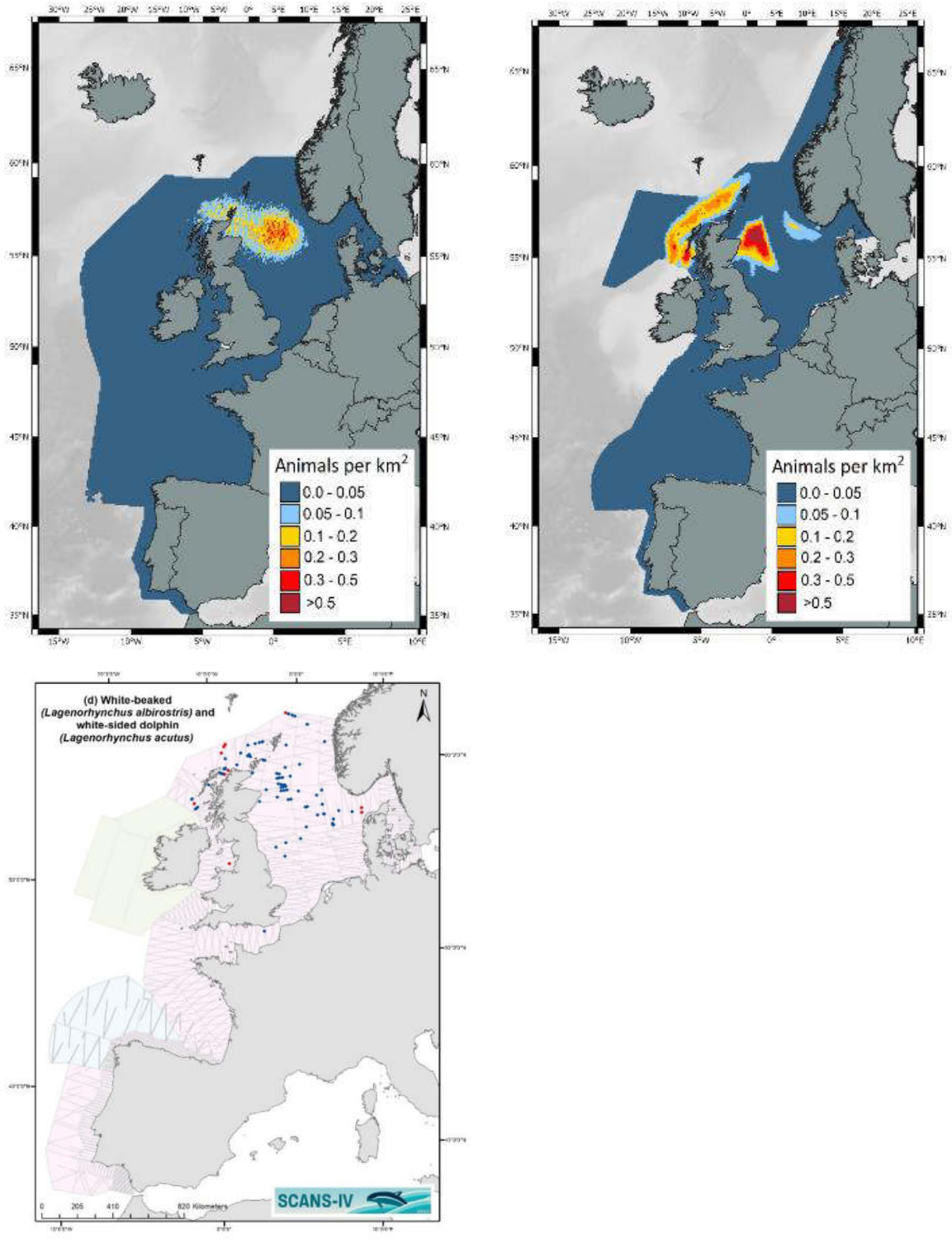


Abb. 8.110 Auf Flugtransekt-Daten beruhende modellierte Dichten von Weißschnauzendelfinen während der SCANS II-Erfassung 2005 (oben links) und SCANS III-Erfassung 2016 (oben rechts) sowie Sichtungen von Weißschnauzendelfinen (blaue Punkte) und Weißseitendelfinen (rote Punkte) während der SCANS IV-Erfassung 2022 (unten) (Entnommen aus Lacey et al. 2022, Gilles et al. 2023).

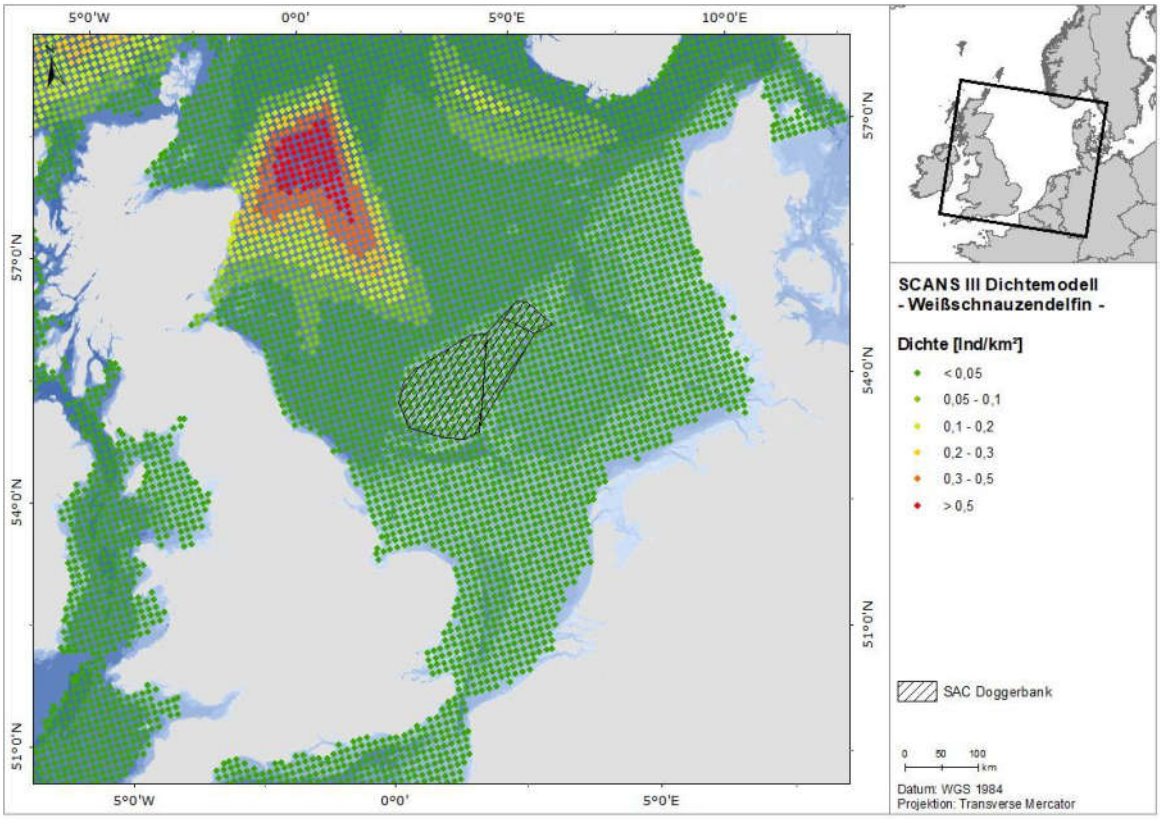


Abb. 8.111 Dichtemodell für den Weißschnauzendelfin aus den Daten der SCANS III-Erfassung 2016 mit dem trilateralen Schutzgebiet auf der Doggerbank unterlegt (Datenbezug: https://scans3.wp.st-andrews.ac.uk/resources/).

Bei der Doggerbankerfassung 2011 sowie 2013 wurden Weißschnauzendelfine vor allem im Nordwesten der Doggerbank im Bereich der britischen AWZ in größeren Wassertiefen erfasst (Gilles et al. 2011, Geelhoed et al. 2014) (siehe Abb. 8.106 und Abb. 8.112).

Gelegentlich werden Weißschnauzendelfine im Bereich des Entenschnabels der deutschen AWZ gesichtet. Eine zusammenfassende Darstellung der Sichtungen von Delfinen während Erfassungen für das Schweinswal- und Rastvogelmonitorings des BfN im Zeitraum 2002-2022 gibt Abb. 8.113 (Datenbezug über BfN, per Mail am 23.02.2024). Es handelt sich bei den gesichteten Delfinen hauptsächlich um Weißschnauzendelfine sowie um einzelne Weißseitendelfine und nicht identifizierte Delfine. Eine ungewöhnlich große Anzahl von insgesamt 121 Individuen wurde bei einem mehrtägigen Schiffssurvey auf der Doggerbank vom 04.05.-12.05.2024 beim Projekt HABITATWal gesichtet (siehe Abb. 8.104, hellblaue Punkte; BfN (2024) basierend auf Daten des Instituts für Terrestrische und Aquatische Wildtierforschung (ITAW)). Die meisten Sichtungen wurden dabei nördlich des Schutzgebietes in Wassertiefen > 40 m gemacht.

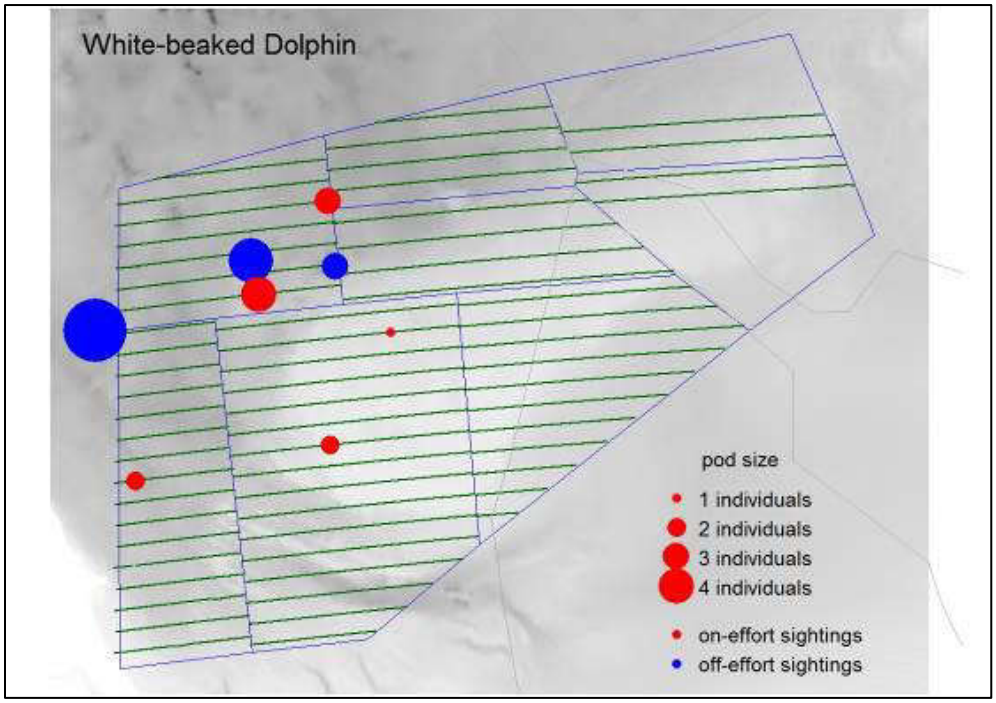


Abb. 8.112 Sichtungen von Weißschnauzendelfinen bei einer flugzeuggestützten Doggerbankerfassung im Sommer 2013 (Entnommen aus Geelhoed et al. 2014).

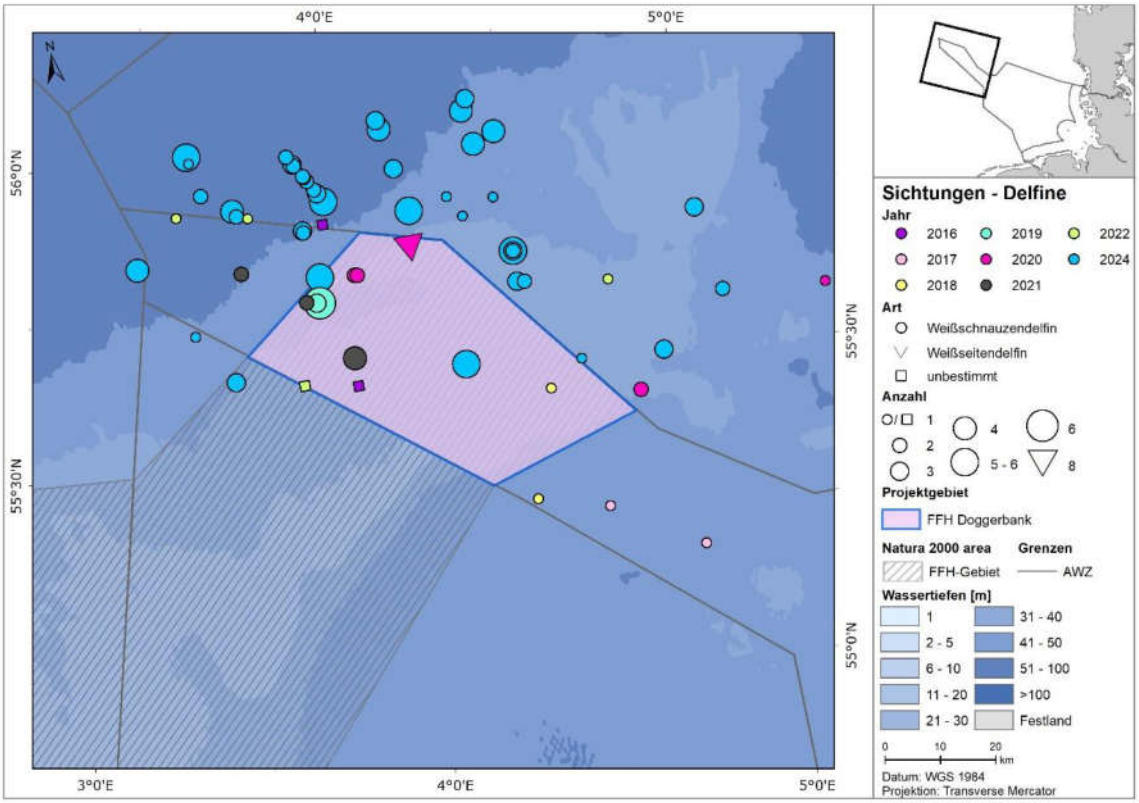


Abb. 8.113 Sichtungen von Delfinen (Weißschnauzendelfine, Weißseitendelfine und unbestimmte Delfine) im und in der Nähe des NSG „Doggerbank" bei visuellen und digitalen Erfassungsflügen des BfN-Monitorings 2002 – 2022 sowie während des Schiffssurveys zum Projekt HABITATWal (hellblaue Punkte 2024). (Daten: BfN, übermittelt per Mail am 23.02.2024, sowie unveröff. digitale Daten des BfN-Monitorings eigene Auswertung; hellblaue Sichtungspunkte: BfN (2024) basierend auf Daten des Instituts für Terrestrische und Aquatische Wildtierforschung (ITAW)).

Die Erfassungen deuten darauf hin, dass der Weißschnauzendelfin vor allem nördlich der Doggerbank in tieferen Gewässern vorkommt und auch den Nordhang der Doggerbank aufsucht. Gelegentliche Sichtungen werden auch weiter südlich im Schutzgebiet gemacht.

Da es kaum Erfassungen von marinen Säugetieren im Winterhalbjahr im deutschen Bereich der Doggerbank gibt, muss auf Untersuchungen in der britischen AWZ zurückgegriffen werden, um Aussagen zur Saisonalität von Weißschnauzendelfinen machen zu können. Während der Basisdatenerfassungen für die britischen Windparks Dogger Bank Teesside A & B wurden Weißschnauzendelfine während schiffsbasierten Erfassungen gelegentlich gesichtet (siehe Abb. 8.99). Diese Sichtungen fanden überwiegend zwischen März und Juni satt. Ab Juli waren Weißschnauzendelfine nur noch sehr selten im Untersuchungsgebiet anwesend. Es wird vermutet, dass der Weißschnauzendelfin eine vergleichbare Saisonalität auch im deutschen Teil der Doggerbank zeigt.

A.1.6.3. Bewertung der Datengrundlage

Die Datengrundlage für die Bestandsbeschreibung der marinen Säugetiere ist gut für die Jahreszeiten Frühjahr und Sommer. Im Winterhalbjahr sind nur wenige Erfassungen im Bereich der Doggerbank durchgeführt worden. Diese zeigen jedoch, dass das Vorkommen aller betrachteten Arten geringer als im Sommerhalbjahr ist. Die Datengrundlage wird daher als ausreichend erachtet.

A.1.7 Fledermäuse

A.1.7.1. Datengrundlage

Im Bereich der deutschen AWZ wurden in der Vergangenheit mehrere Untersuchungen bezüglich der Artengruppe der Fledermäuse durchgeführt (siehe Abb. 8.114). Im Rahmen des F+E Vorhabens „Batmove“ wurden diese Daten analysiert und versucht, sowohl für die Nordsee als auch für die Ostsee allgemeingültige Aussagen abzuleiten (Seebens-Hoyer et al. 2021). Für die küstenferneren Bereiche (> 100 km Abstand zur Küste) existieren keine ausführlichen Untersuchungen. Beobachtungen von Fledermäusen sind nur als anekdotische Hinweise vorhanden. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass es sich dabei um mit Schiffen oder durch Wind verdriftete Tiere handelte.

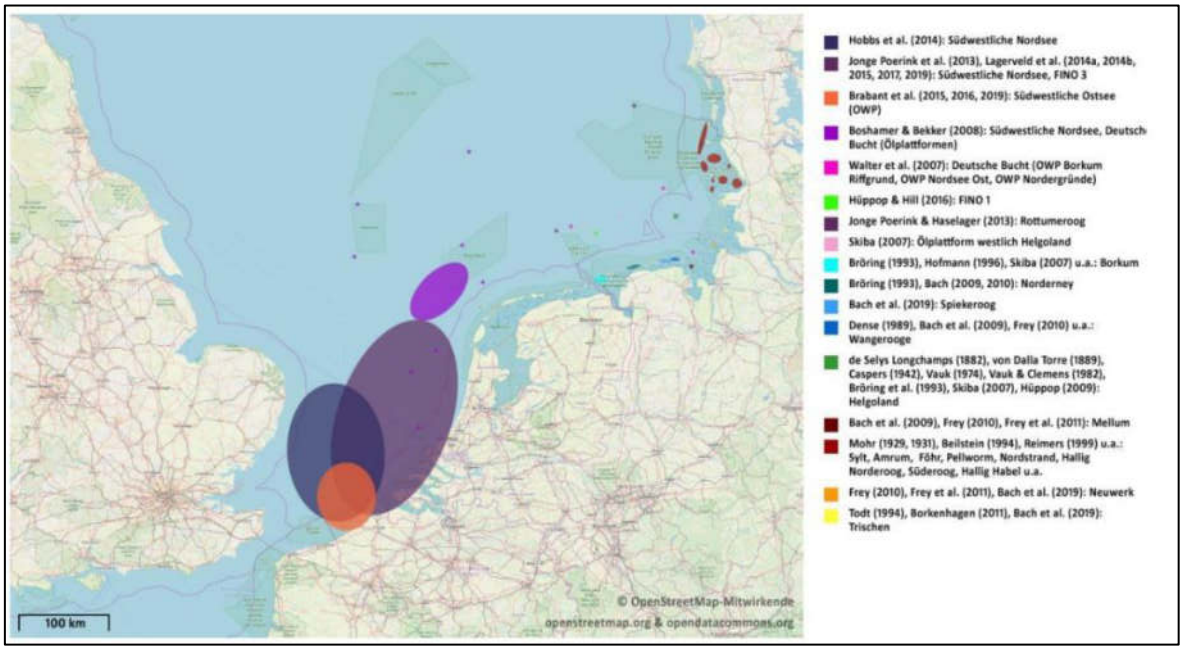


Abb. 8.114 Übersicht der im Rahmen des F+E Vorhabens „Batmove“ aufgeführten und analysierten Fledermausuntersuchungen in der Nordsee (entnommen aus Seebens-Hoyer et al. 2021).

A.1.7.2. Bestandsbeschreibung

Grundlegend ist im Bereich der offenen Nordsee von einem Vorkommen der folgenden Fledermausarten auszugehen: Rauhautfledermaus (*Pipistrellus nathusii*), Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*), Mückenfledermaus (*Pipistrellus pygmaeus*), Nordfledermaus (*Eptesocis nilsonii*), Großer Abendsegler (*Nyctalus noctula*), Kleinabendsegler (*Nyctalus leisleri*). Dabei wird angenommen,

dass die Rauhautfledermaus den größten Anteil darstellt, gefolgt vom Großen Abendsegler, während die anderen Arten mit deutlich geringeren Aktivitäten erwartet werden. In den küstennahen Bereichen (bis zu 10 km) sowie den vorgelagerten Inseln sind zudem weitere Arten aus der Gruppe der Nyctaloiden oder Myotis zu erwarten.

Für die Nordsee wurde eine Nutzung der offenen See durch Fledermäuse während der Migration festgestellt (z. B. Seebens-Hoyer et al. 2021). Für diese wird angenommen, dass sich Tiere an bestimmten geeigneten Strukturen entlang der Küste sammeln und von dort aus in breiten Winkeln über die offene See abfliegen, wo sie sich aufgrund der fehlenden Strukturen mehr oder weniger gleichmäßig verteilen. Dabei wird grundlegend davon ausgegangen, dass die Aktivitäten von Fledermäusen mit zunehmendem Abstand zur Küste abnehmen und der Schwerpunkt der Migration in Küstennähe bzw. im Bereich der vorgelagerten Inseln erfolgt. Es sind jedoch auch Aktivitäten in küstenfernen Bereichen wie z. B. im Umkreis der Hochseeinsel Helgoland auf einer ca. 60 km westlich davon liegenden Ölplattform bekannt (Skiba 2007). Ein genauer Verlauf der Abnahme der Aktivität bzw. ein definierter Abstand zur Küste ab welchem keine Fledermausaktivitäten mehr zu erwarten sind, konnte jedoch nicht ermittelt werden.

Für Fledermäuse sind je nach Art, täglich weite Flüge zwischen den Quartieren und den Nahrungsgebieten bekannt (z. B. Seebens-Hoyer et al. 2021). Häufig orientieren sich die Tiere dabei an geeigneten Strukturen, an welchen sie bereits auf den Transferflügen aktiv nach Nahrung suchen. Dabei weisen einzelne Arten wie die Wasserfledermaus eine deutliche Strukturgebundenheit auf, während andere Arten wie der Große Abendsegler den freien Luftraum nutzen.

Entsprechend den Auswertungen der verschiedenen Untersuchungen innerhalb der deutschen AWZ kommen Seebens Hoyer et al. (2021) zu dem Schluss, dass die Migration im Frühjahr im Zeitraum von Mitte April bis Mitte Juni und im Herbst von Mitte August bis Ende Oktober erfolgt. Dabei kann dieser Zeitraum aufgrund großräumiger Wetterlagen, wie längeren Kältephasen, durchaus zwischen den Jahren variieren. Nach aktuellem Kenntnisstand findet die Migration der Fledermäuse, weder an Land (eigene Untersuchungen) noch auf See (z. B. Seebens-Hoyer et al. 2021), nicht gleichmäßig verteilt über den gesamten Migrationszeitraum statt, sondern tritt gehäuft in Nächten mit günstigen Witterungsbedingungen auf. Die genauen Nächte sind daher zwischen den Jahren unterschiedlich und nicht pauschal vorhersagbar.

A.1.7.3. Bewertung der Datengrundlage

Die Datengrundlage zum Fledermauszug über der Nordsee gilt als „fragmentarisch und unzureichend um Rückschlüsse auf Zugbewegungen von Fledermäusen ziehen zu können“ (BSH 2020). Seebens-Hoyer et al. (2021) zeigen nach wie vor große Kenntnislücken zum Fledermauszug über der Nordsee auf. Zum Verhalten von Fledermäusen an vertikalen Strukturen auf der offenen See ist weiterhin insgesamt wenig bekannt (Seebens-Hoyer et al. 2021).

A.2 Anhangsabbildungen

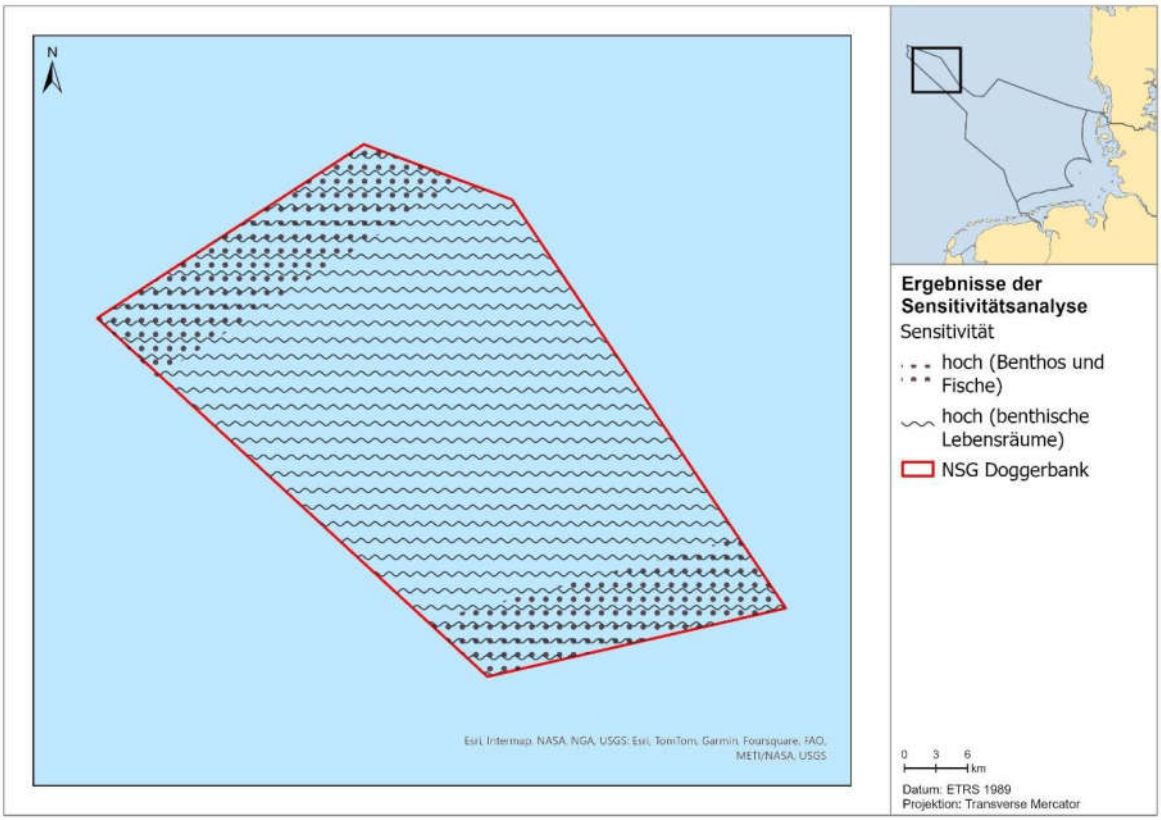


Abb. 8.115 Bedeutung des NSG „Doggerbank“ für die Schutzgüter Benthische Lebensräume, Benthos und Fische als Ergebnis der Sensitivitätsanalyse.

Abb. 8.116 Bedeutung des NSG „Doggerbank“ für das Schutzgut Rastvögel als Ergebnis der Sensitivitätsanalyse.

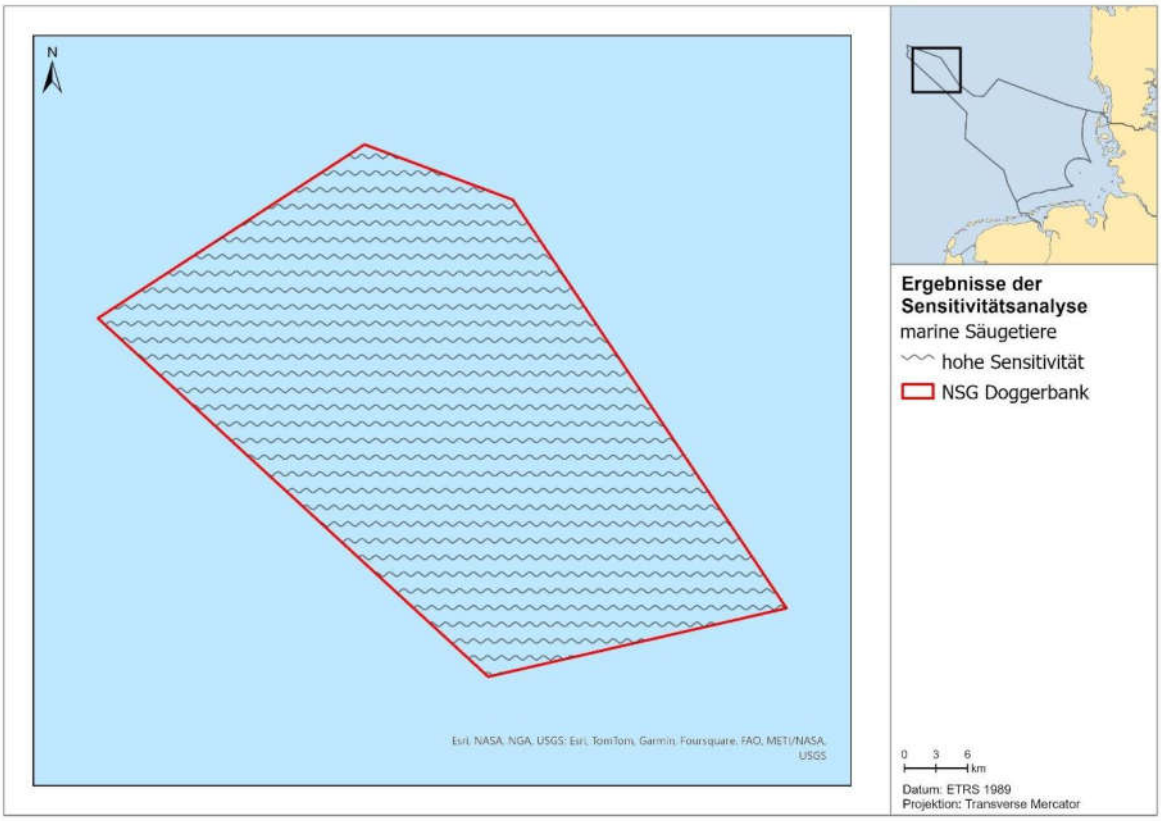


Abb. 8.117 Bedeutung des NSG „Doggerbank“ für das Schutzgut Marine Säugetiere als Ergebnis der Sensitivitätsanalyse.