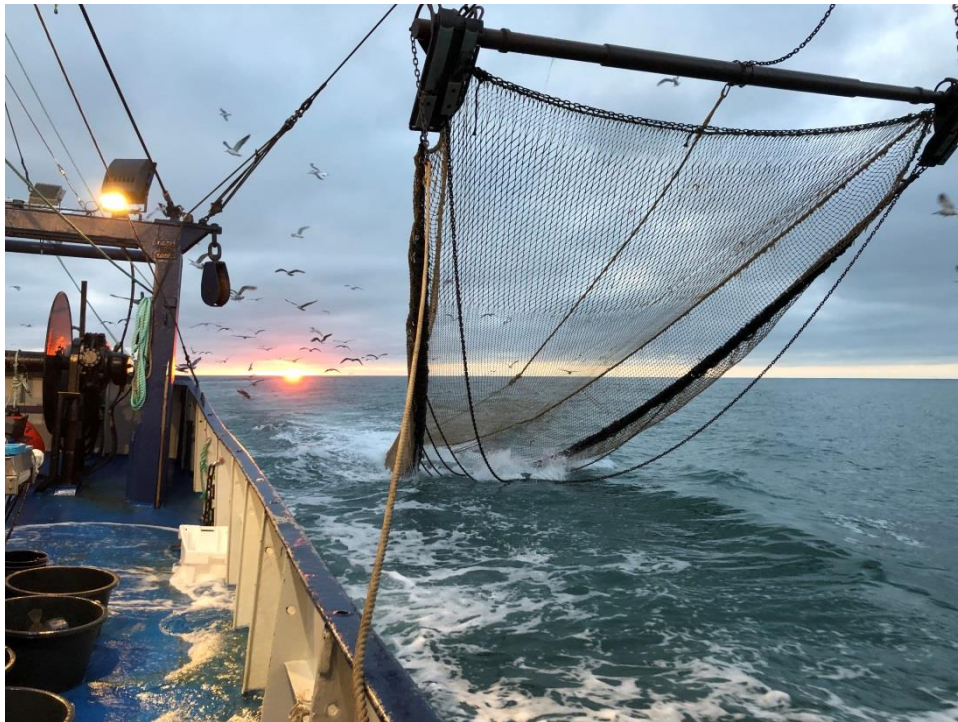


Untersuchungen der Schutzgüter Benthos, Fische und Biotoptypen im Bereich der Entwicklungsfläche N-6.6

Abschlussbericht über die Flächenvoruntersuchung
im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021



Auftraggeber:
Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)
Hamburg

08. Juni 2022

Auftraggeber: Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)
Referat O2 – Flächenvoruntersuchung
Bernhard-Nocht-Straße 78
20359 Hamburg

Ansprechpartner: Dr. Andreas Dänhardt

Titel: Untersuchungen der Schutzgüter Benthos, Fische und Biotypen im Bereich der Entwicklungsfläche N-6.6

Abschlussbericht über die Flächenvoruntersuchung im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021

Auftragnehmer: BIOCONSULT Schuchardt & Scholle GbR

Auf der Muggenburg 30
28217 Bremen
Telefon +49 421 6207108
Telefax +49 421 6207109

Klenkendorf 5
27442 Gnarrenburg
Telefon +49 4764 921050
Telefax +49 4764 921052

Lerchenstraße 22
24103 Kiel
Telefon +49 431 53036338

Internet www.bioconsult.de
E-Mail info@bioconsult.de

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Frank Bachmann (Projektleiter) (FB)
Dr. Sandra Jaklin (Laborleitung) (SJ)
Dipl.-Biol. Sandra Schulze (SaS)
Dr. Lisa Mevenkamp (LM)
Dipl.-Geogr. Peter Rückert (PR)

Datum: 08. Juni 2022

Revisionsindex

Version	Datum	Dokumentbeschreibung	erstellt	geprüft	freigegeben
1	15.03.2022	Entwurfsfassung	s. Bearbeiter	SJ, FB	FB
2	08.06.2022	Endfassung	s. Bearbeiter	SJ, FB	FB

Inhalt

1. Anlass und Aufgabenstellung	22
1.1 Anlass	22
1.2 Datenlage für die voruntersuchte Fläche N-6.6	23
1.3 Zielsetzung und Fragestellung	24
2. Material und Methodik.....	25
2.1 Beschreibung des Untersuchungsgebietes	25
2.2 Erfassung Begleitparameter.....	28
2.3 Untersuchung Sedimente	28
2.3.1 Erfassungsmethodik und Vorortansprache	28
2.3.2 Laboranalysen	29
2.3.3 Klassifizierung der Sedimenttypen.....	30
2.3.4 Bestandsbewertung Sedimente	31
2.4 Untersuchung Benthos	32
2.4.1 Infauna	32
2.4.1.1 Erfassungsmethodik	32
2.4.1.2 Probenaufarbeitung und taxonomische Bestimmung im Labor.....	36
2.4.1.3 Auswertungsmethodik	39
2.4.2 Epifauna.....	43
2.4.2.1 Erfassungsmethodik	43
2.4.2.2 Probenaufarbeitung und taxonomische Bestimmung im Labor.....	46
2.4.2.3 Auswertungsmethodik	46
2.4.3 Bestandsbewertung Benthos.....	47
2.5 Untersuchung Fische.....	48
2.5.1 Erfassungsmethodik	48
2.5.2 Auswertungsmethodik.....	52
2.5.3 Bestandsbewertung	54
2.6 Untersuchung Biotoptypen	56
3. Schutzgutbezogene Beschreibung des derzeitigen Umweltzustandes	57
3.1 Beurteilung der Datenbasis.....	57
3.1.1 Sedimente	57
3.1.2 Benthos (In- und Epifauna)	57
3.1.3 Fische	58
3.1.4 Biotoptypen	58
3.2 Begleitparameter	59
3.3 Entwicklungsfläche N-6.6	63
3.3.1 Sedimente	63
3.3.2 Makrozoobenthos – Infauna	66
3.3.2.1 Artenzahl und Artenspektrum.....	66
3.3.2.2 Rote-Liste-Arten	76
3.3.2.3 Gesamtartenzahl, -individuendichte und -biomasse.....	77
3.3.2.4 Diversität und Äquität	80
3.3.2.5 Dominanzverhältnisse bei Abundanz und Biomasse	81
3.3.2.6 Gemeinschaftsanalyse	82
3.3.3 Makrozoobenthos – Epifauna	88
3.3.3.1 Artenzahl und Artenspektrum.....	88
3.3.3.2 Rote-Liste-Arten	92

3.3.3.3	Gesamtartenzahl, -individuendichte und -biomasse.....	92
3.3.3.4	Diversität und Äquität	96
3.3.3.5	Dominanzverhältnisse bei Abundanz und Biomasse	96
3.3.3.6	Beifang aus der Fischbestandsaufnahme.....	98
3.3.3.7	Gemeinschaftsanalyse	99
3.3.4	Fische	102
3.3.4.1	Vergleich der Hols der eingesetzten 7 m-Baumkurren (Steuerbord und Backbord).....	102
3.3.4.2	Artenzahl und Artenspektrum	102
3.3.4.3	Rote-Liste-Arten / Bemerkenswerte Arten	105
3.3.4.4	Präsenz.....	109
3.3.4.5	Abundanz	111
3.3.4.6	Biomasse	115
3.3.4.7	Diversität und Äquität	116
3.3.4.8	Dominanzverhältnisse	116
3.3.4.9	Größenzusammensetzung häufiger Arten	124
3.3.4.10	Gemeinschaftsanalyse	131
3.3.4.11	Beifang Makrozoobenthos	134
3.3.5	Biotoptypen	135
3.4	Referenzgebiet	135
3.4.1	Sedimente	135
3.4.2	Makrozoobenthos – Infauna	138
3.4.2.1	Artenzahl und Artenspektrum	138
3.4.2.2	Rote-Liste-Arten	148
3.4.2.3	Gesamtartenzahl, -individuendichte und -biomasse.....	149
3.4.2.4	Diversität und Äquität	152
3.4.2.5	Dominanzverhältnisse bei Abundanz und Biomasse	153
3.4.2.6	Gemeinschaftsanalyse	154
3.4.3	Makrozoobenthos – Epifauna	160
3.4.3.1	Artenzahl und Artenspektrum	160
3.4.3.2	Rote-Liste-Arten	165
3.4.3.3	Gesamtartenzahl, -individuendichte und -biomasse.....	165
3.4.3.4	Diversität und Äquität	168
3.4.3.5	Dominanzverhältnisse bei Abundanz und Biomasse	168
3.4.3.6	Beifang aus der Fischbestandsaufnahme.....	170
3.4.3.7	Gemeinschaftsanalyse	171
3.4.4	Fische	174
3.4.4.1	Vergleich der Hols der eingesetzten 7 m-Baumkurren (Steuerbord und Backbord).....	174
3.4.4.2	Artenzahl und Artenspektrum	174
3.4.4.3	Rote-Liste-Arten / Bemerkenswerte Arten	177
3.4.4.4	Präsenz.....	179
3.4.4.5	Abundanz	181
3.4.4.6	Biomasse	183
3.4.4.7	Diversität und Äquität	184
3.4.4.8	Dominanzverhältnisse	185
3.4.4.9	Größenzusammensetzung häufiger Arten	194
3.4.4.10	Gemeinschaftsanalyse	199
3.4.4.11	Beifang Makrozoobenthos	200
3.4.5	Biotoptypen	201
3.5	Vergleich Entwicklungsfläche N-6.6 mit dem Referenzgebiet.....	202
3.5.1	Sediment.....	202
3.5.1.1	Fazit	205
3.5.2	Makrozoobenthos – Infauna	205
3.5.2.1	Fazit	210

3.5.3	Makrozoobenthos – Epifauna	210
3.5.3.1	Fazit	214
3.5.4	Fische	214
3.5.4.1	Fazit	220
3.5.5	Gesamtfazit zur Eignung des Referenzgebiets	221
4.	Schutzgutbezogene Bewertung des Bestandes	222
4.1	Sedimente	222
4.1.1	Allgemeine Einordnung	222
4.1.2	Vergleich der aktuellen Untersuchungen mit früheren Untersuchungen der Fläche N-6.6 (2008 & 2009)	222
4.1.3	Ergebnisse der Untersuchungen aus den angrenzenden OWP-Vorhaben Deutsche Bucht, Veja Mate und Bard Offshore 1 (2015–2017)	223
4.1.4	Schutzgutbezogene Bewertung	223
4.2	Makrozoobenthos (In- und Epifauna)	225
4.2.1	Allgemeine Einordnung	225
4.2.2	Vergleich der aktuellen Untersuchungen mit früheren Untersuchungen der Fläche N-6.6 (2008 & 2009)	226
4.2.3	Ergebnisse der Untersuchungen aus den angrenzenden OWP-Vorhaben Deutsche Bucht, Veja Mate und Bard Offshore 1 (2015–2017)	229
4.2.4	Schutzgutbezogene Bewertung	232
4.3	Fische	237
4.3.1	Allgemeine Einordnung der Ergebnisse	237
4.3.2	Vergleich der aktuellen Untersuchungen mit früheren Untersuchungen der Fläche N-6.6 (2008 & 2009)	241
4.3.3	Ergebnisse der Untersuchungen aus den angrenzenden OWP-Vorhaben Deutsche Bucht, Veja Mate und Bard Offshore 1 (2015–2017)	244
4.3.4	Schutzgutbezogene Bewertung	248
4.4	Biotoptypen	251
5.	Beschreibung der Auswirkungen des Vorhabens auf die Schutzgüter	252
5.1	Modellwindparks und Ableitung schutzgutbezogener Wirkfaktoren	252
5.2	Nach § 30 BNatSchG geschützte Biotope	254
5.2.1	Kriterien zur Identifikation von Flächen nach § 30 BNatSchG geschützter Biotoptypen	255
5.2.2	Vorkommen von gesetzlich geschützten Biotopen in der Entwicklungsfläche N-6.6	255
5.2.2.1	Schlickgründe mit bohrender Bodenmegafauna	255
5.2.2.2	Sublitorale Sandbänke	256
5.2.2.3	Artenreiche Kies-, Grobsand- und Schillgründe	256
5.2.2.4	Riffe	257
5.2.3	Fazit gesetzlicher Biotopschutz	259
5.3	Sedimente	259
5.3.1	Bau-/Rückbaubedingte Auswirkungen	259
5.3.2	Anlagebedingte Auswirkungen	259
5.3.3	Betriebsbedingte Auswirkungen	260
5.3.4	Zusammenfassung der vorhabenbedingten Auswirkungen	260
5.4	Benthos (In- und Epifauna)	261
5.4.1	Bau-/Rückbaubedingte Auswirkungen	261
5.4.2	Anlagebedingte Auswirkungen	264
5.4.3	Betriebsbedingte Auswirkungen	266
5.4.4	Zusammenfassung der vorhabenbedingten Auswirkungen	266
5.5	Fische	267
5.5.1	Bau-/Rückbaubedingte Auswirkungen	267

5.5.2	Anlagebedingte Auswirkungen	274
5.5.3	Betriebsbedingte Auswirkungen	276
5.5.4	Zusammenfassung der vorhabenbedingten Auswirkungen	276
6.	Nichttechnische Zusammenfassung	278
6.1	Deutsch	278
6.2	English	281
	Literatur.....	286
	Bestimmungsliteratur.....	299
	Anhang 1 – Soll- / Istpositionen	307

Abbildungen und Tabellen

Abb. 1:	Übersichtskarte zur Lage der Fläche N-6.6 und des dazugehörigen Referenzgebietes sowie angrenzende Nutzungen	26
Abb. 2:	Darstellung der Eckpunkte der Fläche N-6.6 und des Referenzgebietes.	27
Abb. 3:	Übersicht der Soll- und Istpositionen der Greifer-Stationen im Herbst 2020 in der Entwicklungsfläche N-6.6 und im Referenzgebiet.....	34
Abb. 4:	Übersicht der Soll- und Istpositionen der Greifer-Stationen im Frühjahr 2021 in der Entwicklungsfläche N-6.6 und im Referenzgebiet.	34
Abb. 5:	Übersicht der Soll- und Istpositionen der Greifer-Stationen im Herbst 2021 in der Entwicklungsfläche N-6.6 und im Referenzgebiet.....	35
Abb. 6:	Übersicht der Schlepplinien mit der 2 m-Baumkurre im Herbst 2020 in der Entwicklungsfläche N-6.6 und im Referenzgebiet.	45
Abb. 7:	Übersicht der Schlepplinien mit der 2 m-Baumkurre im Frühjahr 2021 in der Entwicklungsfläche N-6.6 und im Referenzgebiet.	45
Abb. 8:	Übersicht der Schlepplinien mit der 2 m-Baumkurre im Herbst 2021 in der Entwicklungsfläche N-6.6 und im Referenzgebiet.	46
Abb. 9:	Übersicht der Schlepplinien mit der 7 m-Baumkurre im Herbst 2020 in der Entwicklungsfläche N-6.6 und im Referenzgebiet.	50
Abb. 10:	Übersicht der Schlepplinien mit der 7 m-Baumkurre im Frühjahr 2021 in der Entwicklungsfläche N-6.6 und im Referenzgebiet.	51
Abb. 11:	Übersicht der Schlepplinien mit der 7 m-Baumkurre im Herbst 2021 in der Entwicklungsfläche N-6.6 und im Referenzgebiet.	51
Abb. 12:	Korngrößenanteile und Glühverluste der Sedimente in der Fläche N-6.6 im Herbst 2020 auf Stationsebene (Mittelwert aus drei Greifern/Station).....	64
Abb. 13:	Korngrößenanteile und Glühverluste der Sedimente in der Fläche N-6.6 im Frühjahr 2021 auf Stationsebene (Mittelwert aus drei Greifern/Station).....	65
Abb. 14:	Korngrößenanteile und Glühverluste der Sedimente in der Fläche N-6.6 im Herbst 2021 auf Stationsebene (Mittelwert aus drei Greifern/Station).....	66
Abb. 15:	Boxplots der mittleren Artenzahl (A, Arten/Station), Abundanz (B), Biomasse (C), Diversität (D) und Äquität (E) der Infauna (van Veen-Greifer) für die Fläche N-6.6 im Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).	78
Abb. 16:	Dominanzverhältnisse der Infauna (van-Veen-Greifer, Abundanz) in der Fläche N-6.6 dargestellt für den Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).	81
Abb. 17:	Dominanzverhältnisse der Infauna (van-Veen-Greifer, Biomasse) in der Fläche N-6.6 dargestellt für den Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).	82
Abb. 18:	Clusterdendrogramm des Makrozoobenthos (Infauna, van-Veen-Greifer) der Stationen in der Fläche N-6.6 im Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).	83

Abb. 19:	Boxplots der mittleren Artenzahl (A, Arten/Station), Abundanz (B), Biomasse (C), Diversität (D) und Äquität (E) der quantitativ erfassten Epifauna (2 m-Baumkurre) für die Fläche N-6.6 im Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).	94
Abb. 20:	Dominanzverhältnisse der Epifauna (2 m-Baumkurre, Abundanz) in der Fläche N-6.6 dargestellt für den Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).	97
Abb. 21:	Dominanzverhältnisse der Epifauna (2 m-Baumkurre, Biomasse) in der Fläche N-6.6 dargestellt für den Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).	98
Abb. 22:	In Hol N-6.6-F07-H20 gefangener Gemeiner Kalmar (<i>Loligo vulgaris</i>).	99
Abb. 23:	Clusterdendrogramm des Makrozoobenthos (Epifauna, 2 m-Baumkurre) der Stationen in der Fläche N-6.6 im Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).	100
Abb. 24:	Fleckrochen (<i>Raja montagui</i> , links) und Nagelrochen (<i>Raja clavata</i> , rechts), erfasst im Herbst 2020 in der Fläche N-6.6.	105
Abb. 25:	Präsenz (%) der Fischarten in der Fläche N-6.6 im Herbst 2020 und Frühjahr 2021. Mit pelagischen Arten, nur Baumkurrenfänge.	110
Abb. 26:	Präsenz (%) der Fischarten in der Fläche N-6.6 im Herbst 2021. Mit pelagischen Arten, nur Baumkurrenfänge.	111
Abb. 27:	Typischer Hol im Herbst 2020 (links oben), im Frühjahr 2021 (rechts oben) und im Herbst 2021 (unten).	113
Abb. 28:	Häufigkeitsanteile (%) der Fischarten in der Fläche N-6.6 im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.	117
Abb. 29:	Häufigkeitsanteile (%) der Fischarten in den einzelnen Hols in der Fläche N-6.6 im Herbst 2020, getrennt nach den Netzseiten (Steuerbord- und Backbordseite).	118
Abb. 30:	Häufigkeitsanteile (%) der Fischarten in den einzelnen Hols in der Fläche N-6.6 im Frühjahr 2021, getrennt nach den Netzseiten (Steuerbord- und Backbordseite).	119
Abb. 31:	Häufigkeitsanteile (%) der Fischarten in den einzelnen Hols in der Fläche N-6.6 im Herbst 2021, getrennt nach den Netzseiten (Steuerbord- und Backbordseite).	120
Abb. 32:	Gewichtsanteile (%) der Fischarten in der Fläche N-6.6 im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.	121
Abb. 33:	Gewichtsanteile (%) der Fischarten in den einzelnen Hols in der Fläche N-6.6 im Herbst 2020, getrennt nach den Netzseiten (Steuerbord- und Backbordseite).	122
Abb. 34:	Gewichtsanteile (%) der Fischarten in den einzelnen Hols in der Fläche N-6.6 im Frühjahr 2021, getrennt nach den Netzseiten (Steuerbord- und Backbordseite).	123
Abb. 35:	Gewichtsanteile (%) der Fischarten in den einzelnen Hols in der Fläche N-6.6 im Herbst 2021, getrennt nach den Netzseiten (Steuerbord- und Backbordseite).	124

Abb. 36:	Längenverteilung der Kliesche (<i>Limanda limanda</i>) in der Fläche N-6.6 im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.	126
Abb. 37:	Längenverteilung der Scholle (<i>Pleuronectes platessa</i>) in der Fläche N-6.6 im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.	127
Abb. 38:	Längenverteilung der Zwergzunge (<i>Buglossidium luteum</i>) in der Fläche N-6.6 im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.	129
Abb. 39:	Längenverteilung der Lammzunge (<i>Arnoglossus laterna</i>) in der Fläche N-6.6 im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.	130
Abb. 40:	Längenverteilung des Wittlings (<i>Merlangius merlangus</i>) in der Fläche N-6.6 im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.	131
Abb. 41:	MDS-Plot der Abundanzen aller demersalen Fischarten in den Hols der Fläche N-6.6 (Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021).	133
Abb. 42:	MDS-Plot der Abundanzen (Ind./ha, s. Legende) des Grauen Knurrhahns in den Hols der Fläche N-6.6 (Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021).	133
Abb. 43:	Typische Fischereihols mit einem sehr hohen Anteil an <i>Asterias rubens</i> im Herbst 2020 (links oben), im Frühjahr 2021 (rechts oben) sowie im Herbst 2021 (unten).	134
Abb. 44:	Korngrößenanteile und Glühverluste der Sedimente im Referenzgebiet (R) im Herbst 2020 auf Stationsebene (Mittelwert aus drei Greifern/Station).	136
Abb. 45:	Korngrößenanteile und Glühverluste der Sedimente im Referenzgebiet (R) im Frühjahr 2021 auf Stationsebene (Mittelwert aus drei Greifern/Station).	137
Abb. 46:	Korngrößenanteile und Glühverluste der Sedimente im Referenzgebiet (R) im Herbst 2021 auf Stationsebene (Mittelwert aus drei Greifern/Station).	138
Abb. 47:	Boxplots der mittleren Artenzahl (A, Arten/Station), Abundanz (B), Biomasse (C), Diversität (D) und Äquität (E) der Infauna (van Veen-Greifer) für das Referenzgebiet im Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).	150
Abb. 48:	Dominanzverhältnisse der Infauna (van-Veen-Greifer, Abundanz) im Referenzgebiet dargestellt für den Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).	153
Abb. 49:	Dominanzverhältnisse der Infauna (van-Veen-Greifer, Biomasse) im Referenzgebiet dargestellt für den Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).	154
Abb. 50:	Clusterdendrogramm des Makrozoobenthos (Infauna, van-Veen-Greifer) der Stationen im Referenzgebiet im Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).	156
Abb. 51:	Boxplots der mittleren Artenzahl (A, Arten/Station), Abundanz (B), Biomasse (C), Diversität (D) und Äquität (E) der quantitativ erfassten Epifauna (2 m-Baumkurre) für das Referenzgebiet im Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).	166
Abb. 52:	Dominanzverhältnisse der Epifauna (2 m-Baumkurre, Abundanz) im Referenzgebiet dargestellt für den Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).	169

Abb. 53:	Dominanzverhältnisse der Epifauna (2 m-Baumkurre, Biomasse) im Referenzgebiet dargestellt für den Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).	170
Abb. 54:	Clusterdendrogramm des Makrozoobenthos (Epifauna, 2 m-Baumkurre) der Stationen im Referenzgebiet im Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).	172
Abb. 55:	Blaumäulchen (<i>Helicolenus dactylopterus</i>), erfasst im Referenzgebiet im Frühjahr 2021.....	179
Abb. 56:	Präsenz (%) der Fischarten im Referenzgebiet im Herbst 2020 und Frühjahr 2021.	180
Abb. 57:	Präsenz (%) der Fischarten im Referenzgebiet im Herbst 2021.	181
Abb. 58:	Häufigkeitsanteile (%) der Fischarten im Referenzgebiet im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.	186
Abb. 59:	Häufigkeitsanteile (%) der Fischarten in den einzelnen Hols im Referenzgebiet im Herbst 2020, getrennt nach den Netzseiten (Steuerbord- und Backbordseite).	187
Abb. 60:	Häufigkeitsanteile (%) der Fischarten in den einzelnen Hols im Referenzgebiet im Frühjahr 2021, getrennt nach den Netzseiten (Steuerbord- und Backbordseite).	188
Abb. 61:	Häufigkeitsanteile (%) der Fischarten in den einzelnen Hols im Referenzgebiet im Herbst 2021, getrennt nach den Netzseiten (Steuerbord- und Backbordseite).	189
Abb. 62:	Gewichtsanteile (%) der Fischarten im Referenzgebiet im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.	190
Abb. 63:	Gewichtsanteile (%) der Fischarten in den einzelnen Hols im Referenzgebiet im Herbst 2020, getrennt nach den Netzseiten (Steuerbord- und Backbordseite).	191
Abb. 64:	Gewichtsanteile (%) der Fischarten in den einzelnen Hols im Referenzgebiet im Frühjahr 2021, getrennt nach den Netzseiten (Steuerbord- und Backbordseite).	192
Abb. 65:	Gewichtsanteile (%) der Fischarten in den einzelnen Hols im Referenzgebiet im Herbst 2021, getrennt nach den Netzseiten (Steuerbord- und Backbordseite).	193
Abb. 66:	Längenverteilung der Kliesche (<i>Limanda limanda</i>) im Referenzgebiet im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.	195
Abb. 67:	Längenverteilung der Scholle (<i>Pleuronectes platessa</i>) im Referenzgebiet im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.	196
Abb. 68:	Längenverteilung der Zwergzunge (<i>Buglossidium luteum</i>) im Referenzgebiet im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.....	197
Abb. 69:	Längenverteilung der Lammzunge (<i>Arnoglossus laterna</i>) im Referenzgebiet im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.....	198
Abb. 70:	Längenverteilung des Wittlings (<i>Merlangius merlangus</i>) im Referenzgebiet im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.	198

Abb. 71:	MDS-Plot der Abundanzen aller demersalen Fischarten im Referenzgebiet (Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021).....	200
Abb. 72:	Nachweis Tote Mannshand (<i>Alcyonium digitatum</i>) in einigen der Herbsthols 2021.	201
Abb. 73:	Box-Whiskers-Plot der Anteile der einzelnen Korngrößenfraktionen (%) in der Fläche N-6.6 sowie im Referenzgebiet (R) im Herbst 2020 (braun), Frühjahr 2021 (grün) und Herbst 2021 (orange).	203
Abb. 74:	Box-Whiskers-Plot des Glühverlustes (%) in der Fläche N-6.6 sowie im Referenzgebiet (R) im Herbst 2020 (braun), Frühjahr 2021 (grün) und Herbst 2021 (orange).....	204
Abb. 75:	MDS-Plot basierend auf der Korngrößenverteilung an den Stationen in der Fläche N-6.6 und dem Referenzgebiet im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.....	205
Abb. 76:	Vergleichende Boxplots der mittleren Artenzahl (A, Arten/Station), Abundanz (B), Biomasse (C), Diversität (D) und Äquität (E) der Infauna (van Veen-Greifer) für die Fläche N-6.6 und das Referenzgebiet im Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).....	208
Abb. 77:	MDS-Plot basierend auf der Infauna Arten-Abundanzstruktur an den Stationen in der Fläche N-6.6 und dem Referenzgebiet im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.	209
Abb. 78:	Vergleichende Boxplots der mittleren Artenzahl (A, Arten/Station), Abundanz (B), Biomasse (C), Diversität (D) und Äquität (E) der Epifauna (2 m-Baumkurre) für die Fläche N-6.6 und das Referenzgebiet im Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).	213
Abb. 79:	MDS-Plot basierend auf der Epifauna Arten-Abundanzstruktur an den Stationen in der Fläche N-6.6 und dem Referenzgebiet im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.	213
Abb. 80:	MDS-Plot der Abundanzen aller demersalen Fischarten in den Hols der Fläche N-6.6 und des Referenzgebietes im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.....	217
Abb. 81:	Verteilung der acht auf Basis von Clusteranalysen identifizierten Epibenthos-Gemeinschaften.	226
Tab. 1:	Untersuchungsumfang auf der ehemaligen OWP-Fläche „Aquamarin“ (später „Atlantis I“).	23
Tab. 2:	Eckpunkte der Fläche N-6.6 und des Referenzgebietes.	27
Tab. 3:	Klassifizierung der Kornfraktionen nach FIGGE (1981) und LAURER et al. (2014).....	31
Tab. 4:	Bewertungskriterien zur Bestandsbewertung des Schutzgutes Sedimente (angelehnt an BSH 2019b).....	31
Tab. 5:	Rahmenparameter zu den Benthoskampagnen (Infauna) im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.	35
Tab. 6:	Taxonomische Hinweise und Begründung für nicht auf Artebene bestimmte Individuen.	37

Tab. 7:	Bewertungskriterien zur Bestandsbewertung des Schutzgut Benthos (angelehnt an BSH 2019b).....	47
Tab. 8:	Rahmenparameter zu den Fischkampagnen im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.	52
Tab. 9:	Bewertungskriterien zur Bestandsbewertung des Schutzgut Fische (angelehnt an BSH 2019b).....	55
Tab. 10:	Strömungsgeschwindigkeiten in der Deutschen Bucht (Quelle: BSH 2017).	59
Tab. 11:	Begleitparameter für die Probenahmekampagnen im Herbst 2020, im Frühjahr 2021 und im Herbst 2021.....	60
Tab. 12:	Artenspektrum der Infauna (van-Veen-Greifer) der Fläche N-6.6 im Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).	67
Tab. 13:	Anzahlen und Anteile der in der Fläche N-6.6 nachgewiesenen Rote-Liste Arten in Bezug auf das Gesamtartenspektrum über beide Kampagnen hinweg und Vergleich mit den in der Roten Liste nach RACHOR et al. (2013) beschriebenen Anzahlen und Anteilen der Rote-Liste-Arten.....	77
Tab. 14:	Artenzahl (n/Station), Abundanz (Ind./m ²), Biomasse (g FG/m ²), Diversität und Äquität der Infauna (van-Veen-Greifer) je Station für die Fläche N-6.6 im Herbst 2020 (H20).	78
Tab. 15:	Artenzahl (n/Station), Abundanz (Ind./m ²), Biomasse (g FG/m ²), Diversität und Äquität der Infauna (van-Veen-Greifer) je Station für die Fläche N-6.6 im Frühjahr 2021 (F21).	79
Tab. 16:	Artenzahl (n/Station), Abundanz (Ind./m ²), Biomasse (g FG/m ²), Diversität und Äquität der Infauna (van-Veen-Greifer) je Station für die Fläche N-6.6 im Herbst 2021 (H21).	80
Tab. 17:	Ergebnisse der SIMPER-Analyse für die Fläche N-6.6.....	84
Tab. 18:	Ergebnisse der SIMPER-Analyse des Vergleichs der Infaunagemeinschaft (van-Veen-Greifer) der drei Kampagnen (H20, F21, H21) für die Fläche N-6.6. 85	
Tab. 19:	Abundanzanteil (relative Abundanz) und Stetigkeit der Charakterarten (dunkel) und charakteristischen Arten (hell) für die <i>Nucula nitidosa</i> -Gemeinschaft (grün) und die <i>Amphiura filiformis</i> -Gemeinschaft (blau) nach RACHOR & NEHMER (2003) in der Fläche N-6.6 im Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21), Herbst 2021 (H21).	87
Tab. 20:	Artenspektrum der Epifauna (2 m-Baumkurre) der Fläche N-6.6 im Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).	89
Tab. 21:	Artenzahl (n/Station), Abundanz (Ind./ha), Biomasse (g FG/ha), Diversität und Äquität der Epifauna (2 m-Baumkurre) je Station für die Fläche N-6.6 im Herbst 2020 (H20).	94
Tab. 22:	Artenzahl (n/Station), Abundanz (Ind./ha), Biomasse (g FG/ha), Diversität und Äquität der Epifauna (2 m-Baumkurre) je Station für die Fläche N-6.6 im Frühjahr 2021 (F21).	95
Tab. 23:	Artenzahl (n/Station), Abundanz (Ind./ha), Biomasse (g FG/ha), Diversität und Äquität der Epifauna (2 m-Baumkurre) je Station für die Fläche N-6.6 im Herbst 2021 (H21).	95

Tab. 24:	Ergebnisse der SIMPER-Analyse des Vergleichs der Epifaunagemeinschaft (2 m-Baumkurre) der drei Kampagnen (H20, F21, H21) für die Fläche N-6.6.	101
Tab. 25:	Statistischer Vergleich (T-Test (t) bzw. Mann-Whitney-U-Test (u)) der Kennwerte der mit beiden 7 m-Baumkurren (Bb: Backbord, Stb: Steuerbord) in der Fläche N-6.6 durchgeführten Hols.....	102
Tab. 26:	Artenspektrum der Fischfauna in der Fläche N-6.6 im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.....	104
Tab. 27:	Absolute Anzahl und relativer Anteil der Rote-Liste-Kategorien (nach THIEL et al. 2013) in der Fläche N-6.6 und in der deutschen Nordsee.	106
Tab. 28:	Artspezifische mittlere Abundanz (Ind./ha) der Fischarten in der Fläche N-6.6 im Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).....	114
Tab. 29:	Artspezifische mittlere Biomasse (kg/ha) der Fischarten in der Fläche N-6.6 im Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).....	115
Tab. 30:	Artenspektrum der Infauna (van-Veen-Greifer) des Referenzgebiets im Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).	139
Tab. 31:	Anzahlen und Anteile der im Referenzgebiet nachgewiesenen Rote-Liste Arten in Bezug auf das Gesamtartenspektrum über alle Kampagnen hinweg und Vergleich mit den in der Roten Liste nach RACHOR et al. (2013) beschriebenen Anzahlen und Anteilen der Rote-Liste-Arten.....	148
Tab. 32:	Artenzahl (n/Station), Abundanz (Ind./m ²), Biomasse (g FG/m ²), Diversität und Äquität der Infauna (van-Veen-Greifer) je Station für das Referenzgebiet im Herbst 2020 (H20).	150
Tab. 33:	Artenzahl (n/Station), Abundanz (Ind./m ²), Biomasse (g FG/m ²), Diversität und Äquität der Infauna (van-Veen-Greifer) je Station für das Referenzgebiet im Frühjahr 2021 (F21).	151
Tab. 34:	Artenzahl (n/Station), Abundanz (Ind./m ²), Biomasse (g FG/m ²), Diversität und Äquität der Infauna (van-Veen-Greifer) je Station für das Referenzgebiet im Herbst 2021 (H21).	152
Tab. 35:	Ergebnisse der SIMPER-Analyse für das Referenzgebiet.....	157
Tab. 36:	Ergebnisse der SIMPER-Analyse des Vergleichs der drei Kampagnen (H20, F21, H21) für das Referenzgebiet.....	157
Tab. 37:	Abundanzanteil (relative Abundanz) und Stetigkeit der Charakterarten (dunkel) und charakteristischen Arten (hell) für die <i>Nucula nitidosa</i> -Gemeinschaft (grün) und die <i>Amphiura filiformis</i> -Gemeinschaft (blau) nach RACHOR & NEHMER (2003) im Referenzgebiet im Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).....	159
Tab. 38:	Artenspektrum der Epifauna (2 m-Baumkurre) des Referenzgebiets im Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).	161
Tab. 39:	Artenzahl (n/Station), Abundanz (Ind./ha), Biomasse (g FG/ha), Diversität und der Epifauna (2 m-Baumkurre) je Station für das Referenzgebiet im Herbst 2020 (H20).	167
Tab. 40:	Artenzahl (n/Station), Abundanz (Ind./ha), Biomasse (g FG/ha), Diversität und Äquität der Epifauna (2 m-Baumkurre) je Station für das Referenzgebiet im Frühjahr 2021 (F21).	167

Tab. 41:	Artenzahl (n/Station), Abundanz (Ind./ha), Biomasse (g FG/ha), Diversität und Äquität der Epifauna (2 m-Baumkurre) je Station für das Referenzgebiet im Herbst 2021 (H21).	168
Tab. 42:	Ergebnisse der SIMPER-Analyse des Vergleichs der Epifaunagemeinschaft (2 m-Baumkurre) der drei Kampagnen (H20, F21, H21) für das Referenzgebiet.....	173
Tab. 43:	Statistischer Vergleich (T-Test (t) bzw. Mann-Whitney-U-Test (u)) der Kennwerte der mit beiden 7 m-Baumkurren (Bb: Backbord, Stb: Steuerbord) im Referenzgebiet durchgeführten Hols.	174
Tab. 44:	Artenspektrum der Fischfauna im Referenzgebiet im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.....	176
Tab. 45:	Absolute Anzahl und relativer Anteil der Rote-Liste-Kategorien (nach THIEL et al. 2013) im Referenzgebiet und in der deutschen Nordsee.....	177
Tab. 46:	Artspezifische mittlere Abundanz (Ind./ha) der Fischarten im Referenzgebiet im Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).....	182
Tab. 47:	Artspezifische mittlere Biomasse (kg/ha) der Fischarten im Referenzgebiet im Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).....	184
Tab. 48:	Übersicht der mittleren Korngrößenanteile in der Fläche N-6.6 sowie im Referenzgebiet (R) im Herbst 2020 (H20), im Frühjahr 2021 (F21) und im Herbst 2021 (H21).	204
Tab. 49:	Vergleich der Kennwerte der Infauna (van-Veen-Greifer) aus der Fläche N-6.6 und dem Referenzgebiet im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.	207
Tab. 50:	Vergleich der Kennwerte der Epifauna (2 m-Baumkurre) aus der Fläche N-6.6 und dem Referenzgebiet im Herbst 2020 und Frühjahr 2021.....	212
Tab. 51:	Vergleich der Kenngrößen der Fischgemeinschaften in der Fläche N-6.6 und Referenzgebiet im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.....	218
Tab. 52:	Ergebnisse der SIMPER-Analyse für die Fläche N-6.6 und das Referenzgebiet im Herbst 2020.	219
Tab. 53:	Ergebnisse der SIMPER-Analyse für die Fläche N-6.6 und das Referenzgebiet im Frühjahr 2021.	219
Tab. 54:	Ergebnisse der SIMPER-Analyse für die Fläche N-6.6 und das Referenzgebiet im Herbst 2021.	220
Tab. 55:	Vergleich der Korngrößenanteile und des Glühverlusts der aktuellen Untersuchungen mit den Ergebnissen aus früheren Untersuchungen der Jahre 2008 und 2009 (PGU 2012)	223
Tab. 56:	Korngrößenanteile der aktuellen Untersuchungen im Vergleich zu angrenzenden Windparkflächen (PGU 2017, 2018).....	223
Tab. 57:	Bewertungsmatrix für das Schutzgut Sedimente in der Fläche N-6.6.....	224
Tab. 58:	Vergleich der Gemeinschaftskennwerte der Infauna (van-Veen-Greifer) der Untersuchungen in der Fläche N-6.6 in den Jahren 2008 und 2009 (PGU 2012) und in den Jahren 2020 und 2021 (aktuelle Untersuchung).....	228

Tab. 59:	Vergleichende Darstellung der Gemeinschaftskennwerte der Infauna (van-Veen-Greifer) der aktuellen Untersuchungen in der Fläche N-6.6 mit den OWP „Bard Offshore 1“, „Deutsche Bucht“ und „Veja Mate“.....	230
Tab. 60:	Vergleichende Darstellung der Gemeinschaftskennwerte der Epifauna (2 m-Baumkurre) der aktuellen Untersuchungen in der Fläche N-6.6 mit den OWP „Bard Offshore 1“, „Deutsche Bucht“ und „Veja Mate“.....	231
Tab. 61:	Anzahlen und Anteile der in der Fläche N-6.6 und im Referenzgebiet nachgewiesenen Rote-Liste Arten in Bezug auf das Gesamtartenspektrum (In- und Epifauna) über beide Kampagnen hinweg und Vergleich mit den in der Roten Liste nach RACHOR et al. (2013) beschriebenen Anzahlen und Anteilen der Rote-Liste-Arten.....	232
Tab. 62:	Kennwerte der <i>Amphiura-filiformis</i> - und der <i>Nucula-nitidosa</i> -Gemeinschaft nach Literaturangaben zum Vergleich mit den aktuellen Untersuchungsergebnissen für die Fläche N-6.6.....	234
Tab. 63:	Vergleich der numerisch dominanten Arten der Epifauna aus der Fläche N-6.6 mit Literaturangaben von charakteristischen Arten der Epifaunagemeinschaften in ähnlichen Gebieten der Nordsee.....	235
Tab. 64:	Bewertungsmatrix für das Schutzgut Makrozoobenthos in der Fläche N-6.6.....	236
Tab. 65:	Gesamtartenspektrum der Untersuchungen im Gebiet „Aquamarin“ 2008 und 2009 (PGU 2012) sowie in der Fläche N-6.6 (Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021).....	242
Tab. 66:	Gemeinschaftskennwerte der Fischfauna in den Untersuchungen im Gebiet „Aquamarin“ (2008 & 2009) und der Fläche N-6.6 (H 2020, F 2021 und H 2021).....	244
Tab. 67:	Gesamtartenspektrum in den OWP-Vorhaben Deutsche Bucht (DB), Veja Mate (VM) und Bard Offshore 1 (BO1) sowie in der Fläche N-6.6 (Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021).....	245
Tab. 68:	Gemeinschaftskennwerte der Fischfauna in den OWP-Vorhaben Deutsche Bucht (DB), Veja Mate (VM) und Bard Offshore 1 (BO1) (2015–2017) sowie in der Fläche N-6.6 (Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021).....	247
Tab. 69:	Bewertungsmatrix zur Bestandsbewertung des Schutzgutes Fische in der Fläche N-6.6.....	250
Tab. 70:	Parameter Modellwindparks für die Auswirkungsprognosen der Schutzgüter Sedimente, Benthos und Fische (Quelle: BSH 2019b).....	253
Tab. 71:	Wirkfaktoren und potenzielle Auswirkungen der Modellwindparks auf die Schutzgüter Sedimente, Benthos und Fische (Quelle: BSH 2019a).....	254
Tab. 72:	Sollpositionen van-Veen-Greifer und 2-m-Baumkurre Entwicklungsfläche N-6.6	307
Tab. 73:	Sollpositionen van-Veen-Greifer und 2-m-Baumkurre Referenzgebiet.....	308
Tab. 74:	Sollpositionen 7 m-Baumkurre Entwicklungsfläche N-6.6	309
Tab. 75:	Sollpositionen 7 m-Baumkurre Referenzgebiet	310
Tab. 76:	Istpositionen van-Veen-Greifer Entwicklungsfläche N-6.6 Herbst 2020.....	311
Tab. 77:	Istpositionen van-Veen-Greifer Referenzgebiet Herbst 2020.....	313
Tab. 78:	Istpositionen van-Veen-Greifer Entwicklungsfläche N-6.6 Frühjahr 2021.....	315

Tab. 79:	Istpositionen van-Veen-Greifer Referenzgebiet Frühjahr 2021	317
Tab. 80:	Istpositionen van-Veen-Greifer Entwicklungsfläche N-6.6 Herbst 2021	319
Tab. 81:	Istpositionen van-Veen-Greifer Referenzgebiet Herbst 2021	321
Tab. 82:	Istpositionen 2-m-Baumkurre Entwicklungsfläche N-6.6 und Referenzgebiet Herbst 2020	323
Tab. 83:	Istpositionen 2-m-Baumkurre Entwicklungsfläche N-6.6 und Referenzgebiet Frühjahr 2021	324
Tab. 84:	Istpositionen 2-m-Baumkurre Entwicklungsfläche N-6.6 und Referenzgebiet Herbst 2021	325
Tab. 85:	Istpositionen 7 m-Baumkurre Entwicklungsfläche N-6.6 Herbst 2020	326
Tab. 86:	Istpositionen 7 m-Baumkurre Referenzgebiet Herbst 2020	327
Tab. 87:	Istpositionen 7 m-Baumkurre Entwicklungsfläche N-6.6 Frühjahr 2021	328
Tab. 88:	Istpositionen 7 m-Baumkurre Referenzgebiet Frühjahr 2021	329
Tab. 89:	Istpositionen 7 m-Baumkurre Entwicklungsfläche N-6.6 Herbst 2021	330
Tab. 90:	Istpositionen 7 m-Baumkurre Referenzgebiet Herbst 2021	331

Abkürzungsverzeichnis

%	Prozent
°C	Grad Celsius
µm	Mikrometer
‰	Promille
O ₂	Sauerstoff
A	Gebiet „Aquamarin“
Abb.	Abbildung
ABU	mittlere Abundanz
ANOSIM	Analysis of Similarities
AV. Abund.	mittlere Abundanz (transformiert mit der 4. Wurzel)
Av. Sim.	mittlere Ähnlichkeit
AWZ	Ausschließliche Wirtschaftszone
BACI	Before-After-Control-Impact
Bb	Backbord
BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde
BfN	Bundesamt für Naturschutz
BIOM	Biomasse
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BNetzA	Bundesnetzagentur
BO1	OWP-Vorhaben Bard Offshore 1
BSH	Bundesamt für Schifffahrt und Hydrographie
bspw.	beispielsweise
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
cm	Zentimeter
Contrib. %	prozentualer Beitrag
Cum. %	kumulativer Beitrag über die angezeigten Arten
D	Gefährdungskategorie Rote Liste „Daten unzureichend“
d.h.	das heißt
dB re 1µPa	Einheit Schalldruckpegel unter Wasser
dB	Dezibel
DB	OWP-Vorhaben Deutsche Bucht
durchschnittl.	durchschnittlich

EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
exkl.	exklusive
F21	Frühjahr 2021
FEP	Flächenentwicklungsplan
FFH	Flora-Fauna-Habitat
ffS	Feinstsand
FG	Feuchtgewicht
fS	Feinsand
FuE	Forschung und Entwicklung
g	Gramm
G	Gefährdungskategorie Rote Liste „Gefährdung unbekanntes Ausmaßes“
G	Kies
GBWA	German Bight Western Approach
ggf.	gegebenenfalls
gS	Grobsand
GV	Glühverlust
H'	Diversität
H20	Herbst 2020
ha	Hektar
Hz	Hertz
ICES	International Council for the Exploration of the Sea
Ind. /ha	Gesamtabundanz
inkl.	inklusive
J'	Äquität
Kap	Kapitel
Kat	Kategorie
kg	Kilogramm
Kg/ha	Gesamtbiomasse
kHz	Kilohertz
km	Kilometer
km ²	Quadratkilometer
KN	Seekartennull
Kn	Knoten
l	Liter
LRT	Lebensraumtypen
lt	laut
m	Meter

m ²	Quadratmeter
max.	Maximum
MDS	Multidimensionale Skalierung
mg	Milligramm
min.	Minimum
mS	Mittelsand
MW	Mittelwert
MZB	Makrozoobenthos
n	Anzahl
OWP	Offshore-Windpark
R	Referenzgebiet
R	Gefährdungskategorie Rote Liste „extrem selten“
rd.	rund
RL	Rote Liste
s	Sekunde
SAL	Salinität
SD	Standardabweichung
SIMPER	Similarity Percentage
sm	Seemeilen
sm ²	Quadratseemeilen
Stb	Steuerbord
STET	Stetigkeit
StUK	Standarduntersuchungskonzept
t	Ergebnisse T-Test
T	Temperatur
T/U	Ton/Schluff
Tab	Tabelle
TL	Totallänge
u	Ergebnisse Mann-Whitney-U-Test
u.a.	unter anderem
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
UVPG	Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz
UVS	Umweltverträglichkeitsstudie
V	Gefährdungskategorie Rote Liste „Vorwarnliste“
vgl.	vergleiche
VM	OWP-Vorhaben Veja Mate
VTG	Verkehrstrennungsgebiet

WEA	Windenergieanlagen
WindSeeG	Windenergie-auf-See-Gesetz
WoRMS	World Register of Marine Species
z.B.	zum Beispiel
z.T.	zum Teil

1. Anlass und Aufgabenstellung

1.1 Anlass

Der Flächenentwicklungsplan (FEP) für die deutsche Nordsee (BSH 2019a) stellt im Planungsprozess der marinen Raumordnung das wesentliche Steuerungselement für den geordneten Ausbau der Windenergie auf See dar. Auf den im FEP festgelegten Flächen für Windenergieanlagen auf See sind Voruntersuchungen durchzuführen.

Mit dem Inkrafttreten des Windenergie-auf-See-Gesetzes (WindSeeG) am 01.01.2017 ist das Bundesamt für Schifffahrt und Hydrographie (BSH) für die Durchführung der Voruntersuchung von in der Ausschließlichen Wirtschaftszone gelegenen Flächen für die Errichtung und den Betrieb von Windenergieanlagen auf See im Auftrag der Bundesnetzagentur (BNetzA) zuständig.

Ziel der Voruntersuchungen ist es, gemäß § 9 Abs. 1 WindSeeG für die Ausschreibungen der BNetzA nach §§ 16 ff. WindSeeG, möglichen Bietern die Informationen zur Verfügung zu stellen, die eine wettbewerbliche Bestimmung der Marktprämie nach § 22 des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG 2017) ermöglichen. Des Weiteren sollen die Eignung der Fläche und einzelne Untersuchungsgegenstände vorab geprüft werden, um das nachfolgende Planfeststellungsverfahren auf diesen Flächen zu beschleunigen.

Mit den Voruntersuchungen sollen Naturausstattung und Lebensgemeinschaften der Entwicklungsflächen charakterisiert werden. Der vorliegende Bericht bezieht sich in diesem Zusammenhang auf die Schutzgüter Benthos, Fische und Biotope der Entwicklungsfläche N-6.6. Die aus den Untersuchungen resultierenden Ergebnisse werden den Bietern der oben genannten Ausschreibungen zur Verfügung gestellt. Sie dienen als Grundlage für die Umweltverträglichkeitsprüfung sowie für die Belange des Arten-, Gebiets- und Biotopschutzes.

Für die Errichtung und den Betrieb von Windenergieanlagen auf See ist das WindSeeG anzuwenden. Die Errichtung und der Betrieb von Windenergieanlagen auf See sowie deren wesentliche Änderung bedürfen gemäß § 45 Abs. 1 WindSeeG der Planfeststellung. Nach § 47 Abs. 1 WindSeeG umfasst der Plan zusätzlich zu den Zeichnungen und Erläuterungen nach § 73 Abs. 1 Satz 2 des Verwaltungsverfahrensgesetzes u.a. den Nachweis über die Erteilung eines Zuschlags auf der betreffenden Fläche und den Umweltverträglichkeitsprüfungs-Bericht (UVP-Bericht) nach § 16 des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG), wobei hierfür die Unterlagen nach § 10 Abs. WindSeeG 1 verwendet werden können.

Gemäß § 56 Abs. 1 Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), das zuletzt durch Artikel 114 G des Gesetzes vom 10. August 2021 (BGBl. I S. 3436) geändert worden ist, gelten die Vorschriften des BNatSchG u.a. grundsätzlich auch im Bereich der deutschen Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) und des Festlandssockels. Diese Vorschriften sind daher bei der umweltfachlichen Beurteilung der Fläche N-6.6 zu berücksichtigen.

Die Vorgaben zum Natura 2000-Gebietsschutz (§§ 31 ff., 57 BNatSchG), zum besonderen Artenschutz (§§ 44 ff. BNatSchG) und zum Biotopschutz (§ 30 BNatSchG) finden ebenfalls in der AWZ Anwendung.

1.2 Datenlage für die voruntersuchte Fläche N-6.6

Die Fläche N-6.6 war bereits in der Vergangenheit Gegenstand von Offshore Windpark (OWP) - Planungen. Im Zeitraum Frühjahr 2008 bis Herbst 2009 wurden in vier Kampagnen Untersuchungen zu den Schutzgütern Benthos (einschließlich Sedimente) und Fische nach dem damals gültigen StUK 3 (BSH 2007) mittels Greifer, Baumkurre (2 m- und 7 m-Baumkurre) und Video durchgeführt. Die Untersuchungsergebnisse wurden ins BSH-Datenformat überführt und im Rahmen der UVS zum OWP „Aquamarin“ (später „Atlantis I“) dargestellt (PGU 2012). Den Untersuchungsumfang zu den einzelnen Schutzgütern, differenziert für die einzelnen Probenahmegeräte, zeigt nachfolgende Tab. 1.

Tab. 1: Untersuchungsumfang auf der ehemaligen OWP-Fläche „Aquamarin“ (später „Atlantis I“).

Kampagne	Schutzgut	Probenahmegerät	Anzahl
Frühjahr 2008	Benthos Infauna /Sedimente	Van Veen-Greifer	60
	Benthos Epifauna	2 m-Baumkurre	10
	Benthos Epifauna	Video	10
	Fischfauna	7 m-Baumkurre	15
Herbst 2008	Benthos Infauna /Sedimente	Van Veen-Greifer	40
	Benthos Epifauna	2 m-Baumkurre	10
	Benthos Epifauna	Video	10
	Fischfauna	7 m-Baumkurre	15
Frühjahr 2009	Benthos Infauna /Sedimente	Van Veen-Greifer	40
	Benthos Epifauna	2 m-Baumkurre	10
	Benthos Epifauna	Video	keine
	Fischfauna	7 m-Baumkurre	15
Herbst 2009	Benthos Infauna /Sedimente	Van Veen-Greifer	40
	Benthos Epifauna	2 m-Baumkurre	10
	Benthos Epifauna	Video	keine
	Fischfauna	7 m-Baumkurre	15

Darüber hinaus erfolgten aktuelle Untersuchungen in den nördlich angrenzenden OWP-Vorhabengebieten „Deutsche Bucht“, „Veja Mate“ und „Bard Offshore 1“ im Rahmen der Aktualisie-

rung der jeweiligen Basisuntersuchungen bzw. zum Bau- und Betriebsmonitoring (PGU 2017, 2018). Diese Daten können für die Einordnung der Untersuchungsergebnisse hinzugezogen werden.

1.3 Zielsetzung und Fragestellung

Ziel der Untersuchungen ist es, die Entwicklungsfläche hinsichtlich ihrer schutzgutspezifischen Ausprägung (hier: Benthos, Biotope, Fische) zu charakterisieren. Die Untersuchungsergebnisse dienen als Grundlage für die Entscheidung, ob die Fläche den Bietern der in Kap. 1.1 genannten Ausschreibungen für die Entwicklung der Fläche mit Offshore-Windkraft zur Verfügung gestellt werden kann.

Die Untersuchungen erfolgen in Übereinstimmung mit dem Standarduntersuchungskonzept „Untersuchung der Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf die Meeresumwelt (StUK 4)“ (BSH 2013) als Basisaufnahme und der Leistungsbeschreibung für die Voruntersuchung folgender Schutzgüter:

- die Untersuchung der Infauna durch Greiferbeprobungen (entsprechend Tabelle 1.3 des StUK 4),
- die Untersuchung der Epifauna mit Baumkurre (entsprechend Tabelle 1.4 des StUK 4),
- die Untersuchung der Fischfauna mit Baumkurre (entsprechend Tabelle 2.1 des StUK 4)
- und die Untersuchung der Biotope (geschützte Biotope gemäß § 30 BNatSchG, gefährdete Biotoptypen gemäß Roter Liste)

Anhand der Untersuchungsergebnisse werden die Vorkommen von Biotopen, Benthos und Fischen in ihrem Bestand beschrieben und in ihrer Bedeutung bewertet. Die voraussichtlichen Umweltauswirkungen durch die Errichtung eines Windparks werden darauf aufbauend beschrieben und bewertet. Die Grundlage hierfür bilden die Parameter der Modellwindpark-Szenarien aus dem FEP-Umweltbericht (BSH 2019b).

2. Material und Methodik

2.1 Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Der Flächenentwicklungsplan für die deutsche Nordsee (BSH 2019a) legt Gebiete für die Errichtung und den Betrieb von Windenergieanlagen auf See fest. Die hier zu betrachtende Entwicklungsfläche N-6.6 ist Teil der insgesamt ca. 249 km² großen Fläche N-6. Die Entwicklungsfläche N-6.6 liegt in der AWZ der Deutschen Nordsee, etwa 85 km nördlich der Insel Borkum und etwa 120 km westlich der Insel Helgoland (Abb. 1). Die Entwicklungsfläche selbst hat eine Größe von 43,81 km², die Wassertiefe liegt zwischen 30 und 40 m.

Zusätzlich zur Fläche N-6.6 war ein hinsichtlich Lage, Größe, Wassertiefe, Sedimentbeschaffenheit und Strömungsverhältnissen vergleichbares Referenzgebiet zu untersuchen. Das Referenzgebiet wurde im Vorfeld der ersten Untersuchungskampagne gemeinsam mit dem BSH festgelegt. Es grenzt östlich an das Gebiet N-6 an. Die Fläche des Referenzgebietes ist 41,67 km² groß (Abb. 1). Die Eckkoordinaten der Fläche N-6.6 und des Referenzgebietes sind in Tab. 2 und Abb. 2 dargestellt.

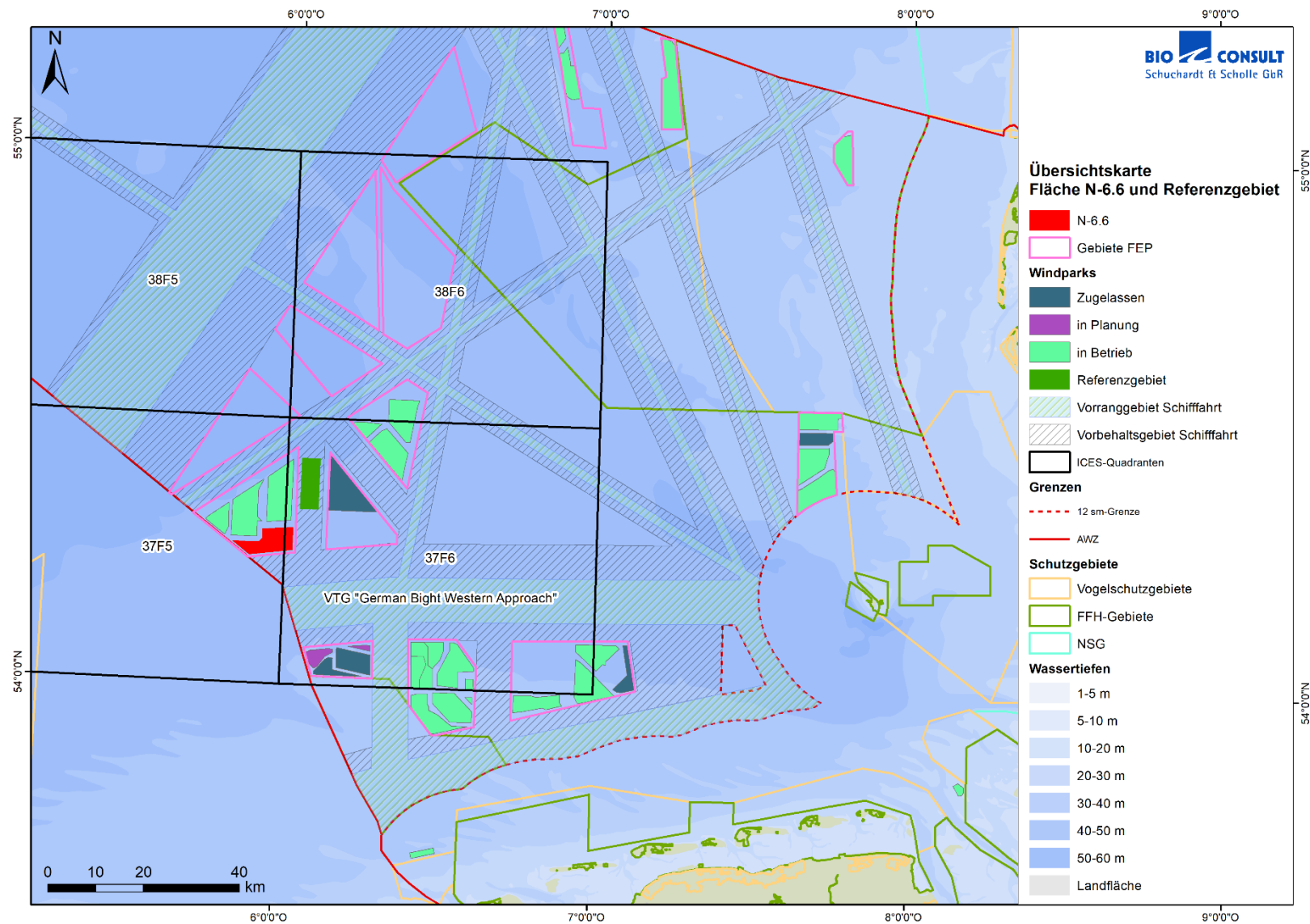


Abb. 1: Übersichtskarte zur Lage der Fläche N-6.6 und des dazugehörigen Referenzgebietes sowie angrenzende Nutzungen
Datenquelle: BSH Fachinformationssystem CONTIS (Zugriff am 29.09.2021)

Tab. 2: Eckpunkte der Fläche N-6.6 und des Referenzgebietes.
Koordinaten: Bezugssystem WGS84

Fläche	Eckpunkte	Länge	Breite
N-6.6	1	54,26488	5,83249
	2	54,26497	5,91776
	3	54,27172	5,92730
	4	54,28945	5,92637
	5	54,29487	6,02627
	6	54,25164	6,02632
	7	54,24034	5,88818
Referenzgebiet	1	54,42546	6,04517
	2	54,42546	6,10517
	3	54,32946	6,10516
	4	54,32946	6,04516

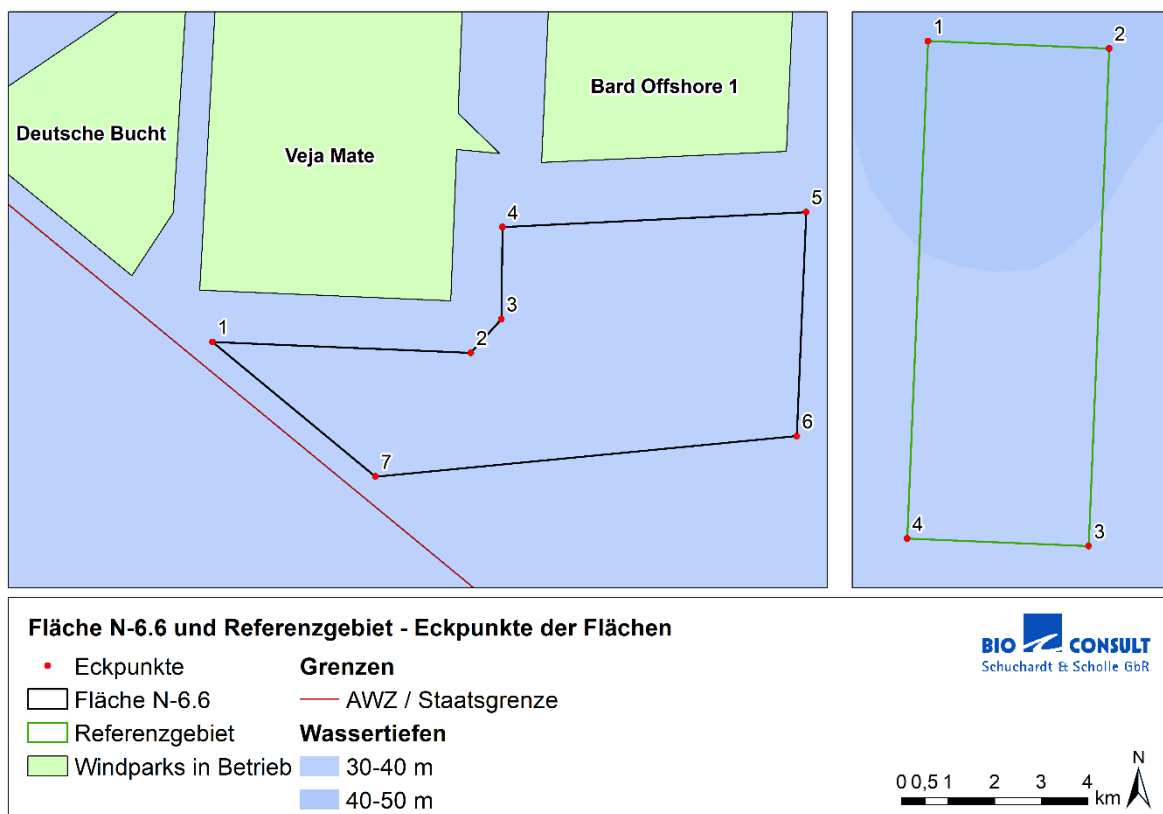


Abb. 2: Darstellung der Eckpunkte der Fläche N-6.6 und des Referenzgebietes.

Nördlich der Fläche N-6.6 und ebenfalls innerhalb der Fläche N-6 gelegen, befinden sich die drei in Betrieb befindlichen Offshore-Windparks (OWPs) „Bard Offshore 1“, „Veja Mate“ und „Deutsche

Bucht“. Östlich anschließend in der FEP-Fläche N-7 liegt das zugelassene OWP-Vorhaben „EnBW He Dreht“ (vgl. CONTIS-Karte des BSH¹ – Nordsee: Offshore-Windparks, Stand: 16.07.2021).

Die Entwicklungsfläche liegt außerhalb von Verkehrstrennungsgebieten und Tiefwasserwegen der deutschen AWZ der Nordsee. Südlich der Fläche N-6 (inkl. N-6.6) verläuft das Verkehrstrennungsgebiet (VTG) „German Bight Western Approach“ (GBWA), welches auch als Tiefwasserweg ausgewiesen ist.

Die Fischerei stellt im gesamten deutschen Nordseeraum eine wichtige wirtschaftliche Ressource dar. Befischt wird das Gebiet sowohl von deutschen als auch von niederländischen, belgischen, dänischen, schwedischen und britischen Fischern. Die Fläche N-6.6 liegt in den ICES-Rechtecken 37F5 und 37F6.

Die Fläche N-6.6 liegt außerhalb von Schutzgebieten. Nächstgelegenes Schutzgebiet ist das in südlicher Richtung gelegene Naturschutzgebiet „Borkum Riffgrund“ in einer Entfernung von 40 km.

2.2 Erfassung Begleitparameter

Während der Probenahmen wurden folgende Begleitparameter erhoben:

Wetterdaten:

Tägliche Erfassung der Windstärke und Windrichtung sowie Bewölkung, Protokollierung zu Beginn der Probenahme und bei Änderung der Wetterbedingungen.

Hydrologische Parameter:

Die Messungen der hydrologischen Begleitparameter erfolgten an jeder Station (Benthos-Infauna) und auf jedem Transekt (Benthos-Epifauna und Fischfauna) jeweils an der Wasseroberfläche (- 0,5 m) und in Bodennähe. Erfasst wurden die Parameter Salzgehalt, Temperatur (°C) und Sauerstoffsättigung (%), Sauerstoffgehalt (mg/l) mittels Multiparametersonde (Hanna Instruments HI 9828 bzw. YSI 6820 V2).

2.3 Untersuchung Sedimente

2.3.1 Erfassungsmethodik und Vorortansprache

Das StUK 4 sieht vor, dass im Rahmen der Untersuchungen zum Makrozoobenthos (Infauna) die Sedimenteigenschaften je Greifer wie folgt zu ermitteln sind:

- Korngrößenverteilung (Schluff/Ton, Feinsand, Mittelsand, Grobsand, Kies/Steine) nach DIN EN ISO 14688-1-2003,
- Glühverlust nach DIN EN-12879:2001-02

¹ https://www.bsh.de/DE/THEMEN/Offshore/Nutzungskarten/nutzungskarten_node.html

Probengewinnung

Im Rahmen der Herbstkampagne 2020 fand die Probenahme zur Aufnahme des Makrozoobenthos, und somit auch der Sedimente, zwischen dem 14.9. und 19.09.2020 (14.09.2020 Anreise, erste Probenahme am darauffolgenden Tag) mit dem gecharterten kommerziellen Kutter „Komet“ aus Accumersiel statt. Im Frühjahr 2021 wurde abermals der Kutter „Komet“ eingesetzt, die Probenahme fand im Zeitraum 22.03. bis 27.03.2021 statt. Auch im Herbst 2021 fanden erneut Probenahmen mit dem Kutter „Komet“ im Zeitraum vom 26.09. bis 30.09.2021 sowie am 07.10.2021 statt. Bei den drei Ausfahrten handelte es sich um kombinierte Ausfahrten zur Untersuchung der Entwicklungsflächen N-6.6 und N-6.7.

Die im Untersuchungskonzept (BIOCONSULT 2020) festgelegten und mit dem BSH abgestimmten Stationen konnten in den drei Kampagnen allesamt angefahren und mittels van-Veen-Greifer beprobt werden, so dass an insgesamt 40 Stationen (20 in N-6.6 und 20 im gemeinsamen Referenzgebiet) 120 Sedimentproben je Kampagne gewonnen wurden. Eine Übersicht zur Lage der Stationen sowie weitere Informationen zur Probenentnahme sind Kap. 2.4.1 (Benthos-Infauna) zu entnehmen.

Das Sediment eines jeden Greifers wurde mit einem Stechrohr (Innendurchmesser 4,5 cm, Eindringtiefe 6 cm) entnommen und in eine Weithalsflasche (250 ml) überführt. Der Anteil der so entnommenen Sedimentprobe (15,9 cm²) an der mit dem Greifer erfassten Gesamtfläche (1.000 cm²) beträgt rd. 1,6 %. Dieser geringe Probenverlust wird vernachlässigt und wird bei der weiteren Analyse der Infauna nicht berücksichtigt. Die Sedimentproben wurden gekühlt gelagert, im Anschluss an die Probenahme ins Labor transportiert und bis zur Aufarbeitung tiefgefroren.

Vorort-Ansprache der Sedimente

Zusätzlich zu den Sedimentanalysen im Labor, erfolgte an Bord für jeden Greifer eine Ansprache der Sedimente mittels Fingerprobe in Anlehnung an DIN 4022. Hierbei wird die Korngrößenzusammensetzung geschätzt sowie Konsistenz, Farbe, Geruch, Detritusanteil und sonstige Auffälligkeiten (Steine, Schill) vermerkt. Diese Beobachtungen gelten als zusätzliche Information und ergänzen ggf. die aus den Laboranalysen gewonnen Ergebnisse.

2.3.2 Laboranalysen

Für die Laboranalysen wurden die Sedimentproben aufgetaut und in einem ersten Schritt eine Unterprobe für die Bestimmung des Glühverlustes entnommen.

Korngrößenverteilung

Für die Korngrößenbestimmung wurde die aufgetaute Sedimentprobe bei 105 °C in einem Trockenschrank bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und nach Abkühlung gewogen (Ausgangssprobe). Das getrocknete Material wurde anschließend der Siebanalyse zugeführt. Die Siebung erfolgte als Maschinensiebung mit einem Satz von Analysensieben gemäß der DIN ISO 3310-1 auf Drahtsiebböden (20 cm Durchmesser) mit einer Siebdauer von 10 bis 15 min. In dieser Untersuchung wurde eine Reihe von sechs Siebmaschenweiten mit sukzessiver Verdopplung der Maschen-

weite (0,063 mm, 0,125 mm, 0,25 mm, 0,5 mm, 1 mm, 2 mm) verwendet. Beim Vorhandensein größerer Sedimente (Grobkies und Steine) wurden weitere Siebe eingesetzt (4 mm, 8 mm, 16 mm). Die Siebmaschenweiten wurden entsprechend der vorzunehmenden Klassifizierung der Sedimente gewählt (s.u.). Die aus der Siebung gewonnenen Daten werden als Gewichtsprozent/Fraktion bezogen auf die Ausgangsprobe dargestellt. Die Bestimmung der Korngrößen erfolgte nach DIN EN ISO 17892-4.

Glühverlust

Die organischen Anteile von Sedimenten werden durch ihren Glühverlust bestimmt, dessen Analyse in DIN 18 128:2002-12 genormt ist². Nach dem Auftauen wurde ein repräsentativer Teil der jeweiligen Probe im Labor bei 55 °C für 48 h oder bis zur Massenkonstanz getrocknet und nach Abkühlung gewogen (Trockenmasse). Nach DIN findet die Bestimmung des Glühverlustes durch Veraschung bei 550 °C für 12 h im Muffelofen statt. Hiervon wird bei stark organischen Sedimenten (Schlicke) abgewichen und der Glühverlust über langsame Trocknung (min. 48 h bei 55 °C, bis zur Massenkonstanz) und langsames Veraschen (485 °C für 12 h) ermittelt. Hiermit wird berücksichtigt, dass bei einer Veraschung mit hohen Temperaturen Oxidationsprozesse von Carbonaten zu einer Verfälschung der Werte führen können. Der Glühverlust wird aus der Differenz der Massen vor und nach dem Glühvorgang errechnet und als Massenprozent angegeben.

2.3.3 Klassifizierung der Sedimenttypen

Die Klassifizierung der Sandkornfraktionen erfolgte für diesen Bericht nach FIGGE (1981) bzw. LAURER et al. (2014). Dieses Vorgehen weicht von den Vorgaben nach StUK4 (DIN EN ISO 14688-1-2003) etwas ab. Die Unterschiede zwischen der Klassifizierung nach DIN EN ISO 14688-1-2003 und FIGGE (1981) beziehen sich v.a. auf die Abgrenzung der Korngrößenfraktionen im Mittelsandbereich während für die Grenzen Ton/Schluff zu Sand und Sand zu Kies keine Unterschiede bestehen.

Die Klassifizierung nach FIGGE (1981) bzw. LAURER et al. (2014) wurde gewählt, um die Einteilung der Sedimenttypen zu vorangegangenen Untersuchungen vergleichbar zu halten und den aktuellen Kartierungen der Biotope und Sedimente (BfN und BSH) in den deutschen Meeresgewässern zu entsprechen. Die Klassifizierung der einzelnen Kornfraktionen nach FIGGE (1981) zeigt Tab. 3.

² Die im StUK 4 genannte DIN EN-12879:2001-02 ist nicht mehr gültig. Der Regelsetzer empfiehlt die Anwendung von DIN EN 15935:2012-11. Beide Normen beziehen sich auf die Bestimmung des Glühverlustes in Schlamm, behandeltem Bioabfall, Boden (mit kommunalem Klärschlamm beaufschlagter Boden und/oder landwirtschaftlich genutzter Boden) und Abfall. Da keine dieser Matrices für die hier durchgeführte Untersuchung zutreffend ist, wird abweichend vom StUK 4 die DIN 18128:2002-12 angewandt, in der die Bestimmung des organischen Anteils für Böden im Rahmen von Baugrunderkundungen geregelt ist. Diese Norm unterscheidet sich von der DIN EN 15935:2012-11 im Wesentlichen bei den Trocknungsdauern.

Tab. 3: Klassifizierung der Kornfraktionen nach FIGGE (1981) und LAURER et al. (2014).

Mittlere Korngröße	Benennung nach FIGGE (1981)	Kürzel	Weitere Unterteilung
< 63 µm	Ton/Schluff („Schlick“)	T/U	-
63–250 µm	Feinsand	fS	63–125 µm 125–250 µm
250–500 µm	Mittelsand	mS	-
500–2.000 µm	Grobsand	gS	500–1000 µm 1000–2000 µm
2.000–16.000 µm	Kies	G	2000–4000 µm 4000–8000 µm 8000–16000 µm

2.3.4 Bestandsbewertung Sedimente

Die Bestandsbewertung zum Schutzgut Sedimente erfolgt anhand der Kriterien Seltenheit/Gefährdung, Vielfalt/Eigenart und Natürlichkeit. Die einzelnen Kriterien werden einer dreistufig skalierten Bewertung (hoch, mittel, gering) unterzogen. Die Ergebnisse der Bewertung der Einzelkriterien werden anschließend zu einem Bestandswert für das Schutzgut aggregiert. Dieser Bestandswert bringt die Bedeutung des Schutzgutes (hohe Bedeutung, mittlere Bedeutung, geringe Bedeutung) zum Ausdruck. Es werden bewusst keine Aggregationsregeln für die Aggregation der Bewertungsergebnisse der Einzelkriterien zu einem Gesamtbewertungsergebnis aufgestellt. Das Bewertungsergebnis wird nachvollziehbar verbal-argumentativ hergeleitet.

Die Bewertungskriterien definieren sich wie folgt:

Tab. 4: Bewertungskriterien zur Bestandsbewertung des Schutzgutes Sedimente (angelehnt an BSH 2019b).

Kriterium Seltenheit / Gefährdung: Flächenmäßiger Anteil der Sedimente auf dem Meeresboden und Verbreitung des morphologischen Formeninventars	
Sedimenttypen und Bodenformen kommen ausschließlich im betrachteten Gebiet vor.	hoch
Sedimenttypen und Bodenformen sind in der Deutschen Bucht (einschl. Doggerbank) verbreitet.	mittel
Sedimenttypen und Bodenformen finden sich in der gesamten Nordsee.	gering
Kriterium Vielfalt und Eigenart: Heterogenität der Sedimente auf dem Meeresboden und Ausbildung des morphologischen Formeninventars.	
Heterogene Sedimentverteilung und ausgeprägte morphologische Verhältnisse.	hoch
Heterogene Sedimentverteilung und keine ausgeprägten Bodenformen bzw. homogene Sedimentverteilung und ausgeprägte Bodenformen.	mittel
Homogene Sedimentverteilung und strukturloser Meeresboden	gering

<u>Natürlichkeit:</u> Ausmaß der anthropogenen Vorbelastung der Sedimente auf dem Meeresboden und des morphologischen Formeninventars.	
Nahezu keine Veränderung durch anthropogene Aktivitäten.	hoch
Veränderung durch anthropogene Aktivitäten ohne Verlust der ökologischen Funktion.	mittel
Veränderung durch anthropogene Aktivitäten mit Verlust der ökologischen Funktion.	gering

2.4 Untersuchung Benthos

2.4.1 Infauna

2.4.1.1 Erfassungsmethodik

Die Erfassungen der Infauna erfolgten auf der Grundlage der Vorgaben der Leistungsbeschreibung, den Vorgaben des StUK 4 und dem mit dem Auftraggeber abgestimmten Untersuchungskonzept (BIOCONSULT 2020). Sämtliche Untersuchungen konnten entsprechend der Leistungsbeschreibung, dem StUK 4 und dem Untersuchungskonzept umgesetzt werden, es gab keine Abweichungen. Hinsichtlich der Benthoserfassung (Infauna) treffen das StUK 4 und die Leistungsbeschreibung folgende Vorgaben:

- Beschreibung der Infauna in der Fläche N-6.6 und im Referenzgebiet sowie Festlegung eines geeigneten Referenzgebietes, mittel- und kleinräumige Erfassung des Status quo als Grundlage für die Beurteilung möglicher Auswirkungen von Windenergieanlagen (WEA).
- Im ersten Jahr der Basisaufnahme ist zur Beschreibung der saisonalen Gegebenheiten im Vorhabens- und Referenzgebiet im Frühjahr und Herbst zu untersuchen.
- In kleinen Gebieten (< 20 sm²) sind mind. 20 Stationen durchzuführen. In großen homogenen Gebieten ist in Absprache mit dem BSH ein Stationsabstand > 1 sm möglich.
- Es sind zwei Wochen zeitlicher Maximalabstand zwischen der Beprobung von In- und Epifauna sowie zwischen der Beprobung einer Fläche und des dazugehörigen Referenzgebietes einzuhalten.
- Die Untersuchungen müssen innerhalb folgender Zeiträume erfolgen: Frühjahr: 01.03. bis 15.05.; Herbst: 15.09. bis 15.11.
- Gerätestandard: Backengreifer (van Veen) modifiziert mit 0,1 m² Fläche, 60–80 kg, Siebdeckel und Rollenumlenkung.
- Pro Station sind 3 Parallelproben zu entnehmen.
- Gesiebt wird mit 1.000 µm Maschenweite. Bei hohem Anteil von Grob- und Mittelsanden bzw. Kies ist die Probe zunächst über das Sieb zu dekantieren, wobei mind. 5-mal gespült

werden muss. Anschließend erfolgt die Siebung portionsweise. Die Probe wird in 4 % gepuffertem Formalin fixiert.

- Die Aufarbeitung der Proben muss dokumentiert und standardisiert sein. Die Beschaffenheit des Fangerätes ist zu dokumentieren.

Gemäß den oben angeführten Vorgaben waren auf der Entwicklungsfläche N-6.6 und im gemeinsamen Referenzgebiet je Kampagne jeweils 20 Stationen mit jeweils 3 Parallelproben zu beproben, um die lokale Gemeinschaft der Infauna beschreiben zu können. Bei der Verteilung der Stationen wurde auf eine repräsentative Abdeckung der Gebiete geachtet. Wie bereits im Kapitel Sedimente (Kap. 2.3.1) ausgeführt, erfolgte die Probenahme der Kampagne Herbst 2020 im Zeitraum 14.9. bis 19.09.2020, der Kampagne Frühjahr 2021 im Zeitraum 22.03. bis 27.03.2021 und der Kampagne Herbst 2021 im Zeitraum vom 26.09. bis 30.09.2021 und am 07.10.2021 von Bord des kommerziellen Fischereifahrzeuges „Komet“ aus Accumersiel.

Eine Übersicht zum eingesetzten Schiff, den eingesetzten wissenschaftlichen Mitarbeitern, dem Probenahmegerät und den durchgeführten Arbeiten gibt Tab. 5. Das Stationsraster mit den Soll- und den Istpositionen innerhalb der Fläche N-6.6 sowie im gemeinsamen Referenzgebiet sind getrennt für die Herbstkampagne 2020 (Abb. 3), die Frühjahrskampagne 2021 (Abb. 4) und die Herbstkampagne 2021 (Abb. 5) dargestellt. Die Soll- und Istpositionen zu den Greifer-Stationen sind in Anhang 1 dargestellt (Tab. 72, Tab. 73, Tab. 76, Tab. 77, Tab. 78, Tab. 79).

Für die quantitative Untersuchung der Infauna wurde ein Van-Veen-Greifer von 0,1 m² Grundfläche mit Zusatzgewichten, Siebdeckel und Rollenumlenkung entsprechend StUK4 eingesetzt. Die Greiferprobenahme folgt einem standardisierten Ablauf: Anfahren der Soll-Position → geöffneten Greifer zum Meeresboden fieren → Greifer setzt auf Meeresboden auf, Schließmechanismus löst aus → vorsichtiges Hieven, Greifer schließt dabei und entnimmt Probe → geschlossener und gefüllter Greifer wird an Bord auf Siebtisch aufgesetzt → Sichtfenster an Greiferoberseite wird geöffnet, Befüllungsgrad des Greifers wird kontrolliert → Protokollieren der Entnahmetiefe und erste Sedimentansprache → Entnahme einer Sedimentprobe mittels Stechrohr → Öffnen und vollständiges Entleeren des Greifers → Spülung des Greiferinhaltes mit Seewasser und Siebung über einem Sieb mit 1 x 1 mm Maschenweite → Überführung des Siebrückstandes in vorbeschriftete Kunststoff-Weithalsflaschen → Fixierung der Probe mit 4 %-igem gepuffertem Formalin → Transport ins Labor für die weitere taxonomische Bearbeitung.

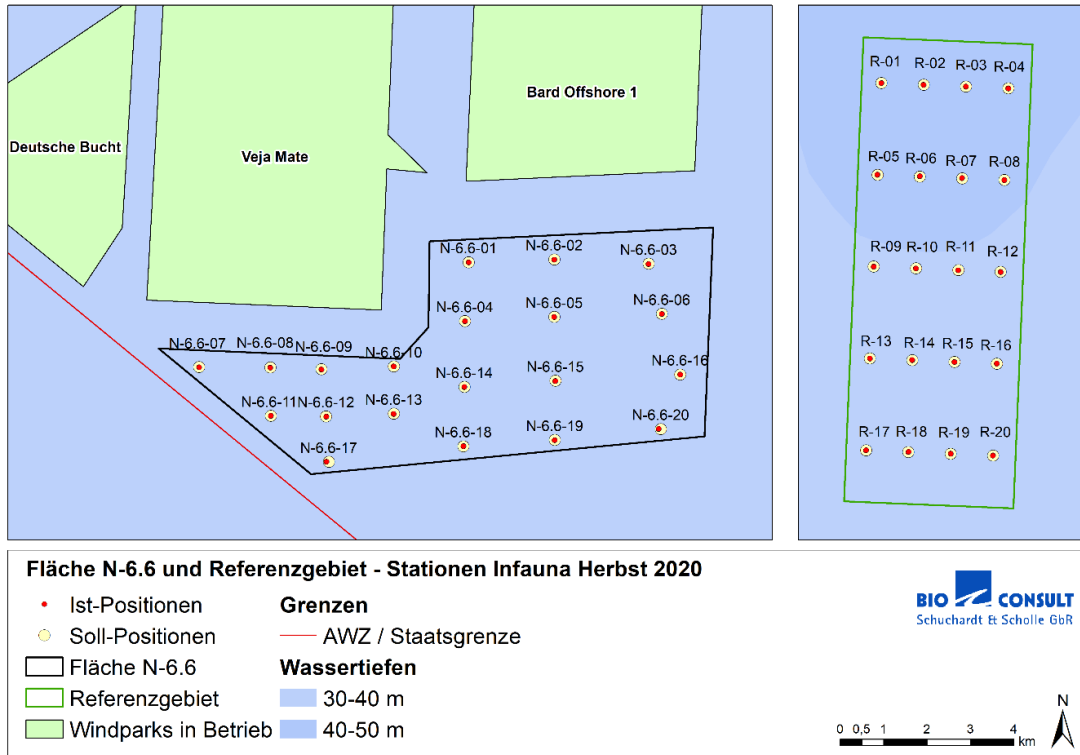


Abb. 3: Übersicht der Soll- und Istpositionen der Greifer-Stationen im Herbst 2020 in der Entwicklungsfläche N-6.6 und im Referenzgebiet.

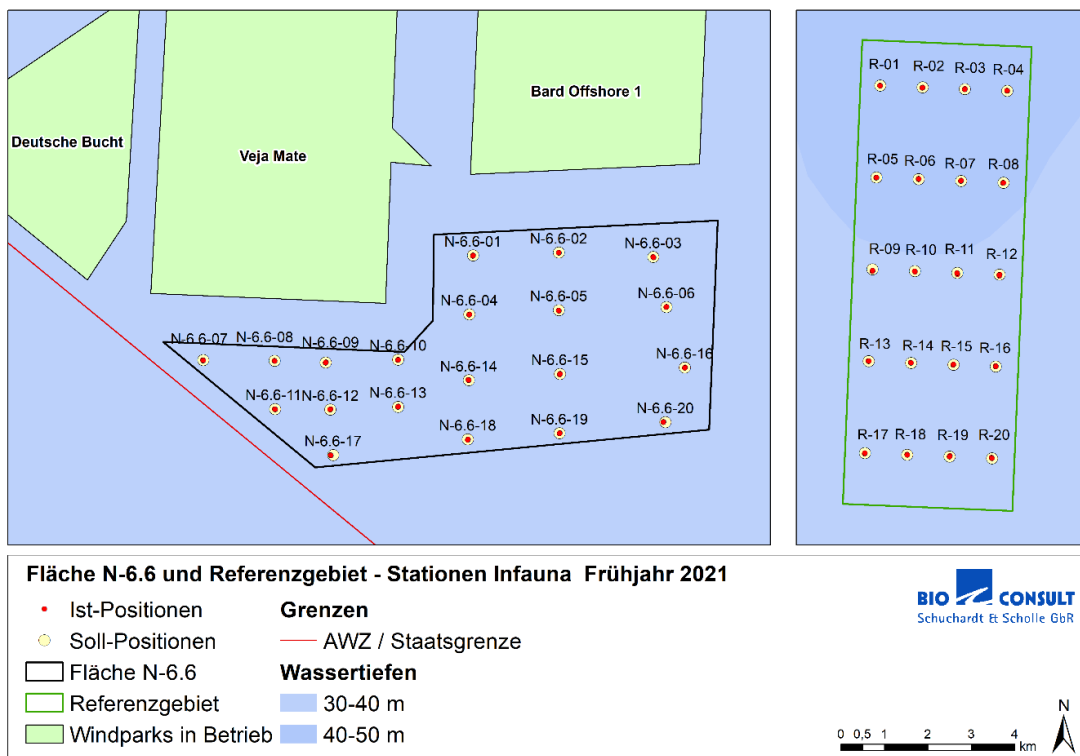


Abb. 4: Übersicht der Soll- und Istpositionen der Greifer-Stationen im Frühjahr 2021 in der Entwicklungsfläche N-6.6 und im Referenzgebiet.

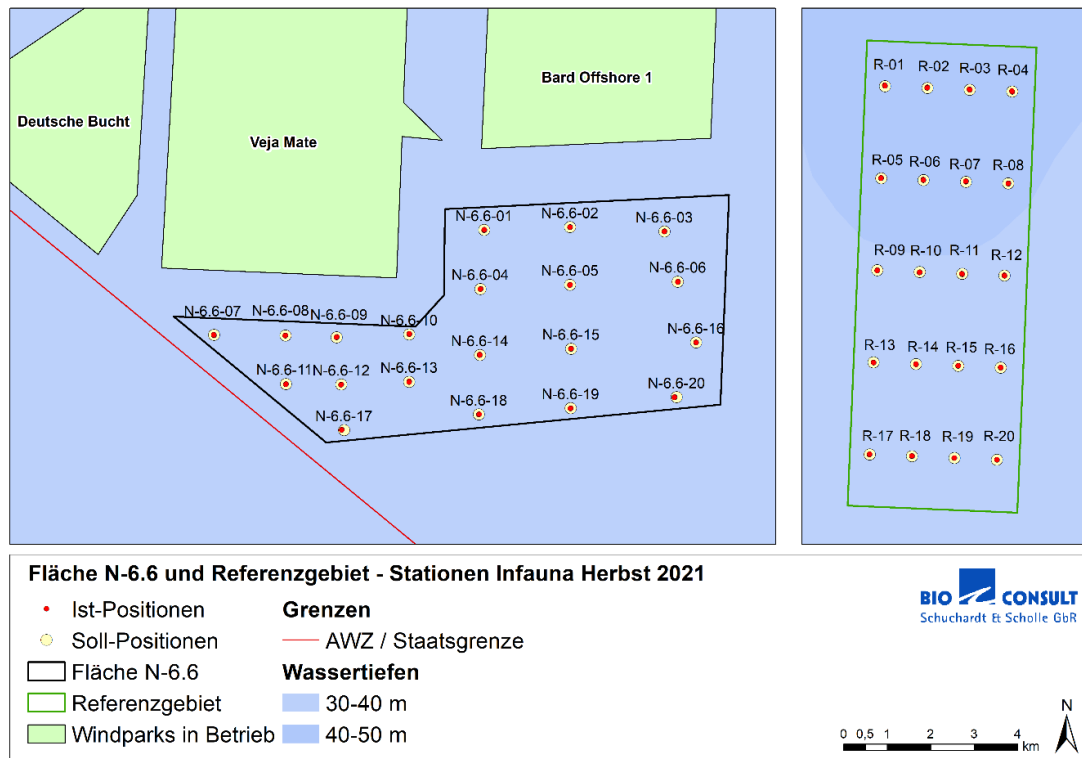


Abb. 5: Übersicht der Soll- und Istpositionen der Greifer-Stationen im Herbst 2021 in der Entwicklungsfläche N-6.6 und im Referenzgebiet.

Tab. 5: Rahmenparameter zu den Benthoskampagnen (Infauna) im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.

Schiff	Fischereifahrzeug „Komet“ Heimathafen: Accumersiel Länge: 18,79 m Maschinenleistung: 221 kW (300 PS)
ProbenehmerInnen	<u>Herbst 2020</u> Dipl.-Umweltbiologe Oliver Birnbacher (Fahrtleitung) Dipl.-Biol. Andrea Werner Theo Immen <u>Frühjahr 2021</u> Dipl.-Geogr. Peter Rückert (Fahrtleitung) Dipl.-Biol. Andrea Werner Theo Immen <u>Herbst 2021</u> Dipl.-Geogr. Peter Rückert (Fahrtleitung) Dipl.-Umweltbiologe Oliver Birnbacher Dipl.-Biol. Oliver Kroll
Zeitraum	Herbstkampagne 2020: 14.09. bis 19.09.2020 Frühjahrskampagne 2021: 22.03. bis 27.03.2021 Herbstkampagne 2021: 26.09. bis 30.09.2021 und 07.10.2021
Probenahmegerät	Van-Veen-Greifer 0,1 m ² mit Zusatzgewichten (Gesamtgewicht ca. 70 kg), Siebdeckel und Umlenkrollen
Greiferanzahl je Kampagne	20 Stationen á 3 Greifer Fläche N-6.6 (entspricht 60 Greifern) 20 Stationen á 3 Greifer Referenzgebiet (entspricht 60 Greifern) Insgesamt 120 Greifer je Kampagne

2.4.1.2 Probenaufarbeitung und taxonomische Bestimmung im Labor

Die Probenbearbeitung und die taxonomische Bestimmung im Labor erfolgten auf der Grundlage der Vorgaben der Leistungsbeschreibung und den Vorgaben des StUK 4. Abweichungen von den Vorgaben während der Probenbearbeitung und der taxonomischen Bestimmung im Labor ergaben sich nicht. Hinsichtlich der Probenbearbeitung treffen das StUK 4 und die Leistungsbeschreibung folgende Vorgaben:

- Die Aufarbeitung der Proben muss dokumentiert und standardisiert sein.
- Die Biomasse ist als Feuchtgewicht pro Art zu bestimmen.
- Die taxonomische Bestimmung muss generell bis zum Artniveau erfolgen. Ist eine Artbestimmung nicht möglich, müssen die Gründe hierfür angeführt werden.
- Es wird zum Zweck der Qualitätssicherung und Qualitätskontrolle empfohlen, eine Referenz- und Belegsammlung aller bestimmten Taxa anzulegen.

Die Probenbearbeitung folgt einem standardisierten Ablauf: Öffnung der Probengefäße unter Luftabzug → Abgießen der Fixierlösung über ein Sieb (Maschenweite 500 µm) in einen Auffangbehälter für Formalin → Entleerung der Probengefäße und gründliche und vorsichtige Spülung der Proben über o.g. Sieb mit Leitungswasser → portionsweises Überführen des Probenmaterials in mit Leitungswasser gefüllten Fotoschalen → Sortierung der Proben (Trennung von abiotischen Siebrückständen) und Überführung der Benthosorganismen in Schnappdeckelgläschen getrennt nach Großgruppen, Fixierung in 70 % Ethanol → Taxonomische Bearbeitung der vorsortierten Proben durch spezialisierte Taxonomen → Bestimmung bis zur Art (Gründe für ggf. nicht mögliche Bestimmung bis auf Artebene s. Tab. 6) mit Hilfe von aktueller Fachliteratur → Bestimmung des Feuchtgewichtes mittels Feinwaage je Taxon mit einer Genauigkeit von 0,0001 mg, Mantelhöhnenflüssigkeit der Bivalvia wurde mitgewogen → Dateneingabe → Qualitätssicherung und Abgleich der Artbenennung nach der Internetdatenbank WoRMS (World Register of Marine Species).

Die Artbestimmung folgte der Standardliteratur, aktuellen Publikationen zur Taxonomie ausgewählter Taxa sowie den Konventionen und nicht publizierten Informationen, die auf nationalen und internationalen Workshops ausgearbeitet wurden (die verwendete Bestimmungsliteratur ist im Literaturverzeichnis separat aufgeführt), z.T. wurde auf Vergleichsmaterial der BioConsult-internen Belegsammlung zurückgegriffen. Der Abgleich mit WoRMS erfolgte am 22.12.2021. Zur taxonomischen Bestimmung der Benthosorganismen wurden Stereomikroskope (OLYMPUS SX60, OLYMPUS SZX9, OLYMPUS SZX10, OLYMPUS SZH 10) mit bis zu 100-facher Vergrößerung sowie Mikroskope mit Durchsicht- und Immersionsobjektiven (OLYMPUS BX51, OLYMPUS CHK) bei 400-facher Vergrößerung eingesetzt.

Tab. 6 gibt eine Übersicht der Gründe weshalb eine Artbestimmung des Makrozoobenthos nicht in allen Fällen möglich war.

Tab. 6: Taxonomische Hinweise und Begründung für nicht auf Artebene bestimmte Individuen.

Grund	Beschreibung und Beispiel
Larvale und juvenile Stadien	Während der Dateneingabe wird dann gesondert das Lebensstadium vermerkt, wenn es sich um larvale oder juvenile Lebensstadien handelt. Bestimmungsschlüssel werden überwiegend anhand adulter Lebensstadien erarbeitet. Im Laufe der Ontogenese bilden viele Arten aber erst ihre zur Artbestimmung erforderlichen Merkmale aus. In diesen Fällen verbleibt die Bestimmungstiefe bei vielen Stämmen auf Gattungsebene und niedriger.
Fehlende Geschlechtsreife	Bei einigen Tiergruppen stellen die Fortpflanzungsorgane- bzw. -strukturen wichtige Merkmale zur Artbestimmung dar. Diese sind auch bei adulten Tieren saisonal nicht immer ausgebildet. So sind Hydrozoa in einigen Fällen nur anhand der Form der Gonotheken zu unterscheiden. Innerhalb der Syllidae (Polychaeta) findet eine sichere Bestimmung anhand der Reproduktionsorgane statt.
Unvollständige Individuen	In dieser Kategorie fehlen die für die Artbestimmung notwendigen Körperteile. Dies sind bei Crustacea (v.a. Amphipoda) z.B. Antennen oder Beine. Tief im Sediment siedelnde Organismen werden durch den Greifer z.T. geteilt, sodass auch hier relevante Merkmale fehlen (z.B. bei <i>Bivalvia</i> eine Schalenhälfte).
Hybridisierung	In dieser Kategorie können Individuen durch Hybridisierung mit den Merkmalen zweier Arten auftreten. Dies gilt z.B. für die Polychaeten-Gattungen <i>Marenzelleria</i> und <i>Lumbrineris</i> .
neue Arten	Die Kategorie beinhaltet Arten, die noch nicht beschrieben sind und daher innerhalb der taxonomischen Nomenklatur als „sp. nov.“ bezeichnet werden. Dieses trifft auf die von uns gemäß Absprache taxonomischer Workshop des Umweltbundesamts (UBA, SCHILLING & SCHÜLER 2021) als <i>Notomastus</i> sp. bezeichnete Art zu, die sich von dem weit verbreiteten <i>Notomastus latericeus</i> u.a. durch ein alveolates Muster auf der Haut der vorderen Segmente leicht unterscheiden lässt.
Nur genetisch zu bestimmen / Bestimmungsliteratur unzureichend	Anhand von genetischen Untersuchungen haben NYGREN & PLEIJEL (2011) festgestellt, dass es sich bei der in europäischen Meeresgebieten vorkommenden Polychaetenart <i>Eumida sanguinea</i> tatsächlich um einen Komplex von 10 Arten handelt. Davon lassen sich im lebenden Zustand drei anhand eines artspezifischen weißen Pigmentmusters bestimmen. Da man üblicherweise ausschließlich mit fixiertem Material arbeitet, ist eine Unterscheidung der meisten der Arten nicht möglich. Wir verwenden wie auf dem Makrozoobenthos (MZB) Workshop des UBA (SCHILLING & SCHÜLER 2021) vereinbarte Bezeichnung <i>Eumida sanguinea</i> agg.

Grund	Beschreibung und Beispiel
	<p>Aufgrund bestimmungsrelevanter Merkmale (Ausprägung der 3. Maxille) wurde die früher nach HARTMANN-SCHRÖDER (1996) von uns als <i>Lumbrineris aniara</i> bezeichnete Art nach dem neuen Schlüssel von OUG (2012) als <i>Lumbrineris cingulata</i> bezeichnet. Der Autor weist in dem Schlüssel darauf hin, dass es in der Nordsee zur Ausprägung von Individuen mit Merkmalen beider Arten kommen kann. Daher wird in diesem Bericht die Bezeichnung <i>Lumbrineris aniara / cingulata</i> verwendet.</p> <p>In dem Terebelliden-Schlüssel von JIRKOV & LEONTOVICH (2013) werden mehrere von HOLTHE (1986) vereinzelte Arten darunter <i>Ampharete lindstroemi</i>, <i>A. baltica</i> und <i>A. grubei</i> zu <i>Ampharete lindstroemi</i> agg. zusammengefasst, da aus Sicht der Autoren die Trennung in die Arten nicht gesichert war. PARAPAR et al. (2019) haben den Ampharete-Schlüssel von JIRKOV & LEONTOVICH (2013) weiterentwickelt. In diesem Schlüssel gibt es zwei Morphotypen von <i>A. lindstroemi</i>, die sich nach Aussage der Autoren nicht nur anhand morphologischer Merkmale, sondern auch anhand ihrer genetischen Eigenschaften unterscheiden. D.h. es handelt sich um zwei Arten, von denen eine bislang nur vor Island gefunden wurde. Die von PARAPAR et al. (2019) verwendete Merkmalskombination zur Trennung der beiden Morphotypen/Arten (Augen auf dem Pygid in Kombination mit langen Paleen bzw. keine Augen auf dem Pygid + kurze Paleen) passt nicht auf alle, bislang von uns in der Nordsee gefundenen „<i>Ampharete lindstroem</i>“. Es wurden auch Tiere mit Augen im Pygid +und gleichzeitig langen Paleen beobachtet. In Konsequenz davon nutzen wir den Bestimmungsschlüssel von PARAPAR et al. (2019) zur Bestimmung der unterschiedlichen Ampharete-Arten, setzen aber bei der Art „<i>Ampharete lindstroem</i>“ ein agg. dahinter, da hier die Artidentifikation nicht für alle angetroffenen Individuen gesichert ist.</p> <p>Unter der in diesem Bericht verwendeten Bezeichnung <i>Chaetozone christei</i> agg. vereinen sich sowohl die Art <i>Chaetozone christiei</i> (CHAMBERS 2000) als auch potenziell weitere Arten der Gattung, die noch nicht abschließend bearbeitet wurden (u.a. CHRISTIE 1985).</p>
Im fixierten Zustand unbestimmbar	<p>Eine Artbestimmung der Actinaria (Anthozoa) ist im fixierten Zustand kaum möglich, da die relevanten Merkmale eingezogen sind. Daher wurde in diesem Bericht durchgängig der Begriff Actinaria indet. verwendet, der aber ausschließlich Blumentiere (Actinaria) umfasst, die sich von den im Sediment lebenden Arten <i>Cerianthus lloydii</i>, <i>Edwardsia</i> spp. und <i>Peachia cylindrica</i> trennen lassen.</p> <p>→ Hinweis: Während der Probenahme wurde versucht einige Actinaria in Aquarien zu halten und sie mit Magnesiumchlorid oder Menthol zu betäuben und dann im elaxierten Zustand (Tentakeln usw. ausgestreckt) für eine Artbestimmung im Labor zu fixieren. Leider hat diese Methode -</p>

Grund	Beschreibung und Beispiel
	<p>wahrscheinlich aufgrund der Schiffsbewegung - nicht funktioniert; die Tiere blieben alle eingezogen.</p> <p>Die Bestimmung von Arten innerhalb der Nemertea ist durch die Fixierung grundsätzlich schwierig, da diagnostische Merkmale wie Augenflecken oder Pigmentmuster nicht mehr erkennbar sind. Einige charakteristische Gruppen lassen sich jedoch ohne Anfertigung eines Präparates ansprechen. In diesem Bericht wird innerhalb der Nemertea zwischen 1) <i>Tubulanus polymorphus</i>, 2) Linneidae, 3) <i>Oerstedia dorsalis</i> und 4) Nemertea indet. unterschieden.</p> <p>Platyhelminthes sind ebenfalls eine im fixierten Zustand kaum und nur sehr zeitaufwendig (Anfertigung von Schnitten) zu bestimmende Gruppe. Durch die Fixierung gehen oftmals charakteristische Farben und Muster schnell verloren. Die Individuen dieser Untersuchung wiesen keine einfach zu erkennenden Merkmale auf und wurden daher unter Platyhelminthes indet. subsummiert.</p>
Phoronida	<p>Grundsätzlich können im Gebiet zwei Arten vorkommen: <i>Phoronis mülleri</i> und <i>Phoronis pallida</i>. Eine Artbestimmung der Phoronida erfolgte für die Kampagne im Frühjahr 2021 innerhalb derer beide Arten nachgewiesen wurden, nicht jedoch für die Kampagne im Herbst 2020 bei der eine Bestimmung auf Gattungsebene erfolgte. Um beide Kampagnen vergleichen zu können, wurden alle Phoronida unter <i>Phoronis</i> spp. subsummiert.</p>

In Ergänzung zur DIN EN ISO 16665:2014 verfügt BioConsult über hausinterne Standardvorgehensweisen (Probenahme, Sortierung, Taxonomie, Biomasse), die für alle Mitarbeiter/innen bindend sind. Die taxonomische Qualitätssicherung der zehn bei BioConsult beschäftigten Taxonomen/innen findet sowohl durch selbstständige Fortbildung als auch durch die Teilnahme an nationalen Ringtests und internationalen Workshops statt.

Für kritische bzw. fragliche taxonomischen Ansprachen wird auf die Expertise anderer Fachkollegen/innen (z.B. Joanne Porter (Heriot-Watt Universität Scotland), Dieter Fiege (Senckenberg), Pat Hutchings (Australien Museum Sydney), Susan Chamber (National Museum Scotland), Adriana Giangrande (Universität Salento), Jan Beermann (Alfred-Wegener Institut)) zurückgegriffen und Material und/oder Fotos verschickt.

2.4.1.3 Auswertungsmethodik

Die Auswertung erfolgte nach den im StUK 4 (BSH 2013) aufgeführten Vorgaben zur Darstellung der Ergebnisse. Diese lauten wie folgt:

Dokumentation des Zustands und der Veränderung nach Vorhabens- und Referenzgebiet (in getrennten Kapiteln beschrieben) durch die Darstellung von:

- Gesamtindividuenzahl pro Fläche/Individuenzahl pro Art und Fläche (Artentabelle).
- Gesamtbiomasse pro Fläche/Biomasse pro Art und Fläche.
- Dominanzverhältnisse (bezogen auf Individuenzahl und Biomasse).
- Vorkommen und Verteilung von Rote-Liste-Arten.
- Diversität/Evenness zur Gemeinschaftsanalyse, Clusteranalyse bzw. multidimensionale Skalierung, univariate Analysen, Signifikanztests.
- Auswertung nach „Before-Impact-After-Control“-Design (BACI-Design) mit geeigneten statistischen Verfahren.

Abweichungen zu diesen Vorgaben gab es nicht. Da es sich um eine Basisbeschreibung handelt, findet eine Auswertung nach BACI-Design keine Anwendung. Neben der Beschreibung der Ergebnisse der einzelnen Gebiete und Untersuchungskampagnen liegt ein Hauptaugenmerk der Auswertung auf der Untersuchung saisonaler Unterschiede innerhalb eines Gebiets sowie der Untersuchung von Gebietsunterschieden.

Ermittlung der Artenzahl

Um eine realistische Einschätzung der Artenzahlen innerhalb eines Gebiets zu bekommen, erfolgte die Zählung der „Arten“ folgendermaßen: 1) jedes Taxon, das auf Artebene bestimmt wurde, wurde als „Art“ gezählt, 2) jedes Taxon, das oberhalb der Artebene (Gattung, Familie, etc.) bestimmt wurde, wurde als „Art“ gezählt, wenn ausgeschlossen werden konnte, dass durch ebenfalls in dem Gebiet vorkommende Arten oder Gattungen eine mögliche Doppelzählung erfolgt.

Beispiele: *Eteone* spp. (Bestimmung auf Gattungsebene) wurde nicht als „Art“ gezählt, wenn die Art *Eteone longa* in den Proben vorkam. Kam keine Art der Gattung vor, wurde die Gattung (*Eteone* spp.) als „Art“ gezählt. Ebenso wurde auf Familienebene Nereididae indet. nicht gezählt, wenn eine Gattung der Familie (z.B. *Eunereis* spp.) oder eine Art dieser Familie (z.B. *Eunereis longissima*) vorkam.

Die Ermittlung der Artenzahl erfolgte nach der oben beschriebenen Methode entweder auf Basis des Gesamtgebietes (gemeinsame Betrachtung aller Stationen) oder auf Basis von Stationsgruppen (getrennte Betrachtung der Artenlisten definierter Gruppen wie z.B. Teilgebieten, Clustern). Dies ermöglicht die genaue Beschreibung der Artenzahlen je nach Betrachtungsraum.

Datenauswertung

Alle faunistischen Daten der van-Veen-Greifer (Abundanz, Biomasse) wurden für die Datenauswertungen auf die Fläche von einem Quadratmeter standardisiert.

Da es sich bei den Großgruppen Hydrozoa und Bryozoa um koloniebildende Formen handelt, deren Abundanz nicht bestimmt werden kann, wurden die Arten nur mit ihrer Präsenz/Absenz erfasst und in der Artenliste mit einem „X“ gekennzeichnet. Aufgrund fehlender Individuenzahlen für diese Großgruppen, sind diese nicht in die Berechnung der Gesamtabundanzen pro Station eingegangen. Im Rahmen von Gemeinschaftsanalysen wurden die Arten jedoch berücksichtigt, um die Diversität und Gemeinschaftszusammensetzung eines Gebiets bestmöglich zu charakterisieren. Quantitativ

wurde die Präsenz dieser Arten dabei mit 1 Ind./Greifer angegeben und der entsprechende Stationsmittelwert berechnet. Die Biomasse wurde artspezifisch als Feuchtgewicht (FG; Abtupfgewicht) bestimmt, wobei die kleinste Wägeinheit 0,0001 g betrug. Für Hydrozoa und Bryozoa, die entsprechend DIN EN ISO 16665:2014 nachrichtlich erfasst werden, wurde keine Biomasse erhoben.

Zunächst wurde die mittlere Artenzahl, Abundanz und Biomasse des Makrozoobenthos pro Station ermittelt. Darüber hinaus wurde auch die Stetigkeit bzw. Präsenz jedes Taxons ermittelt. Die Stetigkeit einer Art bezeichnet den Anteil der Stationen innerhalb einer Gruppierung (z.B. Gebiet) in denen die Art gefunden wurde.

Als Diversitätsindices wurden der Shannon-Wiener-Index H' (SHANNON & WEAVER 1949) und Äquität J' (PIELOU 1966b) ermittelt. Die Diversität [H'], ein Index der Artenvielfalt und Gleichverteilung, wurde nach SHANNON & WEAVER (1949) wie folgt berechnet:

$$H' = - \sum_{i=1}^t p_i * \ln p_i \quad (t = \text{Gesamtartenzahl, } i = i\text{-te Art; } p = \text{relative Häufigkeit der } i\text{-ten Art})$$

Der Index der Gleichmäßigkeit oder Äquität gibt das Verhältnis der ermittelten Shannon-Diversität der Arten (H') zur maximal möglichen Diversität (H'_{\max}) an. Die Äquität [J'] wurde nach PIELOU (1966b) ermittelt. Äquitäts-Werte liegen zwischen 0 und 1. Ist $J' = 1$, so sind alle vorhandenen Arten in gleich hoher Individuenzahl vorhanden, die Gleichverteilung der Arten ist also maximal.

$$J' = H' / H'_{\max} \quad (H'_{\max} = \text{maximal möglicher Wert von } H')$$

Für die statistische Auswertung univariater Parameter (u.a. für den Vergleich der Kenngrößen Artenzahl, Abundanz, Biomasse, Diversität und Äquität zwischen der Entwicklungsfläche und dem Referenzgebiet) wurde bei Normalverteilung (Shapiro-Wilk-Test) und Gleichheit der Varianzen (Levene-Test) ein t-Test verwendet. Bei Nicht-Normalverteilung und/oder Ungleichheit der Varianzen wurde der Mann-Whitney-U-Test angewandt. Für alle verwendeten Tests lag eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,05$ zugrunde. Alle dargestellten Berechnungen wurden mit Hilfe des Statistik-Programmes SigmaStat 3.5 durchgeführt.

Neben den univariaten Parametern (Artenzahl, Abundanz, Biomasse, Diversität und Äquität) ermöglichen multivariate Methoden eine Untersuchung der Unterschiede zwischen Stationen und Gruppierungen unter Einbeziehung von Artenspektrum und Abundanzen. Diese Ergebnisse ermöglichen eine bessere Einordnung der Gemeinschaftsstruktur unterschiedlicher Gebiete. Die im Rahmen dieser Arbeit verwendeten multivariaten Analysen (MDS, Cluster, ANOSIM, SIMPROF und SIMPER) wurden unter Verwendung des Software-Pakets „Primer 6.1.1.2 & PERMANOVA+“ (Plymouth Marine Laboratory) berechnet.

Die multivariaten Analysen erfolgten nicht mit dem gesamten Datensatz, da das sporadische Auftreten vieler verschiedener, nicht auf Artebene bestimmter Taxa, mögliche räumliche Muster in der Arten-Abundanzstruktur maskieren. Daher wurde die Abundanz bestimmter Arten und Gattungen summiert. Die Methodik zum Zusammenlegen bestimmter Taxa ist an die beschriebene Methodik zur Bestimmung der Arten angelehnt (s.o.). Taxa der Infauna, die auf sehr hohem taxonomischem Level (Großgruppe, Phylum) bestimmt wurden und keine nennenswerten

Abundanzen aufwiesen, wurden aus dem Datensatz eliminiert. Dies war der Fall für die Taxa *Bivalvia indet.* und *Decapoda indet.*. Nicht auf Artebene bestimmte Taxa (z.B. *Pholoe* spp.) wurden mit dem niedrigeren Taxon (Art, Gattung) summiert, wenn keine weiteren Taxa auf diesem Niveau vorkamen (z.B. *Pholoe baltica+Pholoe* spp.). Konnte eine Eindeutige Zuordnung nicht erfolgen, so wurde die Abundanz der nicht auf Artebene bestimmten Taxa mit der Abundanz der im Datensatz enthaltenen Arten verglichen. Kamen die unbestimmten Taxa in deutlich geringerer Abundanz vor, so wurden sie aus dem Datensatz eliminiert. Bei erhöhten Abundanzen (>10 % der Abundanz der vorhandenen Arten) wurden die unbestimmten Taxa nicht eliminiert. Dies hat den Hintergrund, dass es sich hierbei häufig um juvenile Individuen handelt, denen gerade in Bezug auf eine Untersuchung der Saisonalität eine übergeordnete Rolle zukommen kann. Taxa die aufgrund dieser Regel nicht entfernt wurden, waren *Obelia* spp., *Eumida* spp., *Malmgrenia* spp., *Nephtys* spp., *Notomastus* spp., *Phyllodoce* spp., *Abra* spp., *Dosinia* spp., *Thracia* spp., *Liocarcinus* spp., *Nebalia* spp. und *Ophiura* spp..

Um seltene und dominante Arten bei den multivariaten Auswertungen gleichmäßiger zu gewichten, wurden die Abundanzdaten mit der vierten Wurzel transformiert. Die Ergebnisse der multivariaten Methoden basieren auf einer Ähnlichkeitsmatrix (CLARKE 1993). Als Ähnlichkeitsmaß für die Arten-Abundanzstruktur wurde die Bray-Curtis-Similarität gewählt. Basierend auf dieser Ähnlichkeitsmatrix wurde eine Clusteranalyse (mit der Methode „Group average“) durchgeführt, wodurch Gruppierungen anhand der Ähnlichkeit von Stationen bezüglich ihrer Gemeinschaftszusammensetzung identifiziert werden können. Ein mit der Clusteranalyse assoziierter SIMPROF (Similarity Profile) Test gibt zusätzlich Aufschluss über die statistische Signifikanz dieser Gruppierungen. Die Ergebnisse beider Tests werden in einem hierarchischen Dendrogramm wiedergegeben.

ANOSIM (Analysis of Similarities) testet die Nullhypothese, dass die Ähnlichkeit zwischen den a priori definierten Gruppen (hier Gebiete) größer oder gleich der Ähnlichkeit innerhalb der Gruppen ist (CLARKE 1993). Zusätzlich zur Irrtumswahrscheinlichkeit (p-Wert) wird bei ANOSIM ein R-Wert ermittelt, der Aufschluss über die Unterschiedlichkeit der Gruppen gibt: $R > 0,75$: die Gruppen lassen sich klar voneinander trennen; $R \sim 0,5$: gute Trennbarkeit der Gruppen, jedoch mit einigen Übereinstimmungen; $R < 0,25$: die Gruppen trennen sich kaum (CLARKE & WARWICK 2001).

Die Ähnlichkeit bzw. Unähnlichkeit einzelner Stationen kann mittels Multidimensionaler Skalierung (MDS) auf einer zwei-dimensionalen Ebene visuell dargestellt werden. Die Güte der MDS-Darstellung wird über den Stress-Wert angegeben (Stress < 0,05: sehr gute Darstellung mit geringer Wahrscheinlichkeit der Fehlinterpretation; Stress < 0,1: gute Ordination; Stress < 0,2: potenziell brauchbare Darstellung, die jedoch mit Vorbehalten verwendet werden sollte; Stress > 0,3: Punkte sind fast zufällig in der Darstellung verteilt). Durch eine SIMPER-Analyse wurden diejenigen Arten ermittelt, die am meisten zur Ähnlichkeit innerhalb einer Gruppe bzw. zur Unähnlichkeit zwischen Gruppen beitragen (CLARKE & WARWICK 2001).

2.4.2 Epifauna

2.4.2.1 Erfassungsmethodik

Die Erfassungen der Epifauna erfolgten auf der Grundlage der Vorgaben der Leistungsbeschreibung, den Vorgaben des StUK 4 und dem mit dem Auftraggeber abgestimmten Untersuchungskonzept (BIOCONSULT 2020). Sämtliche Untersuchungen konnten entsprechend der Leistungsbeschreibung, dem StUK 4 und dem Untersuchungskonzept umgesetzt werden, es gab keine Abweichungen. Hinsichtlich der Benthosermassung (Epifauna mit Baumkurre) treffen das StUK 4 und die Leistungsbeschreibung folgende Vorgaben:

- Beschreibung der Epifauna (Makrozoobenthos, demersale Fische³) im Vorhabens- und Referenzgebiet, mittel und kleinräumige Erfassung des Status quo als Grundlage für die Beurteilung möglicher Auswirkungen von WEA.
- Im ersten Jahr der Basisaufnahme ist zur Beschreibung der saisonalen Gegebenheiten im Vorhabens- und Referenzgebiet im Frühjahr und Herbst zu untersuchen.
- Die Anzahl der Baumkurrefänge pro Gebiet (Vorhabens-/Referenzgebiet) richtet sich nach der Anzahl der ermittelten Infauna-Stationen. Die Hälfte der Anzahl der Infauna-Stationen ist mit Baumkurrefängen zu untersuchen. Bei kleinen Gebieten (< 20 sm²) sind mind. 10 Baumkurrefänge durchzuführen.
- Es sind zwei Wochen zeitlicher Maximalabstand zwischen der Beprobung von In- und Epifauna sowie zwischen der Beprobung einer Fläche und des dazugehörigen Referenzgebietes einzuhalten.
- Die Untersuchungen müssen innerhalb folgender Zeiträume erfolgen: Frühjahr: 01.03. bis 15.05.; Herbst: 15.09. bis 15.11.
- Gerätestandard: 2 m Baumkurre (Maschenweite 1 cm). Die Schleppdauer soll 5 Min. am Grund und die Schleppgeschwindigkeit 1–3 kn betragen.
- Die Aufarbeitung der Proben muss dokumentiert und standardisiert sein. Die Beschaffenheit des Fangerätes ist zu dokumentieren.

Gemäß den oben angeführten Vorgaben waren auf der Entwicklungsfläche N-6.6 und im gemeinsamen Referenzgebiet je Kampagne jeweils 10 Hols zu entnehmen, um die lokale Gemeinschaft der Epifauna beschreiben zu können. Bei der Verteilung der Hols wurde auf eine repräsentative Abdeckung der Gebiete geachtet. Wie bereits im Kapitel Sedimente (Kap. 2.3.1) ausgeführt, erfolgte die Probenahme der Kampagne Herbst 2020 im Zeitraum 14.09. bis 19.09.2020, der Kampagne Frühjahr 2021 im Zeitraum 22.03. bis 27.03.2021 sowie der Kampagne im Herbst 2021 im Zeitraum 26.09. bis 30.09.2021 von Bord des kommerziellen Fischereifahrzeuges „Komet“ aus Accumersiel.

Die Holzverteilung innerhalb der Fläche N-6.6 sowie im gemeinsamen Referenzgebiet ist getrennt für die Herbstkampagne 2020 (Abb. 6), die Frühjahrskampagne 2021 (Abb. 7) und die Herbstkam-

³ Die mittels 2 m-Baumkurre erfasste Fischfauna wird in den Kapiteln des Schutzguts Fische beschrieben und bewertet.

pagne 2021 (Abb. 8) dargestellt. Die Soll- (Mittelpunkt des jeweiligen Hols) und Istpositionen zu den Hols mit der 2 m-Baumkurre sind in Anhang 1 dargestellt (Tab. 72, Tab. 73, Tab. 82, Tab. 83).

Für die quantitative Untersuchung der Epifauna wurde eine 2 m-Baumkurre mit 1 cm Maschenweite entsprechend StUK 4 eingesetzt. Die Probenahme mit der 2 m-Baumkurre folgt einem standardisierten Ablauf: Anfahren der Start-Position des Hols und fieren der Kurre zum Meeresgrund, notieren der Start-Koordinate → schleppen der Baumkurre mit 1–3 Knoten für 5 Minuten über den festgelegten Holmittelpunkt hinweg → Hieven der Kurre nach 5 Minuten Schleppdauer, notieren der End-Koordinate → Einholen des Netzfanges und vollständige Entleerung des Netzes an Bord → Ermittlung des Gesamtgewichtes des Hols → Sortierung des Hols nach Taxa → Artbestimmung sofern möglich (inkl. Fische) → Dokumentation von Abundanz und Bestimmung des Feuchtgewichtes → Längenmessung der Fische → Entnahme einer repräsentativen Unterprobe zur weiteren Bearbeitung im Labor, Fixierung der Unterprobe mit 4%-igem boraxgepufferten Formalin.

Ziel von Untersuchungen mit Baumkurren im Allgemeinen sind die demersale Fischfauna und die Epifauna. Untersuchungen mit der 2 m-Baumkurre sind Bestandteil des Standarduntersuchungskonzepts des BSH (StUK 4). Im StUK 4 sind technisch-methodische Aspekte der Probenahme mittels Dredge vorgegeben. Der Terminus „Epifauna“ ist im StUK 4 hingegen nicht genauer definiert. In dieser Untersuchung umfasst die als Epifauna definierte Fauna 1) alle größeren und kleineren mobilen Arten, 2) sessile Aufwuchsarten auf Schill, Steinen, Kies und auf biogenen Strukturen und 3) Arten der Infauna, die durch die Greiferproben nur unzureichend erfasst wurden.

Zu 1) gehören v.a. Krebse (Crustacea), Stachelhäuter (Echinodermata) sowie größere Schnecken (Gastropoda), aber auch kleinere Arten, die als sekundäre Hartsubstratsiedler oftmals an Hydrozoen etc. assoziiert vorkommen. Zu 2) zählen die auf geogenen (Steine, Kies) und biogenen Strukturen siedelnde Arten. Dies sind v.a. koloniebildende (modulare) Arten aus den Großgruppen Bryozoa, Hydrozoa und Porifera, aber auch kleinere (unitare) Arten. Sofern die Baumkurrehols Einsiedlerkrebse enthielten, wurden hiervon einzelne Tiere unterschiedlicher Größenklassen (klein, mittel, groß) und augenscheinlich unterschiedlichem Aufwuchs der Wohngehäuse mitgenommen. Um die in die Küstengewässer der Nordsee eingewanderte Einsiedlerkrebs-Art *Diogenes pugilator* von dem Gemeinen Einsiedlerkrebs *Pagurus bernhardus* zu unterscheiden, wurden die Krebse im Labor aus ihren Wohngehäusen gezogen und bis zur Art bestimmt. Danach wurde die auf den Wohngehäusen befindliche Epifauna bestimmt. Da ein Teil der Epifauna auch in den Wohngehäusen lebt, wurden die Gehäuse zum Schluss aufgebrochen und nach Epifauna untersucht. Zu 3) gehören die oftmals an der Sedimentoberfläche befindlichen großen Muscheln der Gattungen *Spisula* und *Mactra*, die zumindest als adulte Tiere nach bisherigen Erfahrungen in den Greiferproben oftmals nur mit wenigen Individuen auftreten während sie mit der Baumkurre regelmäßig erfasst werden.

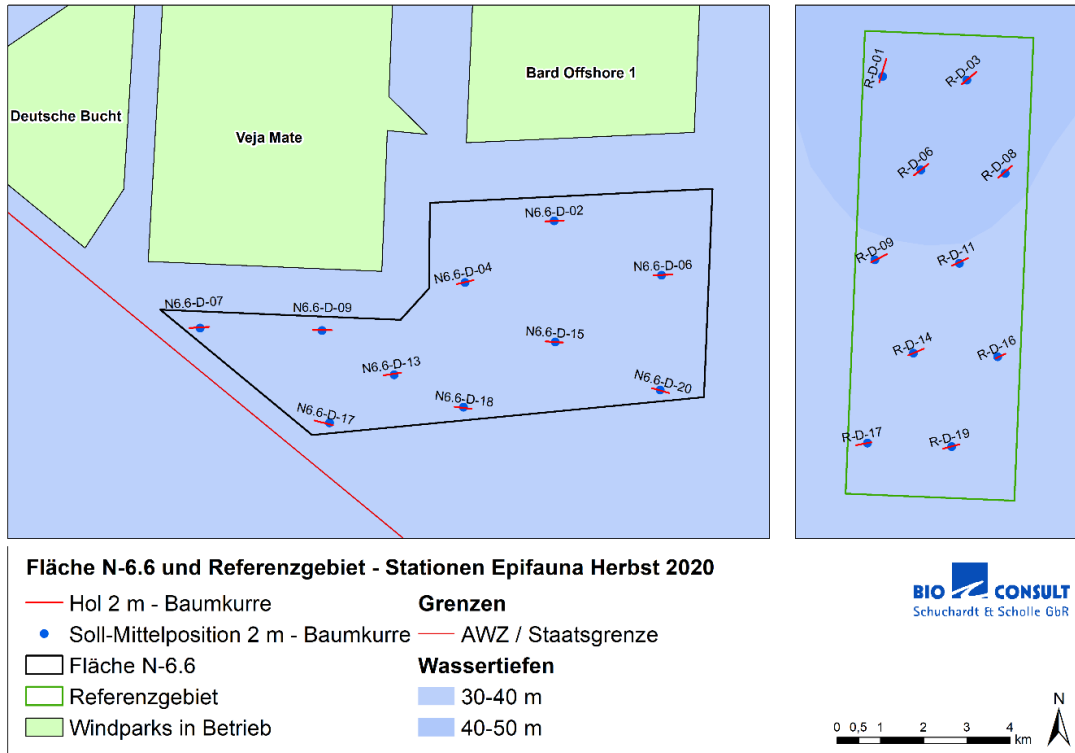


Abb. 6: Übersicht der Schlepstriche mit der 2 m-Baumkurre im Herbst 2020 in der Entwicklungsfläche N-6.6 und im Referenzgebiet.

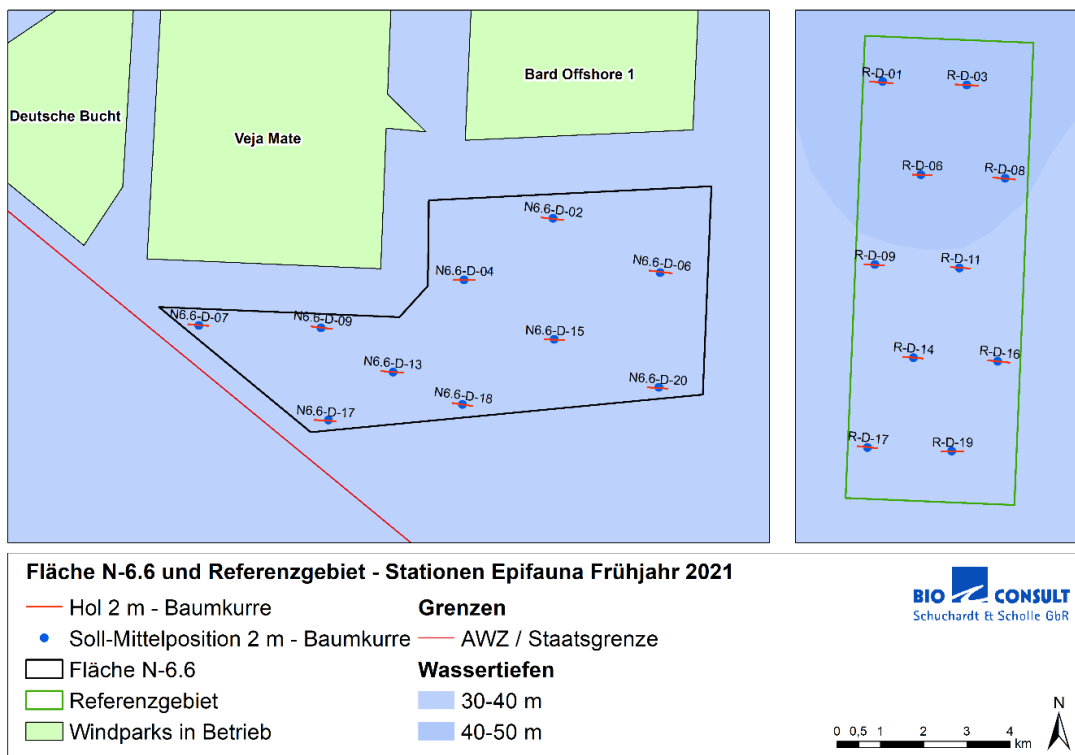


Abb. 7: Übersicht der Schlepstriche mit der 2 m-Baumkurre im Frühjahr 2021 in der Entwicklungsfläche N-6.6 und im Referenzgebiet.

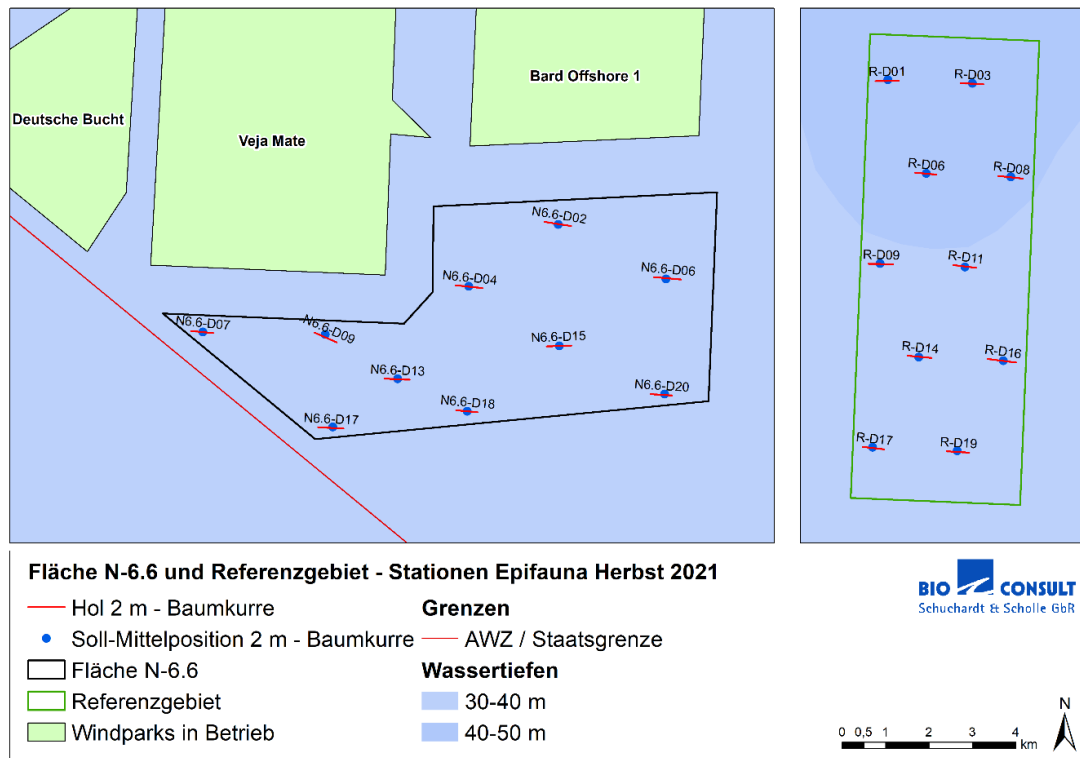


Abb. 8: Übersicht der Schlepstriche mit der 2 m-Baumkurre im Herbst 2021 in der Entwicklungsfläche N-6.6 und im Referenzgebiet.

2.4.2.2 Probenaufarbeitung und taxonomische Bestimmung im Labor

Die Probenbearbeitung und taxonomische Bestimmung der fixierten Proben im Labor erfolgte im Wesentlichen analog zur Probenbehandlung der Infauna (vgl. Kap. 2.4.1.2). Auf spezielle Aspekte (Betrachtung von Einsiedlergehäusen bzw. Aufwuchs) wurde bereits in Kap. 2.4.2.1 eingegangen.

2.4.2.3 Auswertungsmethodik

Die Auswertungsmethodik für die Epifauna entspricht weitestgehend der in Kap. 2.4.1.3 für die Infauna beschriebenen Methodik. Auf Abweichungen bzw. Besonderheiten in Bezug auf die Epifauna-Auswertung wird im Folgenden hingewiesen:

Aufgrund der in Kap. 2.4.1.1 beschriebenen Methodik zur Erfassung des gesamten Arteninventars der Epifauna, wurden nicht alle Arten quantitativ erfasst. Zu den quantitativ erfassten Arten zählen alle großen (häufig mobilen) Arten der Epifauna (v.a. Echinodermata, Crustacea, Gastropoda). Qualitativ wurden dagegen nur solche Arten erfasst, die an Einsiedlerkrebse oder Hydrozoenstöcke assoziiert vorkamen. Hiervon wurde jeweils nur eine kleinere selektiv gewählte Unterprobe mitgenommen (im Falle der Einsiedlerkrebse wurden die Gehäuse von vornherein nach augenscheinlichen Aspekten (stark bewachsen, Größe) selektiert). Diese selektive Auswahl auf die gesamte Schlepstrecke hochzurechnen, wäre nicht korrekt. Diese Arten wurden daher nur mit ihrer Präsenz vermerkt und nicht bei weiteren Auswertungen der Ergebnisse der Epifauna

berücksichtigt. Für die Darstellung des Gesamtartenspektrums und der Gesamtartenzahlen sowie der Anzahl der Rote-Liste-Arten wurden sowohl qualitativ als auch quantitativ erfasste Arten berücksichtigt (gesamtes Arteninventar der Epifauna).

Die Berechnungen der stationsbasierten Mittelwerte für die Kenngrößen Artenzahl, Abundanz, Biomasse, Diversität und Äquität sowie multivariate Analysen wurden nur auf Basis der quantitativ erfassten Epifauna-Arten durchgeführt.

2.4.3 Bestandsbewertung Benthos

Die Bestandsbewertung zum Schutzgut Benthos erfolgt anhand der Kriterien Seltenheit/Gefährdung, Vielfalt/Eigenart und Natürlichkeit. Die einzelnen Kriterien werden einer dreistufig skalierten Bewertung (hoch, mittel, gering) unterzogen. Die Ergebnisse der Bewertung der Einzelkriterien werden anschließend zu einem Bestandswert für das Schutzgut aggregiert. Dieser Bestandwert bringt die Bedeutung des Schutzgutes (hohe Bedeutung, mittlere Bedeutung, geringe Bedeutung) zum Ausdruck. Es werden bewusst keine Aggregationsregeln für die Aggregation der Bewertungsergebnisse der Einzelkriterien zu einem Gesamtbewertungsergebnis aufgestellt. Das Bewertungsergebnis wird nachvollziehbar verbal-argumentativ hergeleitet.

Die Bewertungskriterien definieren sich wie folgt:

Tab. 7: Bewertungskriterien zur Bestandsbewertung des Schutzgut Benthos (angelehnt an BSH 2019b).

<u>Kriterium Seltenheit / Gefährdung:</u> Anzahl der seltenen bzw. gefährdeten Arten anhand der nachgewiesenen Rote-Liste-Arten (Rote Liste nach RACHOR et al. (2013).	
Eine größere Zahl von Rote-Liste-Arten kommt regelmäßig, in z.T. hohen Dichten vor; bei Vorkommen von Arten der Rote Liste-Kategorien „0“ (ausgestorben/verschollen) und „1“ (vom Aussterben bedroht) auch geringe Dichten.	hoch
Eine oder mehrere Rote-Liste-Arten kommen regelmäßig in geringen bis mittleren Dichten vor, Vorkommen von Arten der Rote Liste-Kategorien „2“ (stark gefährdet) und „3“ (gefährdet)	mittel
Einzelfunde einer oder mehrerer Rote-Liste-Arten, überwiegend Kategorie „V“ (Vorwarnliste) und „R“ (extrem selten)	gering
<u>Kriterium Vielfalt und Eigenart:</u> Artenzahl und Zusammensetzung der Artengesellschaften. Es wird bewertet, inwieweit für den Lebensraum charakteristische Arten oder Lebensgemeinschaften auftreten und wie regelmäßig diese vorkommen.	
Hohe Artenzahl, hohe Individuendichte der charakteristischen Arten, Zusammensetzung und Ausprägung der vorgefundenen Benthosgemeinschaften charakteristisch für die standörtlichen Gegebenheiten	hoch
Mittlere Artenzahl, mittlere Individuendichte der charakteristischen Arten, Zusammensetzung und Ausprägung der vorgefundenen Benthosgemeinschaften in Teilen charakteristisch für die standörtlichen Gegebenheiten	mittel

Geringe Artenzahl, geringe Individuendichte der charakteristischen Arten, Zusammensetzung und Ausprägung der vorgefundenen Benthosgemeinschaften nicht oder nur sehr eingeschränkt charakteristisch für die standörtlichen Gegebenheiten	gering
<u>Natürlichkeit:</u> Für dieses Kriterium wird die Intensität der fischereilichen Nutzung, welche die wirksamste Störgröße darstellt, als Bewertungsmaßstab herangezogen. Für andere Störgrößen, wie Eutrophierung, Schiffsverkehr, Schadstoffe, etc. fehlen derzeit noch die geeigneten Mess- und Nachweismethoden, um diese in die Bewertung einbeziehen zu können (s. hierzu auch BSH 2019b, S. 34).	
Keine oder geringe Störungen durch fischereiliche Nutzung	hoch
Mittlere Störungen durch fischereiliche Nutzung (z.B. zeitlich oder räumlich begrenzt)	mittel
Deutliche Störungen durch fischereiliche Nutzung (z.B. zeitlich oder räumlich ausgeprägte Störungen)	gering

2.5 Untersuchung Fische

2.5.1 Erfassungsmethodik

Die Erfassungen der Fischfauna erfolgten auf der Grundlage der Vorgaben der Leistungsbeschreibung, den Vorgaben des StUK 4 und dem mit dem Auftraggeber abgestimmten Untersuchungskonzept (BIOCONSULT 2020). Sämtliche Untersuchungen konnten entsprechend der Leistungsbeschreibung, dem StUK 4 und dem Untersuchungskonzept umgesetzt werden, es gab keine Abweichungen. Hinsichtlich der fischfaunistischen Erfassungen treffen das StUK 4 und die Leistungsbeschreibung folgende Vorgaben:

- Beschreibung der Fischfauna im Vorhabens- und Referenzgebiet, mittel- und kleinräumige Erfassung des Status quo als Grundlage für die Beurteilung möglicher Auswirkungen von WEA.
- Im ersten Jahr der Basisaufnahme ist zur Beschreibung der saisonalen Gegebenheiten im Vorhabens- und Referenzgebiet im Frühjahr und Herbst zu untersuchen.
- In Vorhabens- und Referenzgebiet sind pro Kampagne jeweils 20 Hols pro Schiffsseite (Steuerbord, Stb / Backbord, Bb) durchzuführen.
- Die Probenahmeterminen sollen jährlich im gleichen engen Zeitfenster liegen. Der Abstand der Beprobung in Vorhabens- und Referenzgebiet darf maximal 2 Wochen betragen.
- Die Untersuchungen müssen innerhalb folgender Zeiträume erfolgen: Frühjahr: 01.04. bis 30.05.; Herbst: 15.09. bis 15.11.
- Befischungen dürfen nur von Sonnenaufgang bis -untergang durchgeführt werden.
- Gerätestandard: 7 m-Baumkurre. Die Holdauer soll 15 Minuten und die Schleppgeschwindigkeit 3–4 kn betragen.

- Die Aufarbeitung der Proben muss dokumentiert und standardisiert sein. Die Beschaffenheit des Fangerätes ist zu dokumentieren.

Gemäß den oben angeführten Vorgaben waren auf der Entwicklungsfläche N-6.6 und im gemeinsamen Referenzgebiet je Kampagne jeweils 20 Hols durchzuführen, um die lokale Gemeinschaft der Fischfauna beschreiben zu können. Bei der Verteilung der Hols wurde auf eine repräsentative Abdeckung der Gebiete geachtet. Im Rahmen der Herbstkampagne 2020 fand die Probenahme zur Erfassung der Fischfauna zwischen dem 05.11. und 11.11.2020 und im Frühjahr 2021 im Zeitraum vom 13.04. bis 19.04.2021 statt. Aufgrund von Schlechtwetter musste die Ausfahrt im Herbst 2021 unterbrochen werden. Sie fand im Zeitraum vom 02.11. bis 05.11.2021 und 09.11. bis 13.11.2021 statt. Alle Ausfahrten fanden mit dem gecharterten kommerziellen Kutter „Damkerort“ aus Büsum statt. Bei beiden Ausfahrten handelte es sich um kombinierte Ausfahrten zur Untersuchung der Entwicklungsflächen N-6.6 und N-6.7.

Eine Übersicht zum eingesetzten Schiff, den eingesetzten wissenschaftlichen Mitarbeitern, dem Probenahmegerät und den durchgeführten Arbeiten gibt Tab. 8. Das Raster der Hols mit den Soll- und den Istpositionen innerhalb der Fläche N-6.6 sowie im gemeinsamen Referenzgebiet ist getrennt für die Herbstkampagne 2020 (Abb. 9), die Frühjahrskampagne 2021 (Abb. 10) sowie für die Herbstkampagne 2021 (Abb. 11) dargestellt. Die Soll- und Istpositionen (Anfangs- und Endkoordinate) der Hols mit der 7 m-Baumkurre sind in Anhang 1 dargestellt (Tab. 74, Tab. 75, Tab. 85, Tab. 86, Tab. 87, Tab. 88).

Für die quantitative Untersuchung der Fischfauna wurde eine 7 m-Baumkurre mit 2 cm Maschenweite im Innensteert entsprechend StUK 4 eingesetzt. Die Probenahme mit der 7 m-Baumkurre folgt einem standardisierten Ablauf: Anfahren der Start-Position des Hols und Fieren der Kurren zum Meeresgrund, notieren der Start-Koordinate → schleppen der Baumkurren mit 3–4 Knoten für 15 Minuten zum festgelegten Endpunkt → Fieren der Kurren nach 15 Minuten Schleppdauer, notieren der End-Koordinate → Einholen der Netzfänge und vollständige Entleerung der Netze an Bord → Sortierung des Hols auf Artniveau → sofern Artbestimmung nicht möglich, Mitnahme von Fischen zur weiteren Artbestimmung im Labor (u.a. für den „*Pomatoschistus*-Komplex“ (Grundeln), Fixierung mit 4%-igem boraxgepuffertem Formalin → Dokumentation von Abundanz und Bestimmung des Feuchtgewichtes nach Art → Längenmessung der Fische.

Die Fischlänge wurde als Totallänge (TL), gemessen von der Schnauzenspitze bis zum längsten Schwanzflossenstrahl, auf 1 cm genau angegeben. Clupeiden, wie z.B. Hering und Sprotte, wurden auf 0,5 cm genau gemessen.

Sehr große Fänge werden mit Hilfe systematisch abgetrennter Unterproben quantifiziert: Von Arten, von denen mehr als 150 Exemplare im Gesamtfang vertreten sind, werden aus dem gut durchmischten Gesamtfang repräsentative Unterproben, mindestens jedoch 150 Exemplare entnommen, gezählt, einzeln gemessen und zusammen gewogen. Abundanz und Biomasse der Unterprobe werden auf den Gesamtfang hochgerechnet. Stellt sich während der Erstellung der Längenmessreihen heraus, dass infolge einer sehr heterogenen Längenverteilung mehr als 150 Messungen erforderlich sind, wurde die Anzahl der Messungen entsprechend erhöht. Entsprechend ist bei Arten mit sehr homogener Längenverteilung (als Richtgröße: Variabilität +/- 20 % der mittleren Länge; Bsp.: mittlere Länge=12 cm, 20 %=2,4 cm, Schwankungsbreite: 9,6–14,4 cm) ein Unterprobenumfang von 75 Tieren repräsentativ und somit ausreichend.

Abweichend vom StUK 4 wurde vom Auftraggeber festgelegt, dass alle Elasmobranchier (Haie und Rochen) nach Geschlechtern getrennt gemessen und gewogen werden.

Die Artbestimmung aller gefangener Fische erfolgte mit Hilfe des von MUUS & NIELSEN (1999) veröffentlichten Standardwerkes zur Bestimmung von Meeresfischen Europas in Nordsee, Ostsee und Atlantik bzw. dem "Identification Guide to the Inshore Fish of the British Isles" von HENDERSON (2014) und dem „Key to the Marine and Freshwater Fishes of Britain and Ireland“ von MAITLAND & HERDSON (2008) sowie weiterführender Bestimmungsliteratur. Für die Bestimmung der Grundeln im Labor anhand der Porenreihen auf dem Kiemendeckel wurde u.a. spezielle Literatur herangezogen: KNEBELSBERGER & THIEL 2014, HAMERLYNCK 1990 und MILLER 1986.

Die wissenschaftlichen bzw. die deutschen Bezeichnungen der Arten richteten sich dabei nach der Fishbase-Datenbank (FROESE & PAULY 2019) sowie nach MUUS & NIELSEN (1999).

Zur Erweiterung, des mit der 7 m-Baumkurre ermittelten Datensatzes, wurden die Beifänge aus den 2 m-Baumkurrenhols zur Untersuchung der Epifauna (siehe Kap. 2.4.2) berücksichtigt. Die Ergebnisse der 2 m-Baumkurrenfänge wurden jedoch nur für die Darstellung des Artenspektrums herangezogen. Der Beifang wirbelloser Organismen wurde protokolliert und semiquantitativ erfasst. Von jedem Hol wurde das Gewicht des Beifanges sowie der jeweilige prozentuale Anteil der Benthosarten an dem Gesamtbeifang geschätzt.

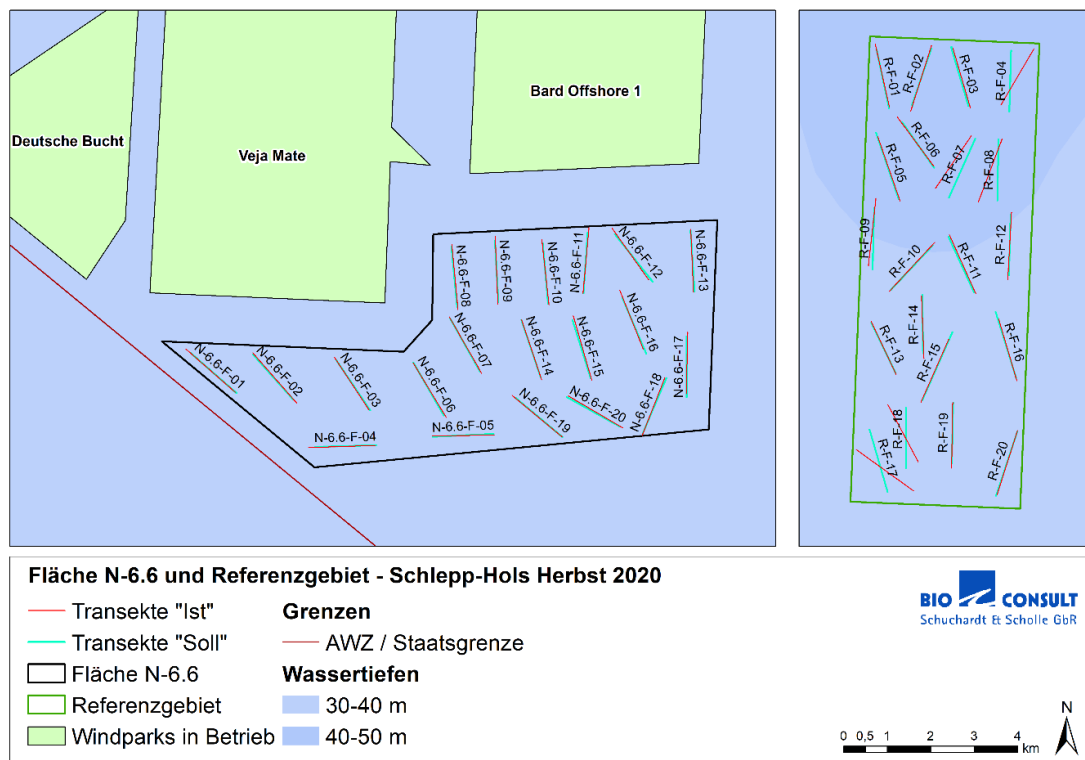


Abb. 9: Übersicht der Schleppstriche mit der 7 m-Baumkurre im Herbst 2020 in der Entwicklungsfläche N-6.6 und im Referenzgebiet.

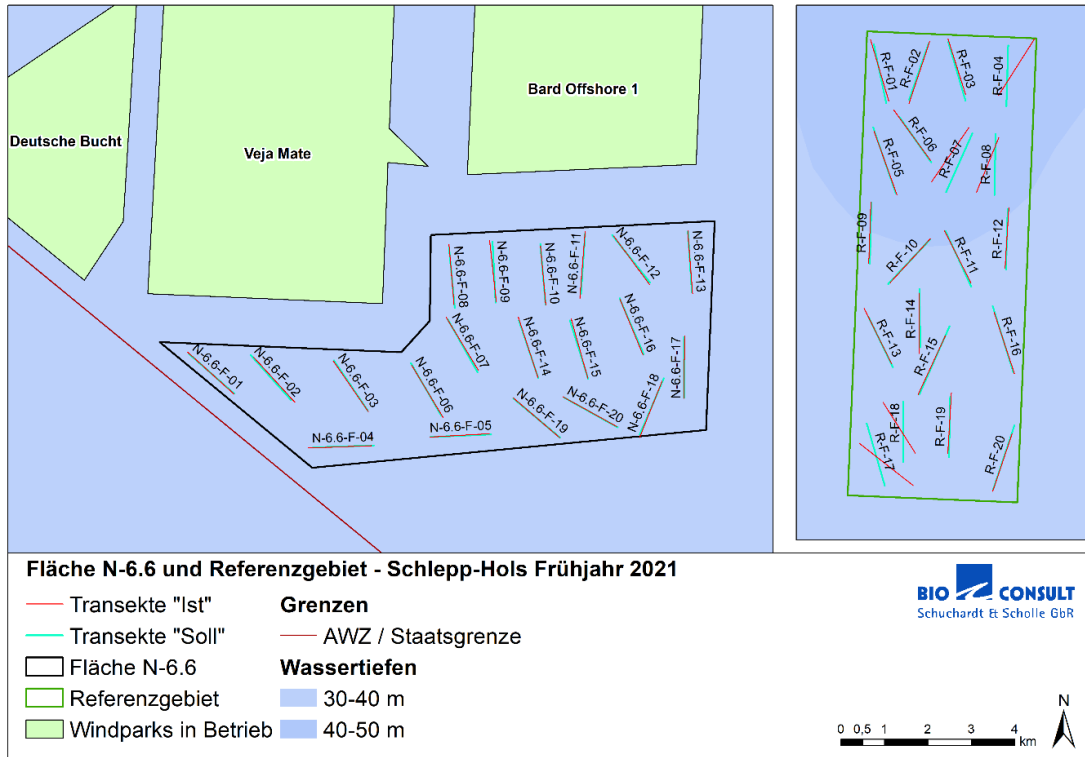


Abb. 10: Übersicht der Schleppstriche mit der 7 m-Baumkurre im Frühjahr 2021 in der Entwicklungsfläche N-6.6 und im Referenzgebiet.

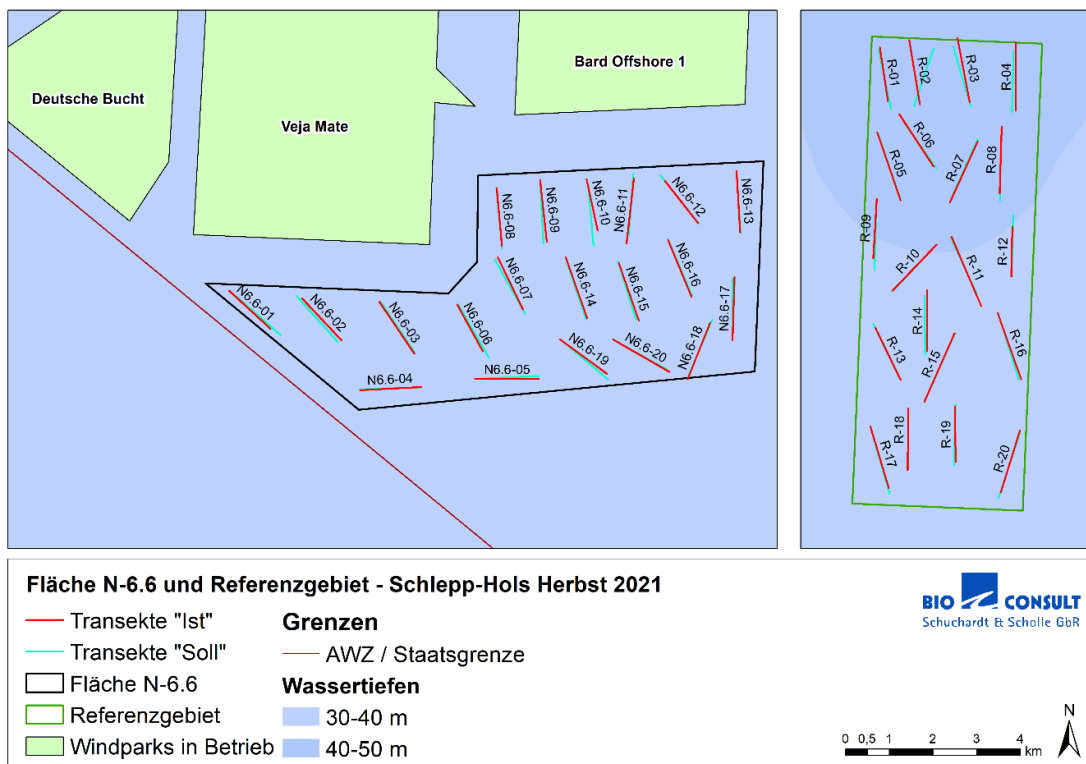


Abb. 11: Übersicht der Schleppstriche mit der 7 m-Baumkurre im Herbst 2021 in der Entwicklungsfläche N-6.6 und im Referenzgebiet.

Tab. 8: Rahmenparameter zu den Fischkampagnen im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.
*: Stb = Steuerbord, Bb = Backbord

Schiff	Fischereifahrzeug „Damkerort“ Heimathafen: Büsum Länge: 22,45 Maschinenleistung: 221 kW (300 PS)
ProbenehmerInnen	<u>Herbst 2020</u> Dipl.-Geogr. Peter Rückert (Fahrtleiter) Dr. Sabine Schüchel Dr. Lisa Mevenkamp <u>Frühjahr 2021</u> Dipl.-Geogr. Peter Rückert (Fahrtleiter) Dr. Sabine Schüchel Dr. Andreas Dänhardt (BSH) <u>Herbst 2021</u> Dipl.-Geogr. Peter Rückert (Fahrtleitung) Dr. Lisa Mevenkamp Dr. Sabine Schüchel (Fahrtleitung) M. Sc. Mike Martens
Zeitraum	Herbstkampagne 2020: 05.11. bis 11.11.2020 Frühjahrskampagne 2021: 13.04. bis 19.04.2021 Herbstkampagne 2021: 02.11. bis 05.11. und 09.11. bis 13.11.2021
Fanggeräte und -netze	7 m-Baumkurren Kommerzielle Schollengeschirre Umfang der Netze: ca. 14,9 m Maschenöffnung im Innensteert: 20 mm Netzöffnungen: 7 m
Holdauer/Schleppgeschw.	15 Minuten/3–4 kn
Holanzahl je Kampagne	20 Hols Fläche N-6.6 20 Hols Referenzgebiet
Anzahl Netzfänge (SB/BB*) je Kampagne	40 Fänge Fläche N-6.6 (20 Stb, 20 Bb) 40 Fänge Referenzgebiet (20 Stb, 20 Bb)

2.5.2 Auswertungsmethodik

Die Fischdaten wurden in einem vom BSH vorgegebenen Datenblatt (Excel) abgelegt. Die allgemeine Auswertung erfolgte unter Verwendung des Tabellenkalkulationsprogramms Excel (Version 2010). Analytische Statistiken (uni- und multivariat) wurden mit der Software SigmaPlot 10.0 sowie der Software Primer & PERMANOVA⁺ (Version 6.1.12) durchgeführt und graphisch veranschaulicht.

Im Vorfeld sämtlicher statistischer Analysen wurde überprüft, ob sich die Fängigkeit der zwei zur Beprobung eingesetzten Baumkurren (Backbord- und Steuerbordkurre) unterschieden hat. Als Datengrundlage dienten hierbei die für jeden Hol ermittelten Werte der jeweiligen Kenngröße (Gesamtartabundanz, Gesamtbiomasse, Artenzahl, Diversität und Äquität). Da bei den getesteten Kenngrößen keine signifikanten Unterschiede auftraten, wurde die Fängigkeit der zwei eingesetzten Baumkurren als gleich angesehen und auf eine getrennte statistische Auswertung und graphische

Darstellung der mit den zwei Baumkurren erhobenen Datensätzen verzichtet. Eine Ausnahme bildet die Darstellung der Dominanz auf der Basis der Häufigkeiten und der Biomasse. Hier werden durch eine graphische Darstellung die Unterschiede deutlich, die sich durch die Fangzufälligkeit der beiden Netzseiten bedingen.

Alle statistischen Auswertungen und Analysen beruhen auf der Grundlage der 40 Einzelhol.

Für die statistische Auswertung univariater Parameter (u.a. für den Vergleich der Kenngrößen zwischen der Entwicklungsfläche und dem Referenzgebiet) wurde bei Normalverteilung (Shapiro-Wilk-Test) und Gleichheit der Varianzen (Levene-Test) ein t-Test verwendet. Bei Nicht-Normalverteilung und/oder Ungleichheit der Varianzen wurde der Mann-Whitney-U-Test angewandt. Für alle verwendeten Tests lag eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,05$ zugrunde. Alle dargestellten Berechnungen wurden mit Hilfe des Statistik-Programmes SigmaPlot 10.0 durchgeführt.

Die Fänge wurden standardisiert und auf die Flächeneinheit von einem Hektar [ha] hochgerechnet. Die Ermittlung der pro Hol befischten Fläche erfolgte aus dem Produkt von Netzöffnung (7 m) und Länge der Schleppstrecke.

Um die Fischgemeinschaft beschreiben zu können, wurden ökologische Charakteristika wie das Artenspektrum, die Gesamtartenzahl, die mittlere Artenzahl, die Gesamtabundanz (Ind./ha) und die Gesamtbiomasse (kg/ha) bestimmt sowie die artspezifische Abundanz/Biomasse und die Dominanzstruktur dargestellt. Pelagische Arten (z.B. Hering, Sprotte), die in den Baumkurrenfängen eher zufällig auftreten, wurden nur für das Artenspektrum und die Präsenz berücksichtigt. Bei allen anderen Auswertungsschritten wird auf die benthischen und demersalen Fischarten sowie die benthopelagischen Sandaale fokussiert.

Es erfolgte die Erstellung einer Artenliste sowie die Berechnung der Präsenz aller erfassten Arten. Als Präsenz wird im Folgenden die relative Häufigkeit des Auftretens einer Art in der Gesamtanzahl der Fänge bezeichnet. Des Weiteren wurde die Gesamtindividuenzahl pro Fläche, die Individuenzahl pro Art und Fläche, die absoluten Individuenzahlen sowie die Gesamtbiomasse pro Fläche und die Biomasse pro Art und Fläche beschrieben. Zudem wurden die Dominanzen der Arten auf der Basis ihrer Häufigkeits- und Gewichtsanteile ermittelt. Bei den Häufigkeitsanteilen wurden alle Arten mit Anteilen an der Zusammensetzung der Fischfauna von unter 2 % in die Gruppe „Sonstige“ zusammengefasst. Bei den Gewichtsanteilen wurden alle Arten mit Anteilen an der Zusammensetzung der Fischfauna von weniger als 2 % zu "Sonstige" zusammengefasst. Bei eudominanten Arten handelt es sich um Arten, die einen Anteil an der Zusammensetzung der Fischfauna von > 30 % erreichen, dominante Arten erreichen einen Anteil von 10–30 %. Einen subdominanten Status erreichen Arten bei einem Anteil von 3–10 % (STÖCKER & BERGMANN 1977).

Des Weiteren wurden für jedes Gebiet die sogenannten Charakterarten ermittelt. Als Charakterarten der Fischgemeinschaft wurden diejenigen Fischarten definiert, welche zusammen 90 % der gefangenen Individuen ausmachten. Sie waren die häufigsten Arten der Fischgemeinschaft und wurden daher bei der Datenanalyse und der weiteren Ergebnisdarstellung besonders berücksichtigt.

Die Diversität [H'], ein Index der Artenvielfalt, wurde nach SHANNON & WEAVER (1949) berechnet. Sie wird bestimmt durch Artenzahl und Dominanzstrukturen.

$$H' = - \sum_{i=1}^t p_i \times \ln p_i \quad (t = \text{Gesamtartenzahl}; i = i\text{-te Art}; p_i = \text{relative Häufigkeit der } i\text{-ten Art})$$

Der Index der Gleichmäßigkeit oder Äquität gibt das Verhältnis der ermittelten Diversität der Arten (H') zur maximal möglichen Diversität an. Die Äquität [J'] wurde nach PIELOU (1966) ermittelt. Äquitäts-Werte liegen zwischen 0 und 1. Ist $J' = 1$, so sind alle vorhandenen Arten in gleich hoher Individuenzahl vorhanden.

$$J' = H' / H_{\max} \quad (H'_{\max} = \text{maximal möglicher Wert von } H')$$

Auf der Basis der quantitativen Artenzusammensetzung wurde eine Ähnlichkeitsmatrix berechnet. Dazu wurden die Abundanzen 2. Wurzel transformiert ($\sqrt{2}$) und der Bray-Curtis Koeffizient berechnet (CLARKE & WARWICK 1994). Die 2. Wurzel Transformation wurde durchgeführt, um den Einfluss sehr abundanter Arten auf die Berechnung zu verringern. Die Ergebnisse der Matrix wurden in einem MDS-Plot (Multi-Dimensional-Scaling) dargestellt (CLARKE & WARWICK 2001), wobei ein Raum mit zwei Dimensionen verwendet wurde. Je näher zwei Hols beisammen liegen, desto ähnlicher ist die quantitative Artenzusammensetzung. Die Güte der Darstellung wird über den Stress-Wert angegeben (Stress < 0,05: sehr gute Darstellung ohne Möglichkeit der Fehlinterpretation; Stress < 0,1: gute Ordination; Stress < 0,2: potenziell brauchbare Darstellung, die jedoch mit Vorbehalten verwendet werden sollte; Stress > 0,3: Hols sind fast zufällig in der Darstellung verteilt). Unterschiede in den Fischgemeinschaften zwischen den o.g. Jahren wurden zusätzlich durch eine ANOSIM (Analysis of Similarities) überprüft. ANOSIM testet die Nullhypothese, dass kein Unterschied zwischen a priori definierten Gruppen (hier Gebiete) besteht. Zusätzlich zu dem p-Wert wird in diesem Verfahren ein R-Wert ermittelt, der Aufschluss über die Unterschiedlichkeit der Gruppen gibt (R > 0,75: die Gruppen lassen sich klar voneinander trennen; R ≈ 0,5: noch gute Trennbarkeit der Gruppen, jedoch mit Übereinstimmungen; R < 0,25: die Gruppen trennen sich kaum) (CLARKE & WARWICK 2001, ANDERSON & WALSH 2013). Durch eine anschließende SIMPER-Analyse wurden diejenigen Arten ermittelt, die am meisten für die Ähnlichkeit innerhalb einer Gruppe (eines Jahres) verantwortlich sind, (Charakterarten) (CLARKE & WARWICK 2001). Als Signifikanzlevel wurde ein Wert von p < 0,05 gewählt.

2.5.3 Bestandsbewertung

Die Bestandsbewertung zum Schutzgut Fische erfolgt, analog zum Schutzgut Benthos, anhand der Kriterien Seltenheit/Gefährdung, Vielfalt/Eigenart und Natürlichkeit. Die einzelnen Kriterien werden einer dreistufig skalierten Bewertung (hoch, mittel, gering) unterzogen. Die Ergebnisse der Bewertung der Einzelkriterien werden anschließend zu einem Bestandswert für das Schutzgut aggregiert. Dieser Bestandswert bringt die Bedeutung des Schutzgutes (hohe Bedeutung, mittlere Bedeutung, geringe Bedeutung) zum Ausdruck. Es werden bewusst keine Aggregationsregeln für die Aggregation der Bewertungsergebnisse der Einzelkriterien zu einem Gesamtbewertungsergebnis aufgestellt. Das Bewertungsergebnis wird nachvollziehbar verbal-argumentativ hergeleitet.

Die Bewertungskriterien definieren sich wie folgt:

Tab. 9: Bewertungskriterien zur Bestandsbewertung des Schutzgut Fische (angelehnt an BSH 2019b).

Kriterium Seltenheit / Gefährdung: Anteil von Arten, die lt. der aktuellen Roten Liste Meeresfische (THIEL et al. 2013) als gefährdet gelten und Rote-Liste-Kategorien zugeordnet wurden.	
Eine größere Zahl von Rote-Liste-Arten kommt regelmäßig, in z.T. hohen Dichten vor; bei Vorkommen von Arten der Rote Liste-Kategorien „0“ (ausgestorben/verschollen) und „1“ (vom Aussterben bedroht) auch geringe Dichten, regelmäßiges Vorkommen von FFH-Anhang II Arten	hoch
Eine oder mehrere Rote-Liste-Arten kommen regelmäßig in geringen bis mittleren Dichten vor, Vorkommen von Arten der Rote Liste-Kategorien „2“ (stark gefährdet) und „3“ (gefährdet)	Mittel
Einzelfunde einer oder mehrerer Rote-Liste-Arten, überwiegend Kategorie „V“ (Vorwarnliste), „R“ (extrem selten) und „D“ (Datenlage unzureichend), größerer Teil des vorgefundenen Artenspektrums ungefährdet.	gering
Kriterium Vielfalt und Eigenart: Die Vielfalt der Fischgemeinschaft wird durch die Artenzahl beschrieben. Für die Beurteilung der Eigenart einer Fischgemeinschaft, d.h. wie regelmäßig lebensraumtypische Arten auftreten, wird die Artzusammensetzung herangezogen.	
Hohe Anzahl regelmäßig auftretender Arten bzw. die dem Lebensraum entsprechenden Artengemeinschaften werden stetig mit typischen Dichten festgestellt.	hoch
Mittlere Anzahl regelmäßig auftretender Arten bzw. die dem Lebensraum entsprechenden Artengemeinschaften kommen in untypisch geringen Dichten oder Häufigkeiten vor.	mittel
Geringe Anzahl regelmäßig vorkommender Arten.	gering
Natürlichkeit: Die Natürlichkeit einer Fischgemeinschaft wird als die Abwesenheit anthropogener Einflüsse definiert. Durch die Entnahme der Zielarten und des Beifangs sowie der Beeinträchtigung des Meeresbodens im Falle grundberührender Fangmethoden wird die Fischerei als die wirksamste Störung der Fischgemeinschaft betrachtet und dient daher als Maß für die Natürlichkeit der Fischgemeinschaften.	
Keine oder geringe Störungen durch fischereiliche Nutzung	hoch
Mittlere Störungen durch fischereiliche Nutzung (z.B. zeitlich oder räumlich begrenzt)	mittel
Deutliche Störungen durch fischereiliche Nutzung (z.B. zeitlich oder räumlich ausgeprägte Störungen)	gering

2.6 Untersuchung Biototypen

Die Entwicklungsfläche N-6.6 ist durch eine homogene Habitatstruktur gekennzeichnet (z.B. LAURER et al. 2014). Die Baugrundvorerkundungen des BSH mittels flächendeckender Untersuchungen mit Seitensichtsonar und Fächerecholot ergaben keine Verdachtsfälle gesetzlich geschützter Biotope. Der Biototyp wird anhand der Ergebnisse der Sedimentuntersuchungen und der vorgefundenen Fauna-Gemeinschaften in dem Gebiet beschrieben (nach FINCK et al. 2017).

3. Schutzgutbezogene Beschreibung des derzeitigen Umweltzustandes

3.1 Beurteilung der Datenbasis

Im Rahmen der Untersuchungen bzw. der Zusammenstellung der Angaben traten keine Schwierigkeiten auf. Die Untersuchungen zu den Schutzgütern Makrozoobenthos und Fische wurden entsprechend den Vorgaben des StUK 4 (BSH 2013) und der Leistungsbeschreibung durchgeführt. Es kamen die im StUK vorgegebenen Probenahmegeräte zum Einsatz, so dass keine technischen Lücken bestehen. Da es sich bei den Untersuchungen um langjährig etablierte und standardisierte Untersuchungsmethodiken handelt, sind auch keine Erkenntnislücken zu besorgen.

3.1.1 Sedimente

Für die Charakterisierung der Sedimente liegen die Ergebnisse aus 60 Korngrößenanalysen und Glühverlustermittlungen je Kampagne und Gebiet vor. Neben diesen aktuellen Ergebnissen stehen Ergebnisse aus älteren Untersuchungen für die Fläche N-6.6 zur Verfügung. In den Jahren 2008 und 2009 wurden im Zuge von Windparkplanungen bereits Untersuchungen nach dem damals gültigen StUK 3 durchgeführt. Die Ergebnisse sind in PGU (2012) veröffentlicht und können zur Einordnung der eigenen Erfassungsergebnisse genutzt werden.

Darüber hinaus erfolgten aktuelle Untersuchungen in den nördlich angrenzenden OWP- Vorhaben- gebieten „Deutsche Bucht“, „Veja Mate“ und „Bard Offshore 1“ im Rahmen der Aktualisierung der jeweiligen Basisuntersuchungen bzw. zum Bau- und Betriebsmonitoring (PGU 2017, 2018). Auch diese Daten können für die Einordnung der Untersuchungsergebnisse hinzugezogen werden.

Die Datenbasis zur Charakterisierung des Schutzgutes Sedimente in der Fläche N-6.6 ist gut.

3.1.2 Benthos (In- und Epifauna)

Für die Entwicklungsfläche N-6.6 und das dazugehörige Referenzgebiet liegen aktuelle, StUK- konforme benthosbiologische Untersuchungen vor. Im Herbst 2020, im Frühjahr 2021 sowie im Herbst 2021 wurden mittels van-Veen-Greifer an 20 Stationen in der Fläche N-6.6 und an 20 Stationen im Referenzgebiet jeweils 3 Infaunaprobe n pro Station mittels van-Veen-Greifer entnommen. Mit je 10 Hols je Kampagne in Fläche N-6.6 und im Referenzgebiet wurde ergänzend mit der 2 m-Baumkurre die Epifauna untersucht. Somit stehen die Ergebnisse von 120 Infauna- und 20 Epifaunaprobe n je Kampagne zur Verfügung.

Neben den aktuellen Basiserfassungen stehen Ergebnisse aus älteren Untersuchungen für die Fläche N-6.6 zur Verfügung. In den Jahren 2008 und 2009 wurden im Zuge von Windparkplanungen bereits Untersuchungen nach dem damals gültigen StUK 3 durchgeführt. Die Ergebnisse sind

in PGU (2012) veröffentlicht und können zur Einordnung der eigenen Erfassungsergebnisse genutzt werden.

Darüber hinaus erfolgten aktuelle Untersuchungen in den nördlich angrenzenden OWP- Vorhabengebieten „Deutsche Bucht“, „Veja Mate“ und „Bard Offshore 1“ im Rahmen der Aktualisierung der jeweiligen Basisuntersuchungen bzw. zum Bau- und Betriebsmonitoring (PGU 2017, 2018). Auch diese Daten können für die Einordnung der Untersuchungsergebnisse hinzugezogen werden.

Die Datenbasis zur Charakterisierung des Schutzgutes Makrozoobenthos in der Fläche N-6.6 ist gut.

3.1.3 Fische

Für die Entwicklungsfläche N-6.6 und das dazugehörige Referenzgebiet liegen aktuelle, StUK-konforme fischfaunistische Untersuchungen vor. Im Herbst 2020, im Frühjahr 2021 und im Herbst 2021 wurden mit der 7 m-Baumkurre je 20 Hols (40 Fänge, da Steuerbord- und Backbordseite getrennt voneinander erfasst wurden) in der Fläche N-6.6 und im Referenzgebiet durchgeführt. Somit stehen die Ergebnisse aus 40 Hols bzw. 80 Fängen je Kampagne zur Verfügung.

Neben den aktuellen Basiserfassungen stehen Ergebnisse aus älteren Untersuchungen für die Fläche N-6.6 zur Verfügung. In den Jahren 2008 und 2009 wurde im Zuge von Windparkplanungen bereits Untersuchungen nach dem damals gültigen StUK 3 durchgeführt. Die Ergebnisse sind in PGU (2012) veröffentlicht und können zur Einordnung der eigenen Erfassungsergebnisse genutzt werden.

Darüber hinaus erfolgten aktuelle Untersuchungen in den nördlich angrenzenden OWP-Vorhabengebieten „Deutsche Bucht“, „Veja Mate“ und „Bard Offshore 1“ im Rahmen der Aktualisierung der jeweiligen Basisuntersuchungen bzw. zum Bau- und Betriebsmonitoring (PGU 2017, 2018). Auch diese Daten können für die Einordnung der Untersuchungsergebnisse hinzugezogen werden.

Die Datenbasis zur Charakterisierung des Schutzgutes Fische in der Fläche N-6.6 ist gut.

3.1.4 Biotoptypen

Auf der Fläche N-6.6 wurden im Rahmen der Baugrundvorerkundung des BSH flächendeckende Aufnahmen u.a. mittels Seitensichtsonar und Fächerecholot durchgeführt und videogestützt validiert. Im Referenzgebiet wurden keine gezielten biotopbezogenen Untersuchungen (Seitensichtsonar, Videountersuchungen) durchgeführt (VBW 2021). Die Biotoptypen lassen sich darüber hinaus aus den Sedimentergebnissen und den Ergebnissen zu den Makrozoobenthos-Gemeinschaften ableiten.

Aufgrund der vorherrschenden homogenen Verhältnisse reicht die Datenbasis aus, um das Schutzgut Biotoptypen in der Fläche N-6.6 zu charakterisieren.

3.2 Begleitparameter

Wassertiefe

Das Untersuchungsgebiet, die Fläche N-6.6 und das Referenzgebiet, liegen in der offenen Nordsee und weisen Wassertiefen zwischen 38 m und 41 m auf. Es gibt demnach keine bedeutsamen, lokalen Tiefenunterschiede.

Gezeiten und Strömungen

Die Dynamik der Nordsee ist durch die halbtägigen Gezeiten (12 Std., 25 Min.) geprägt. Die Gezeitenströme bestimmen den horizontalen und vertikalen turbulenten Austausch und damit die Vermischung der Wassermassen. Es handelt sich in der Nordsee um „Mitschwing-Gezeiten“, die im Nordatlantik angeregt werden und in die Nordsee von Norden her einschwingen. Der Tidehub liegt bei rund 1,8 m. Durch Überlagerung von Springtidewellen mit Wasserspiegelauslenkungen durch Wind- und Wellenstau können Wasserspiegelschwankungen bis zu 5 m auftreten.

Die Gezeitenwelle läuft gegen den Uhrzeigersinn an der Küste entlang. Im hier betrachteten Gebiet herrscht somit eine überwiegend ostgerichtete Strömungsrichtung vor, der schwächere Ebbstrom ist westgerichtet. Im Laufe einer Tide kommen jedoch alle Strömungsrichtungen vor. Die oberflächennahe Strömung wird durch das lokale Windfeld bestimmt. Durch vorwiegend aus westlicher Richtung wehende Winde ist der Reststrom (Strömung abzüglich des Gezeitenstroms) der Wassermassen relativ schwach und überwiegend gegen den Uhrzeigersinn gerichtet. Generell sind die Strömungsmuster aufgrund der unterschiedlichen Windverhältnisse jedoch sehr komplex. Durchschnittliche Strömungsgeschwindigkeiten in der Deutschen Bucht sind in Tab. 10 dargestellt.

Tab. 10: Strömungsgeschwindigkeiten in der Deutschen Bucht (Quelle: BSH 2017).

	Oberflächennähe (3 – 12 m)	Bodennähe (0 – 5 m Bodenabstand)
Mittlerer Betrag	25 - 56 cm/s	16 - 42 cm/s
Vektormittel (Reststrom)	1 - 6 cm/s	1 - 3 cm/s
Gezeitenstrom	36 - 86 cm/s	26 - 73 cm/s

Oberflächentemperatur und Temperaturschichtung

Die Temperaturverteilung in der Nordsee unterliegt starken jahreszeitlichen Schwankungen. Im Sommer werden die oberen Schichten durch die Sonneneinstrahlung erwärmt; es bildet sich eine weitgehend stabile Thermokline, die den Austausch des Wassers der mit der Zeit durch die Phytoplanktonproduktion nährstoffverarmten Oberflächenschicht mit tieferliegendem Wasser stark reduziert (BSH 2021). Diese Effekte nehmen in Küstennähe aufgrund der geringeren Wassertiefe ab. Ab einer Tiefe von 20–30 m wird die Gezeitenstrom-Reibung wirksam, die zu einer Durchmischung des Wasserkörpers führt.

Die während der Probenahmekampagnen im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021 durchgeführten Messungen zeigten der jeweiligen Jahreszeit typische Werte.

Im Herbst 2020 lagen die gemessenen Wassertemperaturen im Bereich von 11,8–19,3 °C. Die relativ große Temperaturspanne war bedingt durch die zwei in unterschiedlichen Zeiträumen stattgefundenen Probenahmen. Im Zeitraum vom 15.09. – 17.09.2020 (Benthosbeprobung) lag der Mittelwert bei 18,2 °C (Min: 17,1, Max: 19,3) an der Oberfläche und bei 17,9 °C (Min: 17,4, Max: 18,52) in Bodennähe, während er bei der Probenahme vom 06.11. – 10.11.2020 (Fische) bei 12,7 °C (Min: 11,8, Max: 13,0) an der Oberfläche und bei 12,9 °C (Min: 12,6, Max: 13,0) in Bodennähe lag.

Die ermittelten Temperaturen im Frühjahr 2021 lagen im Bereich von 5,52 bis 7,63 °C. Während der Benthosbeprobung lag der Mittelwert an der Oberfläche bei 5,8 °C und am Boden bei 5,5 °C und während der Fischbeprobung lag er bei 6,9 °C an der Oberfläche und 6,5 °C am Boden (Tab. 11).

Im Herbst 2021 lagen die ermittelten Temperaturen im Bereich von 13,3 bis 17,7 °C. Während der Benthosbeprobung lag der Mittelwert an der Oberfläche bei 17,0 °C und am Boden bei 16,9 °C und während der Fischbeprobung lag er bei 13,7 °C an der Oberfläche und am Boden (Tab. 11).

Eine ausgeprägte Schichtung des Wasserkörpers wurde während beider Kampagnen (Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021) ebenso nicht festgestellt, wie Unterschiede zwischen den beiden Gebieten (Entwicklungsfläche und Referenzgebiet).

Während der Kampagne im Herbst 2021 waren aufgrund sehr schlechter Wetterbedingungen weitere Sondenmessungen (nur n=60) von den Transekten der 2m-Baumkurve nicht durchführbar (Tab. 11).

Tab. 11: Begleitparameter für die Probenahmekampagnen im Herbst 2020, im Frühjahr 2021 und im Herbst 2021.
T: Temperatur, SAL: Salinität, O₂: gelöster Sauerstoff

				Oberfläche			Grund		
	Zeitraum	n		T [°C]	SAL [‰]	O ₂ [mg/l]	T [°C]	SAL [‰]	O ₂ [mg/l]
Herbst 2020	15.09. - 17.09.2020 (Benthos)	210	Min	17,1	33,4	6,2	17,4	33,2	6,0
			MW	18,2	36,4	7,5	17,9	36,2	7,1
			Max	19,3	36,8	8,1	18,2	36,8	7,5
	06.11. - 10.11.2020 (Fische)	55	Min	11,8	34,8	6,8	12,6	34,8	7,7
			MW	12,7	35,1	7,9	12,9	34,9	8,0
			Max	13,0	35,6	8,6	13,0	35,0	8,3
Frühjahr 2021	23.03. - 25.03.2021 (Benthos)	210	Min	5,5	33,5	9,6	5,3	34,1	9,6
			MW	5,8	33,8	10,1	5,5	34,3	10,0
			Max	6,2	34,3	10,7	5,9	34,6	10,3
	14.04. – 18.04.2020 (Fische)	55	Min	6,4	33,5	9,3	6,3	34,1	9,5
			MW	6,9	34,0	9,8	6,5	34,6	9,7
			Max	7,6	34,7	10,3	6,6	34,9	9,8

				Oberfläche			Grund		
	Zeitraum	n		T [°C]	SAL [‰]	O ₂ [mg/l]	T [°C]	SAL [‰]	O ₂ [mg/l]
Herbst 2021	26.09. - 30.09.2021 und 07.10.2021 (Benthos)	60	Min	16,5	33,7	7,5	16,5	33,8	7,0
			MW	17,0	34,4	7,9	16,9	34,5	7,5
			Max	17,7	34,9	8,1	17,6	34,9	7,7
Herbst 2021	02.11. - 05.11.2021 und 09.11. - 13.11.2021 (Fische)	55	Min	13,3	34,4	6,8	13,4	34,4	7,6
			MW	13,7	34,5	8,1	13,7	34,5	8,0
			Max	14,1	34,7	9,0	14,1	34,6	8,3

Oberflächensalzgehalt und Salzgehaltschichtung

Der Salzgehalt der offenen Nordsee beträgt 34–35 Promille und nimmt mit Annäherung an die Küste kontinuierlich ab. Im Einflussbereich der großen Flüsse können haline Schichtungen beobachtet werden; salzärmeres und damit weniger dichtes Flusswasser überschichtet dabei salzreicheres und dichteres Nordseewasser.

In Abhängigkeit von Strömungen, Windstärke und -richtung können sich solche Schichtungsprozesse auch im hier zu betrachtenden Seegebiet ereignen. Geschichtete Wasserkörper führen zu einer Unterversorgung mit Sauerstoff in warmen Sommern, so dass die Bodenfauna geschädigt werden kann. Eine haline Schichtung über die Wassersäule der Nordsee besteht ganzjährig im Bereich des Elbeausflusses, während an den flachen küstennahen Bereichen und der Doggerbank ganzjährig vertikale Durchmischungen vorhanden sind.

Die im Rahmen der Probenahmen gemessenen Salzgehalte bewegen sich insgesamt im erwarteten Bereich der für die offene Nordsee üblichen Werte (s.o.). Im Herbst 2020 lagen die ermittelten Werte im Bereich von 33,2 – 36,8 ‰, im Frühjahr 2021 lag der Salzgehalt zwischen 33,5 und 34,9 ‰ und im Herbst 2021 lag der Salzgehalt zwischen 33,7 und 34,9 ‰.

Die nahe beisammen liegenden Werte der Oberflächen- und Bodenmesswerte des Salzgehaltes belegen eine vollständige Durchmischung der Wassersäule zur Zeit der Messungen (Tab. 11).

Sauerstoff

Der Eintrag von Sauerstoff ins Meer geschieht über die Atmosphäre und durch die Photosynthese vor allem des Phytoplanktons. Die Sauerstoffversorgung in der Tiefe ist abhängig von vorhandenen Schichtungen hinsichtlich des Salzgehaltes oder der Temperatur, die einen Wasseraustausch mit der Oberfläche verhindern. In der Deutschen Bucht trat ein großflächiger Sauerstoffmangel seit 1983 etwa alle 5–8 Jahre während der Sommermonate auf und hatte ein Massensterben der Bodentiere zur Folge. Die Sauerstoffkonzentration sank hierbei auf Werte unter 4 mg/l (BSH 2017).

Die im Rahmen der Probenahmekampagnen ermittelten Sauerstoffgehalte lagen im Herbst 2020 zwischen 6,0 mg/l und 8,6 mg/l, im Frühjahr 2021 zwischen 9,3 mg/l und 10,7 mg/l und im Herbst 2021 zwischen 6,8 mg/l und 9,0 mg/l (Tab. 11). Auch die Vergleichbarkeit der Oberflächen- und

Bodenmesswerte der Sauerstoffkonzentration belegt eine vollständige Durchmischung der Wassersäule zum Zeitpunkt der Messungen.

Eisverhältnisse

In der offenen Deutschen Bucht ist der Wärmevorrat des relativ salzreichen Nordseewassers im Frühwinter noch so groß, dass sich nur sehr selten Eis bilden kann. Der untersuchte Bereich liegt nach BSH (2017) außerhalb der Region mit Vereisung in sehr eisreichen Wintern.

Schwebstoffe und Trübung

Unter dem Begriff „Schwebstoff“ werden alle im Meerwasser suspendierten Teilchen mit einem Durchmesser $< 0,4 \mu\text{m}$ verstanden. Sie bestehen aus mineralischem und/oder organischem Material. Der organische Schwebstoffanteil ist stark von der Jahreszeit abhängig. Die höchsten Werte treten während der Planktonblüten im Frühsommer auf. Bei stürmischen Wetterlagen und dadurch bedingtem hohem Seegang steigen die Schwebstoffgehalte in der gesamten Wassersäule stark durch Aufwirbelung von siltigsandigen Bodensedimenten an. Für den Bereich der Fläche N-6.6 und des Referenzgebiets wird vom BSH (2017) eine mittlere Schwebstoffverteilung von bis zu 6 mg/l angegeben.

Nähr- und Schadstoffe

Nähr- und Schadstoffe werden über die Atmosphäre, Flüsse und durch direkte Einleitungen eingetragen. Die Konzentrationsverteilung im Wasser der Deutschen Bucht ist durch die Eintragsstärke der Flüsse, die Verdünnung des Flusswassers und die temporäre Transportrichtung bestimmt. Stoffe, die in den großen Flüssen höhere Konzentrationen als im Seewasser aufweisen, liegen im salzarmen Küstenwasser in höheren Konzentrationen vor, als in der offenen See.

Als Vergleichswerte für die Nährstoffgehalte des Wassers werden Daten aus dem Jahr 1936 herangezogen, als die Landwirtschaft noch nicht intensiv mit künstlichen Düngemitteln betrieben wurde. Wurden zwischenzeitlich vervierfachte Werte gemessen, so sind die Konzentrationen heute in Küstennähe noch erhöht, in der Deutschen Bucht jedoch bereits nahezu wieder auf dem Niveau von 1936 (BSH 2020). Für die meisten organischen Schadstoffe ist die Elbe die Haupt-Eintragsquelle für die Deutsche Bucht; außerhalb der Elbe-Fahne sind die Konzentrationen gewöhnlich sehr niedrig.

Belastungsschwerpunkte für Schwermetalle sind die innere Deutsche Bucht und die Mündungsgebiete von Elbe, Weser und Ems. Daher sind die Metallkonzentrationen im Meerwasser der offenen Nordsee deutlich geringer als die der küstennahen Gebiete (BSH 2021). So lagen die Metallkonzentrationen der offenen Nordsee in den Jahren 2010 und 2011 im Bereich der Hintergrundkonzentrationen (Kupfer erreichte auch in der offenen Nordsee erhöhte Werte), in Küstennähe wurde dieser Wert jedoch von fast allen gemessenen Metallen zum Teil deutlich überschritten (BSH 2016). Nach heutigem Kenntnisstand geht von den genannten Metallbelastungen des Meerwassers keine erhebliche Beeinträchtigung für das marine Ökosystem aus.

Die Verteilung der Radionuklide in der Deutschen Bucht sieht anders aus. Hier wurden in der offenen See höhere Werte als im Küstenmeer festgestellt. Die Konzentrationen verschiedener Radionuklide, die im Wesentlichen aus den Wiederaufbereitungsanlagen von Sellafield und La

Hague stammen, sind aber gering, so dass daraus keine Gefährdung für den Mensch oder andere Lebewesen resultiert.

Insgesamt ist davon auszugehen, dass die Nähr- und Schadstoffe in der Wassersäule im Bereich der Fläche N-6.6 und dem Referenzgebiets dem üblichem Verteilungsmuster in der Deutschen Bucht entsprechen (BSH 2017).

3.3 Entwicklungsfläche N-6.6

3.3.1 Sedimente

Das Sediment der Fläche N-6.6 stellte sich sowohl im Herbst 2020 als auch im Frühjahr 2021 und Herbst 2021 als relativ homogenes Feinsandgebiet dar.

Im Herbst 2020 setzte sich das Sediment aus ungeschichteten Feinsanden mit variablen Ton-/Schluffanteilen zusammen (Abb. 12). Die Feinsandfraktion (inklusive Feinstsand, 63–125 µm) war auf Stationsebene mit Gewichtsprozentanteilen von durchschnittlich 81,1 % die vorherrschende Kornfraktion. Innerhalb des Feinsandes lassen sich noch der Feinstsand (63–125 µm) mit einem Gesamtanteil von 13,2 % und der gröbere Feinsand (125–250 µm) mit einem Gesamtanteil von 67,9 % differenzieren. Subdominant war die Ton-/Schluff-Fraktion mit einem Anteil von durchschnittlich 11,3 % und Mittelsand (250–500 µm) machte einen durchschnittlichen Anteil von 7,1 % aus. Grobsande und Kies blieben insgesamt unter 0,4 % und spielten somit für die Sedimentzusammensetzung im Gebiet keine Rolle.

Der Glühverlust war insgesamt gering und lag im Mittel bei 1,3 % (Abb. 12).

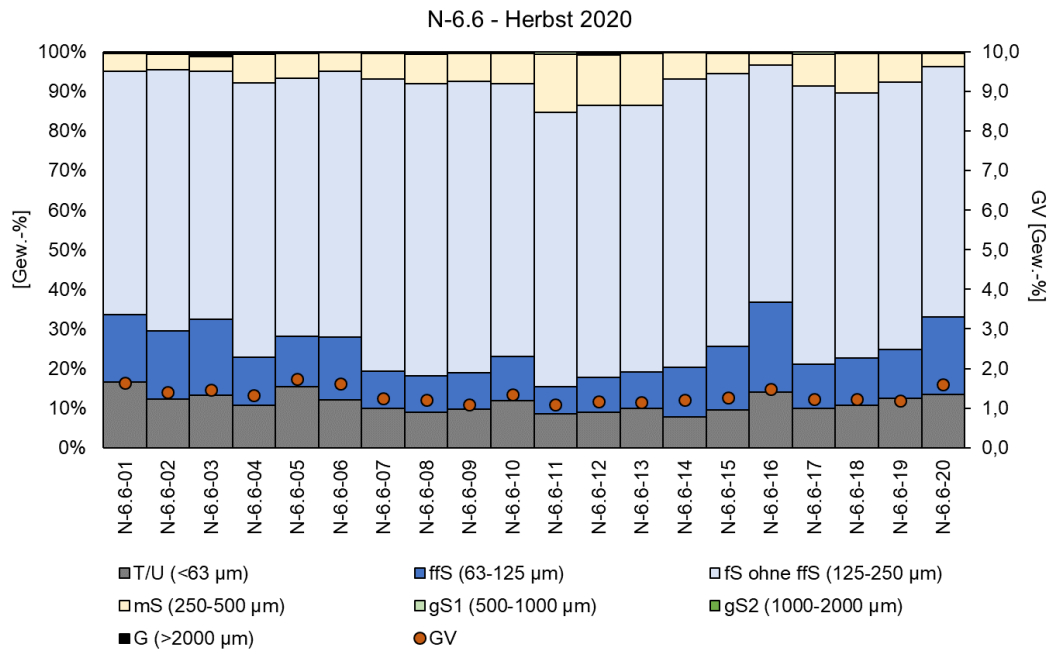


Abb. 12: Korngrößenanteile und Glühverluste der Sedimente in der Fläche N-6.6 im Herbst 2020 auf Stationsebene (Mittelwert aus drei Greifern/Station).

Erläuterung: Korngrößenfraktionen: T/U = Ton/Schluff, ffS = Feinstsand, fS = Feinsand, mS = Mittelsand, gS = Grobsand; G = Kies; GV = Glühverlust

Im Frühjahr 2021 ähnelten die Sedimentverhältnisse denen aus dem Herbst 2020. Die Feinsandfraktion (fS+ffS) machte insgesamt einen Anteil von 83,3 % aus. Innerhalb des Feinsandes machte der Feinstsand (ffS) einen Anteil von 13,9 % und der Feinsand (fS ohne ffS) einen Anteil von 69,4 % aus. Mittelsand war mit einem Anteil von 7,0 % vertreten und Ton/Schluff machten im Mittel 9,4 % der Korngrößenverteilung aus. Erwähnenswert ist der deutlich höhere Ton-/Schluffanteil an Station N-6.6-15, der dort bei 29,4 % lag. Im Herbst 2020 wurde an dieser Station ein Ton-/Schluffanteil von 9,6 % verzeichnet. Grobsande und Kies blieben insgesamt unter 0,3 % und spielten somit für die Sedimentzusammensetzung im Gebiet keine Rolle.

Der Glühverlust war an allen Stationen relativ gering (Mittelwert: 1,1 %), erreichte jedoch an Station N-6.6-15 einen erhöhten Wert von 2,8 %. Abb. 13 zeigt die Korngrößenverteilung und den Glühverlust pro Station.

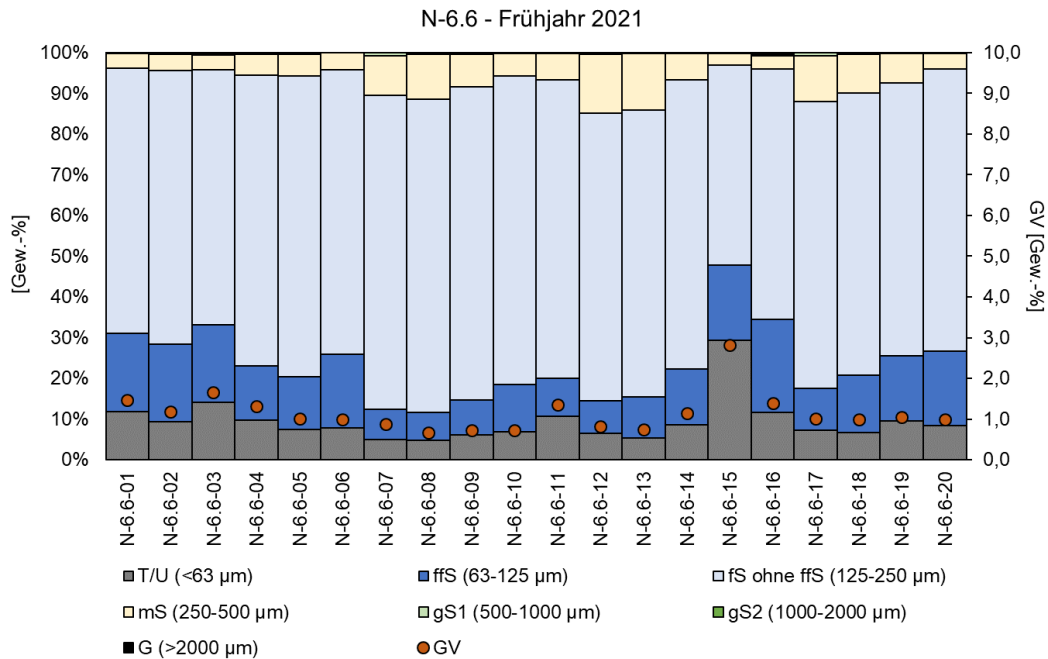


Abb. 13: Korngrößenanteile und Glühverluste der Sedimente in der Fläche N-6.6 im Frühjahr 2021 auf Stationsebene (Mittelwert aus drei Greifern/Station).

Erläuterung: Korngrößenfraktionen: T/U = Ton/Schluff, ffS = Feinstsand, fS = Feinsand, mS = Mittelsand, gS = Grobsand; G = Kies; GV = Glühverlust

Auch im Herbst 2021 ähnelte das Sediment denen aus dem Herbst 2020 und dem Frühjahr 2021 (Abb. 14). Die Feinsandfraktion (inklusive Feinstsand, 63–125 µm) war auf Stationsebene mit Gewichtsprozentanteilen von durchschnittlich 82,7 % die dominierende Kornfraktion. Innerhalb des Feinsandes lassen sich noch der Feinstsand (63–125 µm) mit einem Gesamtanteil von 13,3 % und der gröbere Feinsand (125–250 µm) mit einem Gesamtanteil von 69,4 % differenzieren. Weniger dominant war die Ton-/Schluff-Fraktion mit einem Anteil von durchschnittlich 9,7 % und Mittelsand (250–500 µm) machte einen durchschnittlichen Anteil von 7,3 % aus. Grobsande und Kies blieben insgesamt unter 0,3 % und spielten somit für die Sedimentzusammensetzung im Gebiet keine Rolle.

Der Glühverlust war insgesamt gering und lag im Mittel bei 1,3 % (Abb. 14).

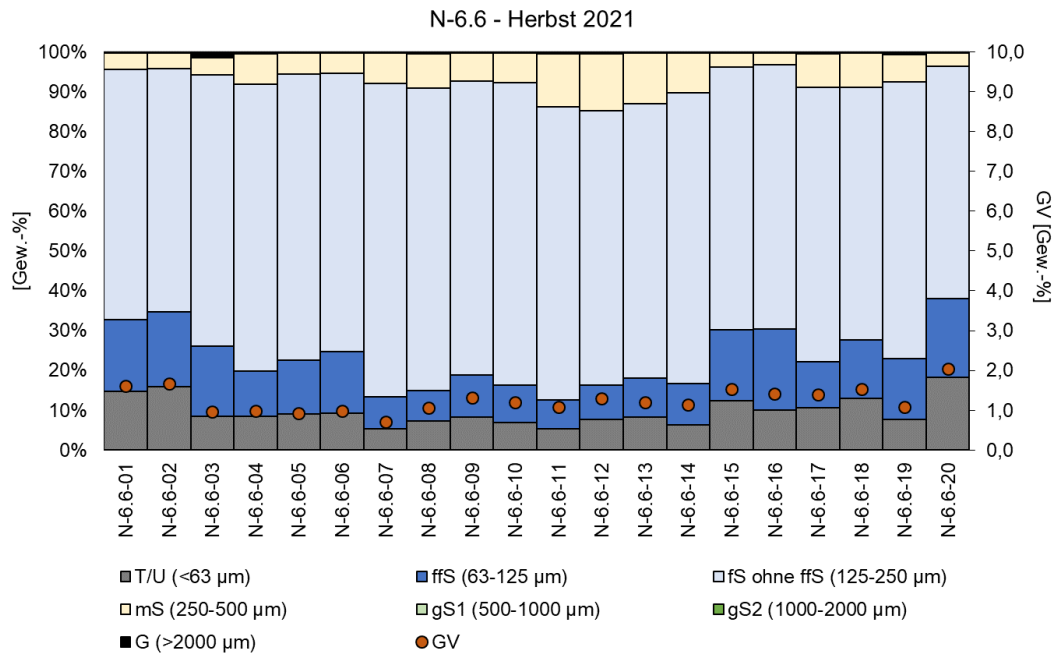


Abb. 14: Korngrößenanteile und Glühverluste der Sedimente in der Fläche N-6.6 im Herbst 2021 auf Stationsebene (Mittelwert aus drei Greifern/Station).

Erläuterung: Korngrößenfraktionen: T/U = Ton/Schluff, ffS = Feinstsand, fS = Feinsand, mS = Mittelsand, gS = Grobsand; G = Kies; GV = Glühverlust

3.3.2 Makrozoobenthos – Infauna

3.3.2.1 Artenzahl und Artenspektrum

Insgesamt wurden in der Fläche N-6.6 in den drei Kampagnen (Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021) 194 Taxa des Makrozoobenthos erfasst (Tab. 12). Von diesen 194 Taxa erfüllten 163 Taxa die Kriterien zur in Kap. 2.4.1.3 beschriebenen Methodik der Ermittlung der Artenzahl und wurden demnach als „Art“ gewertet. Im weiteren Verlauf umfasst der Begriff „Arten“ neben dem eigentlichen Artbegriff auch diese Taxa der höheren taxonomischen Ebenen. 154 Taxa wurden tatsächlich auf der taxonomischen Artebene bestimmt.

Die meisten Arten in der Fläche N-6.6 gehörten zu den Polychaeta (56 Arten), gefolgt von den Crustacea (47 Arten), den Bivalvia (20 Arten) und den Hydrozoa (10 Arten). Alle anderen taxonomischen Großgruppen wiesen weniger als 10 Arten auf (Echinodermata 9 Arten, Gastropoda 7 Arten, Bryozoa und Anthozoa jeweils 4 Arten, Nemertea 3 Arten und Sipuncula, Platyhelminthes und Phoronida jeweils 1 Art).

Im Herbst 2020 wurden insgesamt 142 Makrozoobenthos-Arten der Infauna nachgewiesen, im Frühjahr 2021 waren es insgesamt 117 Arten und im Herbst 2021 waren es 111 Arten. Somit war der Artenreichtum im Herbst 2020 deutlich höher als im Frühjahr 2021 und im Herbst 2021.

Tab. 12: Artenspektrum der Infauna (van-Veen-Greifer) der Fläche N-6.6 im Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).

Für die zählbaren Arten ist die mittlere Abundanz (ABU; Ind./m²) und Biomasse (BIOM; g FG/m²) angegeben. Die Stetigkeit ist für alle erfassten Taxa angegeben.

*: kein für das Gesamtartenspektrum als eigenständige Art gewertetes Taxon, blau hinterlegt: kein für die Kampagne als eigenständige Art gewertetes Taxon; x: nicht zählbare Art, da koloniebildend; Rote Liste (RL) nach RACHOR et al. (2013): 2: stark gefährdet, 3: gefährdet, G: Gefährdung unbekanntes Ausmaßes, R: extrem selten (geographische Restriktion).

Taxa	RL-Kat.	H20			F21			H21		
		ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET
Hydrozoa										
<i>Aequorea spp.</i>		X		15	X		5	X		15
<i>Bougainvillia muscus</i>		X		25	X		5	X		5
<i>Bougainvillia spp.*</i>		X		25						
Bougainvilliidae indet.*		X		40	X		20	X		10
<i>Clytia gracilis</i>		X		5						
<i>Clytia hemisphaerica</i>		X		30	X		15	X		35
<i>Corymorpha nutans</i>					X		5			
<i>Ectopleura dumortierii</i>		X		30	X		10			
<i>Ectopleura spp.*</i>		X		5						
<i>Leuckartiara octona</i>	R	X		60	X		65	X		15
<i>Lovenella clausa</i>		X		100	X		100	X		25
<i>Obelia bidentata</i>		X		10						
<i>Obelia dichotoma</i>		X		10	X		5	X		5
<i>Obelia spp.*</i>		X		5	X		5	X		5
Tubulariidae indet.*		X		75	X		65	X		50
Anthozoa										
Actiniaria indet.		1,0	0,05	10	0,2	<0,001	5	0,3	0,57	10
<i>Cerianthus lloydii</i>		1,0	0,01	25						
<i>Edwardsia spp.</i>		0,7	0,01	15	0,2	0,001	5			
<i>Peachia cylindrica</i>		0,2	0,02	5						

Taxa	RL-Kat.	H20			F21			H21		
		ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET
Platyhelminthes										
Platyhelminthes indet.		4,5	0,07	80	1,0	0,06	15	0,8	0,005	25
Bryozoa										
<i>Arachnidium fibrosum</i>		X		15	X		5	X		10
<i>Electra pilosa</i>		X		5						
<i>Hypophorella expansa</i>		X		5						
<i>Triticella flava</i>					X		5			
Nemertea										
Lineidae indet.*		2,8	1,67	60	4,0	1,23	75	1,7	0,57	35
Nemertea indet.		8,2	0,19	85	4,7	0,05	60	2,0	0,07	45
<i>Siphonenteron bilineatum</i>					0,2	0,002	5			
<i>Tubulanus polymorphus</i>		8,0	0,07	75	1,0	0,01	15	2,8	0,02	45
Sipuncula										
<i>Thysanocardia procera</i>		0,7	0,04	20						
Polychaeta										
<i>Ampharete lindstroemi</i> agg.		0,8	0,002	15				1,0	0,01	25
<i>Ampharete</i> spp.*		1,3	0,003	30				0,5	0,003	15
<i>Amphictene auricoma</i>		7,5	0,03	80	10,3	0,01	75	18,7	0,08	95
<i>Aphrodita aculeata</i>					0,3	0,001	10	0,3	0,43	10
<i>Atherospio guillei</i>	R	1,0	0,003	25						
<i>Chaetopterus variopedatus</i>		0,7	0,07	15						
<i>Chaetozone chambersae</i>								2,5	0,01	45
<i>Chaetozone christiei</i> agg.		1,3	0,01	20	0,3	0,001	10			
<i>Diplocirrus glaucus</i>		1,3	0,01	35	0,8	0,002	20	5,7	0,02	80
<i>Enipo kinbergi</i>	R	0,2	0,05	5	0,2	0,03	5			
<i>Eteone longa</i>		0,3	<0,001	10						

Taxa	RL-Kat.	H20			F21			H21		
		ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET
<i>Eumida bahusiensis</i>		0,5	0,01	10	0,5	0,01	15	0,5	0,002	15
<i>Eumida sanguinea agg.</i>		1,2	0,01	25	1,3	0,01	30	0,2	0,002	5
<i>Eumida spp.*</i>		7,8	0,03	75	2,8	0,01	35	0,8	0,003	10
<i>Eunereis longissima</i>		2,0	0,95	55				0,2	0,05	5
<i>Gattyana cirrhosa</i>		2,2	0,17	55				0,2	0,001	5
<i>Glycera alba</i>		1,7	0,10	40	0,2	0,002	5			
<i>Glycera spp.*</i>					0,3	0,001	10			
<i>Glycera unicornis</i>		0,8	0,16	25				1,0	0,21	30
<i>Glycinde nordmanni</i>		2,0	0,02	45	1,8	0,02	40	1,3	0,01	25
<i>Goniada maculata</i>		14,2	0,11	100	6,0	0,02	90	4,7	0,05	95
<i>Harmothoe glabra</i>		0,2	0,03	5						
<i>Hypereteone foliosa</i>		0,2	<0,001	5	1,3	0,01	30			
<i>Lagis koreni</i>		3,5	0,35	70				0,2	0,001	5
<i>Lanice conchilega</i>		256,7	18,11	100	5,2	0,12	60	1,2	0,03	15
<i>Loimia ramzega</i>		0,3	0,04	10	0,2	0,002	5			
<i>Lumbrineris aniara/cingulata</i>		7,0	0,31	85	3,0	0,13	50	3,5	0,11	55
<i>Lumbrineris spp.*</i>		0,7	0,01	15	0,8	0,01	25	0,7	0,02	20
<i>Lysilla loveni</i>	R	0,2	0,14	5	0,2	0,03	5			
<i>Magelona alleni</i>		0,5	0,01	10	0,2	<0,001	5			
<i>Magelona filiformis</i>		12,7	0,02	90	2,2	0,002	45	1,7	0,002	40
<i>Magelona johnstoni</i>		15,5	0,06	90	7,2	0,03	60	24,7	0,06	100
<i>Magelona spp.*</i>					0,2	<0,001	5			
<i>Malmgrenia andreapolis</i>		1,0	0,08	20	0,2	0,01	5	0,2	0,01	5
<i>Malmgrenia bicki</i>					0,3	0,001	5			
<i>Malmgrenia spp.*</i>		1,2	0,002	30	0,7	0,001	15			
<i>Mediomastus fragilis</i>		0,2	<0,001	5						

Taxa	RL-Kat.	H20			F21			H21		
		ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET
<i>Nephtys assimilis</i>		0,5	0,27	15	1,5	0,47	30	0,7	0,19	10
<i>Nephtys caeca</i>		0,8	1,12	20	0,8	1,00	25	0,5	0,60	15
<i>Nephtys cirrosa</i>					0,2	0,004	5			
<i>Nephtys hombergii</i>		24,2	4,54	100	17,5	2,95	90	19,3	3,06	95
<i>Nephtys incisa</i>		0,2	0,02	5				0,3	0,01	10
<i>Nephtys</i> spp.*		7,2	0,01	85	12,5	0,03	100	3,7	0,02	60
Nereididae indet.*		0,3	0,01	10				0,2	<0,001	5
<i>Notomastus latericeus</i>		2,0	0,34	30	0,2	<0,001	5	0,7	0,07	15
<i>Ophelina acuminata</i>		1,7	0,01	45				2,7	0,07	50
<i>Owenia fusiformis</i>		23,2	0,04	90	0,5	0,02	15	123,3	0,21	100
<i>Oxydromus flexuosus</i>		15,3	0,30	100	10,7	0,18	95	11,7	0,15	95
<i>Pholoe baltica</i>		10,3	0,02	85	4,8	0,01	70	1,0	0,001	25
<i>Pholoe</i> spp.*		0,2	<0,001	5						
<i>Phyllodoce groenlandica</i>		8,7	0,83	80	1,7	0,18	35	1,0	0,005	25
<i>Phyllodoce lineata</i>		2,8	0,48	55	1,0	0,18	20			
<i>Phyllodoce rosea</i>		5,8	0,01	75	0,5	0,002	15	0,7	0,001	20
<i>Phyllodoce</i> spp.*		2,8	0,01	25				0,3	0,001	10
<i>Podarkeopsis helgolandicus</i>		4,0	0,03	75	1,0	0,01	15	1,0	0,003	25
<i>Poecilochaetus serpens</i>		110,7	0,27	100	5,5	0,01	80	10,3	0,02	80
<i>Pseudopolydora pulchra</i>		27,0	0,37	100				0,5	0,001	5
Sabellidae indet.		0,2	<0,001	5						
<i>Scalibregma inflatum</i>	G	134,0	1,58	100				0,7	0,01	20
<i>Scolelepis bonnierii</i>		1,2	0,01	15	0,8	0,01	15	0,5	0,002	10
<i>Scoloplos armiger</i>		3,5	0,01	60	1,7	0,01	35	0,7	0,001	20
<i>Sigalion mathildae</i>	3	5,3	0,62	60	0,3	0,01	10	3,5	0,23	60
<i>Spio</i> spp.*								0,2	<0,001	5

Taxa	RL-Kat.	H20			F21			H21		
		ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET
<i>Spio symphyta</i>		2,5	0,004	50				2,3	0,01	50
Spionidae indet.*					0,3	<0,001	5			
<i>Spiophanes bombyx</i>		323,5	1,21	100	43,2	0,14	100	28,8	0,12	100
<i>Spiophanes kroyeri</i>		1,8	0,01	50						
<i>Sthenelais limicola</i>		8,5	0,29	90	4,8	0,22	75	7,5	0,12	95
Bivalvia										
<i>Abra alba</i>		43,8	3,27	100	2,8	0,19	60	14,2	0,33	100
<i>Abra nitida</i>	G	1,7	0,01	40	0,2	0,001	5	2,2	0,04	45
<i>Abra</i> spp.*		2,8	0,005	40	4,8	0,01	70			
<i>Acanthocardia echinata</i>	G	0,7	0,37	15	0,2	0,22	5	0,2	0,59	5
<i>Chamelea striatula</i>	G	12,3	5,91	90	19,0	9,03	90	9,3	6,31	95
<i>Devonia perrieri</i>	R	0,2	0,002	5						
<i>Dosinia lupinus</i>		0,2	1,06	5						
<i>Ensis ensis</i>	2	0,5	0,03	15	0,3	0,08	10			
<i>Ensis</i> spp.*		0,2	0,01	5						
<i>Fabulina fabula</i>		0,5	0,003	15				0,5	0,01	15
<i>Gari fervensis</i>		1,7	0,003	40	2,3	1,27	40	2,3	0,69	50
<i>Kurtiella bidentata</i>		49,3	0,09	100	11,7	0,02	90	9,0	0,02	80
<i>Lutraria lutraria</i>		1,3	0,40	20	0,2	0,20	5			
<i>Lutraria</i> spp.*		0,2	0,02	5						
<i>Mactra stultorum</i>	G	1,3	0,57	40	1,0	0,91	30			
<i>Mysia undata</i>		1,0	0,08	25	0,3	0,12	10	0,5	0,24	15
<i>Nucula nitidosa</i>		151,8	2,84	100	148,8	2,50	100	54,2	1,19	100
<i>Phaxas pellucidus</i>		94,2	3,87	100	19,3	2,27	100	47,5	0,96	100
<i>Spisula</i> spp.*		1,0	0,004	25	0,3	0,004	10	0,2	0,003	5
<i>Spisula subtruncata</i>	G	0,2	0,003	5						

Taxa	RL-Kat.	H20			F21			H21		
		ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET
<i>Tellimya ferruginosa</i>		13,2	0,10	80	3,8	0,04	45	3,0	0,02	40
<i>Thracia phaseolina</i>		6,3	0,70	75	1,5	0,08	35	4,8	0,02	40
<i>Thracia</i> spp.*		0,5	<0,001	10				1,3	0,002	35
<i>Thyasira flexuosa</i>		0,3	0,01	10	0,3	0,001	10	0,3	0,01	10
<i>Varicorbula gibba</i>		90,5	7,50	100	53,3	4,75	100	10,0	0,49	90
Gastropoda										
<i>Acteon tornatilis</i>		1,0	0,02	30	2,5	0,01	45	0,2	0,003	5
<i>Bela nebula</i>		0,2	<0,001	5	0,5	0,004	15	0,3	0,01	5
<i>Cylichna cylindracea</i>		8,5	0,14	95	5,3	0,12	60	2,3	0,04	50
<i>Epitonium clathrus</i>								0,3	0,06	10
<i>Euspira nitida</i>		17,5	0,53	100	7,3	0,52	85	3,5	0,25	55
<i>Hyalia vitrea</i>		4,0	0,07	65	0,5	0,001	15	3,7	0,01	30
<i>Turritellinella tricarinata</i>	G	45,2	10,65	100	38,5	21,84	100	26,7	14,26	100
Phoronida										
<i>Phoronis</i> spp.		152,8	0,36	100	17,8	0,01	90	23,3	0,02	90
Crustacea										
<i>Abludomelita obtusata</i>		0,7	0,001	20						
<i>Acidostoma obesum</i>					0,2	0,001	5			
<i>Ampelisca brevicornis</i>		8,3	0,05	90	1,2	0,01	25	5,2	0,05	75
<i>Ampelisca tenuicornis</i>		4,0	0,01	60	1,3	0,003	30	6,5	0,02	75
<i>Aora gracilis</i>		3,2	0,005	15						
<i>Apherusa ovalipes</i>		0,2	<0,001	5	0,2	<0,001	5	0,2	<0,001	5
<i>Apherusa</i> spp.*					0,2	<0,001	5			
<i>Bathyporeia elegans</i>		0,5	0,001	15	1,8	0,001	40	0,5	<0,001	15
<i>Bathyporeia guilliamsoniana</i>		0,2	<0,001	5	0,2	<0,001	5			
<i>Bathyporeia tenuipes</i>		1,8	0,001	45	2,8	0,003	40	3,0	0,003	45

Taxa	RL-Kat.	H20			F21			H21		
		ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET
<i>Bodotria scorpioides</i>					0,2	<0,001	5	0,2	<0,001	5
Bopyridae indet.								0,2	<0,001	5
<i>Callianassa subterranea</i>		37,0	1,51	100	2,2	0,18	40	27,3	0,40	100
<i>Corystes cassivelaunus</i>		11,0	5,77	90	4,3	2,75	65	1,2	3,43	30
<i>Crangon crangon</i>					0,2	0,15	5			
<i>Crangon</i> spp.*		0,2	<0,001	5						
<i>Diastylis bradyi</i>		6,8	0,02	85	5,8	0,02	60	1,7	0,01	35
<i>Diastylis laevis</i>		3,5	0,01	50	4,5	0,02	70	0,7	0,003	15
<i>Diastylis rugosa</i>					0,3	0,001	10			
<i>Diastylis</i> spp.*		0,2	<0,001	5						
<i>Ebalia</i> spp.					0,3	0,005	10	0,2	0,04	5
<i>Eudorella truncatula</i>		2,2	0,001	40	17,2	0,01	100	2,5	0,002	40
<i>Gastrosaccus spinifer</i>					0,2	0,001	5			
<i>Gilvossius tyrrhenus</i>		0,2	<0,001	5						
<i>Goneplax rhomboides</i>	R	0,8	0,03	15	0,2	0,11	5			
<i>Harpinia antennaria</i>		9,0	0,01	70	18,2	0,02	90	11,7	0,01	85
<i>Heteromysis (Heteromysis) microps</i>		0,2	0,001	5				0,2	0,001	5
<i>Hippomedon denticulatus</i>		0,2	0,002	5	0,3	0,02	10	0,5	0,01	10
<i>Leucothoe incisa</i>		2,7	0,004	40	0,7	0,001	20	0,3	0,001	10
<i>Leucothoe lilljeborgi</i>		3,7	0,004	65	0,7	0,001	10	0,7	0,001	20
<i>Leucothoe richiardi</i>		0,2	<0,001	5						
<i>Liocarcinus depurator</i>								0,2	0,01	5
<i>Liocarcinus holsatus</i>		1,0	0,75	30	0,2	1,21	5	0,2	0,70	5
<i>Liocarcinus</i> spp.*		2,0	0,02	45				0,2	0,001	5
<i>Macropodia rostrata</i>		0,3	0,07	5						
<i>Mesopodopsis slabberi</i>					0,2	<0,001	5			

Taxa	RL-Kat.	H20			F21			H21		
		ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET
<i>Monocorophium acherusicum</i>		0,2	<0,001	5						
<i>Nototropis falcatus</i>								0,2	<0,001	5
<i>Nototropis swammerdamei</i>		0,2	<0,001	5	0,2	<0,001	5			
<i>Pariambus typicus</i>		1,3	0,02	25	0,2	<0,001	5			
<i>Perioculodes longimanus</i>					0,3	<0,001	10	0,3	<0,001	10
<i>Philocheras bispinosus</i>		0,5	0,001	10	0,2	0,001	5	1,2	0,003	30
<i>Phtisica marina</i>		11,2	0,01	75						
<i>Pisidia longicornis</i>		0,2	<0,001	5						
<i>Pontocrates arcticus</i>					0,2	<0,001	5	0,2	<0,001	5
<i>Processa modica</i>		6,8	0,21	85				9,8	0,21	100
<i>Processa nouveli holthuisi</i>		9,5	0,63	95				3,0	0,12	65
<i>Processa spp.*</i>								0,2	<0,001	5
<i>Synchelidium maculatum</i>		1,3	0,001	35	0,8	<0,001	20	1,2	0,001	25
<i>Tryphosa nana</i>		2,0	0,002	35	1,5	0,002	15	0,7	0,001	20
<i>Upogebia deltaura</i>	G	14,5	0,38	95	0,7	0,02	20	4,3	0,93	75
<i>Upogebia stellata</i>	2							0,2	<0,001	5
Echinodermata										
<i>Acrocnida brachiata</i>								0,2	0,001	5
<i>Amphiura filiformis</i>		154,3	2,00	100	41,0	0,43	100	169,2	0,42	100
<i>Asterias rubens</i>		0,5	0,18	15						
<i>Astropecten irregularis</i>	G	0,8	0,67	25	0,5	1,30	15	0,3	0,08	10
<i>Echinocardium cordatum</i>		11,7	76,01	90	4,8	40,47	65	10,8	25,46	70
<i>Echinocardium spp.*</i>		1,7	0,20	20	0,2	0,59	5	9,2	0,86	40
<i>Echinocyamus pusillus</i>	G				0,2	<0,001	5			
<i>Leptosynapta bergensis</i>		0,5	0,44	15	0,2	0,01	5	0,2	0,05	5
<i>Leptosynapta spp.*</i>		0,5	0,29	15	0,5	0,06	15	0,2	0,04	5

Taxa	RL- Kat.	H20			F21			H21		
		ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET
<i>Ophiura albida</i>		5,8	0,03	55	0,7	0,002	15			
<i>Ophiura ophiura</i>		4,5	0,47	60	1,8	0,45	35	1,5	1,31	40
<i>Ophiura spp.*</i>		18,7	0,05	85	7,5	0,01	75	2,2	0,004	55
Gesamtabundanz/ -biomasse		2153,0	163,9		634,7	99,3		796,8	67,0	
Gesamtartenzahl: 163		142,0			117,0			111,0		

3.3.2.2 Rote-Liste-Arten

Insgesamt wurden über die drei Kampagnen hinweg in der Fläche N-6.6 19 Arten der Roten Liste nach RACHOR et al. (2013) nachgewiesen, davon 17 im Herbst 2020 und 14 im Frühjahr 2021 und 10 im Herbst 2021 (Tab. 12).

Die höchste Gefährdungskategorie von 2 (stark gefährdet) wies die Gemeine Schwertmuschel *Ensis ensis* und der grabende Dekapode Krebs *Upogebia stellata* auf. *Ensis ensis* wies in den Kampagnen im Herbst 2020 und Frühjahr 2021 eine geringe Abundanz von $>0,5$ Ind./m² auf bei einer ebenfalls geringen Stetigkeit von 15 % (H2020) bzw. 10 % (F2021). Im Herbst 2021 wurde diese Art nicht erfasst. *Upogebia stellata* wurde jedoch nur im Herbst 2021 an einer Station erfasst und wies eine geringe Abundanz von $0,2$ Ind./m² auf.

Mit dem Schuppenwurm *Sigalion mathildae*, war auch eine Art der Rote-Liste-Kategorie 3 (gefährdet) vertreten. Diese Art kam in allen Kampagnen in geringer Abundanz vor, wobei die Abundanz im Herbst 2020 und 2021 mit $5,3$ Ind./m² bzw. $3,5$ Ind./m² höher war als im Frühjahr 2021 ($0,3$ Ind./m²). Auch die Stetigkeit dieser Art war in den beiden Herbstkampagnen mit 60 % relativ hoch, im Frühjahr betrug sie 10 %.

Insgesamt 10 Arten gehörten der Rote-Liste-Kategorie G (Gefährdung unbekanntes Ausmaßes) an. Es handelte sich dabei um den Polychaeten *Scalibregma inflatum*, die Muscheln *Abra nitida*, *Acanthocardia echinata*, *Chamelea striatula*, *Macrura stultorum* und *Spisula subtruncata*, die Gemeine Turmschnecke *Turritellinella tricarinata*, den grabenden dekapoden Krebs *Upogebia deltaura*, den Nordischen Kammstern *Astropecten irregularis* und den Zwergseeigel *Echinocyamus pusillus*. Mit Ausnahme von *Echinocyamus pusillus* wurden alle Arten der Kategorie G im Herbst 2020 nachgewiesen. Im Frühjahr 2021 wurden 8 der 10 Arten dieser Kategorie nachgewiesen und im Herbst 2021 nur 7 der 10 Arten.

Sechs der erfassten Arten werden auf der Roten Liste nach RACHOR et al. (2013) in der Kategorie R (extrem selten, geographische Restriktion) gelistet. Hierzu gehörten die Hydrozoe *Leuckartia octona*, die Polychaeten *Atherospio guillei*, *Enipo kinbergi* und *Lysilla loveni*, die Muschel *Devonia perrieri* sowie die Trapezkrabbe *Goneplax rhomboides*. Im Herbst 2020 wurden alle Arten der Kategorie R nachgewiesen, im Frühjahr waren es 4 Arten und im Herbst 2021 nur 1 Art.

Das Gros der Rote-Liste-Arten kam nur in geringer mittlerer Abundanz von <10 Ind./m² vor. Die häufigste der Rote-Liste-Arten war der Polychaet *Scalibregma inflatum* mit einer mittleren Abundanz von $134,0$ Ind./m² (Herbst 2020), der im Frühjahr 2021 jedoch nicht erfasst wurde und im Herbst 2021 nur mit einer sehr geringen Abundanz von $0,2$ Ind./m² auftrat. Weitere Arten mit einer relativ hohen Abundanz waren *Turritellinella tricarinata* ($45,2$ Ind./m² im Herbst 2020, $38,5$ Ind./m² im Frühjahr 2021, $26,7$ Ind./m² im Herbst 2021), *Upogebia deltaura* ($14,5$ Ind./m² im Herbst 2020, $0,7$ Ind./m² im Frühjahr 2021, $4,3$ Ind./m² im Herbst 2021), und *Chamelea striatula* ($12,3$ Ind./m² im Herbst, $19,0$ Ind./m² im Frühjahr 2021, $9,3$ Ind./m² im Herbst 2021).

Mit den Krebsarten *Callinassa subterranea*, *Upogebia deltaura* und *Upogebia stellata* wurden 3 Arten der grabenden Megafauna in der Fläche N-6.6 nachgewiesen. *C. subterranea* gilt als Charakterart des § 30-Biotops „Schlickgründe mit bohrender Megafauna“. Die mittlere Abundanz

dieser Art lag bei 37,0 Ind./m² (Herbst 2020), 2,2 Ind./m² (Frühjahr 2021) und 27,3 Ind./m², die mittlere Biomasse bei 1,5 g FG/m² (Herbst 2020) bzw. 0,2 g FG/m² (Frühjahr 2021) und 0,4 g FG/m² (Herbst 2021).

Wie Tab. 13 zeigt, lagen die Anzahlen und Anteile der in der Fläche N-6.6 nachgewiesenen Rote-Liste-Arten in allen Kategorien zum Teil deutlich unter den für die gesamte Rote Liste beschriebenen Anteilen in Bezug auf die deutschen Meeresgebiete.

Tab. 13: Anzahlen und Anteile der in der Fläche N-6.6 nachgewiesenen Rote-Liste Arten in Bezug auf das Gesamtartenspektrum über beide Kampagnen hinweg und Vergleich mit den in der Roten Liste nach RACHOR et al. (2013) beschriebenen Anzahlen und Anteilen der Rote-Liste-Arten.

RL-Kat	Fläche N-6.6		Rote Liste nach RACHOR et al. (2013)	
	Anzahl	Anteil (%)	Anzahl	Anteil (%)
0	-	-	49	3,9
1	-	-	8	0,6
2	2	1,2	21	1,7
3	1	0,6	29	2,3
G	10	6,1	88	7,1
R	6	3,7	205	16,5
Summe der Kategorien	18	11,0	400	32,2
Gesamtartenzahl	163		1.244	

3.3.2.3 Gesamtartenzahl, -individuendichte und -biomasse

Die mittlere Artenzahl pro Station lag im Herbst 2020 bei 66,4 Arten/Station (Tab. 14), das Minimum betrug 58 Arten und das Maximum 78 Arten. Im Frühjahr 2021 betrug die mittlere Artenzahl in der Fläche N-6.6 39,6 Arten/Station bei Werten zwischen 27 und 53 Arten (Tab. 15). Im Herbst 2021 lag die mittlere Artenzahl bei 42,5 Arten/Station mit Anzahlen zwischen 29 und 53 Arten (Tab. 16). Somit war die mittlere Artenzahl im Herbst 2020 deutlich höher als im Frühjahr und Herbst 2021 (Abb. 15).

Auch die mittlere Abundanz war im Herbst 2020 um mehr als das Doppelte höher im Vergleich zu den Kampagnen im Jahr 2021 und erreichte im Durchschnitt 2.153,0 Ind./m² mit Werten zwischen 1.606,7 Ind./m² und 3.143,3 Ind./m² (Tab. 14). Im Frühjahr und Herbst 2021 war die mittlere Abundanz deutlich geringer und lag bei 634,7 Ind./m² (Min: 343,3 Ind./m², Max: 1.220,0 Ind./m²) bzw. 796,8 ind./m² (Min: 366,7 Ind./m², Max: 1.550,0 Ind./m²) (Tab. 15, Abb. 15).

Die durchschnittliche Biomasse betrug im Herbst 2020 163,9 g FG/m², bei einem Minimum von 67,1 g FG/m² und einem Maximum von 384,2 g FG/m² (Tab. 14). Auch die Biomasse war im Frühjahr und Herbst 2021 mit 99,3 g FG/m² bzw. 67,0 f FG/m² geringer als im Herbst (Tab. 15, Abb. 15). Die Werte schwankten im Frühjahr zwischen 24,7 g FG/m² und 209,5 g FG/m² und im Herbst 2021 zwischen 18,2 g FG/m² und 151,7 g FG/m². Die mittlere Abundanz und die mittlere Biomasse der einzelnen Taxa in der Fläche N-6.6 sind Tab. 12 zu entnehmen.

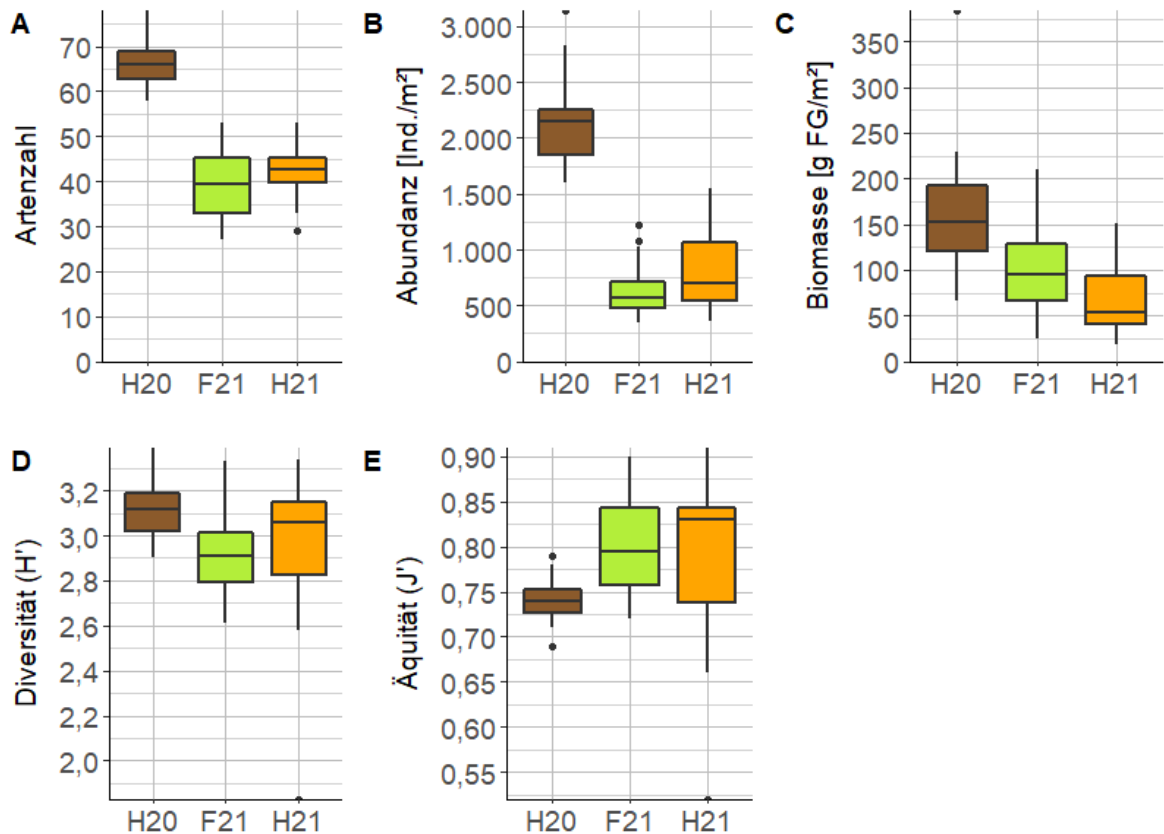


Abb. 15: Boxplots der mittleren Artenzahl (A, Arten/Station), Abundanz (B), Biomasse (C), Diversität (D) und Äquität (E) der Infauna (van Veen-Greifer) für die Fläche N-6.6 im Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).

Tab. 14: Artenzahl (n/Station), Abundanz (Ind./m²), Biomasse (g FG/m²), Diversität und Äquität der Infauna (van-Veen-Greifer) je Station für die Fläche N-6.6 im Herbst 2020 (H20).
MW: Mittelwert; SD: Standardabweichung; MIN: Minimum; MAX: Maximum

Station	Artenzahl	Abundanz	Biomasse	Diversität (H')	Äquität (J')
N-6.6-01-H20	64	2.103,3	194,0	3,13	0,75
N-6.6-02-H20	66	1.840,0	229,4	3,16	0,75
N-6.6-03-H20	69	2.226,7	190,6	3,16	0,75
N-6.6-04-H20	71	2.103,3	208,1	3,23	0,76
N-6.6-05-H20	65	3.143,3	112,2	2,90	0,69
N-6.6-06-H20	69	2.230,0	78,3	3,13	0,74
N-6.6-07-H20	66	2.136,7	220,0	3,20	0,76
N-6.6-08-H20	74	2.816,7	384,2	3,18	0,74
N-6.6-09-H20	58	1.856,7	191,2	3,02	0,74
N-6.6-10-H20	78	2.216,7	191,9	3,39	0,78
N-6.6-11-H20	67	1.776,7	124,3	3,03	0,72
N-6.6-12-H20	63	2.160,0	141,1	3,26	0,79
N-6.6-13-H20	62	1.606,7	67,1	2,91	0,71
N-6.6-14-H20	63	2.243,3	91,1	3,02	0,73

Station	Artenzahl	Abundanz	Biomasse	Diversität (H')	Äquität (J')
N-6.6-15-H20	62	1.673,3	141,0	3,05	0,74
N-6.6-16-H20	62	2.533,3	109,7	2,99	0,72
N-6.6-17-H20	71	2.366,7	170,1	3,25	0,76
N-6.6-18-H20	69	2.063,3	152,6	3,02	0,71
N-6.6-19-H20	61	1.690,0	151,9	3,00	0,73
N-6.6-20-H20	67	2.273,3	129,5	3,10	0,74
MW	66,4	2.153,0	163,9	3,11	0,74
SD	4,8	379,3	69,9	0,13	0,02
MIN	58	1.606,7	67,1	2,90	0,69
MAX	78	3.143,3	384,2	3,39	0,79

Tab. 15: Artenzahl (n/Station), Abundanz (Ind./m²), Biomasse (g FG/m²), Diversität und Äquität der Infauna (van-Veen-Greifer) je Station für die Fläche N-6.6 im Frühjahr 2021 (F21).

MW: Mittelwert; SD: Standardabweichung; MIN: Minimum; MAX: Maximum

Station	Artenzahl	Abundanz	Biomasse	Diversität (H')	Äquität (J')
N-6.6-01-F21	37	1.030,0	83,1	2,61	0,72
N-6.6-02-F21	33	560,0	46,7	2,84	0,81
N-6.6-03-F21	30	483,3	113,3	2,70	0,79
N-6.6-04-F21	36	540,0	36,5	2,73	0,76
N-6.6-05-F21	51	1.076,7	113,6	2,91	0,74
N-6.6-06-F21	31	453,3	64,3	2,78	0,81
N-6.6-07-F21	39	496,7	133,4	3,09	0,84
N-6.6-08-F21	40	573,3	24,7	3,07	0,83
N-6.6-09-F21	45	516,7	131,5	3,25	0,85
N-6.6-10-F21	46	710,0	65,0	2,99	0,78
N-6.6-11-F21	53	1.220,0	85,4	2,98	0,75
N-6.6-12-F21	38	466,7	67,5	2,77	0,76
N-6.6-13-F21	48	576,7	127,4	3,33	0,86
N-6.6-14-F21	45	723,3	176,6	2,80	0,74
N-6.6-15-F21	27	343,3	131,7	2,88	0,88
N-6.6-16-F21	40	663,3	93,0	2,94	0,80
N-6.6-17-F21	33	343,3	81,3	3,15	0,90
N-6.6-18-F21	32	406,7	97,9	2,95	0,85
N-6.6-19-F21	40	700,0	209,5	2,91	0,79
N-6.6-20-F21	48	810,0	103,1	2,84	0,73
MW	39,6	634,7	99,3	2,93	0,80
SD	7,4	241,1	45,3	0,18	0,05
MIN	27	343,3	24,7	2,61	0,72
MAX	53	1.220,0	209,5	3,33	0,90

Tab. 16: Artenzahl (n/Station), Abundanz (Ind./m²), Biomasse (g FG/m²), Diversität und Äquität der Infauna (van-Veen-Greifer) je Station für die Fläche N-6.6 im Herbst 2021 (H21).
MW: Mittelwert; SD: Standardabweichung; MIN: Minimum; MAX: Maximum

Station	Artenzahl	Abundanz	Biomasse	Diversität (H')	Äquität (J')
N-6.6-01-H21	33,0	553,3	114,6	3,01	0,86
N-6.6-02-H21	43,0	493,3	46,5	3,34	0,89
N-6.6-03-H21	37,0	366,7	59,3	3,28	0,91
N-6.6-04-H21	41,0	476,7	31,5	3,07	0,83
N-6.6-05-H21	45,0	763,3	49,4	3,08	0,81
N-6.6-06-H21	29,0	420,0	20,5	2,85	0,85
N-6.6-07-H21	34,0	1.270,0	18,2	1,83	0,52
N-6.6-08-H21	42,0	673,3	46,4	2,77	0,74
N-6.6-09-H21	53,0	1.200,0	36,6	2,84	0,71
N-6.6-10-H21	41,0	773,3	72,5	3,08	0,83
N-6.6-11-H21	45,0	1.046,7	57,8	2,74	0,72
N-6.6-12-H21	51,0	1.323,3	99,9	2,91	0,74
N-6.6-13-H21	45,0	896,7	111,6	3,15	0,83
N-6.6-14-H21	40,0	396,7	42,1	3,28	0,89
N-6.6-15-H21	39,0	580,0	151,7	3,05	0,83
N-6.6-16-H21	46,0	643,3	131,8	3,20	0,84
N-6.6-17-H21	51,0	1.550,0	36,3	2,58	0,66
N-6.6-18-H21	48,0	1.113,3	92,4	3,12	0,81
N-6.6-19-H21	45,0	726,7	74,4	3,15	0,83
N-6.6-20-H21	41,0	670,0	45,8	2,70	0,73
MW	42,5	796,8	67,0	2,95	0,79
SD	6,2	344,4	38,0	0,34	0,09
MIN	29	366,7	18,2	1,83	0,52
MAX	53	1.550,0	151,7	3,34	0,91

3.3.2.4 Diversität und Äquität

Die mittlere Diversität (H') der Infauna betrug in der Fläche N-6.6 im Herbst 2020 3,11 bei einem Minimum von 2,90 und einem Maximum von 3,39 (Tab. 14). Die mittlere Äquität betrug im Herbst 2020 0,74 bei Werten zwischen 0,69 und 0,79.

Im Frühjahr 2021 war die mittlere Diversität mit 2,93 etwas geringer als im Herbst 2020 und nahm Werte zwischen 2,61 und 3,33 an (Tab. 15, Abb. 15). Die Äquität war im Frühjahr allerdings mit einem Wert von 0,80 höher als im vorangegangenen Herbst, bei einem Minimum von 0,72 und einem Maximum von 0,90.

Die Diversität und Äquität im Herbst 2021 ähnelte den Werten aus dem Frühjahr 2021. Die Diversität betrug 2,95 bei einem Minimum von 1,83 und einem Maximum von 3,34 während die

Äquität 0,79 betrug bei einem Minimum von 0,52 und einem Maximum von 0,91 (Tab. 16, Abb. 15).

3.3.2.5 Dominanzverhältnisse bei Abundanz und Biomasse

Die Dominanzverhältnisse in Bezug auf die Abundanz sind graphisch in Abb. 16 dargestellt. In allen Kampagnen machten „Sonstige Arten“ ca. die Hälfte der Abundanzverteilung aus, was auf eine relativ hohe Gleichverteilung der Arten hindeutet.

Im Herbst 2020 nahm *Spiophanes bombyx* mit einer relativen Abundanz von 15,0 % Rang 1 der dominanten Arten ein, gefolgt von *Lanice conchilega* (11,9 %), *Amphiura filiformis* (7,2 %), *Phoronis spp.* (7,1 %) und *Nucula nitidosa* (7,1 %).

Im Frühjahr 2021 war *Nucula nitidosa* mit 23,5 % die mit Abstand häufigste Art in der Fläche N-6.6. Weitere dominante Arten in diesem Gebiet waren *Varicorbula gibba* mit 8,4 %, *Spiophanes bombyx* mit 6,8 %, *Amphiura filiformis* mit 6,5 % und *Turritellinella tricarinata* mit 6,1 %.

Im Herbst 2021 belegte der Schlangensterne *Amphiura filiformis* mit 21,2 % Rang 1 der nach ihrer Abundanz dominanten Arten. Rang 2 und 3 belegten der röhrenbildende Polychaet *Owenia fusiformis* mit 15,5 % und die Muschel *Nucula nitidosa* mit 6,8 %, gefolgt von der Muschel *Phaxas pellucidus* (6,0 %) und dem Polychaeten *Spiophanes bombyx* (3,6 %).

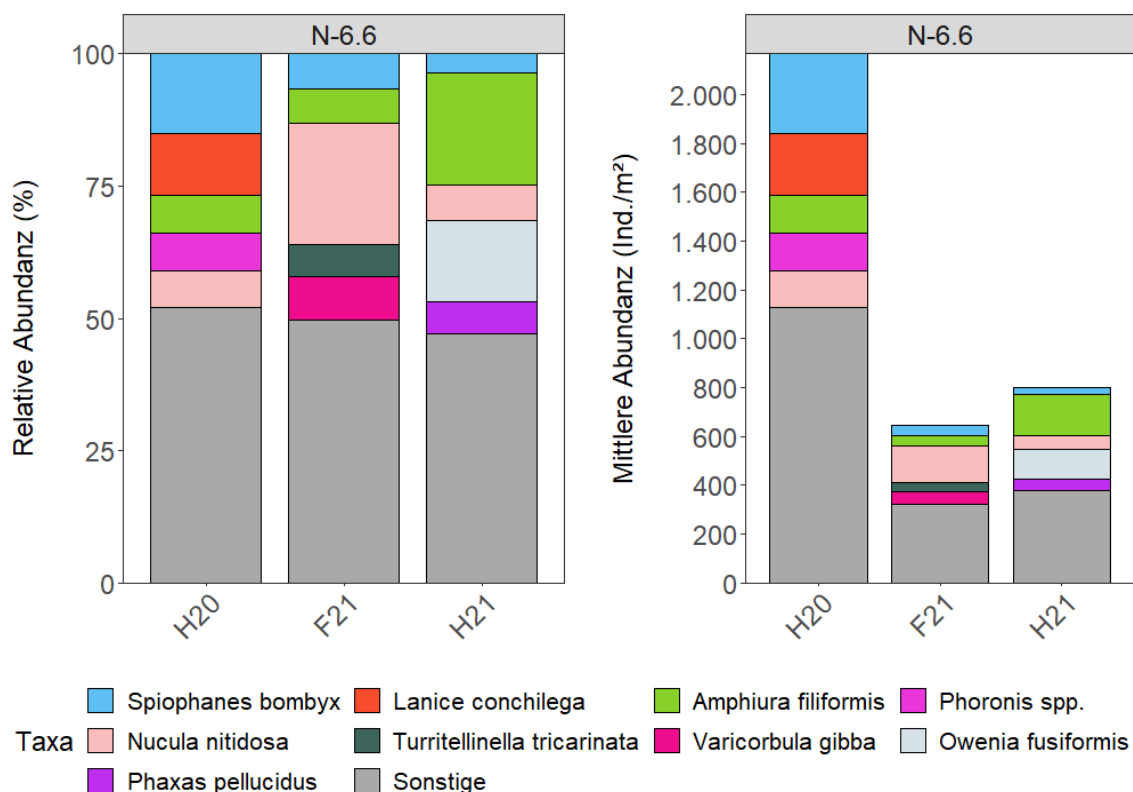


Abb. 16: Dominanzverhältnisse der Infauna (van-Veen-Greifer, Abundanz) in der Fläche N-6.6 dargestellt für den Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21). Es wurden die 5 dominanten Arten berücksichtigt, unter „Sonstige“ fallen alle übrigen Arten.

Die Dominanzverhältnisse in Bezug auf die Biomasse sind graphisch in Abb. 17 dargestellt. Bei der Biomasse lag der Irreguläre Seeigel *Echinocardium cordatum* in allen Untersuchungskampagnen mit 46,4 % (H20), 40,5 % (F21) bzw. 38,0 % (H21) Anteil an der Gesamtbiomasse auf Rang 1.

Im Herbst 2020 gehörten außerdem die Arten *Lanice conchilega* (11,0 %), *Turritellinella tricarinata* (6,5 %), *Varicorbula gibba* (4,6 %) zu den 5 dominanten Arten der Infauna.

Im Frühjahr 2021 belegten *Turritellinella tricarinata* (22,0 %), *Chamelea striatula* (9,1 %), *Varicorbula gibba* (4,7 %), *Nephtys hombergii* (3,0 %) die Ränge 2 bis 5 der Biomasseverteilung in der Fläche N-6.6.

Im Herbst 2021 gehörten neben dem Irregulären Seeigel *Echinocardium cordatum* die folgenden Arten zu den 5 biomassereichsten Arten: *Turritellinella tricarinata* (21,3 %), *Chamelea striatula* (9,4 %), *Corystes cassivelaunus* (3,4 %) und *Nephtys hombergii* (3,1 %).

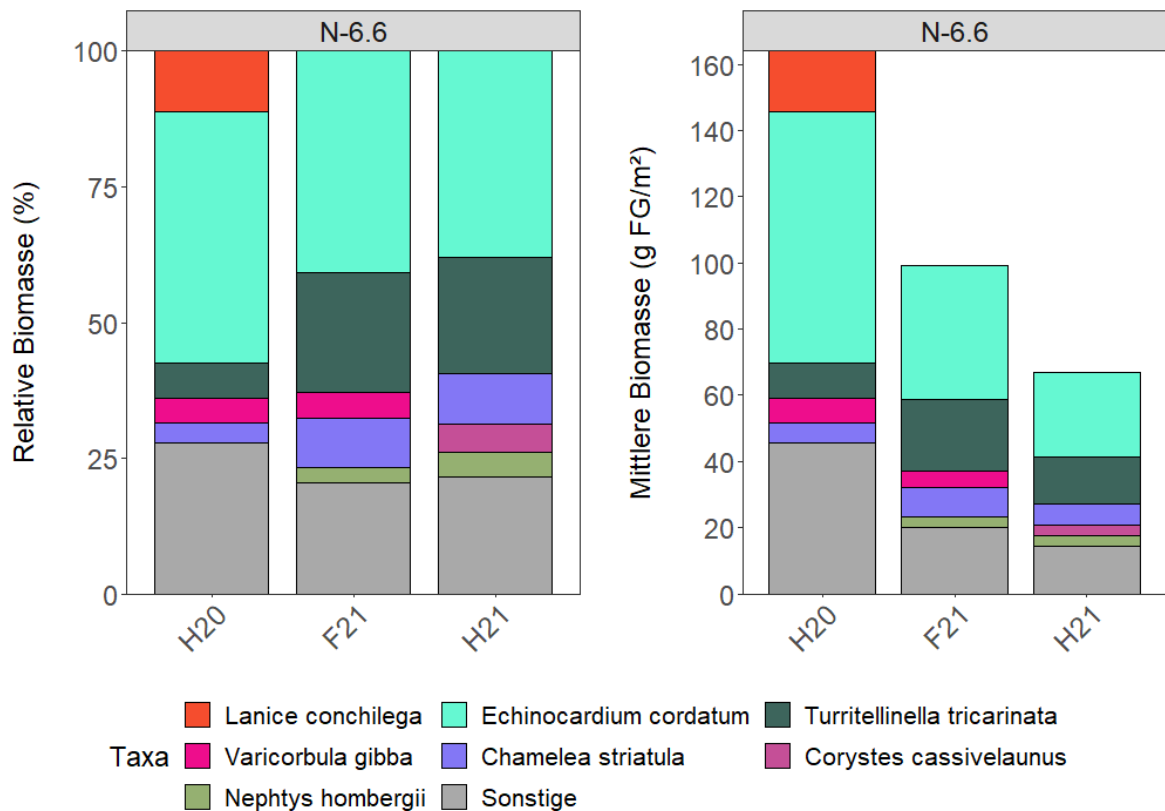


Abb. 17: Dominanzverhältnisse der Infauna (van-Veen-Greifer, Biomasse) in der Fläche N-6.6 dargestellt für den Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).
Es wurden die 5 dominanten Arten berücksichtigt, unter „Sonstige“ fallen alle übrigen Arten.

3.3.2.6 Gemeinschaftsanalyse

Die multivariate Analyse der Benthosdaten aus dem Gebiet N-6.6 zeigte auf, dass Unterschiede zwischen den Kampagnen auch in der Taxazusammensetzung erkennbar waren. In einer Clusteranalyse trennten sich auf einem Ähnlichkeitsniveau von 51,8 % alle Stationen aus dem Frühjahr 2021 von den im Herbst 2020 und 2021 beprobten Stationen (Abb. 18). Auf einem Ähnlichkeitsni-

veau von 54,4 % trennten sich außerdem die Stationen der jeweiligen Herbstkampagne voneinander. Innerhalb der Kampagne vom Herbst 2021 treten signifikante (SIMPROF) Unterschiede einzelner Stationen auf, die sich jedoch trotzdem eine hohe Ähnlichkeit von >58 % mit den anderen Stationen aufweisen. Dies kann ein Hinweis auf eine, im Vergleich zu den vorhergehenden Kampagnen, heterogenere Besiedlung der Infauna im Herbst 2021 sein.

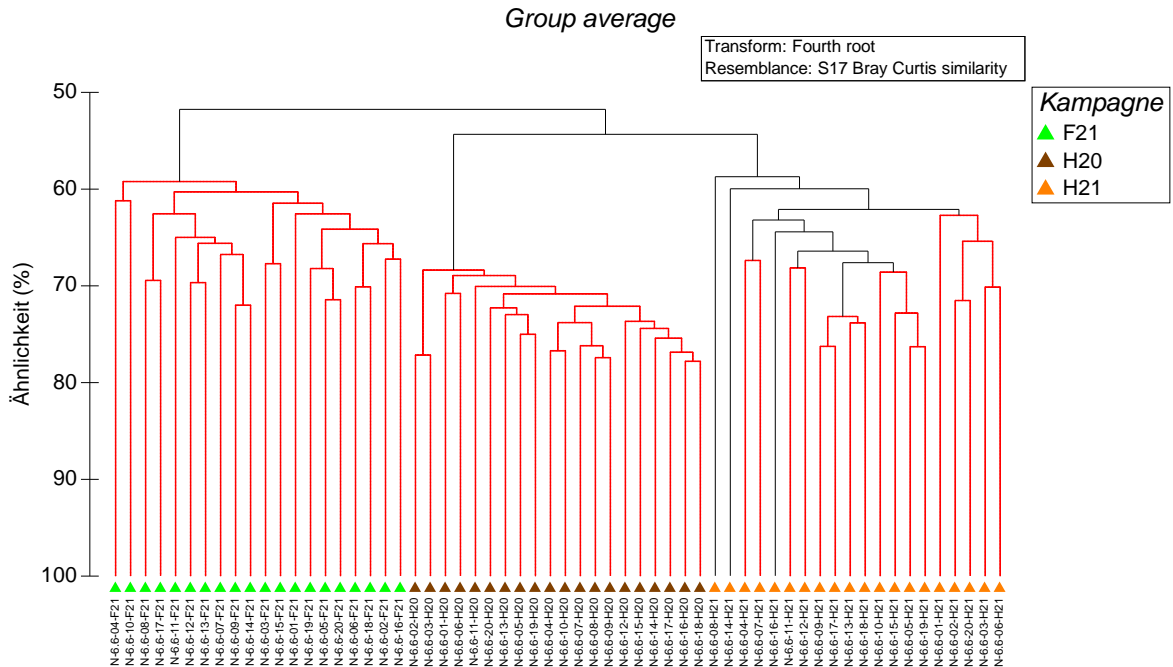


Abb. 18: Clusterdendrogramm des Makrozoobenthos (Infauna, van-Veen-Greifer) der Stationen in der Fläche N-6.6 im Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21). Schwarze Linien weisen auf signifikante Gruppierungen (SIMPROF-Test) hin.

Für die Stationen im Herbst 2020 wurde eine mittlere Ähnlichkeit von 70,9 % ermittelt, während die mittlere Ähnlichkeit der im Frühjahr 2021 beprobten Stationen bei 61,6 % und die der im Herbst 2021 beprobten Stationen bei 63,6 % lag (SIMPER-Analyse, Tab. 17). Die Arten-Abundanzstruktur des Benthos war im Frühjahr und im Herbst 2021 also etwas variabler als im Herbst 2020.

Zu den ersten 5 gruppierenden Arten im Herbst 2020 gehörten *Spiophanes bombyx*, *Janice conchilega*, *Nucula nitidosa*, *Phoronis* spp. und *Amphiura filiformis* (Tab. 17). Diese Arten machten insgesamt 18,2 % der Ähnlichkeit zwischen den Stationen aus. Im Frühjahr 2021 waren die ersten 5 gruppierenden Arten *Nucula nitidosa*, *Spiophanes bombyx*, *Varicorbula gibba*, *Turritellinella tricarinata* und *Amphiura filiformis*, die insgesamt 26,7 % der Ähnlichkeiten zwischen den Stationen ausmachten (Tab. 17). Zu den ersten 5 gruppierenden Arten Herbst 2021 gehörten *Amphiura filiformis*, *Owenia fusiformis*, *Nucula nitidosa*, *Phaxas pellucidus* und *Spiophanes bombyx*.

Es zeigt sich also eine starke Saisonalität aber auch interanuelle Variabilität in der Artenzusammensetzung zwischen den drei Kampagnen. Hauptgrund für saisonale Variabilität des Benthos sind eine erhöhte Mortalität im Winter und Rekrutierungsprozesse im Herbst, wodurch juvenile Tiere in zum Teil sehr hohen Abundanzen vorkommen können. Bei den genannten gruppierenden Arten handelte es sich jedoch überwiegend um adulte Tiere.

Unterschiede zwischen der Kampagne im Frühjahr 2021 und der Kampagne im Herbst 2020 wurden durch die Trennarten *Scalibregma inflatum*, *Lanice conchilega*, *Pseudopolydora pulchra*, *Poecilochaetus serpens* und *Callianassa subterranea* hervorgerufen, die insgesamt 12,2 % der Unähnlichkeit ausmachten (Tab. 18). Der Großteil der Trennarten wies höhere Abundanzen im Herbst auf. Unterschiede zwischen der Artenzusammensetzung im Frühjahr 2021 und im Herbst 2021 wurden durch die Arten *Owenia fusiformis*, *Processa modica*, *Callianassa subterranea*, *Eudorella truncatula* und *Lovenella clausa* hervorgerufen, die insgesamt 12,2 % der Unähnlichkeit ausmachten (Tab. 18). Während die ersten drei genannten Arten im Herbst abundanter waren, wiesen *Eudorella truncatula* und *Lovenella clausa* höhere Abundanzen im Frühjahr auf.

Der Vergleich beider Herbstkampagnen ergab Unterschiede aufgrund der folgenden Trennarten: *Lanice conchilega*, *Scalibregma inflatum*, *Pseudopolydora pulchra*, *Spiophanes bombyx* und *Poecilochaetus serpens* (Tab. 18). Diese Trennarten machten insgesamt 12,9 % der Unterschiede zwischen beiden Kampagnen aus und wiesen im Herbst 2020 höhere Abundanzen auf als im Herbst 2021.

Tab. 17: Ergebnisse der SIMPER-Analyse für die Fläche N-6.6.

Es werden die ersten 5 gruppierenden Arten je Kampagne (Herbst H20, Frühjahr F21, Herbst H21) dargestellt. Av. Abund.: mittlere Abundanz (transformiert mit der 4. Wurzel), Av. Sim.: mittlere Ähnlichkeit, Sim/SD: Standardabweichung der Ähnlichkeit, Contrib %: prozentualer Beitrag, Cum. %: kumulativer Beitrag über die angezeigten Arten.

H20: 70,9 % Ähnlichkeit					
Art	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Spiophanes bombyx</i>	4,2	3,0	12,4	4,3	4,3
<i>Lanice conchilega</i>	4,0	2,8	12,7	3,9	8,2
<i>Nucula nitidosa</i>	3,4	2,4	10,4	3,4	11,5
<i>Phoronis spp.</i>	3,4	2,4	9,4	3,3	14,9
<i>Amphiura filiformis</i>	3,4	2,3	9,2	3,3	18,2
F21: 61,6 % Ähnlichkeit					
Art	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Nucula nitidosa</i>	3,4	4,2	8,2	6,7	6,7
<i>Spiophanes bombyx</i>	2,5	3,2	7,1	5,3	12,0
<i>Varicorbula gibba</i>	2,6	3,1	5,7	5,1	17,1
<i>Turritellinella tricarinata</i>	2,4	3,0	6,5	4,9	22,0
<i>Amphiura filiformis</i>	2,4	2,9	6,4	4,7	26,7
H21: 63,6 % Ähnlichkeit					
Art	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Amphiura filiformis</i>	3,4	3,9	8,6	6,2	6,2
<i>Owenia fusiformis</i>	3,1	3,5	6,3	5,5	11,6
<i>Nucula nitidosa</i>	2,6	3,1	6,6	4,9	16,5
<i>Phaxas pellucidus</i>	2,5	3,0	7,5	4,6	21,2
<i>Spiophanes bombyx</i>	2,2	2,7	8,2	4,2	25,3

Tab. 18: Ergebnisse der SIMPER-Analyse des Vergleichs der Infaunagemeinschaft (van-Veen-Greifer) der drei Kampagnen (H20, F21, H21) für die Fläche N-6.6.

Es werden die Trennarten bis zu einem kumulativen Anteil von 30 % dargestellt.

Av. Abund.: mittlere Abundanz (transformiert mit der 4. Wurzel), Av. Diss.: mittlere Unähnlichkeit, Dis/SD:

Standardabweichung der Unähnlichkeit, Contrib %: prozentualer Beitrag, Cum. %: kumulativer Beitrag über die angezeigten Arten.

F21 vs. H20: 48,1 % Unähnlichkeit	F21	H20				
Art	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Scalibregma inflatum</i>	0,0	3,1	1,5	3,6	3,1	3,1
<i>Lanice conchilega</i>	1,0	4,0	1,4	3,0	3,0	6,1
<i>Pseudopolydora pulchra</i>	0,0	2,2	1,1	7,0	2,2	8,3
<i>Poecilochaetus serpens</i>	1,3	3,2	0,9	2,4	1,9	10,2
<i>Callianassa subterranea</i>	0,6	2,4	0,9	2,2	1,8	12,1
<i>Phoronis spp.</i>	1,7	3,4	0,9	2,1	1,8	13,8
<i>Owenia fusiformis</i>	0,2	1,9	0,8	2,1	1,7	15,6
<i>Spiophanes bombyx</i>	2,5	4,2	0,8	3,8	1,7	17,3
<i>Processa nouveli holthuisi</i>	0,0	1,6	0,8	3,7	1,7	18,9
<i>Abra alba</i>	0,9	2,5	0,8	1,9	1,6	20,5
<i>Upogebia deltaura</i>	0,3	1,8	0,8	2,2	1,6	22,1
<i>Phtisica marina</i>	0,0	1,4	0,7	1,6	1,4	23,5
<i>Eudorella truncatula</i>	1,9	0,6	0,7	1,7	1,4	24,9
<i>Processa modica</i>	0,0	1,3	0,6	2,2	1,3	26,2
<i>Ampelisca brevicornis</i>	0,4	1,5	0,6	1,7	1,3	27,5
<i>Tubulanus polymorphus</i>	0,2	1,3	0,6	1,5	1,2	28,7
<i>Tellimya ferruginosa</i>	0,8	1,5	0,6	1,3	1,2	29,8
<i>Magelona filiformis</i>	0,7	1,6	0,6	1,4	1,2	31,0
F21 vs. H21: 48,3 % Unähnlichkeit	F21	H21				
Art	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Owenia fusiformis</i>	0,2	3,1	1,9	3,3	4,0	4,0
<i>Processa modica</i>	0,0	1,7	1,2	6,0	2,4	6,4
<i>Callianassa subterranea</i>	0,6	2,2	1,1	1,8	2,2	8,5
<i>Eudorella truncatula</i>	1,9	0,6	0,9	1,6	1,9	10,4
<i>Lovenella clausa</i>	1,6	0,3	0,9	2,0	1,8	12,2
<i>Magelona johnstoni</i>	1,1	2,1	0,8	1,3	1,7	13,9
<i>Amphiura filiformis</i>	2,4	3,4	0,7	1,6	1,5	15,4
<i>Diplocirrus glaucus</i>	0,3	1,3	0,7	1,5	1,5	16,9
<i>Abra spp.</i>	1,1	0,0	0,7	1,5	1,5	18,4
<i>Varicorbula gibba</i>	2,6	1,5	0,7	1,4	1,5	19,8
<i>Ampelisca tenuicornis</i>	0,4	1,2	0,7	1,4	1,4	21,3
<i>Echinocardium cordatum+spp.</i>	1,1	1,6	0,7	1,3	1,4	22,7
<i>Abra alba</i>	0,9	1,9	0,7	1,3	1,4	24,1
<i>Ampelisca brevicornis</i>	0,4	1,2	0,7	1,4	1,4	25,5

F21 vs. H21: 48,3 % Unähnlichkeit	F21	H21				
Art	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Diastylis laevis</i>	1,1	0,2	0,7	1,3	1,4	26,9
<i>Upogebia deltaura</i>	0,3	1,1	0,7	1,4	1,4	28,3
<i>Pholoe baltica+spp</i>	1,1	0,4	0,7	1,3	1,3	29,6
<i>Leuckartiara octona</i>	1,0	0,2	0,6	1,3	1,3	31,0
H21 vs. H21: 45,6 % Unähnlichkeit	H20	H21				
Art	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Lanice conchilega</i>	4,0	0,2	1,8	4,9	3,9	3,9
<i>Scalibregma inflatum</i>	3,1	0,3	1,3	2,7	2,9	6,8
<i>Pseudopolydora pulchra</i>	2,2	0,1	1,0	4,4	2,2	9,0
<i>Spiophanes bombyx</i>	4,2	2,2	0,9	3,9	2,1	11,0
<i>Poecilochaetus serpens</i>	3,2	1,4	0,8	1,9	1,8	12,9
<i>Phoronis spp.</i>	3,4	1,9	0,8	1,7	1,7	14,5
<i>Varicorbula gibba</i>	3,0	1,5	0,7	1,9	1,5	16,0
<i>Phtisica marina</i>	1,4	0,0	0,7	1,6	1,5	17,5
<i>Lovenella clausa</i>	1,7	0,3	0,6	2,1	1,4	18,9
<i>Pholoe baltica+spp</i>	1,5	0,4	0,6	1,7	1,4	20,2
<i>Corystes cassivelaunus</i>	1,6	0,4	0,6	1,7	1,3	21,6
<i>Owenia fusiformis</i>	1,9	3,1	0,6	1,3	1,3	22,9
<i>Eumida spp.</i>	1,3	0,2	0,6	1,5	1,3	24,1
<i>Phyllodoce groenlandica</i>	1,4	0,4	0,6	1,5	1,2	25,4
<i>Tellimya ferruginosa</i>	1,5	0,7	0,6	1,4	1,2	26,6
<i>Kurtiella bidentata</i>	2,6	1,4	0,6	1,3	1,2	27,9
<i>Magelona filiformis</i>	1,6	0,6	0,6	1,5	1,2	29,1
<i>Euspira nitida</i>	2,0	0,9	0,6	1,4	1,2	30,3

Gemeinschaftszuordnung

Nach RACHOR & NEHMER (2003) befindet sich die Fläche N-6.6 im Verbreitungsgebiet der *Nucula nitidosa*-Gemeinschaft. Eine neuere Modellierung von BILDSTEIN et al. (2014a) unter Einbeziehung weiterer, aktueller Daten ergab jedoch eine Zuteilung dieser Bereiche zu der *Amphiura filiformis*-Gemeinschaft. Andere Autoren stellten fest, dass eine statistische Trennung dieser beiden Gemeinschaften nicht ohne weiteres möglich ist und nahmen daher keine getrennte Betrachtung der Verbreitung dieser zwei Gemeinschaften vor (BFN 2018b, FIORENTINO et al. 2017).

Auch anhand dieser Daten ist eine Gemeinschaftszuweisung nicht eindeutig vorzunehmen. Sowohl die durch RACHOR & NEHMER (2003) für diese Gemeinschaften beschriebenen Charakterarten als auch die charakteristischen Arten kommen in der Fläche N-6.6 mit hoher Stetigkeit und einem vergleichsweise hohen Abundanzanteil vor (Tab. 19). Zudem wurden Charakterarten beider Gemeinschaften anhand der SIMPER-Analyse als gruppierende Arten ermittelt (Tab. 17). Es handelt sich bei der in der Fläche N-6.6 vorherrschenden Benthosgemeinschaft sowohl im Herbst 2020 als auch im Frühjahr und Herbst 2021 um eine Mischgemeinschaft der *Nucula nitidosa*-Gemeinschaft und der *Amphiura filiformis*-Gemeinschaft. Die Stärke der Ausprägung der jeweils

einen oder anderen Gemeinschaft kann saisonal und interanuell variieren, was in den vorliegenden Daten zum Ausdruck kam.

Tab. 19: Abundanzanteil (relative Abundanz) und Stetigkeit der Charakterarten (dunkel) und charakteristischen Arten (hell) für die *Nucula nitidosa*-Gemeinschaft (grün) und die *Amphiura filiformis*-Gemeinschaft (blau) nach RACHOR & NEHMER (2003) in der Fläche N-6.6 im Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21), Herbst 2021 (H21).

Rel. ABU: relative Abundanz (%); STET: Stetigkeit (%)

Großtaxa	Taxa	H20		F21		H21	
		Rel. ABU	STET	Rel. ABU	STET	Rel. ABU	STET
Polychaeta	<i>Scalibregma inflatum</i>	6,2	100	-	-	0,1	20
Bivalvia	<i>Abra alba</i>	2,0	100	0,4	60	1,8	100
Bivalvia	<i>Nucula nitidosa</i>	7,1	100	23,5	100	6,8	100
Polychaeta	<i>Owenia fusiformis</i>	1,1	90	0,1	15	15,5	100
Bivalvia	<i>Abra nitida</i>	0,1	40	0,001	5	0,3	45
Bivalvia	<i>Abra spp.*</i>	0,1	40	0,8	70	-	-
Bivalvia	<i>Phaxas pellucidus</i>	4,4	100	3,0	100	6,0	100
Echinodermata	<i>Ophiura albida</i>	0,3	55	0,1	15	-	-
Bivalvia	<i>Kurtiella bidentata</i>	2,3	100	1,8	90	1,1	80
Crustacea	<i>Harpinia antennaria</i>	0,4	70	2,9	90	1,5	85
Echinodermata	<i>Amphiura filiformis</i>	7,2	100	6,5	100	21,2	100
Bivalvia	<i>Varicorbula gibba</i>	4,2	100	8,4	100	1,3	90
Gastropoda	<i>Cylichna cylindracea</i>	0,4	95	0,8	60	0,3	50
Crustacea	<i>Bathyporeia tenuipes</i>	0,1	45	0,4	40	0,4	45

3.3.3 Makrozoobenthos – Epifauna

Bei den folgenden Auswertungen werden ausschließlich zur Epifauna gehörende Makrozoobenthos-Taxa aus den Hols mit der 2 m-Baumkurre berücksichtigt (vgl. Erläuterung in Kap. 2.4.2.1)

3.3.3.1 Artenzahl und Artenspektrum

In der Fläche N-6.6 wurden in den drei Kampagnen, Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021, insgesamt 49 Arten (vgl. Erläuterung in Kap. 2.4.1.3) der Epifauna mit der 2 m-Baumkurre erfasst (Tab. 20). Die Gesamtartenzahl (qualitativ und quantitativ erfasste Arten) war im Herbst 2021 mit 36 Arten höher als im Frühjahr 2021 (31 Arten) und im Herbst 2021 (33). Die insgesamt 49 Arten entstammten 9 taxonomischen Großgruppen. Hierbei gehörten 18 Arten der Gruppe der Crustacea, 9 Arten den Hydrozoa, 6 Arten den Echinodermata, 5 Arten den Polychaeta, je 3 Arten den Bryozoa und Gastropoda, je 2 Arten den Anthozoa und Bivalvia und 1 Art Cephalopoda an.

Von den größeren, mobilen Arten, die quantitativ erfasst wurden, konnten im Herbst 2020 16 Arten nachgewiesen werden, im Frühjahr 2021 19 Arten und im Herbst 2021 17 Arten (Tab. 20). Insgesamt wurden über alle Kampagnen hinweg 23 Arten quantitativ erfasst.

Tab. 20: Artenspektrum der Epifauna (2 m-Baumkurre) der Fläche N-6.6 im Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).

Für quantitativ erfasste Arten (vgl. Kap. 2.4.2.1, grün hinterlegt) ist die mittlere Abundanz (ABU; Ind. /ha) und Biomasse (BIOM; g FG/ha) angegeben. Die Stetigkeit ist für alle erfassten Taxa angegeben.

*: kein für das Gesamtartenspektrum als eigenständige Art gewertetes Taxon, blau hinterlegt: kein für die Kampagne als eigenständige Art gewertetes Taxon; x = Präsenz von qualitativ erfassten Arten; Rote Liste (RL) nach RACHOR et al. (2013): 2: stark gefährdet, 3: gefährdet, G: Gefährdung unbekanntes Ausmaßes, R: extrem selten (geographische Restriktion).

Taxa	RL-Kat	H20			F21			H21		
		ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET
Hydrozoa										
<i>Aequorea</i> spp.		X		10				X		20
<i>Bougainvillia muscus</i>		X		90	X		10	X		60
<i>Bougainvillia</i> spp.*		X		40				X		10
<i>Clytia hemisphaerica</i>		X		90				X		70
<i>Ectopleura dumortierii</i>					X		10			
Filifera indet.					X		10			
<i>Hydractinia echinata</i>		X		60	X		50	X		70
Hydrozoa indet.*		X		70						
<i>Leuckartiara octona</i>	R				X		10			
<i>Obelia bidentata</i>		X		10						
<i>Obelia dichotoma</i>		X		60				X		70
<i>Obelia</i> spp.*					X		20			
Tubulariidae indet.*								X		90
Anthozoa										
Actiniaria indet.*		1,1	0,00	10				3,7	2,36	20
<i>Cylista undata</i>	3							2,0	4,05	10
<i>Sagartiogeton</i> spp.		1,1	2,27	10						
Bryozoa										
Alcyonidiidae indet.		X		20				X		40
<i>Arachnidium fibrosum</i>		X		70	X		30	X		20
<i>Electra pilosa</i>		X		100	X		50	X		100

Taxa	RL-Kat	H20			F21			H21		
		ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET
Polychaeta										
<i>Aphrodita aculeata</i>	2	1,2	48,40	10	14,5	258,17	50	3,6	25,80	20
<i>Polydora ciliata</i>		X		10	X		60	X		80
<i>Sabellaria spinulosa</i>								X		40
Sabellidae indet.								X		10
Syllidae indet.								X		10
Bivalvia										
<i>Acanthocardia echinata</i>	G	13,2	89,26	40	19,0	360,54	70	1,8	87,73	10
<i>Mytilus edulis</i>								2,0	40,50	10
Cephalopoda										
<i>Sepiolo atlantica</i>		1,2	7,31	10						
Gastropoda										
<i>Aporrhais pespelecani</i>	G				12,9	94,98	60			
<i>Euspira nitida</i>		16,0	13,86	10	30,4	20,61	90	3,4	6,72	20
<i>Turritellinella tricarinata</i>	G	958,0	888,60	100	1.268,2	1.344,24	100	657,5	792,38	100
Crustacea										
<i>Abludomelita obtusata</i>		X		30				X		10
<i>Aora gracilis</i>		X		20						
<i>Athelges paguri</i>					X		10	X		10
<i>Balanus crenatus</i>		X		10	X		10	X		80
<i>Corystes cassivelaunus</i>		9,7	100,02	50	60,2	388,12	100	42,0	224,30	80
<i>Crangon allmanni</i>					16,0	21,86	70	4,8	6,44	20
<i>Crangon crangon</i>		2,2	2,24	20	1,9	3,76	20			
<i>Goneplax rhomboides</i>	R	2,4	31,91	20	5,2	44,02	40	1,8	31,92	10
<i>Liocarcinus depurator</i>		5,7	96,41	10	10,7	91,28	50	18,2	323,87	60
<i>Liocarcinus holsatus</i>		636,7	3.983,35	100	19,8	158,31	70	98,8	887,18	100
<i>Macropodia rostrata</i>		39,3	33,12	60	1,0	1,02	10	1,6	1,61	10

Taxa	RL-Kat	H20			F21			H21		
		ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET
<i>Macropodia</i> spp.*								1,6	1,60	10
<i>Pagurus bernhardus</i>		1.083,9	1.606,48	100	443,1	823,18	100	524,6	939,61	100
<i>Peltogaster paguri</i>								X		10
<i>Pisidia longicornis</i>		X		10				X		20
<i>Scopelocheirus hopei</i>		X		10						
<i>Stenothoe marina</i>		X		10						
<i>Trypetesa lampas</i>		X		10						
<i>Tryphosa nana</i>					X		20	X		20
Echinodermata										
<i>Asterias rubens</i>		6.146,2	11.010,35	100	2.819,8	23.733,77	100	1.021,0	14.488,64	100
<i>Astropecten irregularis</i>	G	494,8	2.185,55	100	59,7	116,44	90	457,0	866,67	100
<i>Echinocardium cordatum</i>					9,9	112,41	20			
<i>Ophiura albida</i>					104,0	42,40	60	3,7	3,70	20
<i>Ophiura ophiura</i>		12.808,7	9.033,76	100	7.965,1	6.247,37	100	2.780,7	5.419,42	100
<i>Psammechinus miliaris</i>					1,0	1,02	10			
Gesamtabundanz/-biomasse		22.221,6	29.132,9		12.862,5	33.863,5		5.629,8	24.154,5	
Gesamtartenzahl: 49		33,0			31,0			36,0		
Anzahl qualitativ erfasste Arten: 23		16,0			19,0			17,0		
Anzahl Rote Liste Arten: 8		4,0			6,0			6,0		

3.3.3.2 Rote-Liste-Arten

Insgesamt wurden 8 Arten der Epifauna nachgewiesen, die nach der Roten Liste von RACHOR et al. (2013) einen akuten Gefährdungsstatus besitzen (ohne Kategorie V: „Vorwarnliste“, Tab. 20).

Mit der Sandkoralle *Sabellaria spinulosa* wurde eine Art der Gefährdungskategorie „2“ (stark gefährdet) im Referenzgebiet nachgewiesen. Außerdem wurde die Actinie *Cylista undata* mit der Gefährdungskategorie „3“ (gefährdet) nachgewiesen.

Vier der 8 Arten werden in der Gefährdungskategorie G „Gefährdung unbekanntes Ausmaßes“ geführt. Diese Arten waren die Stachelige Herzmuschel *Acanthocardia echinata*, die Gemeine Turmschnecke *Turritellinella tricarinata*, der dekapode Krebs *Upogebia deltaura*, der Nordische Kammstern *Astropecten irregularis*.

Weiterhin handelte es sich bei der Trapezkrabbe *Goneplax rhomboides* und der Hydrozoe *Leuckartiara octona* um Arten mit geographisch eingeschränkter Verbreitung (R, „extrem selten“).

Die Rote-Liste-Arten *Turritellinella tricarinata* und *Astropecten irregularis* kamen in der Fläche N-6.6 in hohen Abundanz von 657,5 – 1.268,2 Ind./ha bzw. 59,7 - 494,8 Ind./ha vor.

Im Herbst 2020 wurden in der Fläche N-6.6 insgesamt 4 Rote-Liste-Arten nachgewiesen, während im Frühjahr und Herbst 2021 6 Rote-Liste-Arten nachgewiesen wurden (Tab. 20). Eine gemeinsame Betrachtung der Rote-Liste-Arten der Infauna und der Epifauna erfolgt in Kap. 4.2.

3.3.3.3 Gesamtartenzahl, -individuendichte und -biomasse

Aufgrund der unterschiedlichen Erfassungsmethode (qualitativ und quantitativ) der im Gebiet vorkommenden Arten (vgl. auch Kap. 2.4.2.1), werden die Mittelwertberechnungen für die Kenngrößen Artenzahl, Abundanz, Biomasse, Diversität und Äquität nur auf Basis der quantitativ erfassten Arten erhoben.

Die mittlere Artenzahl pro Hol in der Fläche N-6.6 lag im Herbst 2020 bei 8,4 (Tab. 21, Abb. 19) mit einem Minimum von 7 Arten und einem Maximum von 10 Arten. Im Frühjahr 2021 wurde eine höhere mittlere Artenzahl von 12,1 ermittelt, mit Werten zwischen 8 und 14 Arten (Tab. 22). Im Herbst 2021 war die mittlere Artenzahl mit 8,9 Arten/Hol (MIN: 7, MAX: 11) vergleichbar mit der im Herbst 2021 (Tab. 23).

Die mittlere Abundanz betrug im Herbst 2020 22.221,6 Ind./ha (Tab. 21, Abb. 19), bei Werten zwischen 16.044,1 Ind./ha und 30.710,4 Ind./ha. Im Frühjahr 2021 war die mittlere Abundanz mit 12.862,5 Ind./ha nur knapp halb so hoch wie im Herbst (Tab. 22). Die Variabilität lag hier zwischen 7.571,9 Ind./ha und 18.335,4 Ind./ha. Im Herbst 2021 war die mittlere Abundanz wiederum deutlich geringer als im Herbst 2020 und im Frühjahr 2021 und betrug im Mittel 5.629,8 Ind./ha mit Werten zwischen 1.307,8 und 13.296,1 Ind./ha (Tab. 23).

Die mittlere Biomasse lag im Herbst 2020 bei 29.132,9 g FG/ha (Tab. 21, Abb. 19). Das Minimum betrug 23.208,0 g FG/ha und das Maximum betrug 40.628,3 g FG/ha. Im Frühjahr 2021 lag die mittlere Biomasse mit 33.863,5 g FG/ha in einer ähnlichen Größenordnung wie im Herbst (Tab. 22). Die Werte variierten zwischen minimal 22.848,9 g FG/ha und 62.057,5 g FG/ha. Im Herbst 2021 lag die Biomasse, trotz geringerer Abundanzen im Mittel bei 24.154,5 g FG/ha (Tab. 23). Die Variabilität war mit Werten zwischen 7.731,5 und 52.227,7 g FG/ha sehr hoch.

Auffällig im Vergleich der drei Kampagnen sind die zum Teil sehr starken Unterschiede in der Gesamtabundanz die sich in der Biomasse jedoch nicht derart deutlich abzeichnen. Dies spricht dafür, dass im Herbst 2020 eine große Anzahl kleinerer (juveniler) Individuen gefangen wurden. Dies konnte besonders bei der dominanten Art *Asterias rubens* beobachtet werden, bei der ein Individuum im Herbst 2020 durchschnittlich 1,8 Gramm, im Frühjahr durchschnittlich 8,4 Gramm und im Herbst 2021 durchschnittlich 14,2 Gramm wog.

Die mittlere Abundanz und die mittlere Biomasse der einzelnen Taxa in der Fläche N-6.6 sind Tab. 20 zu entnehmen.

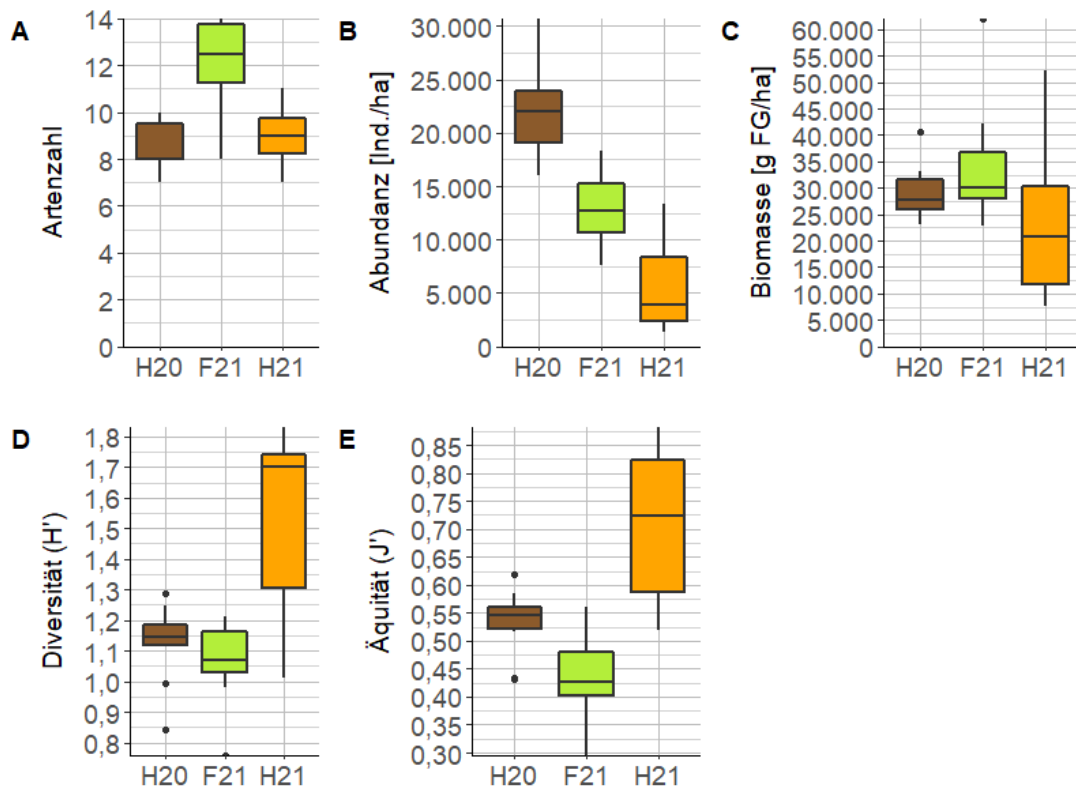


Abb. 19: Boxplots der mittleren Artenzahl (A, Arten/Station), Abundanz (B), Biomasse (C), Diversität (D) und Äquität (E) der quantitativ erfassten Epifauna (2 m-Baumkurre) für die Fläche N-6.6 im Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).

Tab. 21: Artenzahl (n/Station), Abundanz (Ind./ha), Biomasse (g FG/ha), Diversität und Äquität der Epifauna (2 m-Baumkurre) je Station für die Fläche N-6.6 im Herbst 2020 (H20).
MW: Mittelwert; SD: Standardabweichung; MIN: Minimum; MAX: Maximum

Station	Artenzahl	Abundanz	Biomasse	Diversität (H')	Äquität (J')
N-6.6-D-02-H20	7	18.945,3	25.589,5	0,84	0,43
N-6.6-D-04-H20	10	28.960,3	33.170,4	1,25	0,54
N-6.6-D-06-H20	10	16.756,2	28.551,0	1,19	0,52
N-6.6-D-07-H20	8	21.410,7	31.619,8	1,12	0,54
N-6.6-D-09-H20	8	30.710,4	40.628,3	1,29	0,62
N-6.6-D-13-H20	8	22.805,1	26.590,2	1,15	0,55
N-6.6-D-15-H20	7	22.602,3	31.357,9	1,14	0,58
N-6.6-D-17-H20	10	24.277,6	23.904,7	0,99	0,43
N-6.6-D-18-H20	8	19.703,8	26.709,0	1,17	0,56
N-6.6-D-20-H20	8	16.044,1	23.208,0	1,14	0,55
MW	8,4	22.221,6	29.132,9	1,13	0,53
SD	1,1	4.560,1	4.972,5	0,12	0,06
MIN	7	16.044,1	23.208,0	0,84	0,43
MAX	10	30.710,4	40.628,3	1,29	0,62

Tab. 22: Artenzahl (n/Station), Abundanz (Ind./ha), Biomasse (g FG/ha), Diversität und Äquität der Epifauna (2 m-Baumkurre) je Station für die Fläche N-6.6 im Frühjahr 2021 (F21).
MW: Mittelwert; SD: Standardabweichung; MIN: Minimum; MAX: Maximum

Station	Artenzahl	Abundanz	Biomasse	Diversität (H')	Äquität (J')
N-6.6-D-02-F21	13	18.335,4	22.848,9	0,76	0,30
N-6.6-D-04-F21	12	7.571,9	29.989,6	1,03	0,41
N-6.6-D-06-F21	14	16.119,5	32.640,8	1,06	0,40
N-6.6-D-07-F21	11	16.763,5	27.550,6	1,21	0,51
N-6.6-D-09-F21	12	9.736,5	29.207,7	1,20	0,48
N-6.6-D-13-F21	10	10.460,1	38.068,9	1,08	0,47
N-6.6-D-15-F21	14	12.828,9	29.930,0	0,98	0,37
N-6.6-D-17-F21	8	12.477,8	42.277,3	1,17	0,56
N-6.6-D-18-F21	14	11.486,3	62.057,5	1,16	0,44
N-6.6-D-20-F21	13	12.844,7	24.063,9	1,03	0,40
MW	12,1	12.862,5	33.863,5	1,07	0,43
SD	1,9	3.183,7	10.928,1	0,13	0,07
MIN	8	7.571,9	22.848,9	0,76	0,30
MAX	14	18.335,4	62.057,5	1,21	0,56

Tab. 23: Artenzahl (n/Station), Abundanz (Ind./ha), Biomasse (g FG/ha), Diversität und Äquität der Epifauna (2 m-Baumkurre) je Station für die Fläche N-6.6 im Herbst 2021 (H21).
MW: Mittelwert; SD: Standardabweichung; MIN: Minimum; MAX: Maximum

Station	Artenzahl	Abundanz	Biomasse	Diversität (H')	Äquität (J')
N-6.6-D-02-H21	9	12.463,5	52.227,7	1,24	0,56
N-6.6-D-04-H21	11	3.192,7	20.327,3	1,73	0,72
N-6.6-D-06-H21	7	5.766,7	25.175,5	1,01	0,52
N-6.6-D-07-H21	8	1.307,8	7.731,5	1,77	0,85
N-6.6-D-09-H21	9	1.525,0	8.103,7	1,83	0,83
N-6.6-D-13-H21	7	2.553,0	11.115,3	1,72	0,88
N-6.6-D-15-H21	10	9.227,0	31.915,1	1,36	0,59
N-6.6-D-17-H21	9	2.287,7	13.900,2	1,75	0,79
N-6.6-D-18-H21	10	4.678,1	21.203,4	1,68	0,73
N-6.6-D-20-H21	9	13.296,1	49.845,3	1,29	0,59
MW	8,9	5.629,8	24.154,5	1,54	0,71
SD	1,2	4.259,6	15.281,5	0,27	0,13
MIN	7	1.307,8	7.731,5	1,01	0,52
MAX	11	13.296,1	52.227,7	1,83	0,88

3.3.3.4 Diversität und Äquität

Die mittlere Diversität (H') der Epifauna betrug im Herbst 2020 1,13 bei einem Minimum von 0,84 und einem Maximum von 1,29 (Tab. 21, Abb. 19). Im Frühjahr 2021 betrug die mittlere Diversität 1,07 mit Werten zwischen 0,76 und 1,21 und war somit nur etwas geringer als im Herbst (Tab. 22). Im Herbst 2021 war die Diversität dagegen mit 1,54 (MIN: 1,01, MAX: 1,83) deutlich höher als in den zwei vorangegangenen Kampagnen (Tab. 23).

Die mittlere Äquität lag im Herbst 2020 bei 0,53 mit Werten zwischen 0,43 und 0,62 und im Frühjahr 2021 bei 0,43 mit Werten zwischen 0,30 und 0,56 (Tab. 21, Tab. 22, Abb. 19). Auch die Äquität war im Herbst 2021 mit 0,71 deutlich höher als in den beiden vorherigen Kampagnen (Tab. 23). Die Äquitätswerte schwankten hier zwischen 0,52 und 0,88.

3.3.3.5 Dominanzverhältnisse bei Abundanz und Biomasse

Die Dominanzverhältnisse in Bezug auf die Abundanz und Biomasse in der Fläche N-6.6 sind in Abb. 20 bzw. Abb. 21 dargestellt.

Im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021 wurde die Abundanz durch dieselben 2 Arten dominiert: durch den Gemeinen Schlangensterne *Ophiura ophiura* (H20: 57,6 %, F21: 61,9 %, H21: 49,4 %) und den Gemeinen Seestern *Asterias rubens* (H20: 27,7 %, F21: 21,9 %, H21: 18,1 %).

Im Herbst belegten der Einsiedlerkrebs *Pagurus bernhardus* (4,9 %), die Gemeine Turmschnecke *Turritellinella tricarinata* (4,3 %) und die Schwimmkrabbe *Liocarcinus holsatus* (2,9 %) die Ränge 3-5 der Abundanzverteilung. Alle weiteren Arten machten zusammen nur einen Anteil von 2,6 % aus.

Im Frühjahr 2021 wurden die Ränge 3-5 der Abundanzverteilung durch die folgenden Arten belegt: *Turritellinella tricarinata* (9,9 %), *Pagurus bernhardus* (3,4 %) und der Schlangensterne *Ophiura albida* (0,8 %). Sonstige Arten machten einen Anteil von 2,0 % der Abundanzverteilung aus.

Im Herbst 2021 zählten die Gemeine Turmschnecke *Turritellinella tricarinata* (11,7 %), der Einsiedlerkrebs *Pagurus bernhardus* (9,3 %) und der Nordische Kammsterne *Astropecten irregularis* (8,1 %) zu den weiteren, nach ihrer Abundanz dominanten Arten.

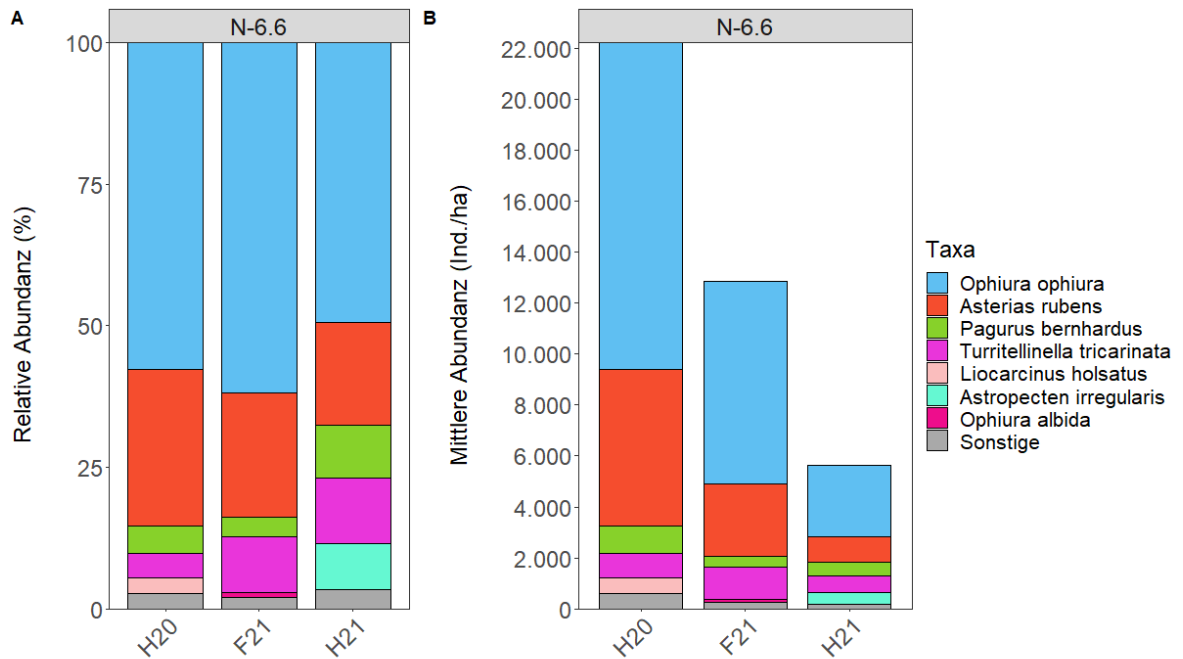


Abb. 20: Dominanzverhältnisse der Epifauna (2 m-Baumkurre, Abundanz) in der Fläche N-6.6 dargestellt für den Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21). Es wurden die 5 dominanten Arten berücksichtigt, unter „Sonstige“ fallen alle übrigen Arten.

Auch bei der Biomasse waren *Asterias rubens* und *Ophiura ophiura* die dominanten Arten.

Im Herbst 2020 machte *Asterias rubens* einen Anteil von 37,8 % der Biomasse aus, wohingegen er im Frühjahr 2021 die Biomasse sogar mit 70,1 % und im Herbst 2021 mit 60,0 % dominierte.

Weitere dominante Arten im Herbst 2020 waren *Ophiura ophiura* mit 31,0 %, *Liocarcinus holsatus* mit 13,7 %, *Astropecten irregularis* mit 7,5 % und *Pagurus bernhardus* mit 5,5 % Anteil an der Gesamtbiomasse. Der Anteil sonstiger Arten lag bei 4,5 %.

Im Frühjahr 2021 waren neben *Asterias rubens* ebenfalls der Schlangensterne *Ophiura ophiura* mit 18,4 % sowie *Turritellinella tricarinata* (4,0 %), *Pagurus bernhardus* (2,4 %) und *Corystes cassivelaunus* (1,1 %) dominante Art in Bezug auf die Biomasse. Sonstige Arten machten einen Anteil von 3,9 % aus.

Im Herbst 2021 gehörten *Ophiura ophiura* (22,4 %), *Pagurus bernhardus* (3,9 %), *Liocarcinus holsatus* (3,7 %) und *Astropecten irregularis* (3,6 %) zu den nach ihrer Biomasse dominanten Arten. Sonstige Arten machten einen Anteil von 6,4 % aus.

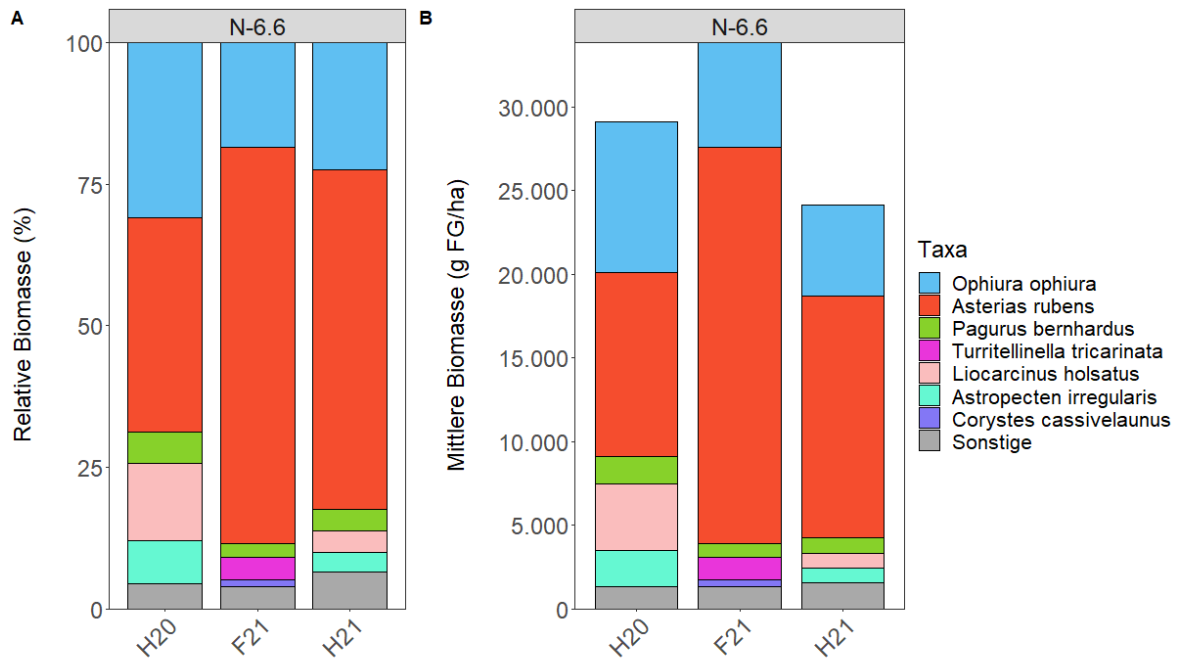


Abb. 21: Dominanzverhältnisse der Epifauna (2 m-Baumkurre, Biomasse) in der Fläche N-6.6 dargestellt für den Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21). Es wurden die 5 dominanten Arten berücksichtigt, unter „Sonstige“ fallen alle übrigen Arten.

3.3.3.6 Beifang aus der Fischbestandsaufnahme

Der während der Fischbestandsbeprobung erfasste Beifang bestand im Herbst 2020 zu ca. 70 % aus dem Gemeinen Seestern *Asterias rubens* und zu jeweils 10 % aus *Astropecten irregularis*, *Echinocardium cordatum* und *Liocarcinus holsatus*. Weitere, mit hoher Stetigkeit vorkommende Arten waren *Aphrodita aculeata*, der Taschenkrebs *Cancer pagurus*, *Corystes cassivelaunus*, *Crangon crangon*, *Crangon allmanni*, *Pagurus bernhardus*, *Goneplax rhomboides*, *Liocarcinus depurator*, *Macropodia rostrata*, *Ophiura ophiura* und *Turritellinella tricarinata*.

Im Frühjahr 2021 setzte sich der Beifang hauptsächlich aus dem Gemeinen Seestern *Asterias rubens* zusammen, der ca. 95 % des Beifangs ausmachte. Die restlichen 5 % setzten sich aus den Arten *Aphrodita aculeata*, *Corystes cassivelaunus*, *Liocarcinus holsatus* und *Echinocardium cordatum* zusammen. Weitere mit hoher Stetigkeit vorkommende Arten waren *Ophiura ophiura*, *Ophiura albida*, *Turritellinella tricarinata*, *Liocarcinus depurator*, *Acanthocardia echinata* und *Goneplax rhomboides*. Gelegentlich waren auch Garnelen wie *Crangon crangon*, *Crangon allmanni* und *Palaemon spp.* Teil des Beifangs sowie der Taschenkrebs *Cancer pagurus* und die Tote Mannshand *Alcyonium digitatum*.

Im Herbst 2021 trat wie auch im Herbst 2020 der Gemeine Seestern (*Asterias rubens*) sehr häufig im Beifang auf und erreichte einen Anteil von 85–90 %. Daneben kamen der Antennenkrebs (*Corystes cassivelaunus*) und die beiden Schwimmkrabbenarten *Liocarcinus holsatus* und *L. depurator* mit je etwa 5 % vor. In F-08 konnte wie im Herbst 2020 wieder ein Gemeiner Kalmar (*Loligo vulgaris*) erfasst werden. Daneben traten regelmäßig *Cancer pagurus*, *Astropecten*

irregularis, *Crangon crangon*, *Crangon allmanni*, *Goneplax rhomboides*, *Echinocardium cordatum*, *Ophiura ophiura* und *Turritellinella tricarinata*.

Diese Zusammensetzung des Beifangs ist in guter Übereinstimmung mit den Ergebnissen aus der Benthosbeprobung mittels 2 m Baumkurre und van-Veen-Greifer.

Gelegentlich wurden einzelne Individuen des Kaisergranats, *Nephrops norvegicus*, erfasst. Erwähnenswert ist der im Herbst 2021 sowie im Hol N-6.6-F07 im Herbst 2020 erfasste Gemeine Kalmar (*Loligo vulgaris*) mit einer Mantellänge von ungefähr 25 cm (Abb. 22). Des Weiteren bestand der Beifang aus größeren Mengen totem Fisch (2–3 kg pro Hol) darunter in einem Hol auch ein toter Kleingefleckter Katzenhai (*Scylliorhinus canicula*). Dies deutet auf eine fischereiliche Nutzung der Fläche N-6.6 zum Zeitpunkt der Probenahme hin. Bei den toten Fischen handelt es sich sehr wahrscheinlich um den Rückwurf der Fischereifahrzeuge.



Abb. 22: In Hol N-6.6-F07-H20 gefangener Gemeiner Kalmar (*Loligo vulgaris*).

3.3.3.7 Gemeinschaftsanalyse

Eine multivariate Auswertung der Abundanzdaten der mobilen, quantitativ erfassten Epifauna mittels Clusteranalyse zeigte, dass sich die Hols der Kampagne im Herbst 2020 von den Hols im Frühjahr 2021 unterscheiden und sich getrennten Clustern zuordnen lassen. Hols der Kampagne im Herbst 2021 bilden teilweise eine eigene Gruppierung während sich vier einzelne Hols sowohl zu den Hols der Frühjahrskampagne und zu den Hols der Herbst 2020-Kampagne gruppieren. Dies weist auf eine insgesamt hohe Ähnlichkeit der in den drei Kampagnen erfassten Hols hin (Abb. 23).

Dies wird durch die SIMPER-Analyse bestätigt, nach der die Unähnlichkeit der Kampagnen mit 29,9 % (F21 – H20), 31,2 % (F21-H21) bzw. 27,5 % (H20-H21) sehr gering war und entsprechend eine hohe Ähnlichkeit vorlag (Tab. 24).

Die vorhandenen Unterschiede zwischen den Kampagnen im Frühjahr 2021 und Herbst 2020 wurden hauptsächlich durch die Arten *Liocarcinus holsatus*, *Astropecten irregularis* und *Euspira nitida* hervorgerufen, die insgesamt 28,5 % der Unterschiede zwischen den Kampagnen erklärten (Tab. 24). Die Schwimmkrabbe *Liocarcinus holsatus* und der Nordische Kammstern *Astropecten irregularis* gehörten im Herbst 2020 zu den dominanten Arten und wurden im Frühjahr in deutlich geringerer Abundanz erfasst. *Euspira nitida* hingegen wies im Frühjahr höhere Abundanzen auf als im Herbst, gehörte aber in keiner der Kampagnen zu den dominanten Arten.

In einem Vergleich der Frühjahrskampagne mit dem Herbst 2021 traten die Arten *Ophiura ophiura*, *Astropecten irregularis*, *Ophiura albida* und *Eurpira nitida* als wichtigste Trennarten auf, die einen Anteil von 35,7 % der Unterschiede zwischen beiden Kampagnen erklärten (Tab. 24).

Ein Vergleich beider Herbstkampagnen ergab, dass die zwei Arten *Ophiura ophiura* und *Asterias rubens* für 34,7 % der Unterschiede zwischen den Kampagnen verantwortlich waren (Tab. 24). Die Abundanzen beider Arten waren im Herbst 2020 deutlich höher als im Herbst 2021.

Die Ergebnisse der multivariaten Analyse ergaben, dass Unterschiede zwischen Kampagnen hauptsächlich in Abundanzunterschieden einzelner Arten begründet waren und nicht in einer grundsätzlich unterschiedlichen Besiedlung. Trotz erkennbarer saisonaler und interanueller Variabilität waren die Ähnlichkeiten in der Besiedlung der Epifaunagemeinschaft in der Fläche N-6.6 zwischen den Kampagnen sehr hoch.

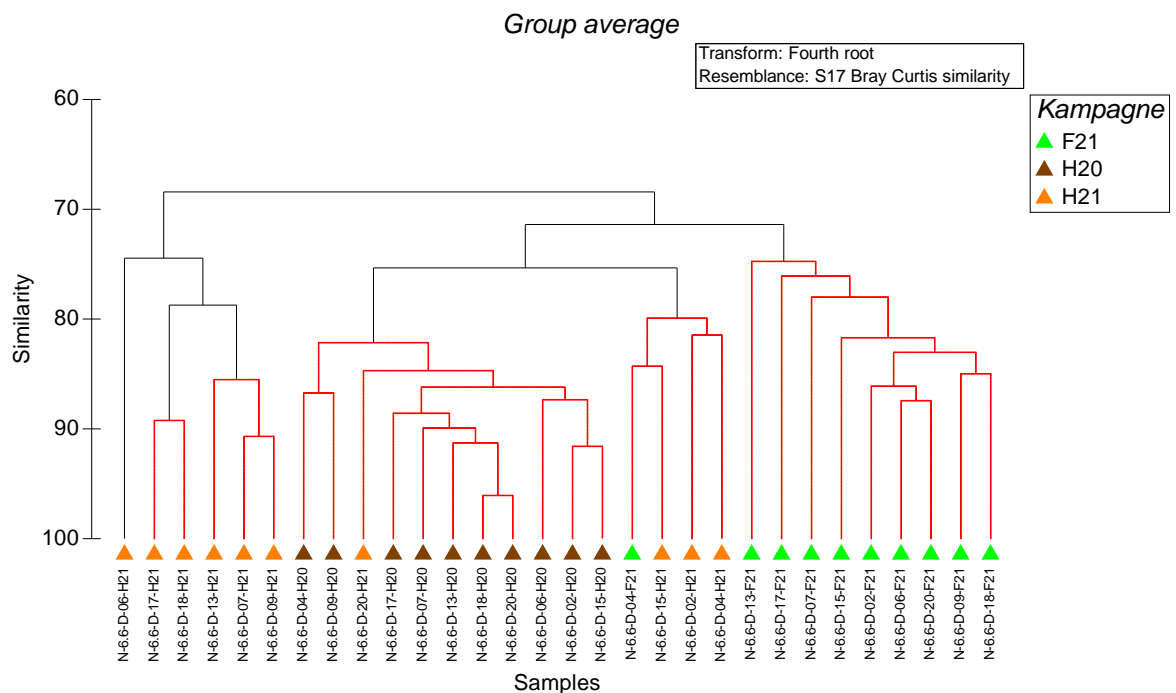


Abb. 23: Clusterdendrogramm des Makrozoobenthos (Epifauna, 2 m-Baumkurre) der Stationen in der Fläche N-6.6 im Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21). Schwarze Linien weisen auf signifikante Gruppierungen (SIMPROF-Test) hin.

Tab. 24: Ergebnisse der SIMPER-Analyse des Vergleichs der Epifaunagemeinschaft (2 m-Baumkurre) der drei Kampagnen (H20, F21, H21) für die Fläche N-6.6.

Es werden die Trennarten bis zu einem kumulativen Anteil von 30 % dargestellt.

Av. Abund.: mittlere Abundanz (transformiert mit der 4. Wurzel), Av. Diss.: mittlere Unähnlichkeit, Dis/SD:

Standardabweichung der Unähnlichkeit, Contrib %: prozentualer Beitrag, Cum. %: kumulativer Beitrag über die angezeigten Arten.

F21 vs. H20: 29,9 % Unähnlichkeit	F21	H20				
Art	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Liocarcinus holsatus</i>	1,53	4,98	3,82	2,87	12,8	12,8
<i>Astropecten irregularis</i>	2,46	4,63	2,43	1,82	8,1	20,9
<i>Euspira nitida</i>	2,15	0,36	2,27	2,63	7,6	28,5
<i>Ophiura albida</i>	2,05	0,00	2,22	1,17	7,4	35,9
F21 vs. H21: 31,2 % Unähnlichkeit	F21	H21				
Art	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Ophiura ophiura</i>	9,30	6,38	3,95	1,47	12,7	12,7
<i>Astropecten irregularis</i>	2,46	4,40	2,49	1,59	8,0	20,7
<i>Ophiura albida</i>	2,05	0,41	2,40	1,25	7,7	28,4
<i>Euspira nitida</i>	2,15	0,40	2,28	1,86	7,3	35,7
H20 vs. H21: 27,5 % Unähnlichkeit	F21	H21				
Art	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Ophiura ophiura</i>	10,60	6,38	5,43	1,81	19,8	19,8
<i>Asterias rubens</i>	8,73	5,47	4,11	2,54	15,0	34,7

3.3.4 Fische

3.3.4.1 Vergleich der Hols der eingesetzten 7 m-Baumkurren (Steuerbord und Backbord)

Bei keiner der verglichenen Kenngrößen (mittlere Artenzahl, Gesamt-abundanz, Gesamtbiomasse, Diversität und Äquität) waren die Unterschiede zwischen den mit beiden 7 m-Baumkurren durchgeführten Hols signifikant (Tab. 25). Auch die Abundanz der Charakterarten sowie die Dominanzverhältnisse auf der Basis der Häufigkeiten und der Biomasse waren in den Hols beider Baumkurren vergleichbar (siehe dazu Kap. 3.3.4.8). Es ist daher davon auszugehen, dass in den Kampagnen Herbst 2020, Frühjahr 2021 wie auch im Herbst 2021 die Fängigkeit der zwei eingesetzten Baumkurren gleich war. Somit werden im Folgenden die während beider Kampagnen an jeder Station durchgeführten Doppelhols zusammengefasst betrachtet, wie es auch im StUK 4 vorgesehen ist.

Tab. 25: Statistischer Vergleich (T-Test (t) bzw. Mann-Whitney-U-Test (u)) der Kennwerte der mit beiden 7 m-Baumkurren (Bb: Backbord, Stb: Steuerbord) in der Fläche N-6.6 durchgeführten Hols.

Kennwert	Fläche N-6.6										
	Herbst 2020			Frühjahr 2021			Herbst 2021				
	Bb	Stb	Stat. Vergleich	Bb	Stb	Stat. Vergleich	Bb	Stb	Stat. Vergleich		
Artenzahl (n/Hol)	12,1 ± 1,2	12,2 ± 1,1	u 187 p 0,727	10,5 ± 0,83	9,8 ± 1,4	u 269 p 0,053	11,1 ± 1,68	11,9 ± 2,17	u 148 p 0,154		
	220 ± 45,6	239 ± 46,1	t -1,27 p 0,21	258 ± 47,5	268 ± 41,7	u 176 p 0,529	184 ± 71,04	211 ± 90,23	t -1,04 p 0,307		
Gesamt-biomasse (kg/ha)	8,92 ± 2,0	9,23 ± 2,0	t -0,494 p 0,624	12,5 ± 2,1	13,0 ± 2,6	u 176 p 0,52	6,38 ± 2,9	6,91 ± 2,92	t -0,57 p 0,575		
	1,84 ± 0,12	1,84 ± 0,11	t -0,126 p 0,901	1,70 ± 0,12	1,68 ± 0,09	t 0,775 p 0,444	1,91 ± 0,08	1,94 ± 0,07	u 152 p 0,201		
Äquität (J')	0,74 ± 0,05	0,74 ± 0,04	t 0,084 p 0,933	0,73 ± 0,05	0,74 ± 0,05	t -0,902 p 0,373	0,80 ± 0,05	0,8 ± 0,04	t 0,39 p 0,695		

3.3.4.2 Artenzahl und Artenspektrum

In der Fläche N-6.6 wurden während der Datenaufnahmen der drei Kampagnen insgesamt 39 Arten mit der 7 m-Baumkurre nachgewiesen. Von diesen 39 Arten traten im Herbst 2020 24 Arten, im Frühjahr 2021 22 Arten und im Herbst 2021 mit 34 Arten die insgesamt höchste Artenzahl auf. Die mittlere Artenzahl lag bei 13 Arten (±1,3) im Herbst 2020, 11,5 (±1,2) Arten im Frühjahr 2021 und im Herbst 2021 bei 12,75 Arten (±2,3).

Mit der 2 m-Baumkurre, die bei der Erfassung der Epifauna zum Einsatz kam (s. Kap. 2.4.2), wurde keine zusätzliche Art erfasst, welche mit der 7 m-Baumkurre nicht nachgewiesen wurde. Insgesamt wurden mit der 2 m-Baumkurre mit 12 Arten in den Kampagnen Herbst 2020 und Frühjahr 2021 bzw. 9 Arten im Herbst 2021 deutlich weniger Arten erfasst als mit der 7 m-Baumkurre (24 im Herbst 2020, 22 im Frühjahr 2021 und 34 im Herbst 2021). Das gesamte Artenspektrum für die Fläche N-6.6 zeigt Tab. 26. Die erfassten Arten der 2 m-Baumkurre sind mit einem * gekennzeichnet.

Das Fischartenspektrum war in allen drei Kampagnen von bodennah lebenden Fischarten dominiert. Insbesondere Plattfische charakterisierten die Artenzusammensetzung; mit Scholle, Kliesche, Lammzunge, Zwergzunge, Steinbutt, Limande, Flunder und Seezunge wurden insgesamt 8 Plattfischarten nachgewiesen, mit Ausnahme der Flunder jeweils in allen Kampagnen.

Ausschließlich im Herbst 2020 konnte die Flunder gefangen werden. Nur im Frühjahr 2021 kamen Kleiner Sandaal, Ornamentleierfisch, Viperqueise und die Große Seenadel vor. Im Herbst 2021 kamen neun Arten hinzu, welche zuvor in der Fläche N-6.6 noch nicht nachgewiesen wurden: Glasgrundel, Hornhecht, Klippenbarsch, Sardelle, Schwarzgrundel, Seeteufel, Seeskorpion, Glattbutt und Kleine Seenadel. Einige Arten waren auf die beiden Herbstkampagnen beschränkt: bspw. Roter Knurrhahn, Streifenbarbe und Kabeljau (siehe dazu auch Tab. 26).

Bei den genannten Arten, deren Vorkommen auf eine Kampagne beschränkt war, handelt es sich zumeist um Einzelexemplare (z.B. Klippenbarsch, Große Seenadel). Über Einzel- und damit Zufallsfänge lassen sich nur schwer grundsätzliche Rückschlüsse über die Saisonalität des Vorkommens ableiten. Auf ein etwas ausgeprägteres saisonales Vorkommen lassen jedoch dennoch einige Arten schließen. So traten einige Arten beispielsweise in beiden Herbstkampagnen auf, waren dort auch in etwas höheren Abundanzen nachweisbar (s. dazu Kap. 3.3.4.5) und sind zudem auch in anderen Offshore Windparkuntersuchungen in den Herbstfängen häufiger vertreten. Hierzu zählen bspw. Roter Knurrhahn, Franzosendorsch, Streifenbarbe und Kabeljau.

Mit Sprotte, Hering, Stöcker, Hornhecht und Sardelle wurden zudem fünf pelagische (in der freien Wassersäule) lebende Arten in der Fläche N-6.6 festgestellt. Der Fang von pelagischen Arten mit einem Fanggerät wie der Baumkurre ist allerdings als eher zufällig einzustufen, die Fänge sind somit nicht repräsentativ für das Vorkommen dieser Art im Gebiet. Die übrigen nachgewiesenen Arten haben alle überwiegend eine bodennahe Lebensweise und können mit der Baumkurre gut erfasst werden (neben den Plattfischarten bspw. noch Gestreifter Leierfisch, Grauer Knurrhahn, Wittling und Vierbärtelige Seequappe).

Anhand der taxonomischen Nach-Bearbeitung im Labor konnten zwei Grundelarten des *Pomatoschistus*-Komplexes in der Fläche N-6.6 erfasst werden: *Pomatoschistus norvegicus* (Norwegengrundel) sowie die weitaus häufigere Art *Pomatoschistus minutus* (Sandgrundel). In der Herbstkampagne 2021 kam zudem die Schwarzgrundel (*Gobius niger*) hinzu.

Tab. 26: Artenspektrum der Fischfauna in der Fläche N-6.6 im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.
Mit pelagischen Arten. *: auch mit der 2m-Baumkurve nachgewiesen. Rote Liste: THIEL et al. (2013): V = Vorwarnliste, 1 = vom Aussterben bedroht, R = Extrem selten, G = Gefährdung unbekanntes Ausmaßes, D = Daten unzureichend.

Wissenschaftlicher Name	Umgangssprachlicher Name	Herbst 2020	Frühjahr 2021	Herbst 2021	Rote Liste
<i>Agonus cataphractus</i>	Steinpicker	x*	x*	x	
<i>Aphia minuta</i>	Glasgrundel			x	
<i>Ammodytes marinus</i>	Kleiner Sandaal		x		D
<i>Arnoglossus laterna</i>	Lammzunge	x*	x*	x*	
<i>Belone belone</i>	Hornhecht			x	
<i>Buglossidium luteum</i>	Zwergzunge	x*	x*	x*	
<i>Callionymus lyra</i>	Gestreifter Leierfisch	x*	x*	x*	
<i>Callionymus reticulatus</i>	Ornamentleierfisch		x		D
<i>Chelidonichthys lucerna</i>	Roter Knurrhahn	x		x	
<i>Clupea harengus</i>	Hering	x	x*	x	
<i>Ctenolabrus rupestris</i>	Klippenbarsch			x	
<i>Echiichthys vipera</i>	Viperqueise		x		
<i>Enchelyopus cimbrius</i>	Vierbärtelige Seequappe	x*	x*	x	
<i>Engraulis encrasicolus</i>	Sardelle			x	
<i>Eutrigla gurnardus</i>	Grauer Knurrhahn	x*	x*	x	
<i>Gadus morhua</i>	Kabeljau	x		x	V
<i>Gobius niger</i>	Schwarzgrundel			x	
<i>Hippocampus hippocampus</i>	Kurzschnäuziges Seepferdchen	x		x	D
<i>Limanda limanda</i>	Kliesche	x*	x*	x*	
<i>Lophius piscatorius</i>	Seeteufel			x	D
<i>Merlangius merlangus</i>	Wittling	x*	x*	x*	
<i>Microstomus kitt</i>	Limande	x	x	x	
<i>Mullus surmuletus</i>	Streifenbarbe	x		x*	
<i>Myoxocephalus scorpius</i>	Seeskorpion			x	
<i>Platichthys flesus</i>	Flunder	x			
<i>Pleuronectes platessa</i>	Scholle	x*	x*	x*	
<i>Pomatoschistus minutus</i>	Sandgrundel	x*	x*	x*	
<i>Pomatoschistus norvegicus</i>	Norwegengrundel	x*	x*	x*	
<i>Raja clavata</i>	Nagelrochen		x	x	1
<i>Raja montagui</i>	Fleckrochen	x		x	R
<i>Scophthalmus maximus</i>	Steinbutt	x	x	x	V
<i>Scophthalmus rhombus</i>	Glattbutt			x	
<i>Scylliorhinus canicula</i>	Kleingefleckter Katzenhai		x	x	
<i>Solea solea</i>	Seezunge	x	x	x	V

Wissenschaftlicher Name	Umgangssprachlicher Name	Herbst 2020	Frühjahr 2021	Herbst 2021	Rote Liste
<i>Sprattus sprattus</i>	Sprotte	x*	x	x	
<i>Syngnathus acus</i>	Große Seenadel		x		G
<i>Syngnathus rostellatus</i>	Kleine Seenadel			x	
<i>Trachurus trachurus</i>	Stöcker	x		x	
<i>Trisopterus luscus</i>	Franzosendorsch	x		x	V
Gesamt	39	24	22	34	11

3.3.4.3 Rote-Liste-Arten / Bemerkenswerte Arten

Der Gefährdungsstatus der erfassten Fische nach der Roten Liste wurde auf der Basis von THIEL et al. (2013) beurteilt. Demnach wurden elf Arten der aktuellen Roten Liste erfasst (s. Tab. 26). Hierbei handelt es sich zum einen um Arten der Vorwarnliste (Kategorie V): Kabeljau, Seezunge, Steinbutt und Franzosendorsch. Zum anderen wurde der Nagelrochen (RL Kategorie 1, Vom Aussterben bedroht) und der Fleckrochen (RL Kategorie R, extrem selten) in der Fläche N-6.6 erfasst. Zudem konnte mit der Kategorie D (Daten unzureichend) das Kurzschnäuzige Seepferdchen, der Ornamentleierfisch, der Seeteufel und der Kleine Sandaal nachgewiesen werden. Die Große Seenadel wird mit der Kategorie G geführt: Gefährdung unbekanntes Ausmaßes. Alle anderen nachgewiesenen Arten werden als ungefährdet eingestuft (Tab. 26).

Beide erfassten Rochenarten (s.a. Abb. 24), der Kabeljau und das Kurzschnäuzige Seepferdchen werden neben der Roten Liste auch auf der OSPAR-Liste der zurückgehenden und gefährdeten Arten im Nord-Ostatlantik aufgeführt (OSPAR 2008).

Fischarten, die nach Anhang II der Flora-Fauna-Habitatrichtlinie (FFH-Richtlinie) eine besondere Bedeutung haben, wurden nicht nachgewiesen.

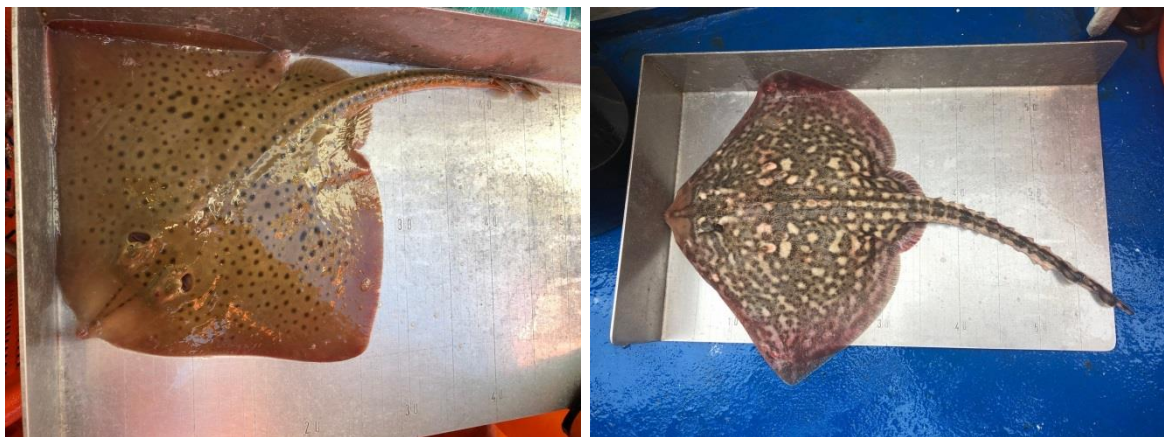


Abb. 24: Fleckrochen (*Raja montagui*, links) und Nagelrochen (*Raja clavata*, rechts), erfasst im Herbst 2020 in der Fläche N-6.6.
Gesamtlänge des Messbretts: 60 cm

Im Nordseegebiet wurde von insgesamt 107 etablierten Fischarten und Rundmäulern die Gefährdungssituation bewertet, ihr relativer Anteil an den jeweiligen Rote-Liste-Kategorien ist in Tab. 27 aufgeführt. Dem gegenübergestellt sind die während der aktuellen Untersuchungen in der Fläche N-6.6 ermittelten Anteile.

Während der aktuellen Untersuchungen war der Anteil von Arten der Rote-Liste-Kategorie 0-R mit insgesamt 7,7 % geringer als im Vergleich zur gesamten deutschen Nordsee (Anteil von insgesamt 27,1 %). Der Anteil von Arten der Kategorie D war in der Fläche N-6.6 mit 10 % ebenfalls geringer als im Gesamtbereich der deutschen Nordsee (Anteil von 22,4 %). Dagegen war der Anteil von Arten der Vorwarnliste (Anteil von 10,3 %) und der von ungefährdeten Arten (Anteil von 71,8 %) während der Untersuchungen in der Fläche N-6.6 höher.

Tab. 27: Absolute Anzahl und relativer Anteil der Rote-Liste-Kategorien (nach THIEL et al. 2013) in der Fläche N-6.6 und in der deutschen Nordsee.

Rote-Liste-Kategorie	Region Nordsee (THIEL et al. 2013)		Fläche N-6.6	
	absolute Artenzahl	relativer Anteil (%)	absolute Artenzahl	relativer Anteil (%)
0: Ausgestorben oder verschollen	3	2,8	0	0,0
1: Vom Aussterben bedroht	8	7,5	1	2,6
2: Stark gefährdet	7	6,5	0	0,0
3: Gefährdet	2	1,9	0	0,0
G: Gefährdung unbekanntes Ausmaßes	5	4,7	1	2,6
R: Extrem selten	4	3,7	1	2,6
V: Vorwarnliste	7	6,5	4	10,3
*: Ungefährdet	47	43,9	28	71,8
D: Daten unzureichend	24	22,4	4	10,3
Summe Artenzahl	107		39	

Der **Nagelrochen** (*Raja clavata*) konnte mit 6 Individuen im Frühjahr 2021 in der Fläche N-6.6 erfasst werden (im Mittel 0,15 Ind./ha). Beide Geschlechter waren im Verhältnis 2:4 zugunsten der Weibchen vertreten. Im Herbst 2021 konnten 9 Nagelrochen (im Mittel 0,24 Ind./ha) nachgewiesen werden. Auch hier war das Geschlechterverhältnis bei 3:6 zugunsten der Weibchen. Nach DAAN et al. (2005) besteht nur noch ein vereinzelt Vorkommen in der südöstlichen Nordsee und NARBERHAUS et al. (2012) beschreiben nur noch vereinzelt Nachweise in der deutschen AWZ. Nach NARBERHAUS et al. (2012) ist der Nagelrochen in der Nordsee durch die Fischerei als fast ausgerottet zu bezeichnen. Einzig ein bestimmter Bereich im äußersten südwestlichen Nordsee-Bereich und im Ärmelkanal scheint davon ausgenommen zu sein und der Bestand gilt dort als stabil. Die Bestände der ehemaligen Schwerpunkte in der südöstlichen Nordsee und der Deutschen Bucht gelten heute als lokal erloschen (ICES 2009, SGUOTTI et al. 2016, ZIDOWITZ et al. 2017). Nagelrochen leben küstennah am Boden in Gebieten mit Schlamm-, Sand- und Kiesböden in Tiefen zwischen 10–600 m im Bereich von den flachen inneren Küstengewässern bis hin zum äußeren Kontinentalschelf und zum oberen Kontinentalhang. Nagelrochen führen saisonale Wanderungen durch: im Herbst und Winter wandern sie in tiefer gelegene Offshore-Gebiete und im Frühjahr wieder zurück in flachere Gewässer (WEIGMANN 2016, ZIDOWITZ et al. 2017). Die Paarungszeit

dieser oviparen Tiere erstreckt sich von Februar bis September mit einem Höhepunkt im Juni. Laichgründe befinden sich in der südwestlichen Nordsee. Die paarigen Eikapseln werden in geringer Tiefe auf sandigen oder schlammigen Meeresgrund abgelegt. Nach 4–5 Monaten Entwicklung schlüpfen die Jungen aus den Eikapseln (NARBERHAUS et al. 2012). Nagelrochen gelten als wichtigste kommerzielle Rochenart, die als Beifang in der gemischten Grundschleppnetzfischerei auf Rund- und Plattfische anfällt und durch Baumkurrenfischerei gefangen wird.

Der **Fleckrochen** (*Raja montagui*) wurde im Herbst 2020 mit 1 weiblichen Individuum (im Mittel 0,03 Ind./ha) und im Herbst 2021 mit 2 männlichen Individuen (im Mittel 0,06 Ind./ha) nachgewiesen. Der Fleckrochen ist eine am Boden lebende Art, bevorzugt weiches Substrat in Tiefen von 30–150 m Tiefe. Sein Verbreitungsgebiet liegt hauptsächlich im südwestlichen Teil der Nordsee nördlich des Ärmelkanals sowie südlich der Shetland-Inseln und um die Orkney-Inseln. Aufgrund der geringen Größe der Fleckrochen gibt es keine gezielte Fischerei, große Exemplare werden jedoch trotzdem mit der Schleppnetzfischerei angelandet. Zudem zeichnet sie eine relativ hohe Fruchtbarkeit aus. Auch aus diesem Grund sind Fleckenrochen nicht so stark durch die Fischerei betroffen wie größere Rochenarten (ELLIS et al. 2007, ZIDOWITZ et al. 2017).

Von der **Seezunge** (*Solea solea*) wurden im Herbst 2020 und 2021 insgesamt jeweils 46 Individuen in der Fläche N-6.6 gefangen, was einer mittleren Dichte von jeweils 1,10 Ind./ha entspricht. Im Frühjahr 2021 wurde nur 1 Seezunge (im Mittel 0,03 Ind./ha). Seezungen leben im vollmarinen und brackigen Wasser in 0–150 m Tiefe, gewöhnlich in 10–60 m Tiefe und bevorzugen weiche und sandige Böden. Sie gehören zu den südlichen Arten, die in der Nordsee und um die Britischen Inseln an ihrer nördlichen Verbreitungsgrenze leben. Im Winter ziehen sie sich in wärmeres, tieferes Wasser zurück. Die Laichplätze liegen dicht an der Küste; das Wattenmeer und die Flussmündungen sind bevorzugtes Aufwuchsgebiet für die Nordsee (FROESE & PAULY 2013, HEESSEN et al. 2015, MUUS & NIELSEN 1999).

Der **Kabeljau** (*Gadus morhua*) konnte im Herbst 2020 mit insgesamt 35 Individuen, was einer mittleren Dichte von 0,84 Ind./ha entspricht und im Herbst 2021 mit 3 Individuen (im Mittel 0,07 Ind./ha) nachgewiesen werden. Der Kabeljau ist eine der häufigsten kommerziell genutzten marinen Fischarten im Nordatlantik. Der Bestand erreichte Anfang der 1970er Jahre, während des sogenannten „Gadoid Outburst“, einer für die Entwicklung der Dorschartigen in der Nordsee besonders vorteilhaften Periode, sein Maximum. Seit dieser Zeit erfolgte eine fast kontinuierliche Abnahme des Bestandes. Das historische Minimum wurde 2006 erreicht, seitdem wächst die Laicherbiomasse langsam wieder. Der Zusammenbruch wurde durch eine stete Überfischung des Bestandes und ungünstige Umweltbedingungen verursacht (BARZ & ZIMMERMANN 2015, THIEL et al. (2013)).

Der **Steinbutt** (*Scophthalmus maximus*) wurde in der Fläche N-6.6 mit 14 Individuen im Herbst 2020 (im Mittel 0,33 Ind./ha), im Frühjahr 2021 mit nur 3 Individuen (im Mittel 0,08 Ind./ha) und im Herbst 2021 mit 23 Individuen (im Mittel 0,58 Ind./ha) nachgewiesen. Der Steinbutt lebt in flachen Küstengewässern auf sandigem, steinigem oder gemischtem Grund in etwa 20–70 m Tiefe. Die Laichzeit liegt in einem Großteil des Verbreitungsgebietes zwischen April und August; Eier und frühe Larvenstadien schwimmen frei im Wasser. Bei einer Länge von 2,5 cm gehen die Larven im flachen Wasser zum Bodenleben über. Die Nahrung des Steinbutts besteht hauptsächlich aus anderen Grundfischen (u.a. Sandaale und Grundeln) freischwimmenden Fischen (Sprotte und Hering) und in geringerem Maße auch aus Krebsen und Muscheln (BARZ & ZIMMERMANN 2015).

Der **Franzosendorsch** (*Trisopterus luscus*) wurde insgesamt mit nur 3 Individuen in den Herbsthols in 2020 erfasst, was einer mittleren Dichte von 0,07 Ind./ha entspricht sowie mit 2 Individuen (im Mittel 0,05 Ind./ha) im Herbst 2021. Der Franzosendorsch lebt benthopelagisch auf Schlamm- und Sandböden in Tiefen von 30–100 m, maximal bis 650 m. Er ernährt sich von kleinen Fischen und benthischen Wirbellosen wie Krebstieren, Weichtieren und Ringelwürmern. Franzosendorsche sind gesellig; noch nicht geschlechtsreife Tiere kommen in großen Schwärmen vor. Die Geschlechtsreife erreichen sie mit ein bis zwei Jahren. Zum Laichen wandern die Fische in Küstennähe in Regionen von 50 m Tiefe oder weniger. Das höchste dokumentierte Alter liegt bei vier Jahren. Franzosendorsche werden bei der Schleppnetzfisherei als Beifang gefischt, haben aber keine große wirtschaftliche Bedeutung (MUUS & NIELSEN 1999).

Das **Kurzsnäuzige Seepferdchen** (*Hippocampus hippocampus*) wurde mit jeweils 1 Individuum (im Mittel 0,02 Ind./ha) im Herbst 2020 und im Herbst 2021 erfasst. In der Roten Liste von THIEL et al. (2013) wird es aufgrund unzureichender Daten nicht bewertet. Bekannt ist hiernach nur ein kleiner Bestand vor der schleswig-holsteinischen Küste. Aktuell wurden im Herbst 2019 bzw. im Frühjahr und Herbst 2020 jedoch weitere Seepferdchen in der Ems und in anderen Gebieten erfasst (Küstenmeer vor Borkum und Juist, AWZ u.a. Offshore Windpark He Dreiht, BioConsult in prep.). In den Jahren von 2001 bis 2007 wurden 12 Individuen vor der schleswig-holsteinischen Küste und ein Individuum auf der Doggerbank gefangen (PINNEGAR et al. 2008). Zusammengenommen sind das allerdings die ersten Nachweise seit etwa 100 Jahren in der Nordsee nördlich des 54. Breitengrades. An der britischen, belgischen und teilweise auch holländischen Küste sind gelegentliche Nachweise bekannt (u.a. VANDENDRIESSCHE et al. 2005, NIJSSEN & DE GROOT 1974). Zwischen 2010 und 2012 wurden erstmals an der Nordwestküste Spaniens 9 Seepferdchen bei wissenschaftlichen Tauchgängen nachgewiesen (VALLADARES et al. 2014). Ob sich die Bestände in einigen Gebieten erholen oder es sich nur um Zufallsfunde handelt, muss weiter beobachtet werden. Denkbar wäre, dass sich die milden Winter der letzten Jahre und die großen Hydrozoenbestände insbesondere im Jahr 2019 positiv auf die Entwicklung auswirken. Neben der Klimaveränderung wird auch die Änderung des Golfstroms als möglicher Grund diskutiert. Nach Aussagen eines Borkumer Bewohners konnten vor 50 Jahren in der Nähe der Borkumer Bunkeranlagen Seepferdchen bei Schnorchelausflügen häufig beobachtet werden.

Nicht auf der Roten Liste, aber dennoch erwähnenswert sind drei erfasste **Kleingefleckte Katzenhaie** (*Scyliorhinus canicula*) im Frühjahr 2021 und 2 Individuen im Herbst 2021. Im Frühjahr wurden ausschließlich Weibchen und im Herbst 2021 handelte es sich jeweils um ein Männchen und ein Weibchen. Hierbei handelte es sich ausschließlich um Weibchen. Seine geographische Verbreitung reicht von der Atlantikküste nördlich bis zu den Shetlandinseln und Süd-Norwegens, in die Nordsee, den Skagerrak und Kattegat bis zum Mittelmeer, in der Ostsee fehlend (DUNCKER & LADIGES 1960). Im Gesamtbetrachtungsgebiet zeigt sich eine relativ weiträumige Verteilung des Kleingefleckten Katzenhais mit Schwerpunkten in der südlichen Nordsee und in der nordwestlichen Nordsee vor der Küste Schottlands bis um die Shetland Inseln (ZIDOWITZ et al. 2017). Die Art lebt benthisch über Sand- und Schlickgrund von küstennahen flachen Gewässern bis in Tiefen von 110 m, im Mittelmeer bis 400 m tief (WHEELER 1978). Das Laichgeschehen findet in flachen Gewässern statt, die 18–20 Eikapseln werden hauptsächlich von November bis Juli abgelegt, können aber das ganze Jahr über abgelegt werden (COMPAGNO 1984), die Entwicklung bis zum Schlüpfen der Jungen (mit 9–10 cm) dauert 8–10 Monate. Der Kleingefleckte Katzenhai ernährt sich von wirbellosen Tieren (Mollusken, Krebstiere, Borstenwürmer) und kleinen bodenlebenden Fische (MUUS & NIELSEN 1999). Für den deutschen Nordseebereich liegen relativ viele

Nachweise aus internationalen und nationalen Surveys sowie aus Museumssammlungen und Literatur vor (ZIDOWITZ et al. 2017).

3.3.4.4 Präsenz

Im Herbst 2020 traten in der Fläche N-6.6 sieben Arten in 100 % der durchgeführten Hols (n = 40) auf (Abb. 25). Hierzu zählten Lammzunge, Zwergzunge, Kliesche, Scholle, Gestreifter Leierfisch, Wittling und Sandgrundel. In 38 von 40 Hols (Präsenz von 95 %) traten Steinpicker und Vierbärtelige Seequappe auf. Mit einer Präsenz von 67–55 % folgten die Arten Grauer Knurrhahn, Seezunge, Sprotte und Kabeljau. Mit 40–25 % waren Streifenbarbe, Steinbutt und Hering vertreten. Die Limande und der Rote Knurrhahn traten jeweils nur noch mit 17,5 % in den durchgeführten Hols auf. Hierauf folgten weitere weniger präsenzte Arten, welche der Abb. 25 zu entnehmen sind.

Das Frühjahr 2021 wies im Vergleich zum Herbst 2020 in 100 % der durchgeführten Hols dieselben sechs Arten auf (Lammzunge, Zwergzunge, Kliesche, Scholle, Gestreifter Leierfisch und Wittling s.a. Abb. 25). Die Sandgrundel war jedoch im Vergleich zum Herbst mit 40 % weniger stetig in den Fängen vertreten. Ein ähnliches geringes Auftreten in den Frühjahrshols zeigten die Seezunge (2 %) und der Steinbutt (5 %), gar nicht nachweisbar waren Kabeljau, Roter Knurrhahn und Streifenbarbe. Demgegenüber war der Graue Knurrhahn im Frühjahr in 100 % der Hols nachweisbar. Steinpicker und Vierbärtelige Seequappe wiesen ebenso wie im Herbst eine hohe Präsenz von 90 bzw. 77 % auf. Auch die pelagischen Arten Hering und Sprotte waren in 87 % bzw. 52 % der Hols vertreten. Weitere, weniger präsenzte Arten sind der Abb. 25 zu entnehmen.

Die Präsenz der Fischarten in den Fängen im Herbst 2021 ähnelt der Stetigkeit in der Herbstkampagne 2020. So waren dieselben 7 Arten in 100 % der Hols vertreten (Lammzunge, Zwergzunge, Gestreifter Leierfisch, Kliesche, Wittling, Scholle und Sandgrundel). Die Vierbärtelige Seequappe trat in 90 % der Hols auf. Häufig vertreten waren zudem Sprotte, Seezunge, Steinbutt und Steinpicker (73–45 %) (Abb. 26).

Einige Arten zeigten wie oben beschrieben eine ausgeprägte Saisonalität in ihrer Präsenz. Dies wird insbesondere für die Sandgrundel, die Seezunge und den Steinbutt deutlich. Ebenso traten bspw. Streifenbarbe, Kabeljau und Roter Knurrhahn in den Herbstkampagnen in 55–8 % der Hols auf, im Frühjahr wurden diese Arten gar nicht oder nur in 2,5 % der Hols erfasst. Im Frühjahr waren solche saisonalen Unterschiede bis auf den Grauen Knurrhahn etwas weniger stark ausgeprägt (Abb. 25, Abb. 26).

Aufgrund der klimatischen Entwicklung haben südliche Arten (bspw. Roter Knurrhahn und Streifenbarbe) in deutschen Gewässern deutlich zugenommen (EHRICH & STRANSKY 2001, EHRICH et al. 2007, HEESSEN et al. 2015) und werden heute regelmäßig erfasst.

Vier der acht Plattfischarten, wiesen über den gesamten Beobachtungszeitraum Präsenzen von 100 % auf.

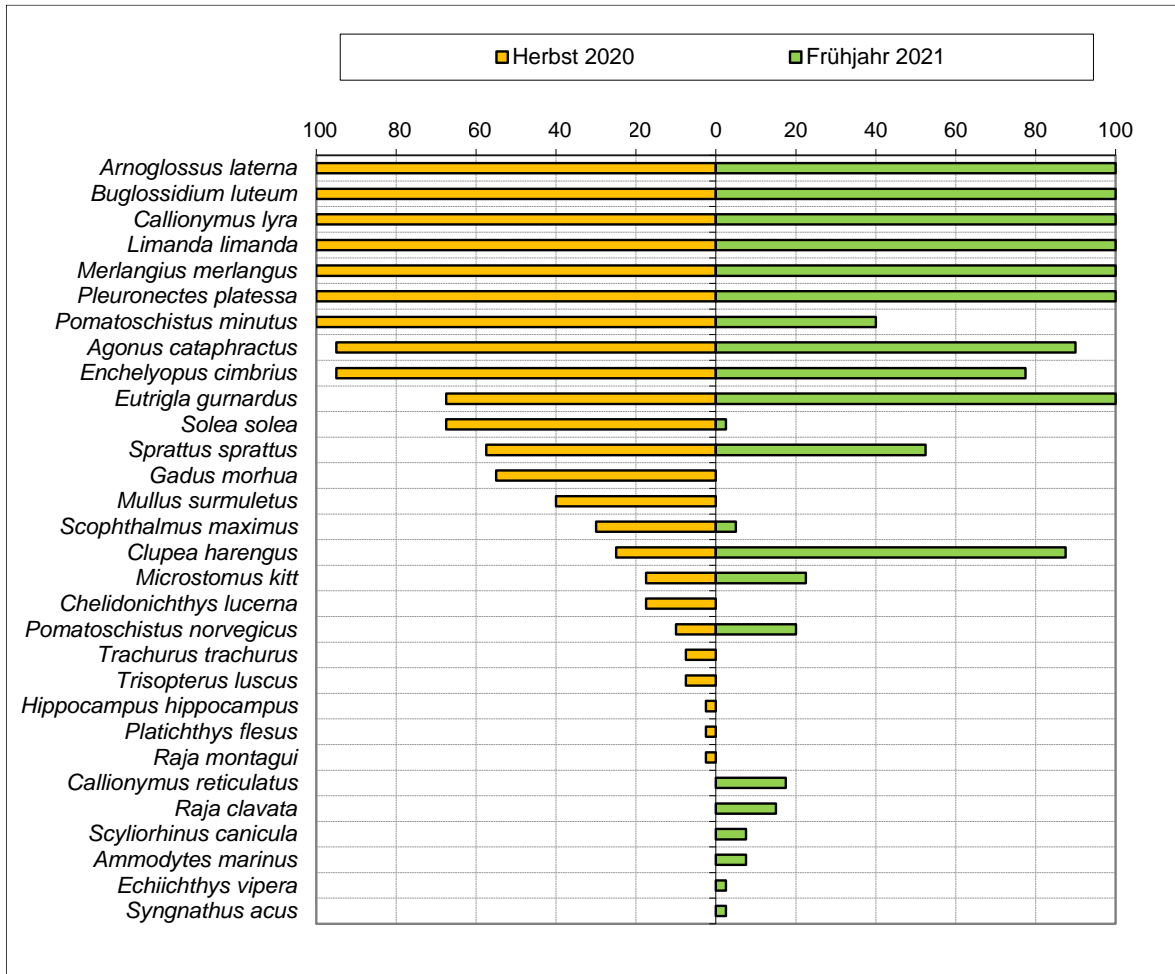


Abb. 25: Präsenz (%) der Fischarten in der Fläche N-6.6 im Herbst 2020 und Frühjahr 2021. Mit pelagischen Arten, nur Baumkurrenfänge.

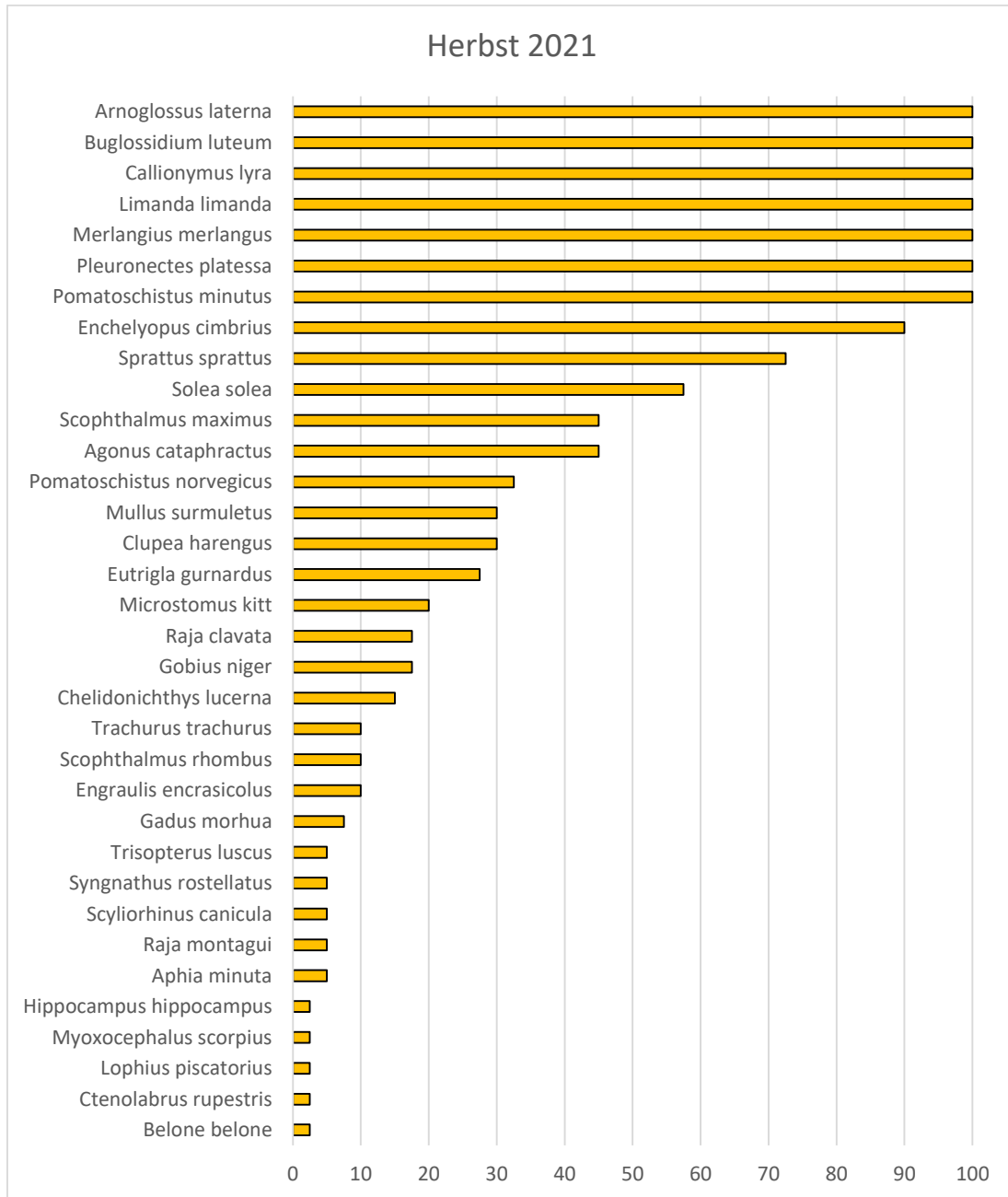


Abb. 26: Präsenz (%) der Fischarten in der Fläche N-6.6 im Herbst 2021.
Mit pelagischen Arten, nur Baumkurrenfänge.

3.3.4.5 Abundanz

Gesamtabundanz

Die mittlere Gesamtabundanz aller erfassten Fische war im Frühjahr 2021 mit $263 \pm 44,4$ Ind./ha etwas höher als im Herbst 2020 mit $229 \pm 46,3$ Ind./ha und im Herbst 2021 mit $197 \pm 80,3$ Ind./ha.

Artspezifische Abundanz

Mit einer mittleren Abundanz von 93 Ind./ha war die Kliesche im Herbst 2020 die häufigste Art (Tab. 28). Mit etwas Abstand folgten dann mit ähnlich hohen Abundanzen Scholle, Zwergzunge, Wittling und Lammzunge (30 bis 21 Ind./ha). Mit einer mittleren Abundanz von 12 bzw. 11 Ind./ha traten der Gestreifte Leierfisch und die Sandgrundel auf. Vierbärtelige Seequappe, Steinpicker, Grauer Knurrhahn und Seezunge waren mit Werten zwischen 5 bzw. 1,1 Ind./ha in den Hols der Fläche N-6.6 vertreten. Alle weiteren Arten waren weit weniger häufig vertreten und lagen bei Individuendichten von unter 1 Ind./ha (Tab. 28).

Im Frühjahr 2021 wies die Kliesche mit 89 Ind./ha ebenfalls die höchste Abundanz auf. Anders als im Herbst 2020 konnten für die Sandgrundel im Frühjahr 2021 nur geringe Abundanzen (im Mittel 0,64 Ind./ha) dokumentiert werden. Scholle und Wittling wiesen mit 61 bzw. 40 Ind./ha höhere Abundanzen auf als im Herbst 2020. Die Abundanzen von Zwerg- und Lammzungen sowie des Gestreiften Leierfisches waren mit 21 bzw. 10 Ind./ha im Mittel vergleichbar hoch wie im Herbst 2020. Der Graue Knurrhahn war mit im Mittel 20 Ind./ha deutlich häufiger vertreten als im Herbst 2020. Weitere Individuendichten sind der Tab. 28 zu entnehmen.

Im Herbst 2021 wurde eine geringere mittlere Abundanz der Kliesche dokumentiert. So lag die mittlere Abundanz bei nur 18 Ind./ha im Vergleich zu 93 bzw. 89 Ind./ha. Die Abundanzen der Zwergzunge und insbesondere der Lammzunge hingegen waren mit 35 bzw. 58 Ind./ha wesentlich höher als in den vorherigen Kampagnen. Die Scholle wies vergleichbar hohe Abundanzen wie in der Herbstkampagne 2020 auf. Die Sandgrundel war mit 19 Ind./ha wie auch im Herbst 2020 häufig vertreten. Weitere Abundanzwerte sind der Tab. 28 zu entnehmen.

Demnach lassen sich für einige Arten saisonale Unterschiede in der Abundanz feststellen. Das gilt insbesondere für die Arten Grauer Knurrhahn, Scholle und Wittling (hohe Abundanzen im Frühjahr) und Sandgrundel (hohe Abundanzen im Herbst). Zudem war die mittlere Gesamtabundanz im Frühjahr im Vergleich zu den Herbstkampagnen höher.

Abb. 27 zeigt exemplarisch die Verteilung und Abundanzverhältnisse der Fischgemeinschaft im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.



Abb. 27: Typischer Hol im Herbst 2020 (links oben), im Frühjahr 2021 (rechts oben) und im Herbst 2021 (unten).

Tab. 28: Artspezifische mittlere Abundanz (Ind./ha) der Fischarten in der Fläche N-6.6 im Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).
Ohne pelagische Arten.

Wissenschaftlicher Name	Umgangssprachlicher Name	H 20	F 21	H 21
		Abundanz [Ind./ha]	Abundanz [Ind./ha]	Abundanz [Ind./ha]
<i>Agonus cataphractus</i>	Steinpicker	2,13	1,84	0,66
<i>Ammodytes marinus</i>	Kleiner Sandaal	-	0,08	-
<i>Aphia minuta</i>	Glasgrundel	-	-	0,08
<i>Arnoglossus laterna</i>	Lammzunge	21,40	16,35	57,90
<i>Buglossidium luteum</i>	Zwergzunge	25,82	21,12	34,51
<i>Callionymus lyra</i>	Gestreifter Leierfisch	11,97	9,52	10,46
<i>Callionymus reticulatus</i>	Ornamentleierfisch		0,18	-
<i>Chelidonichthys lucerna</i>	Roter Knurrhahn	0,24	-	0,20
<i>Ctenolabrus rupestris</i>	Klippenbarsch	-	-	0,03
<i>Echiichthys vipera</i>	Viperqueise	-	0,03	-
<i>Enchelyopus cimbrius</i>	Vierbärtelige Seequappe	5,27	1,68	3,75
<i>Eutrigla gurnardus</i>	Grauer Knurrhahn	1,38	19,70	0,39
<i>Gadus morhua</i>	Kabeljau	0,84	-	0,07
<i>Gobius niger</i>	Schwarzgrundel	-	-	0,19
<i>Hippocampus hippocampus</i>	Kurzschnäuziges Seepferdchen	0,02	-	0,03
<i>Limanda limanda</i>	Kliesche	92,76	89,21	18,31
<i>Lophius piscatorius</i>	Seeteufel	-	-	0,02
<i>Merlangius merlangus</i>	Wittling	24,01	39,88	17,13
<i>Microstomus kitt</i>	Limande	0,19	0,27	0,21
<i>Mullus surmuletus</i>	Streifenbarbe	0,60	-	0,34
<i>Myoxocephalus scorpius</i>	Seeskorpion	-	-	0,03
<i>Platichthys flesus</i>	Flunder	0,02	-	-
<i>Pleuronectes platessa</i>	Scholle	29,88	61,61	31,61
<i>Pomatoschistus minutus</i>	Sandgrundel	11,12	0,64	18,92
<i>Pomatoschistus norvegicus</i>	Norwegengrundel	0,10	0,23	0,51
<i>Raja clavata</i>	Nagelrochen	-	0,15	0,24
<i>Raja montagui</i>	Fleckrochen	0,02	-	0,06
<i>Scophthalmus maximus</i>	Steinbutt	0,33	0,08	0,58
<i>Scophthalmus rhombus</i>	Glattbutt	-	-	0,10
<i>Scyliorhinus canicula</i>	Kleingefleckter Katzenhai	-	0,07	0,06
<i>Solea solea</i>	Seezunge	1,10	0,03	1,20
<i>Syngnathus acus</i>	Große Seenadel	-	0,03	-
<i>Syngnathus rostellatus</i>	Kleine Seenadel	-	-	0,05
<i>Trisopterus luscus</i>	Franzosendorsch	0,07	-	0,05
Gesamtergebnis		229,29	262,67	197,69

3.3.4.6 Biomasse

Gesamtbiomasse

Analog zur Abundanz unterschied sich die mittlere Gesamtbiomasse mit Werten von $12,7 \pm 2,4$ kg/ha im Frühjahr 2021, $9,1 \pm 2,0$ kg/ha im Herbst 2020 und $6,7 \pm 2,9$ ebenfalls (Tab. 29).

Artspezifische Biomasse

Die Biomasse wurde in den Kampagnen im Herbst 2020 und Frühjahr 2021 sowohl von der Kliesche (2,9 kg/ha im Herbst 2020 und 4,0 kg/ha im Frühjahr 2021) als auch der Scholle geprägt (3,6 kg/ha im Herbst 2020 und 4,9 kg/ha im Frühjahr 2021). Im Herbst 2021 lag die mittlere Biomasse der Kliesche nur bei 0,75 kg/ha. Bei der Scholle konnten 2,5 kg/ha verzeichnet werden. Darüber hinaus erreichte der Wittling eine mittlere Biomasse von 1,1 kg/ha im Herbst 2020. Während der Frühjahrskampagne 2021 wiesen Wittling mit 1,4 kg/ha und der Graue Knurrhahn mit 1,3 kg/ha nennenswerte mittlere Biomassen auf. Im Herbst 2021 wies der Wittling eine mittlere Biomasse von 0,7 kg/ha auf. Aufgrund der hohen Abundanz der Lammzungen im Herbst 2021 konnte eine mittlere Biomasse im Herbst 2021 von 0,54 kg/ha festgestellt werden. In den vorherigen Kampagnen lagen die Werte bei 0,14 bzw. 0,19 kg/ha. Die übrigen Biomassewerte sind der Tab. 29 zu entnehmen.

Tab. 29: Artspezifische mittlere Biomasse (kg/ha) der Fischarten in der Fläche N-6.6 im Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).
Ohne pelagische Arten.

Wissenschaftlicher Name	Umgangssprachlicher Name	H 20	F 21	H 21
		Biomasse [kg/ha]	Biomasse [kg/ha]	Biomasse [kg/ha]
<i>Agonus cataphractus</i>	Steinpicker	0,011	0,01	0,009
<i>Ammodytes marinus</i>	Kleiner Sandaal	-	0,001	-
<i>Aphia minuta</i>	Glasgrundel	-	-	0,0001
<i>Arnoglossus laterna</i>	Lammzunge	0,19	0,14	0,54
<i>Buglossidium luteum</i>	Zwergzunge	0,21	0,20	0,33
<i>Callionymus lyra</i>	Gestreifter Leierfisch	0,27	0,25	0,33
<i>Callionymus reticulatus</i>	Ornamentleierfisch	-	0,001	-
<i>Chelidonichthys lucerna</i>	Roter Knurrhahn	0,06	-	0,07
<i>Ctenolabrus rupestris</i>	Klippenbarsch	-	-	0,0001
<i>Echiichthys vipera</i>	Viperqueise	-	0,00	-
<i>Enchelyopus cimbrius</i>	Vierbärtelige Seequappe	0,10	0,04	0,06
<i>Eutrigla gurnardus</i>	Grauer Knurrhahn	0,04	1,32	0,02
<i>Gadus morhua</i>	Kabeljau	0,15	-	0,004
<i>Gobius niger</i>	Schwarzgrundel	-	-	0,0004
<i>Hippocampus hippocampus</i>	Kurzchnäuziges Seepferdchen	0,00005	-	0,0001
<i>Limanda limanda</i>	Kliesche	2,87	4,04	0,75
<i>Lophius piscatorius</i>	Seeteufel	-	-	0,02
<i>Merlangius merlangus</i>	Wittling	1,09	1,40	0,69
<i>Microstomus kitt</i>	Limande	0,009	0,004	0,007

Wissenschaftlicher Name	Umgangssprachlicher Name	H 20	F 21	H 21
		Biomasse [kg/ha]	Biomasse [kg/ha]	Biomasse [kg/ha]
<i>Mullus surmuletus</i>	Streifenbarbe	0,02	-	0,01
<i>Myoxocephalus scorpius</i>	Seeskorpion	-	-	0,001
<i>Platichthys flesus</i>	Flunder	0,01	-	-
<i>Pleuronectes platessa</i>	Scholle	3,60	4,89	2,49
<i>Pomatoschistus minutus</i>	Sandgrundel	0,02	0,001	0,03
<i>Pomatoschistus norvegicus</i>	Norwegengrundel	0,0002	0,0004	0,001
<i>Raja clavata</i>	Nagelrochen	-	0,38	0,57
<i>Raja montagui</i>	Fleckrochen	0,01	-	0,03
<i>Scophthalmus maximus</i>	Steinbutt	0,17	0,02	0,41
<i>Scophthalmus rhombus</i>	Glattbutt	-	-	0,04
<i>Scyliorhinus canicula</i>	Kleingefleckter Katzenhai	-	0,03	0,04
<i>Solea solea</i>	Seezunge	0,26	0,01	0,19
<i>Syngnathus acus</i>	Große Seenadel	-	0,001	-
<i>Syngnathus rostellatus</i>	Kleine Seenadel	-	-	0,0001
<i>Trisopterus luscus</i>	Franzosendorsch	0,005	-	0,003
Gesamtergebnis		9,08	12,74	6,65

3.3.4.7 Diversität und Äquität

Im Herbst 2020 wies die Fläche N-6.6 eine mittlere Diversität von $1,84 \pm 0,12$ und einen Äquitäts-Wert von $0,74 \pm 0,04$ auf. Im Frühjahr 2021 waren bei den beiden Kenngrößen etwas geringere Werte zu verzeichnen: die mittlere Diversität lag bei $1,69 \pm 0,1$ und der Äquitäts-Wert bei $0,73 \pm 0,05$. Im Herbst 2021 lag die mittlere Diversität bei $1,93 \pm 0,07$ und die Äquität bei $0,80 \pm 0,05$.

3.3.4.8 Dominanzverhältnisse

Die Dominanzverhältnisse in der Fischgemeinschaft werden durch die Abundanz- und Biomasseanteile der Arten bestimmt. Als eudominant werden Arten mit einem Anteil von $>30\%$ bezeichnet, als dominant diejenigen mit einem Anteil von $10\text{--}30\%$ und als subdominant die mit einem Anteil von $3\text{--}10\%$ (STÖCKER & BERGMANN 1977).

Charakterarten

Auf der Basis der Häufigkeitsanteile stellen im Herbst 2020 in der Fläche N-6.6 sechs der erfassten Arten die Charakterarten dar, d.h. sie stellen $\geq 90\%$ der Gesamtindividuedichte. Dabei handelt es sich um Kliesche, Scholle, Zwergzunge, Wittling, Lammzunge und Gestreifter Leierfisch. Im Frühjahr 2021 bilden ebenfalls sechs Arten $\geq 90\%$ der Gesamtindividuedichte: Kliesche, Scholle, Wittling, Zwergzunge, Grauer Knurrhahn und Lammzunge (Abb. 28). Hier erreichte der Graue Knurrhahn einen höheren Anteil als der Gestreifte Leierfisch. Im Herbst 2021 wiederum treten die Grundeln stärker in Erscheinung und so bilden folgende Arten der Reihenfolge nach die Charakterarten: Lammzunge, Zwergzunge, Scholle, Kliesche, Grundeln und Wittling.

Häufigkeitsanteile

Im Herbst 2020 war die Kliesche mit 41 % Anteil am Gesamtfang die eudominante Art in der Fläche N-6.6. Scholle, Zwergzunge, Wittling und Lammzunge zählten mit Häufigkeitsanteilen von 13–10 % noch zu den dominanten Arten. Der Gestreifte Leierfisch und die Grundeln des *Pomatoschistus*-Komplexes wiesen Anteile von jeweils 5 % auf. Alle weiteren Arten wiesen einen noch geringeren Anteil auf und sind unter „Sonstige“ zusammengefasst (Abb. 28).

Im Frühjahr 2021 stellten sich die Häufigkeitsverhältnisse im Vergleich zum Herbst 2020 etwas anders dar. Die Kliesche war ebenfalls die eudominante Art und wies mit 34 % einen etwas geringeren Anteil auf als im Herbst 2020 (41 %). Die Scholle wies hingegen mit 24 % einen etwas höheren Anteil auf als im Herbst 2020 (13 %). Zwergzunge und Wittling waren mit einem Anteil von 8 bzw. 15 % am Gesamtfang beteiligt. Deutlich an Bedeutung zugenommen hat im Frühjahr der Graue Knurrhahn, der einen Anteil von 7,5 % erreichte. Die Lammzunge und der Gestreifte Leierfisch waren mit einem Anteil von 6 bzw. 4 % Anteil am Gesamtfang vertreten. Alle weiteren Arten wiesen einen noch geringeren Anteil auf und sind unter „Sonstige“ zusammengefasst (Abb. 28).

Im Herbst 2021 konnten dieselben Charakterarten dokumentiert werden, die Dominanzverteilung der Arten war jedoch unterschiedlich zu den beiden vorherigen Kampagnen. So war insbesondere der Anteil der Kliesche deutlich geringer (9 %). Hingegen wiesen die Zwergzunge und insbesondere die Lammzunge deutlich höhere Abundanzanteile auf (Abb. 28).

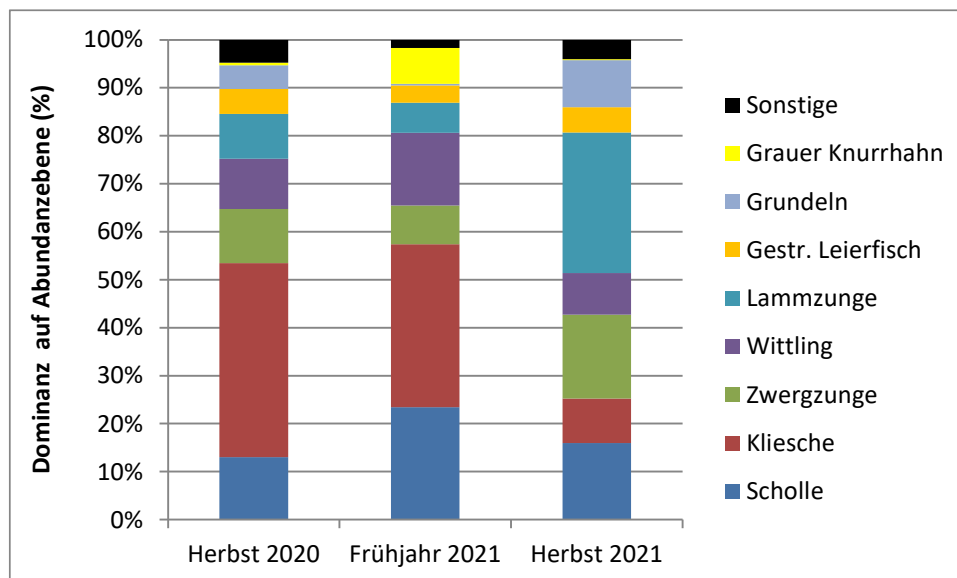


Abb. 28: Häufigkeitsanteile (%) der Fischarten in der Fläche N-6.6 im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021. Grundeln (Summe der beiden Arten des *Pomatoschistus*-Komplexes).

Die Variabilität der Dominanzanteile hinsichtlich ihrer Abundanz zwischen den einzelnen Hols wird in Abb. 29, Abb. 30 und Abb. 31 verdeutlicht. Wie laut StUK 4 vorgesehen, werden die beiden Netzseiten (Backbord- und Steuerbordseite) getrennt dargestellt. Insgesamt zeigen sich in beiden Saisonalitäten zwischen den beiden Netzseiten nur geringfügige Unterschiede. Die dominanten Arten verteilen sich weitgehend gleichsinnig. Es sind nur sehr geringe Unterschiede, wie bspw. im Herbst 2020 in Hol F03 feststellbar. Hier wurde ein etwas größerer Anteil der Scholle auf der

Backbordseite erfasst als auf der Steuerbordseite (Abb. 29). Im Frühjahr 2021 war der Anteil des Gestreiften Leierfisches in Hol F-09 auf der Backbordseite (13 %) etwas höher als auf der Steuerbordseite (2,4 %) (Abb. 30). Im Herbst 2021 zeigen sich ebenfalls nur sehr geringe Unterschiede. Hier waren teilweise die Individuendichten und damit die Dominanz der kleinen Grundeln (summiert die beiden Grundelarten des *Pomatoschistus*-Komplexes), etwas unterschiedlich zwischen den beiden Netzseiten (Abb. 31).

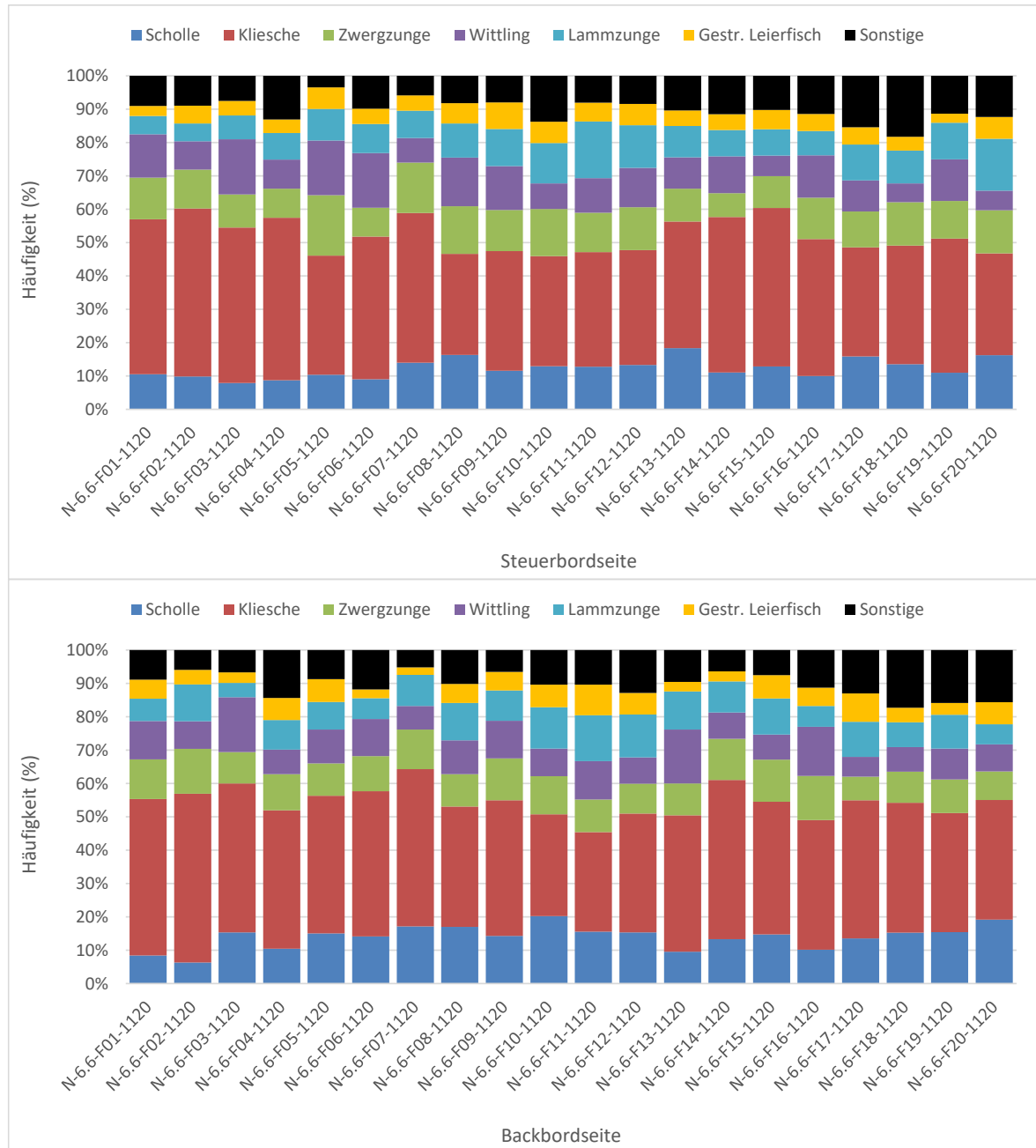


Abb. 29: Häufigkeitsanteile (%) der Fischarten in den einzelnen Hols in der Fläche N-6.6 im Herbst 2020, getrennt nach den Netzseiten (Steuerbord- und Backbordseite).

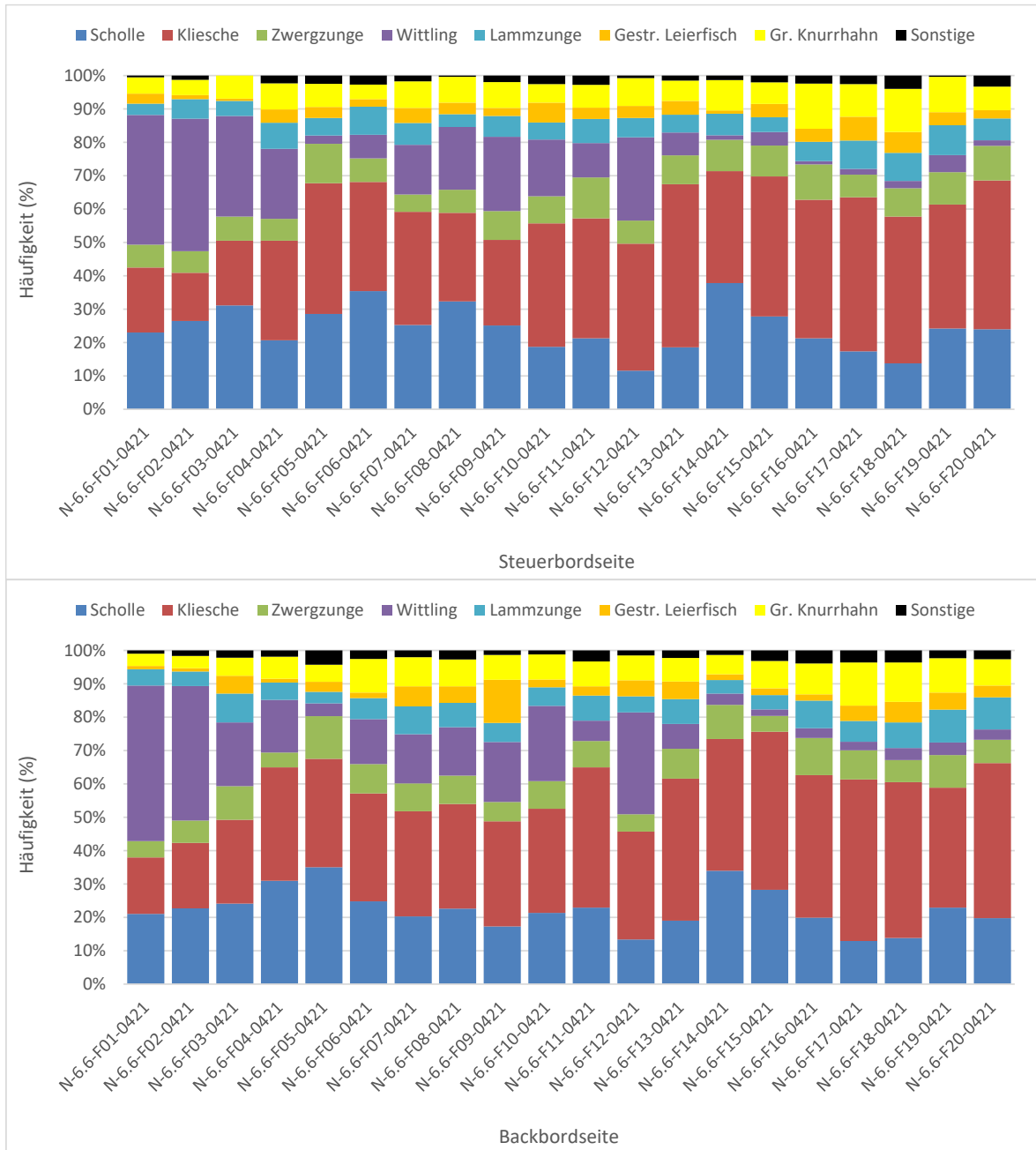


Abb. 30: Häufigkeitsanteile (%) der Fischarten in den einzelnen Hols in der Fläche N-6.6 im Frühjahr 2021, getrennt nach den Netzseiten (Steuerbord- und Backbordseite).

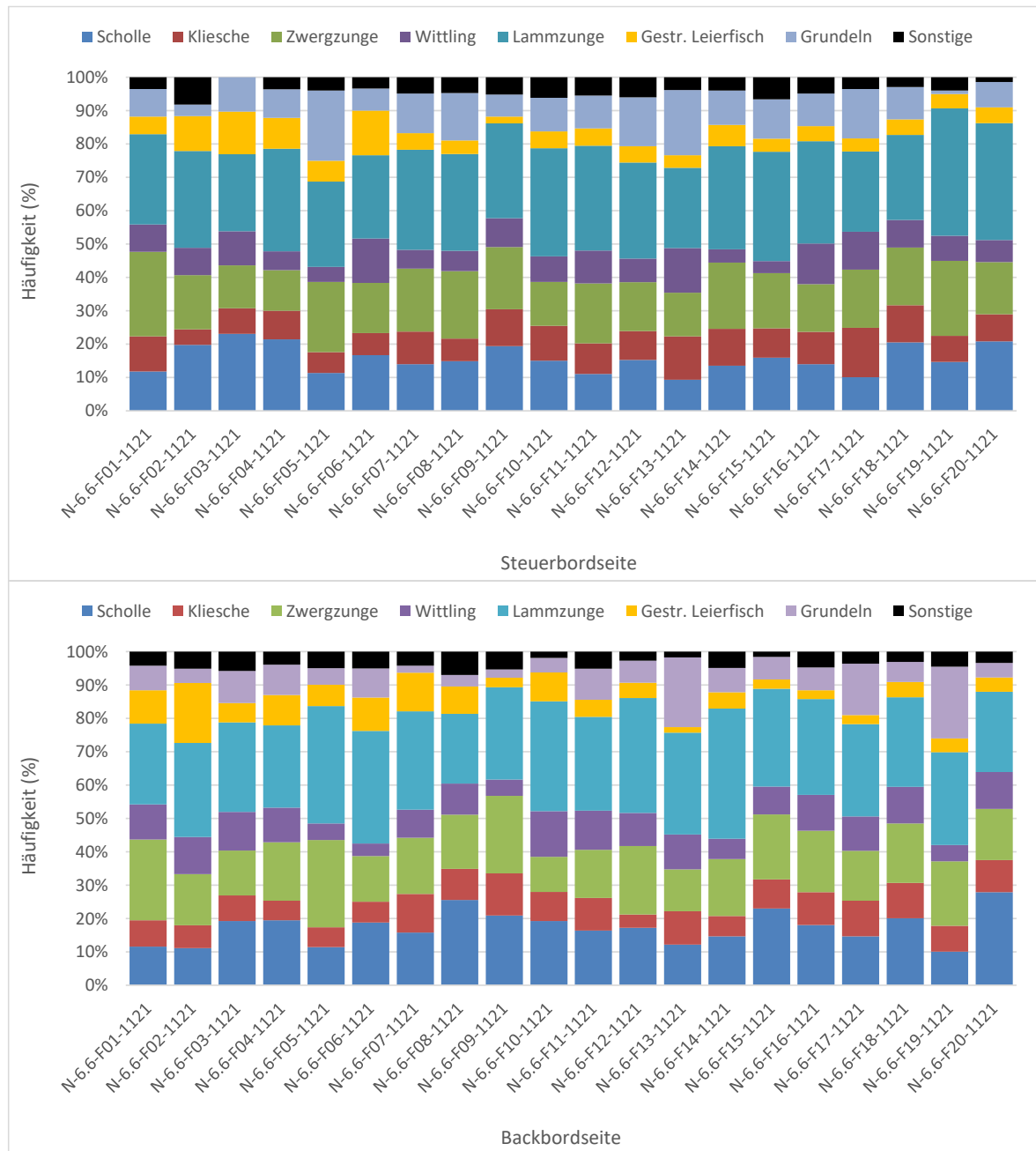


Abb. 31: Häufigkeitsanteile (%) der Fischarten in den einzelnen Hols in der Fläche N-6.6 im Herbst 2021, getrennt nach den Netzseiten (Steuerbord- und Backbordseite). Grundeln (Summe der beiden Arten des *Pomatoschistus*-Komplexes).

Gewichtsanteile

In allen drei Kampagnen wurden die Gewichtsanteile von der Scholle dominiert. Die Anteile lagen je nach Kampagne zwischen 38–40 %. Die Kliesche wies sowohl im Herbst 2020 als auch im Frühjahr 2021 einen hohen Anteil von jeweils 32 % auf; im Herbst 2021 lag der Anteil jedoch nur bei 11 % (Abb. 32). Der Wittling war mit 10–12 % Anteil an der Gesamtbiomasse beteiligt.

Im Herbst 2020 wiesen neben den bereits oben benannten dominanten Arten Kliesche, Scholle und Wittling fünf Arten jeweils einen Anteil von etwa 2–3 % an der Gesamtbiomasse auf: Hierzu gehörten Zwergzunge, Lammzunge, Gestreifter Leierfisch, Seezunge und Steinbutt. Weitere Arten sind unter „Sonstige“ zusammengefasst.

Im Frühjahr 2021 trat neben Kliesche, Scholle und Wittling mit einem Anteil von 10 % der Graue Knurrhahn in den Fängen auf. Nennenswerte Anteile wiesen zudem Nagelrochen (3 %), Gestreifter Leierfisch und Zwergzunge auf (2–1,6 %). Alle weiteren Arten sind mit geringeren Anteilen unter „Sonstige“ zusammengefasst (Abb. 32).

Im Herbst 2021 traten neben den bereits genannten Arten (Kliesche, Scholle und Wittling) die Lammzunge und der Nagelrochen mit einem Biomasseanteil von jeweils 8–9 % in den Fängen auf. Des Weiteren waren Zwergzunge, Gestreifter Leierfisch und der Steinbutt mit einem Anteil von jeweils 5–6 % an der Biomasse beteiligt. Alle weiteren Arten sind mit geringeren Anteilen unter „Sonstige“ zusammengefasst (Abb. 32).

Damit nahmen im Unterschied zu den Häufigkeitsanteilen die kleine Zwerg- und Lammzunge sowie die Grundeln bei den Gewichtsanteilen an Bedeutung ab und der größere und damit schwerere Nagelrochen, die Seezunge oder der Steinbutt an Bedeutung zu (Abb. 28, Abb. 32).

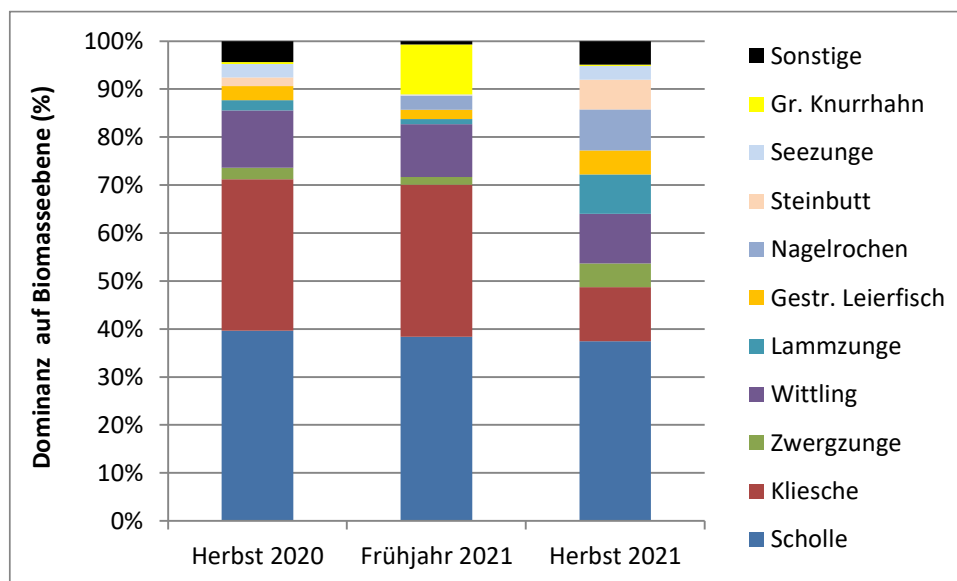


Abb. 32: Gewichtsanteile (%) der Fischarten in der Fläche N-6.6 im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.

Die Variabilität der Biomasseanteile zwischen den einzelnen Hols wird in Abb. 33, Abb. 34 und Abb. 35 verdeutlicht. Auch hier zeigt sich, dass beide Netzseiten in ihrer Zusammensetzung als weitestgehend homogen zu bezeichnen sind. Tendenziell sind aber im Vergleich zu den Häufigkeitsanteilen etwas größere Unterschiede zu verzeichnen. Die variierenden Anteile der unter „Sonstige“ fallenden Arten resultieren aus teilweise hohen Vorkommen von einzelnen, dafür aber schweren Fischen, wie z.B. im Herbst 2020 in Hol F02: Hier wurde auf der Steuerbordseite insgesamt ein hoher Anteil „Sonstige“ von 31 % festgestellt. Hierfür ist ein Kabeljau mit 65 cm verantwortlich (Abb. 33). Im Frühjahr 2021 sind v.a. Unterschiede für den Nagelrochen dokumentierbar: Die einzelnen erfassten Nagelrochen sind so groß und damit schwer, dass sie zu Verschie-

bungen in der Verteilung des Biomasseanteils zwischen den beiden Netzseiten führen (siehe Abb. 34, Hol F-01, F-03, F-04, F-17 und F-19). Selbiges gilt auch für den Herbst 2021; insbesondere durch Steinbutt und Nagelrochen kommt es zu Verschiebungen der Dominanzverhältnisse (Abb. 35).

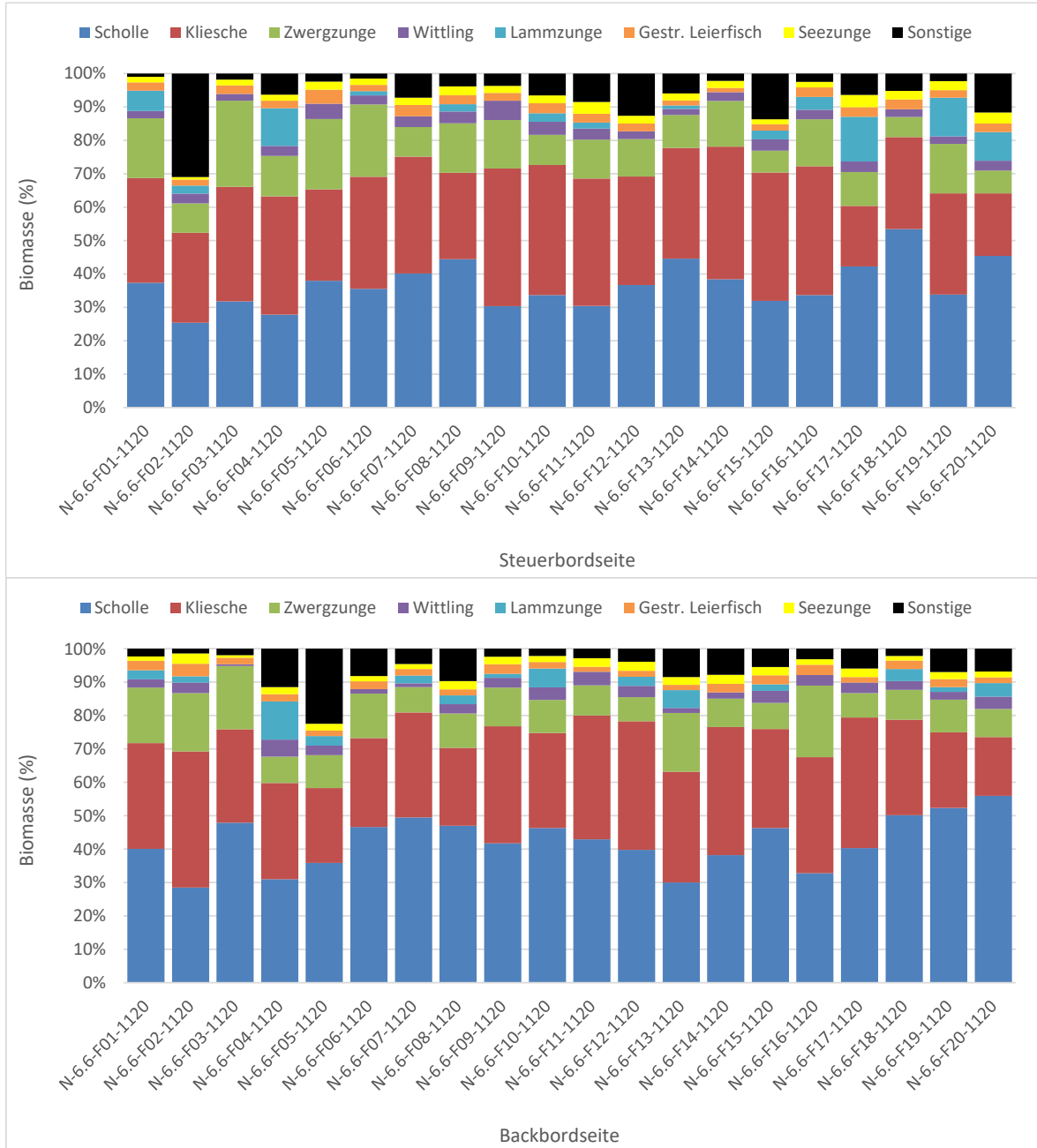


Abb. 33: Gewichtsanteile (%) der Fischarten in den einzelnen Hols in der Fläche N-6.6 im Herbst 2020, getrennt nach den Netzseiten (Steuerbord- und Backbordseite).

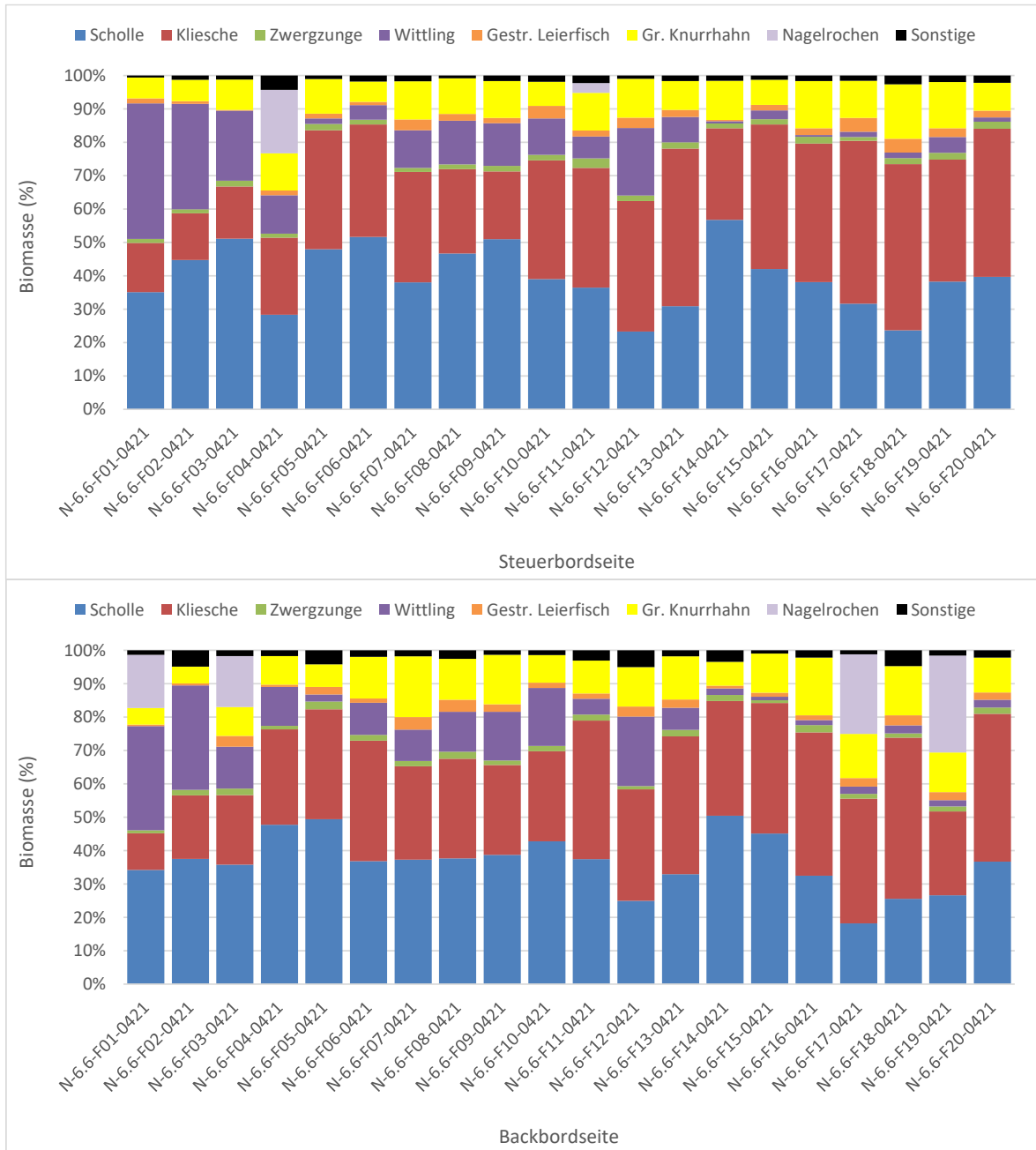


Abb. 34: Gewichtsanteile (%) der Fischarten in den einzelnen Hols in der Fläche N-6.6 im Frühjahr 2021, getrennt nach den Netzseiten (Steuerbord- und Backbordseite).

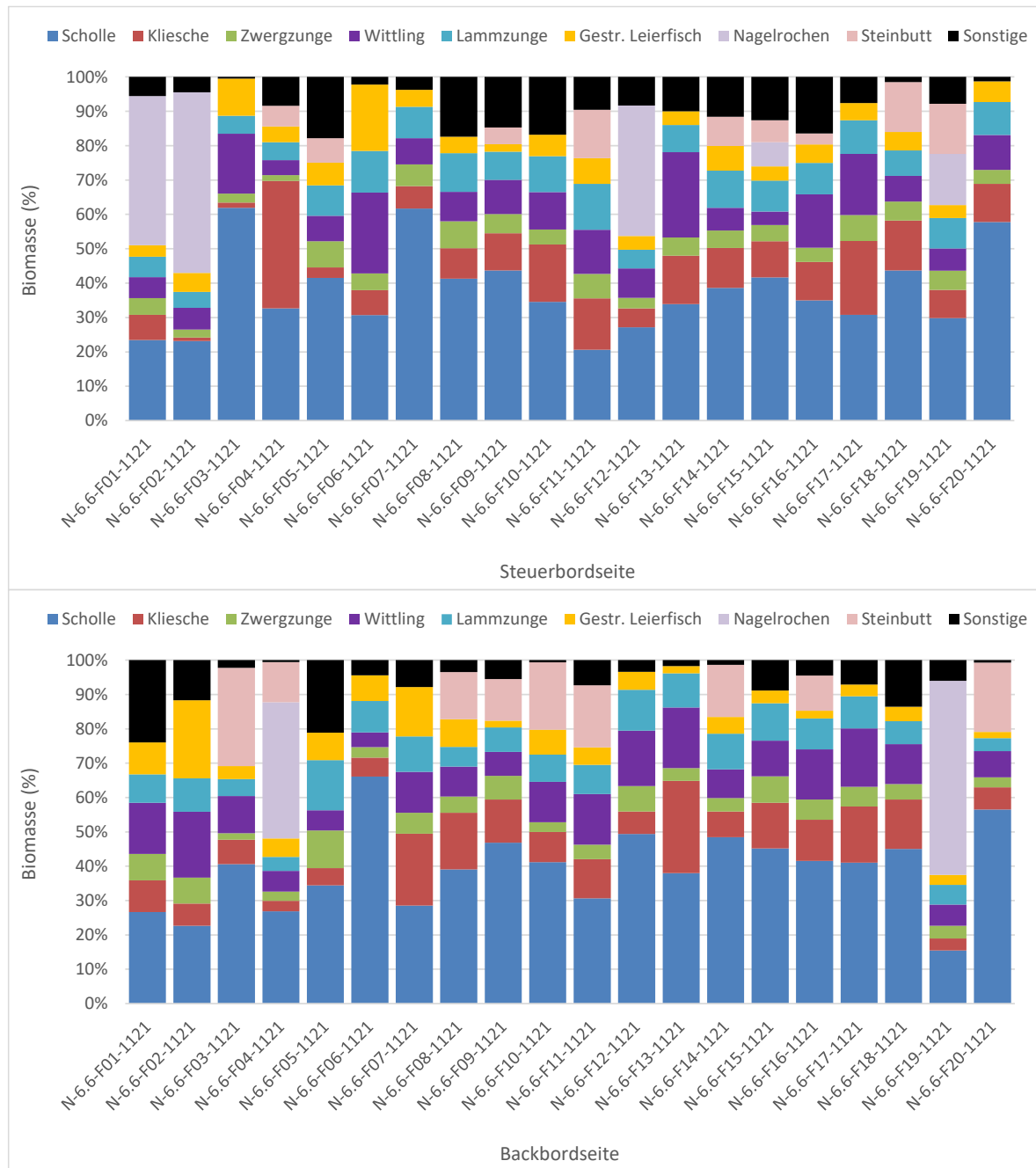


Abb. 35: Gewichtsanteile (%) der Fischarten in den einzelnen Hols in der Fläche N-6.6 im Herbst 2021, getrennt nach den Netzseiten (Steuerbord- und Backbordseite).

3.3.4.9 Größenzusammensetzung häufiger Arten

Im folgenden Kapitel werden die Längenhäufigkeitsverteilungen der fünf häufigsten Arten Kliesche, Scholle, Zwergzunge, Lammzunge und Wittling in der Fläche N-6.6 dargestellt und beschrieben. Die Häufigkeiten sind normiert auf die vorgefundene Anzahl pro Hektar. Die Grundeln traten im Herbst 2020 und 2021 zwar in hohen Abundanzen auf, auf eine Darstellung der Längenhäufigkeitsverteilung wird hier jedoch verzichtet, da es sich um sehr einheitliche Längen von 3 bis maximal

7 cm handelt und keine klaren Altersgruppen erkennbar werden. Die meisten Grundeln wiesen Längen von 5–6 cm auf.

Kliesche (*Limanda limanda*)

Klieschen traten insgesamt in den Längenklassen von 4–31 cm auf. Im Herbst 2020 und Frühjahr 2021 wurden ähnlich hohe Gesamtabundanzen erfasst. Im Herbst 2021 lagen die Abundanzen deutlich unter den vorherigen Kampagnen. Zu beiden saisonalen Zeitpunkten ist eine mehrgipfelige Verteilung erkennbar. So lag der erste Peak bei hohen Abundanzen bei 5–8 cm; der zweite „Gipfel“ ist insgesamt bei niedrigeren Abundanzen breiter aufgestellt und liegt etwa bei 13–18 cm. Ähnlich verhielt es sich im darauffolgenden Frühjahr 2021. Bei im Vergleich zum Herbst geringeren Abundanzen ist der erste Peak bei Längen von 6–8 cm zu verzeichnen. Der zweite breiter aufgestellte „Peak“ lag bei 13–20 cm. Diese Verteilung konnte auch bei geringeren Abundanzen im Herbst 2021 festgestellt werden. Individuen mit Körperlängen über ~25 cm wurden nur sporadisch gefunden (Abb. 36).

Klieschen haben eine weite Verbreitung, die vom Weißen Meer bis zur Biskaya reicht, sie kommen ebenfalls um Island und in der Ostsee vor. In der Nordsee ist sie die häufigste Plattfischart. Die Dominanz der Fischart erklärt sich in der Nordsee u.a. daraus, dass die Verbreitung ihrer Juvenilstadien im Gegensatz zu vielen anderen Plattfischarten nicht auf flache Küstengewässer beschränkt ist (RIJNSDORP et al. 1992, BOLLE et al. 1994). Der Übergang der Jungklieschen vom pelagischen zum Bodenleben erfolgt sowohl in Küstengewässern als auch in der offenen Nordsee (BOLLE et al. 1994).

Für Klieschen der Altersklasse 0 wurden in der Nordsee und in den Küstengebieten im Juli Längen von 2–5 cm und im Oktober von 3–10 cm nachgewiesen (BOLLE et al. 1994). In Küstengewässern lagen die mittleren Längen in Untersuchungen von BOLLE et al. (1994) im Juni um 3,1 cm, im August um 4,8 cm und im November/Dezember um 6 cm. Im April wurden für Klieschen, die aus dem Vorjahr stammen und nun zur Altersgruppe 1 gehörten, Längen von 3–11 cm registriert. Die in der vorliegenden Untersuchung gefangenen Klieschen mit ~5–8 cm sind demnach je nach Fangsaison der Altersgruppe 0 bzw. 1 zuzuordnen. Tiere dieser Altersgruppe wurden in höheren Abundanzen in der Kampagne im Herbst 2020 erfasst. Nach den angegebenen Längen-Alterseinschätzungen zu urteilen, werden die Maxima im Längenbereich um 13–20 cm vermutlich aus Tieren ≥ 2 Jahren gestellt. Anhand der Daten lässt sich schließen, dass auch ältere Tiere der Jahre 3 und 4 in der Fläche N-6.6 vertreten sind (Abb. 36, vgl. dazu auch CATTRIJSSE & HAMPEL 2000).

Anhand der Ergebnisse ist nicht davon auszugehen, dass die Fläche N-6.6 ein besonderes Aufwuchsgebiet der Kliesche darstellt. Generell haben junge Klieschen ihren Verbreitungsschwerpunkt in den küstennahen Gebieten (RIJNSDORP et al. 1992). Jedoch zeigen die Daten, dass im Herbst 2020 Klieschen der Altersgruppe 0+ in nicht unerheblichen Abundanzen in der Fläche N-6.6 auftraten. Adulte Tiere sind in der gesamten Nordsee anzutreffen, mit erhöhten Konzentrationen in der süd-östlichen Nordsee (DAAN et al. 1990). Klieschen wandern mit Einsetzen des Winters von ihrem Hauptverbreitungsgebiet an den Küsten in tieferes Wasser (RIJNSDORP et al. 1992). Dort überwintern sie und kehren erst nach Beendigung des Laichgeschäftes in das inzwischen sommerlich erwärmte Küstenwasser zurück (BOHL 1957). Die Präsenz von 100 % belegt jedoch, dass die

Art, insbesondere ab einem Alter von 1 Jahr vorrangig 2 Jahre, in der Fläche N-6.6 adäquate Lebensbedingungen vorfindet.

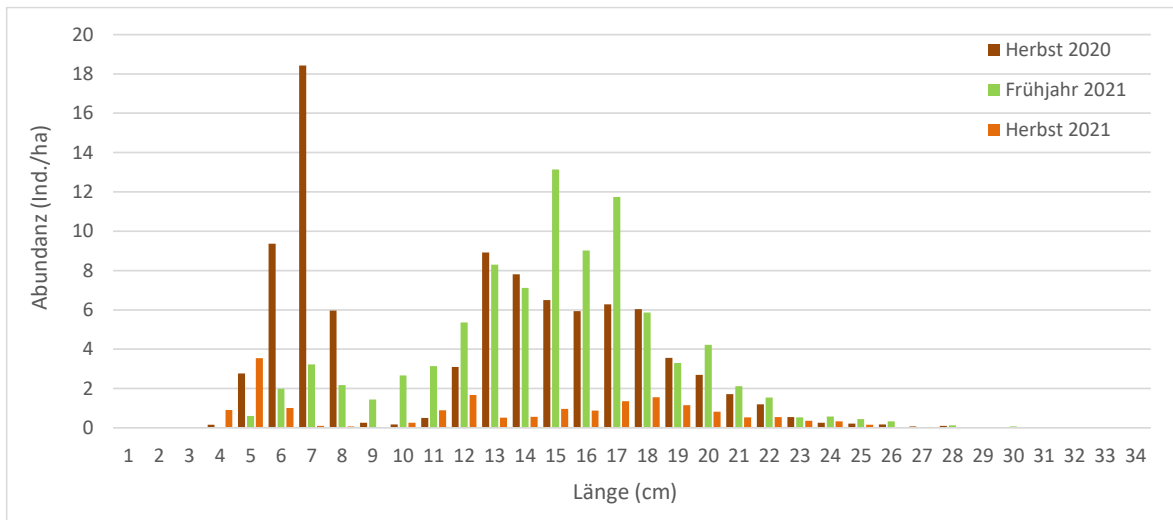


Abb. 36: Längenverteilung der Kliesche (*Limanda limanda*) in der Fläche N-6.6 im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.

Scholle (*Pleuronectes platessa*)

Schollen traten in einem breiten Längenspektrum von 5–44 cm auf (Abb. 37). Im Frühjahr 2021 wurden etwas höhere Gesamtabundanzen als in den beiden Herbstkampagnen erfasst. Hinsichtlich der Längenverteilung waren deutliche Unterschiede zwischen dem Herbst 2020 und dem Frühjahr 2021 erkennbar. Während Abundanzen von >1 Ind./ha im Frühjahr bereits ab einer Längenklasse von 10 cm vorkamen, wurden diese Abundanzen im Herbst erst ab einer Längenklasse von 17 cm nachgewiesen. Im Herbst 2021 traten Schollen ebenso wie im Frühjahr ab einer Länge von 11 cm in den Fängen auf (Abb. 37).

Schollen kommen im gesamten Ostatlantik sowie im Mittelmeer und in der Ostsee vor. Sie können eine maximale Länge von über 100 cm erreichen (FROESE & PAULY 2019). Die hier festgestellten Längen liegen deutlich unter diesem Wert. Die Scholle ist eine wichtige kommerziell genutzte Art, die stark befishet wird bzw. wurde.

Für Schollen der Altersklasse 0 wurden in der Nordsee im Spätsommer mittlere Längen von 4–5 cm (LOCKWOOD 1974), 6,3–7,8 cm (VAN DER VEER et al. 1990) und sogar 8–10 cm (ZIJLSTRA et al. 1982) nachgewiesen; für die Altersklasse 1 wurden zu diesem Zeitpunkt Längen von bis zu 17 cm dokumentiert (RIJNSDORP & MILLNER 1996). Die im Frühjahr und Herbst 2021 erfassten Schollen des ersten Peaks setzen sich vermutlich aus Schollen des Vorjahres (nun Altersklasse 1) zusammen. Zudem sind vergleichend auch zu CATTRIJSSSE & HAMPEL (2000) die Altersgruppe 2 bzw. einige Tiere älterer Altersgruppen ≥ 2 dem zweiten Peak bzw. den in den darauf folgenden Längenklassen zuzuordnen (Abb. 37).

Tiere der 0-Gruppe waren, wenn überhaupt, nur in Einzelfängen zu verzeichnen. Junge Schollen wachsen in der Regel in sandigen Küstenbereichen, sogenannten Kinderstuben auf und verbringen dort auch den Winter (VAN DER VEER et al. 1990). Erst mit zunehmendem Alter suchen sie tieferes

Wasser auf (HEINCKE 1905). Als Adulte sind sie in der gesamten Nordsee anzutreffen. Die größeren Schollen ziehen über den Winter in tiefere Teile der Nordsee. Die hier präsentierten Ergebnisse belegen, dass in der Fläche N-6.6 auch einige 1-jährige Schollen überwintert haben. Anhand der vorliegenden Ergebnisse ist jedoch nicht davon auszugehen, dass die Fläche N-6.6 ein besonderes Aufwuchsgebiet für juvenile Schollen darstellt.

Auffällig war, dass nur wenige Schollen mit einer Länge über 30 cm gefangen wurden. Schollen werden mit 2–4 Jahren bei 25–30 cm (Männchen) bzw. 4–5 Jahren bei 30–35 cm (Weibchen) geschlechtsreif. Schollen unternehmen saisonale Wanderungen zu ihren Laichplätzen in der mittleren südlichen Nordsee und vor der belgisch-holländischen Küste sowie in der Helgoländer Bucht, welche zwischen Januar und April bei Wassertemperaturen um 6° C aufgesucht werden. Geschlechtsreife Schollen konnten in der vorliegenden Untersuchung nur in geringen Abundanz erfasst werden (Abb. 37). Gründe hierfür konnten anhand der vorliegenden Daten nicht ermittelt werden.

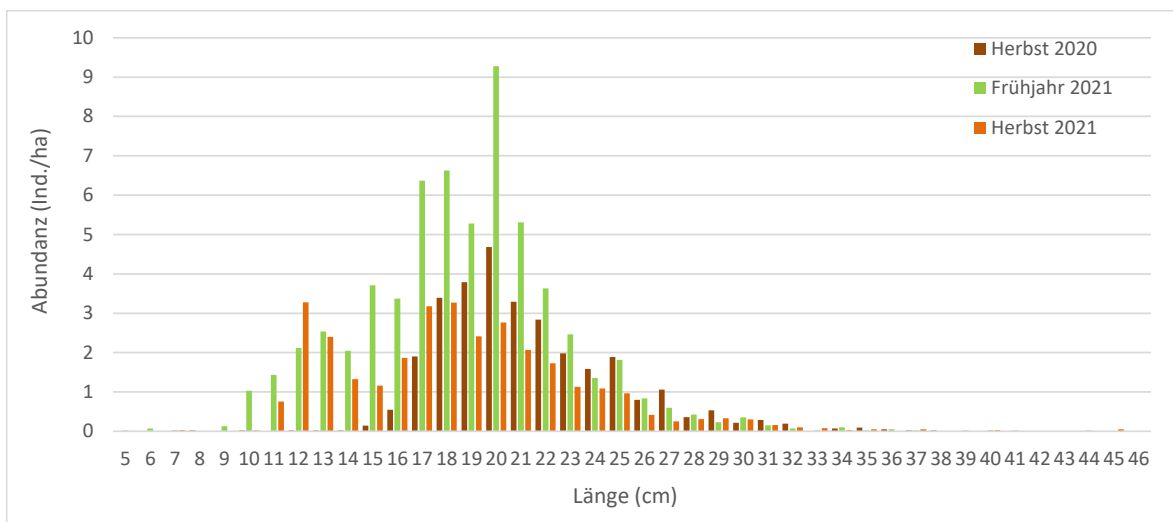


Abb. 37: Längenverteilung der Scholle (*Pleuronectes platessa*) in der Fläche N-6.6 im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.

Zwergzunge (*Buglossidium luteum*)

Zwergzungen traten in der Fläche N-6.6 in den Kampagnen im Herbst 2020 und Frühjahr 2021 in ähnlich hohen Individuendichten auf, im Herbst 2021 wurden etwas höhere Abundanz erfasst. Die Verteilung war für alle Kampagnen eingipflig und reichte insgesamt von 4–12 cm Länge. Die meisten Individuen wiesen Längen von 8–9 cm auf (Abb. 38).

Die Zwergzunge ist an der gesamten Nordseeküste, um die Britischen Inseln und Island, entlang der Iberischen Halbinsel sowie in den Küstenregionen des Mittelmeerraumes und des Schwarzen Meeres anzutreffen (FROESE & PAULY 2013). Juvenile Tiere wurden bislang nur in der offenen Nordsee bei Wassertiefen von über 15 m angetroffen, wobei die größten Fänge im Bereich um 25 m Wassertiefe erzielt wurden (BALTUS & VAN DER VEER 1995). Zwergzungen bevorzugen flache Sandgründe zwischen 10 und 40 m Tiefe. Die Verbreitung der Zwergzunge in der Nordsee hat ihren Schwerpunkt in der Deutschen Bucht (ROGERS et al. 1998). Ihr Vorkommen scheint jedoch relativ großen annualen Schwankungen unterworfen zu sein (FRICKE et al. 1995).

Die Zwergzunge ist die kleinste der Plattfischarten in der Nordsee und erreicht maximale Längen von 16 cm. In der Regel wird sie allerdings nur 12–14 cm lang. Dies spiegelt sich auch in den vorliegenden Daten wider. Saisonale Wanderungen konnten für die Zwergzunge bislang nicht belegt werden (BALTUS & VAN DER VEER 1995). Sie besitzt keine „Kinderstube“ in den flachen Wattbereichen, sondern wächst in der offenen Nordsee auf (BALTUS & VAN DER VEER 1995). Tiere der 0-Gruppe erreichen am Ende ihres ersten Jahres eine mittlere Länge von 4 cm, am Ende des zweiten Jahres wurden mittlere Längen von 7 cm nachgewiesen (BALTUS & VAN DER VEER 1995). Nach CATTRIJSSE & HAMPEL (2000) sind zweijährige Zwergzungen um die 7 cm lang und dreijährige Zwergzungen um die 8–8,5 cm. Somit zeigen die Längen-Häufigkeitsverteilungen aus der Fläche N-6.6, dass einige 1-jährige, jedoch vermehrt ältere Tiere den maßgeblichen Teil der Population ausmachten. Aufgrund der Kleinheit der Zwergzunge ließen sich an der Längenhäufigkeitsverteilung keine differenzierten Altersklassen abgrenzen.

Die Zwergzunge zählt im Vergleich zu anderen Kleinfischarten zu den Langlebigen, ein maximales Alter von 14 Jahren (Nordsee) und 16 Jahren (Irland) ist dokumentiert (HEESSEN et al. 2015). Die Geschlechtsreife tritt bei einer Länge von 8–12 cm im Alter von 3–4 Jahren ein (FROESE & PAULY 2019, CATTRIJSSE & HAMPEL 2000). Demnach sind in vorliegender Untersuchung auch geschlechtsreife Tiere erfasst worden. Männchen werden etwas früher geschlechtsreif als Weibchen. Die Laichzeit wird für die Nordsee für die Monate Juli/August angegeben (FROESE & PAULY 2019, CATTRIJSSE & HAMPEL 2000).

Die Präsenz von 100 % (Kap. 3.3.4.4) belegt, dass die Art in der Fläche N-6.6 adäquate Lebensbedingungen vorfindet. Die Feinsandböden die teilweise im Gebiet vorkommen, zählen zu ihrem typischen Lebensraum. Die Art wurde in fast dem gesamten zu erwartenden Längenspektrum gefangen, demnach setzt sich der Bestand aus nahezu allen Altersklassen zusammen. Lediglich Tiere der Nullgruppe (≤ 4 cm) und sehr große Individuen wurden nur in sehr geringen Abundanzen nachgewiesen. Allerdings werden die sehr kleinen Tiere der Nullgruppe mit dem verwendeten Fanggerät nicht quantitativ und damit repräsentativ erfasst. Nach Literatur und Aussage vom Thünen Institut ist nicht viel veröffentlicht zur Eier- und Larvenverteilung, es muss insgesamt auf recht alte Literatur (z.B. AURICH 1941) oder auf recht ungenaue Angaben der aktuelleren Literatur (BILS et al. 2012, HEESSEN et al. 2015) zurückgegriffen werden. Hiernach gibt es keine spezifischen Nurseries, bzw. sind sie nicht bekannt. Würde die Fläche N-6.6 als besonderes Laich- oder Aufwuchsgebiet fungieren würden die Fänge jedoch ausreichend Hinweise hierzu liefern.

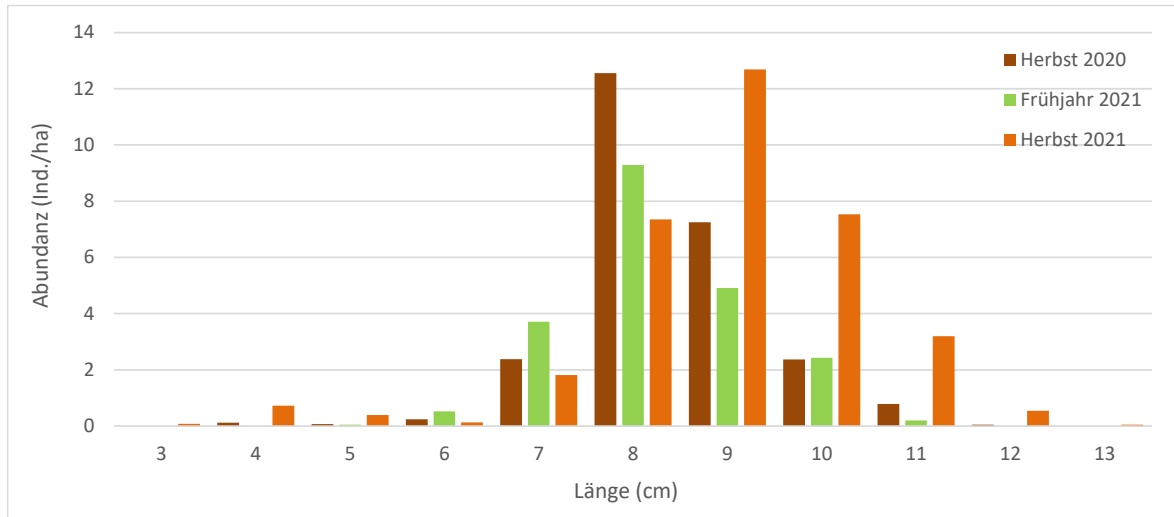


Abb. 38: Längenverteilung der Zwergzunge (*Buglossidium luteum*) in der Fläche N-6.6 im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.

Lammzunge (*Arnoglossus laterna*)

Lammzungen wurden in der Fläche N-6.6 in den Kampagnen Herbst 2020 und Frühjahr 2021 in ähnlich hohen Abundanz erfasst, deutlich höher waren die Individuenzahlen insgesamt im Herbst 2021. Das vorgefundene Längenspektrum der Tiere reichte insgesamt von 4–18 cm. In allen Kampagnen zeigte sich eine zweigipfelige Verteilung (erster niedriger Peak bei 5–6 cm und zweiter Peak bei 9–12 cm), somit zeigten sich also mindestens zwei Altersgruppen (Abb. 39).

Lammzungen erreichen eine maximale Länge von 25 cm, in der Nordsee werden sie kaum länger als 20 cm. Sie lebt in 10–100 m Tiefe auf Sand- oder Schlickböden (MUUS & NIELSEN 1999). Lammzungen scheinen sich in relativ warmem Wasser zu konzentrieren (VAN HAL et al. 2010).

Am Ende ihres ersten Lebensjahres erreichen Lammzungen eine Länge von 5 cm, 7 cm am Ende ihres zweiten Lebensjahres (BALTUS & VAN DER VEER 1995). Geschlechtsreif werden Lammzungen im zweiten Lebensjahr mit 7–8 cm. Die älteste dokumentierte Lammzunge in der Nordsee erreichte ein Alter von 8 Jahren (VAN HAL et al. 2010). Die hier beschriebene Verteilung zeigt demnach ein Vorkommen von 1-jährigen Individuen im ersten Peak sowie ältere Individuen der Altersgruppe 2+ und ältere im zweiten Peak (Abb. 39).

Es gibt keinen Hinweis von speziellen Laichgebieten, Juvenile sind weit verteilt in der südlichen Nordsee, vermeiden jedoch küstennahe Gebiete wie das Wattenmeer (HEESSEN et al. 2015). Nach Literatur und Aussage vom Thünen Institut ist nicht viel veröffentlicht zur Eier- und Larvenverteilung, es muss insgesamt auf recht alte Literatur (z.B. AURICH 1941) oder auf recht ungenaue Angaben der aktuelleren Literatur (BILS et al. 2012, HEESSEN et al. 2015) zurückgegriffen werden. Hiernach gibt es keine spezifischen Nurseries, bzw. sind sie nicht bekannt. Wegen der ähnlichen räumlichen Verteilung von Adulten und Juvenilen existieren keine spezifischen Aufwuchsgebiete (BALTUS & VAN DER VEER 1995).

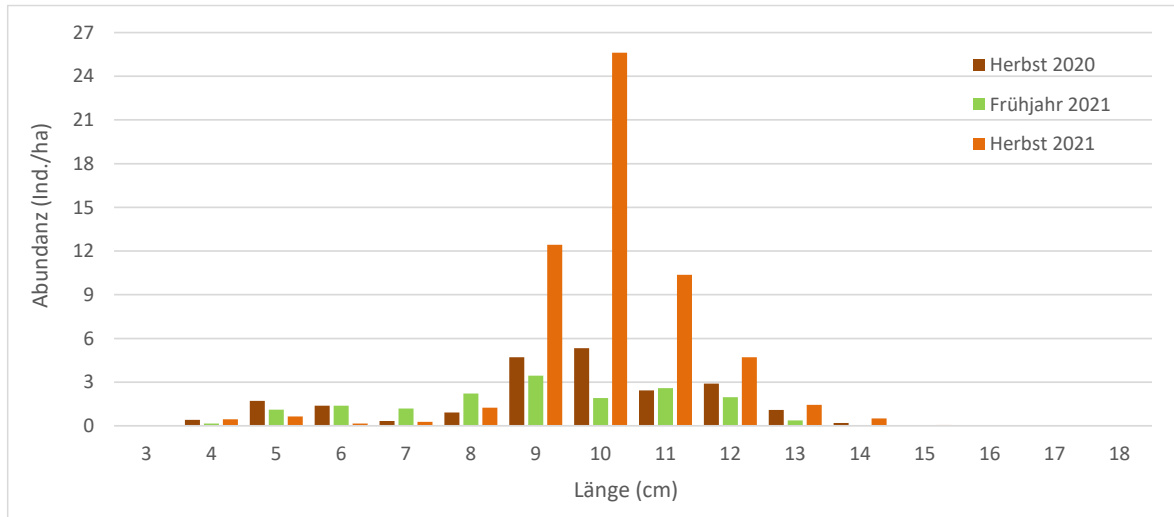


Abb. 39: Längenverteilung der Lammzunge (*Arnoglossus laterna*) in der Fläche N-6.6 im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.

Wittling (*Merlangius merlangus*)

Das Längenspektrum des Wittlings lag in der Fläche N-6.6 zwischen 8–29 cm. Im Herbst 2020 und Herbst 2021 konnte jeweils ein Abundanzmaximum für den Längenbereich 15–19 cm dokumentiert werden, im darauffolgenden Frühjahr 2021 bei 13–17 cm (Abb. 40). Wittlinge haben eine weite Verbreitung, die von der Biskaya bis zur nördlichen Nordsee und dem Skagerrak wie auch entlang Norwegen bis Trondheim reicht. Gemäß der Literatur erreicht der Wittling eine maximale Länge von 91 cm (WILHELMS 2013), in der Nordsee bleibt er aber gewöhnlich kleiner (FROESE & PAULY 2019). Geschlechtsreif werden Wittlinge im Alter von 2–4 Jahren mit etwa 30 cm Länge. Das Laichen erfolgt hauptsächlich im Frühjahr in 30–100 m Tiefe fast im gesamten Verbreitungsgebiet (MUUS & NIELSEN 1999).

Bei den erfassten Tieren in der Fläche N-6.6 handelte es sich vor allem um Tiere der Altersgruppe 1 und 2. Sowohl Tiere der Nullgruppe ≤ 7 cm als auch geschlechtsreife Tiere (> 2 Jahre, ab 30 cm Länge) fehlten. Nach HENDERSON (2014) wandern junge Wittlinge in die Ästuare und Küstenbereiche um dort zu fressen. Erst am Ende ihres ersten Lebensjahres suchen sie tieferes Wasser auf.

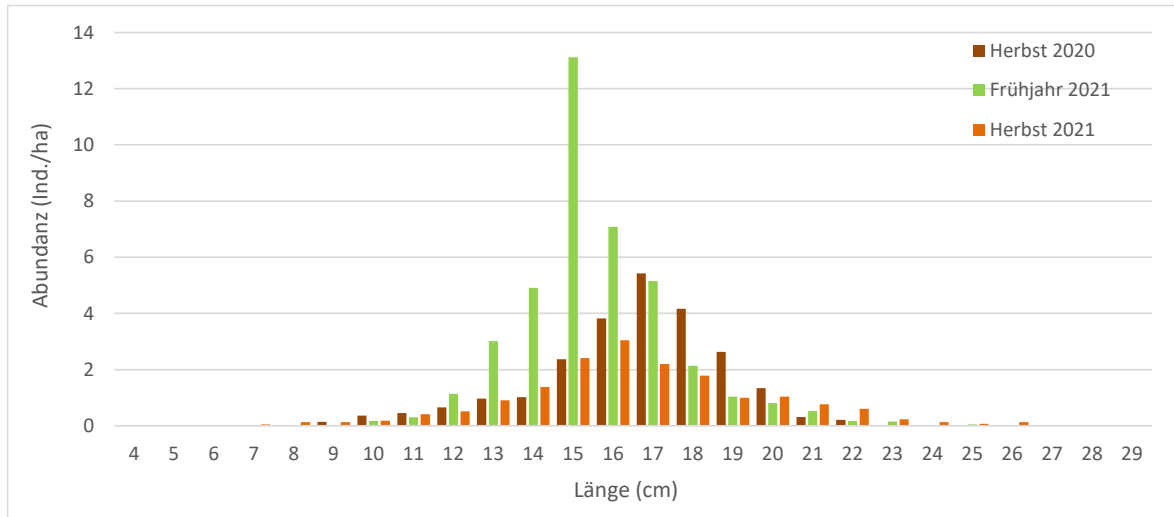


Abb. 40: Längenverteilung des Wittlings (*Merlangius merlangus*) in der Fläche N-6.6 im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.

3.3.4.10 Gemeinschaftsanalyse

Im MDS Plot zeigt sich eine klare Aufteilung in drei Gruppen, wobei jede Gruppe einer Befischungskampagne entspricht (Abb. 41). Innerhalb einer Gruppe sind vereinzelte Überlappungen festzustellen. Die Güte der Darstellung ist aufgrund des Stress-Wertes von 0,12 noch als gut einzustufen.

Die Ergebnisse der ANOSIM-Analyse entsprechen der optischen Beurteilung der MDS-Darstellung. Auch nach ANOSIM unterscheiden sich die drei Gruppen signifikant (p -Wert von 0,001) voneinander. Zwischen den Fischgemeinschaften ist mit einem R -Wert von 0,774 eine klare Trennbarkeit der drei Kampagnen vorhanden.

Hinsichtlich der einzelnen Kampagnen zeigt sich nach ANOSIM eine stärkere Trennbarkeit der Frühjahrskampagne von den beiden jeweiligen Herbstkampagnen (R -Wert $F21/H20=0,851$, $F21/H21=0,892$, Signifikanz $p=0,001$). Die beiden Herbstkampagnen unterschieden sich zwar auch signifikant voneinander, der ermittelte R -Wert ist jedoch mit 0,672 deutlich geringer.

Die Ergebnisse der multidimensionalen Skalierung und der ANOSIM zeigen demnach die saisonalen Unterschiede in der Fischfauna in der Fläche N-6.6 auf.

Innerhalb einer Saison ähneln sich die Hols nach SIMPER mit einer mittleren Ähnlichkeit von je 85 % im Herbst 2020 und Frühjahr 2021 sowie mit 77 % im Herbst 2021. Die Ähnlichkeit innerhalb einer Kampagne ist durch die Abundanzen der drei häufigsten Arten Kliesche, Scholle und Zwergzunge zu erklären, welche einen kumulativen Anteil von etwa 50 % im Herbst 2020 und 56 % im Frühjahr 2021 aufweisen. Im Herbst 2020 kommen zu dem Anteil von 50 % der Wittling und die Lammzunge mit einem Anteil von jeweils 11 %, der Gestreifte Leierfisch mit 8 %, die Sandgrundel mit 7 % und die Vierbärtelige Seequappe mit 5 % hinzu, um insgesamt auf eine 92 % ige Ähnlichkeit der Hols zu gelangen. Im Frühjahr 2021 kommen zu den 56 % Ähnlichkeit mit einem Anteil von 11 % der Graue Knurrhahn und mit einem Anteil von jeweils 10 % die Lammzun-

ge und der Wittling hinzu. Der Gestreifte Leierfisch trägt dazu noch einen Anteil von 7 % bei, um dann auf eine Ähnlichkeit von 94 % zu gelangen. Die Zusammensetzung der Fischfauna in der Kampagne im Herbst 2021 unterscheidet sich wie schon in den vorherigen Kapiteln beschrieben von den vorangegangenen Kampagnen, insofern, dass die Kliesche deutlich an Abundanz abgenommen und Lamm- und Zwergzunge an Abundanz zugenommen haben. Nach SIMPER bilden Lamm- und Zwergzunge sowie die Scholle einen kumulativen Anteil von 51 %. Hinzu kommen mit jeweils etwa 11 % Kliesche und Wittling sowie mit jeweils 10 % Anteil die Sandgrundel und der Gestreifte Leierfisch.

Nach SIMPER betrug die mittlere Unähnlichkeit zwischen den beiden Kampagnen H20 und F21 rund 24 %. Die vorhandenen Unterschiede zwischen den beiden Kampagnen resultierten dabei weniger aus Unterschieden in der Artenzusammensetzung, sondern v.a. in dem häufigeren Vorkommen von Grauer Knurrhahn, Wittling und Scholle im Frühjahr 2021. Umgekehrt waren die Abundanzen von Sandgrundel, Vierbärteliger Seequappe und Gestreiften Leierfisch im Herbst 2020 etwas höher als im Frühjahr 2021.

Vergleicht man die beiden Herbstkampagnen betrug die mittlere Unähnlichkeit nach SIMPER etwa 27 %. Die vorhandenen Unterschiede resultieren dabei v.a. in dem häufigeren Vorkommen von Klieschen im Herbst 2020 bzw. in dem häufigeren Vorkommen von Lamm- und Zwergzungen sowie Sandgrundeln.

Die höheren Abundanzen des Grauen Knurrhahns im Frühjahr 2021 zeigt exemplarisch die Abb. 42.

Weitere kleinere Unterschiede sind vorrangig durch die Fangzufälligkeit vorhanden. So grenzt sich bspw. im Herbst 2020 der Hol F13 auf der Backbordseite von den anderen Hols ab (s.a. Abb. 41, Kreis). Hier konnte im Vergleich zu den anderen Hols eine deutlich geringere mittlere Abundanz festgestellt werden, welches hauptsächlich durch das geringere Vorkommen an Klieschen und Schollen und Zwergzungen verursacht wurde.

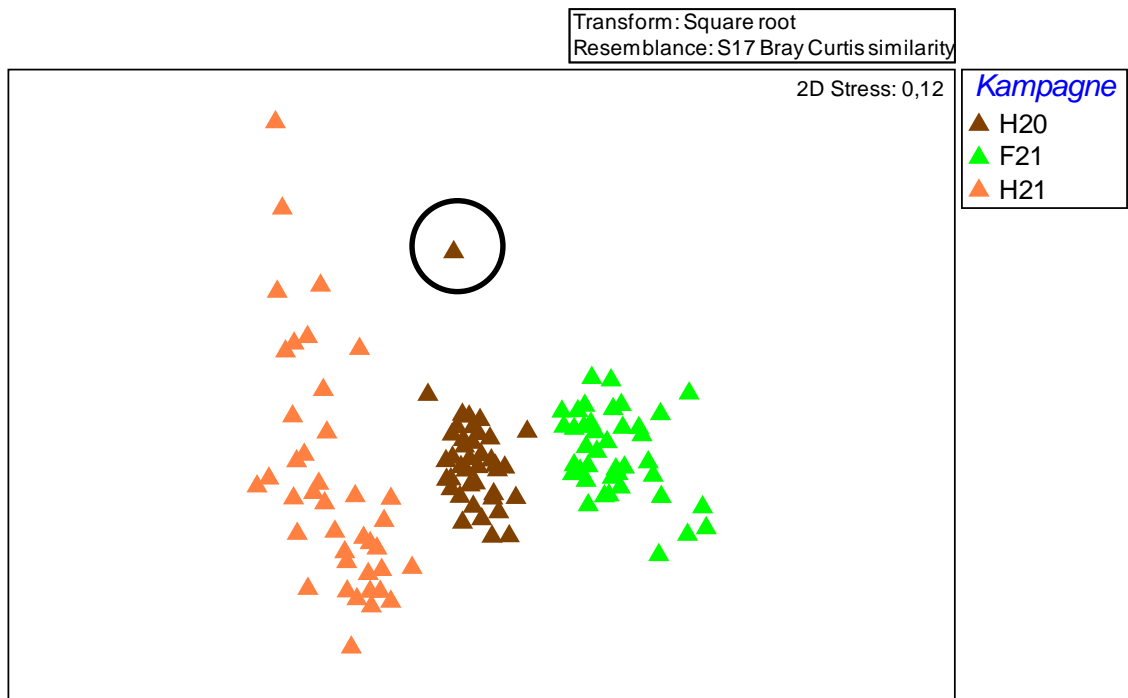


Abb. 41: MDS-Plot der Abundanzen aller demersalen Fischarten in den Hols der Fläche N-6.6 (Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021).
Bray-Curtis-Similarität (2.Wurzel-Transformation).

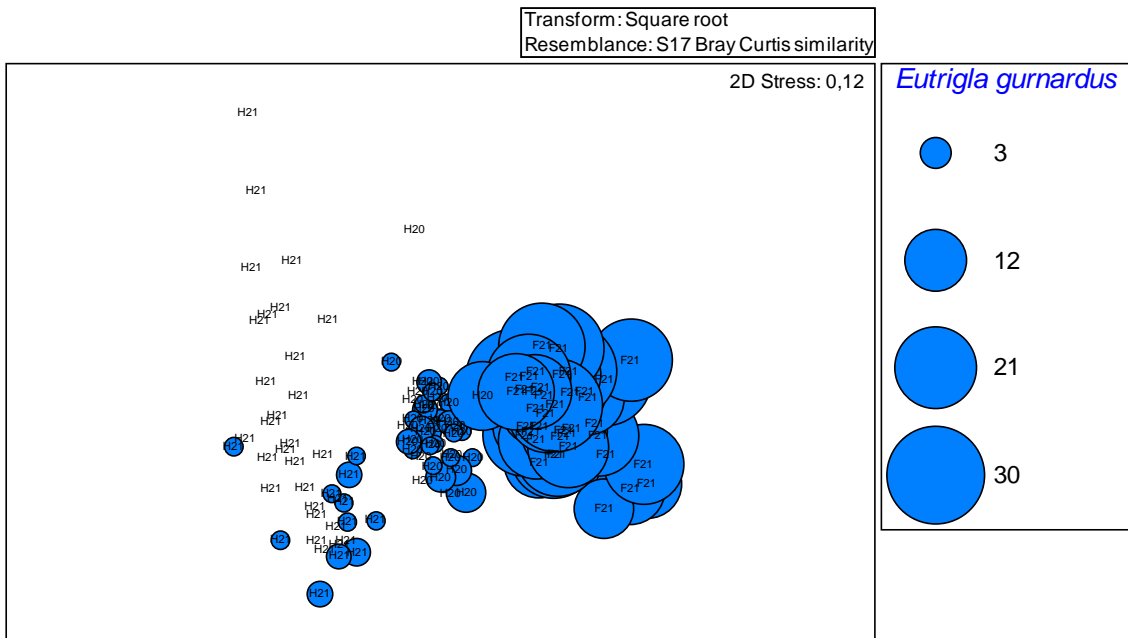


Abb. 42: MDS-Plot der Abundanzen (Ind./ha, s. Legende) des Grauen Knurrhahns in den Hols der Fläche N-6.6 (Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021).
Bray-Curtis-Similarität (2.Wurzel-Transformation). Legende: Die Größe der Kreise gibt die unterschiedlichen Abundanzklassen an.

3.3.4.11 Beifang Makrozoobenthos

Der Beifang in der Fläche N-6.6 wurde im Herbst 2020 überwiegend durch den Gemeinen Seestern (*Asterias rubens*) mit einem Anteil von 65–70 % dominiert. Daneben kamen der Nordische Kammstern (*Astropecten irregularis*, 5–10 %), der Herzseeigel (*Echinocardium cordatum*, 10 %) und die Gemeine Schwimmkrabbe (*Liocarcinus holsatus*, 10 %) im Beifang der 7 m-Baumkurre vor.

Im Frühjahr 2021 wies der Gemeine Seestern (*Asterias rubens*) mit 95 % einen noch höheren Anteil auf als im Herbst. Weitere geringe Anteile am Beifang zeigten die Seemaus (*Aphrodita aculeata*, 2 %), der Antennenkrebs (*Corystes cassivelaunus*, 1 %), der Herzseeigel (*Echinocardium cordatum*, 1 %) und die Gemeine Schwimmkrabbe (*Liocarcinus holsatus*, 1 %).

Im Herbst 2021 trat wie auch im Herbst 2020 der Gemeine Seestern (*Asterias rubens*) sehr häufig im Beifang auf und erreichte einen Anteil von 85–90 %. Daneben kamen der Antennenkrebs (*Corystes cassivelaunus*, 5 %), und die beiden Schwimmkrabbenarten *Liocarcinus holsatus* und *L. depurator* mit etwa 5 % vor. In F-08 konnte wie im Herbst 2020 wieder ein Gemeiner Kalmar (*Loligo vulgaris*) erfasst werden (Abb. 43).



Abb. 43: Typische Fischereihols mit einem sehr hohen Anteil an *Asterias rubens* im Herbst 2020 (links oben), im Frühjahr 2021 (rechts oben) sowie im Herbst 2021 (unten).

3.3.5 Biotoptypen

Die Biotoptypen der deutschen Nord- und Ostsee werden nach FINCK et al. (2017) hierarchisch nach

- Meeresregion / ökologischer Zone (Ebene 1),
- Tiefenzone (Ebene 2),
- Lebensraumstruktur (Ebene 3),
- Biotischer Biotopstruktur (Ebene 4),
- Charakterartengemeinschaften/Taxonomischen bzw. funktionalen Großgruppen (Ebene 5) und
- dominanten Taxa (Ebene 6)

klassifiziert. Die im Referenzgebiet vorkommenden Biotoptypen können daher anhand der in den vorangegangenen Kapiteln dargestellten Informationen zu Morphologie, Sedimenten und Makrozoobenthos abgegrenzt werden.

Aufgrund der Lage der Fläche N-6.6 in der deutschen AWZ der Nordsee ist die Biotopzuordnung der Ebenen 1 und 2 bereits vorbestimmt („Sublitorales Benthos der Nordsee“, Code 02.02). Wie in Kapitel 3.3.1 dargestellt, kommen in der Fläche N-6.6 überwiegend Feinsande mit erhöhten Anteilen von Ton/Schluff vor. Durch Mittel- bzw. Grobsand dominierte Sedimente wurden an keiner Station nachgewiesen. Daher kann das Referenzgebiet auf Ebene 3 dem „Sublitoralen, ebenen Sandgrund der Nordsee“ (Code 02.02.10; Fein- bis Mittelsande) zugeordnet werden.

Ab Ebene 4 wird nach FINCK et al. (2017) anhand biotischer Trennkriterien differenziert. Wie in Kap. 3.3.2.6 beschrieben kann die Benthosgemeinschaft der Infauna nicht eindeutig einer Gemeinschaft zugeordnet werden. Daher kommen für die Biotopklassifizierung in der Fläche N-6.6 sowohl der Biotyp „Sublitoraler, ebener Sandgrund der Nordsee mit *Amphiura filiformis*-Gemeinschaft“ (Code 02.02.10.02.01) als auch der „Sublitorale, ebene Sandgrund der Nordsee mit *Nucula nitidosa*-Gemeinschaft“ (Code 02.02.10.02.05) in Frage.

3.4 Referenzgebiet

3.4.1 Sedimente

Das Sediment innerhalb des Referenzgebietes setzte sich im Herbst 2020 aus ungeschichteten Feinsanden mit erhöhten Ton- und Schluffanteilen zusammen. Die Feinsandfraktion (inklusive Feinstsand, 63–125 µm) war auf Stationsebene mit Gewichtsprozentanteilen von durchschnittlich 80,1 % die vorherrschende Kornfraktion. Innerhalb des Feinsandes lassen sich noch der Feinstsand (63–125 µm) mit einem Gesamtanteil von 44,8 % und der gröbere Feinsand (125–250 µm) mit einem Gesamtanteil von 35,4 % differenzieren. Subdominant war die Ton-/Schluff-Fraktion mit einem Anteil von durchschnittlich 19,0 %. Mittelsande (250–500 µm) waren mit einem Anteil von

0,6 % kaum vertreten. Grobsande und Kiese blieben insgesamt unterhalb von 0,2 % und spielten somit für die Sedimentzusammensetzung im Referenzgebiet keine Rolle (Abb. 44).

Der Glühverlust war insgesamt gering und lag im Mittel bei 2,0 % (Abb. 44).

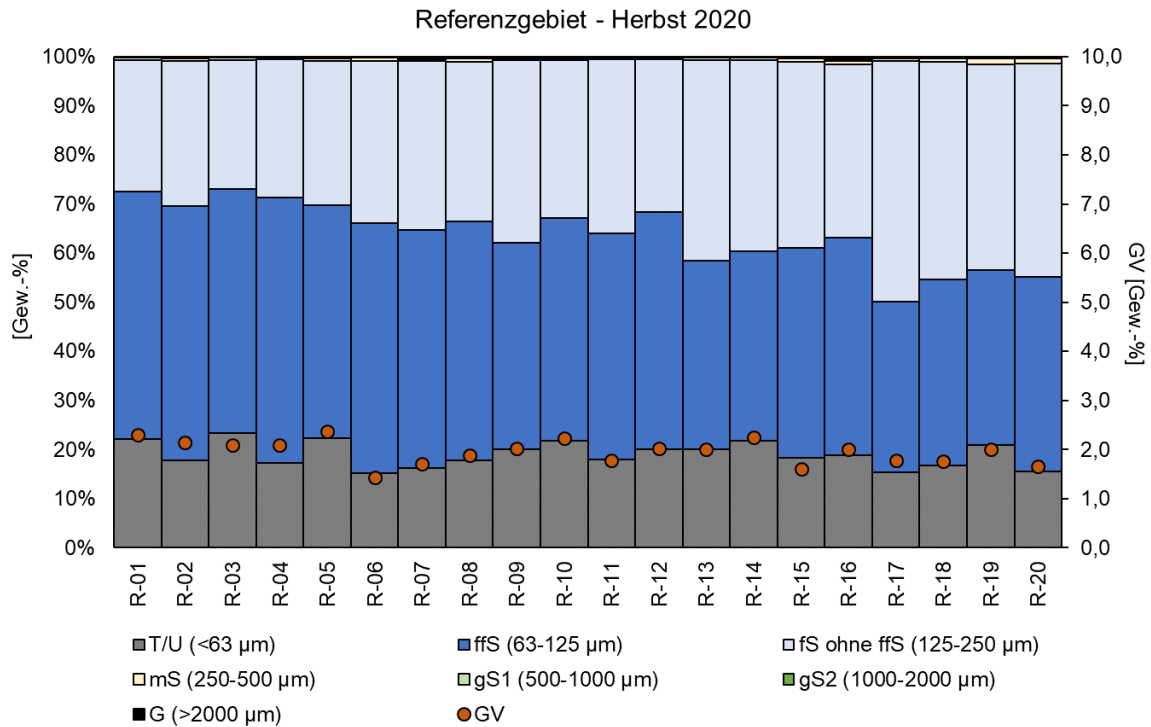


Abb. 44: Korngrößenanteile und Glühverluste der Sedimente im Referenzgebiet (R) im Herbst 2020 auf Stationsebene (Mittelwert aus drei Greifern/Station).

Erläuterung: Korngrößenfraktionen: T/U = Ton/Schluff, ffS = Feinstsand, fS = Feinsand, mS = Mittelsand, gS = Grobsand; G = Kies; GV = Glühverlust

Das Sediment im Referenzgebiet (R) setzte sich auch im Frühjahr 2021 aus ungeschichteten Sanden mit erhöhten Ton- und Schluffanteilen zusammen. Die Feinsandfraktion (inklusive Feinstsand) war auf Stationsebene mit Gewichtsprozentanteilen von durchschnittlich 82,3 % die dominante Kornfraktion. Innerhalb des Feinsandes machte der Feinstsand (63–125 µm) einen Anteil von 46,2 % und der gröbere Feinsand (125–250 µm) einen Anteil von 36,1 % aus. Die Ton-/Schluff-Fraktion machte auch im Frühjahr im Referenzgebiet einen relativ hohen Anteil von 16,7 % aus. Mittelsande (250–500 µm) waren mit einem Anteil von 0,6 % kaum vertreten. Grobsande und Kiese spielten für die Sedimentzusammensetzung im Referenzgebiet keine Rolle (zusammen 0,2 %) (Abb. 45).

Der Glühverlust war insgesamt gering und lag im Mittel bei 1,7 % (Abb. 45).

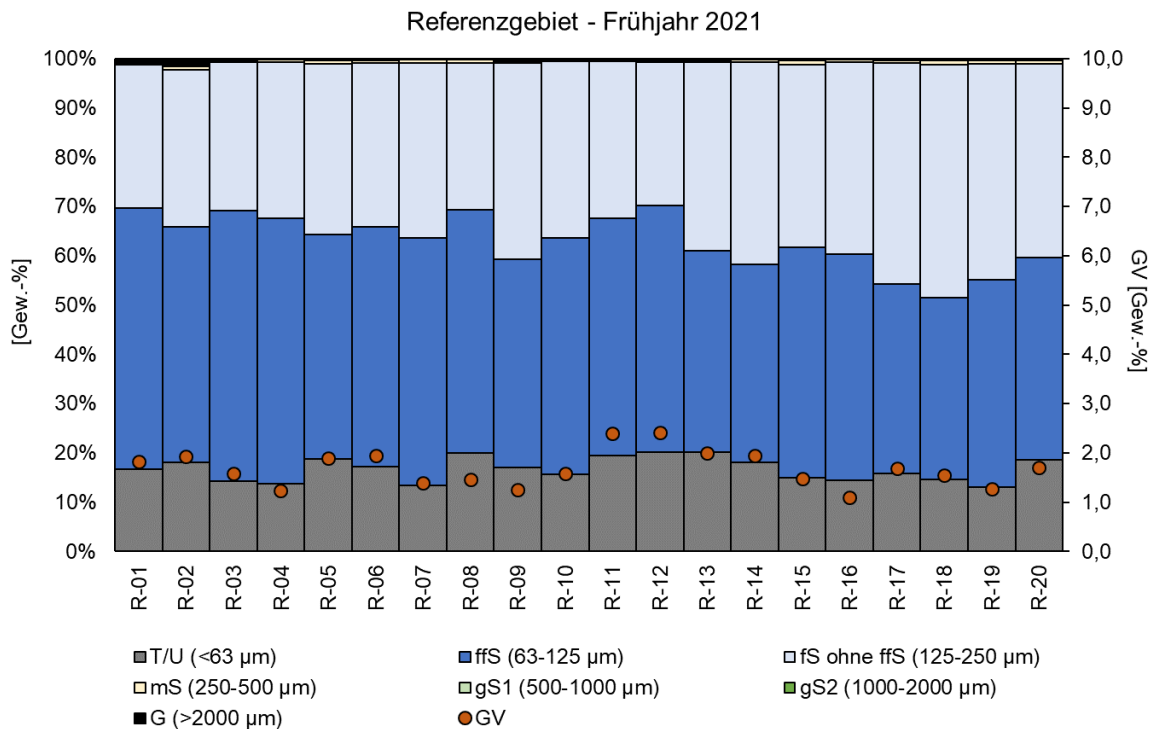


Abb. 45: Korngrößenanteile und Glühverluste der Sedimente im Referenzgebiet (R) im Frühjahr 2021 auf Stationsebene (Mittelwert aus drei Greifern/Station).

Erläuterung: Korngrößenfraktionen: T/U = Ton/Schluff, ffS = Feinstsand, fS = Feinsand, mS = Mittelsand, gS = Grobsand; G = Kies; GV = Glühverlust

Im Herbst 2021 setzte sich das Sediment innerhalb des Referenzgebietes aus ungeschichteten Feinsanden mit erhöhten Ton- und Schluffanteilen zusammen. Die Feinsandfraktion (inklusive Feinstsand, 63–125 µm) war auf Stationsebene mit Gewichtsprozentanteilen von durchschnittlich 83,1 % die dominierende Kornfraktion. Innerhalb des Feinsandes lassen sich noch der Feinstsand (63–125 µm) mit einem Gesamtanteil von 45,8 % und der gröbere Feinsand (125–250 µm) mit einem Gesamtanteil von 37,3 % differenzieren. Weniger dominant war die Ton-/Schluff-Fraktion mit einem Anteil von durchschnittlich 16,0 %. Mittelsande (250–500 µm) waren mit einem Anteil von 0,6 % kaum vertreten. Grobsande und Kiese spielten für die Sedimentzusammensetzung im Referenzgebiet keine Rolle (zusammen 0,2 %) (Abb. 46).

Der Glühverlust war insgesamt gering und lag im Mittel bei 1,7 % (Abb. 46).

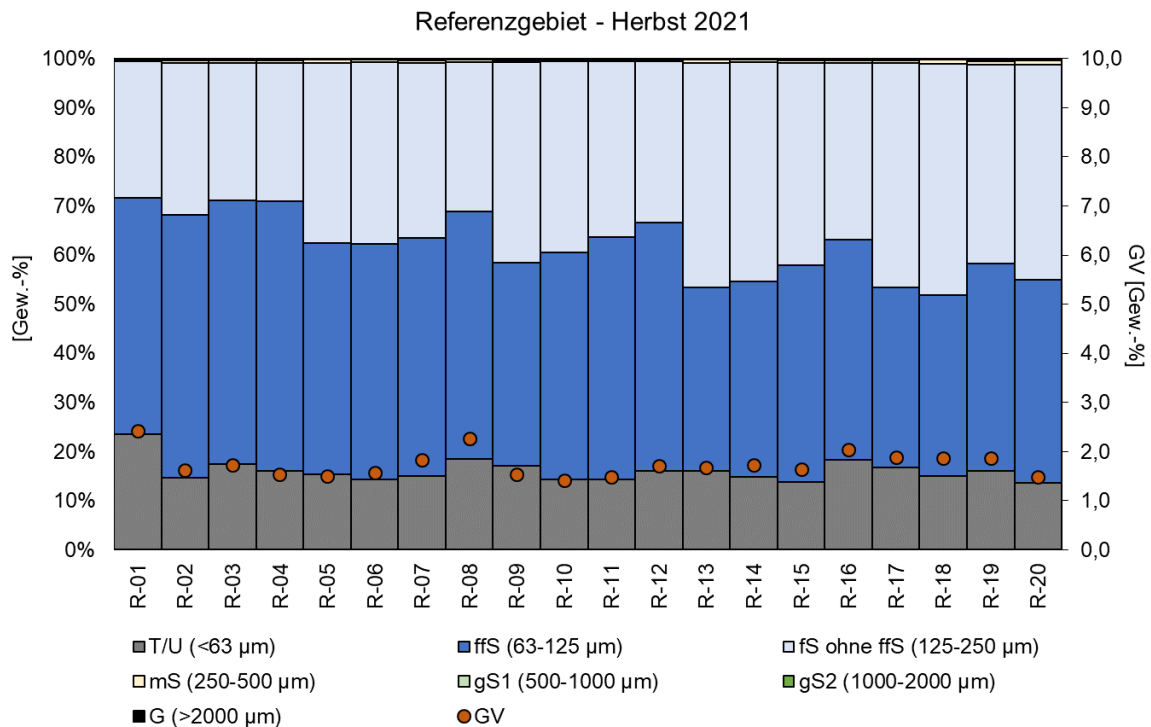


Abb. 46: Korngrößenanteile und Glühverluste der Sedimente im Referenzgebiet (R) im Herbst 2021 auf Stationsebene (Mittelwert aus drei Greifern/Station).
 Erläuterung: Korngrößenfraktionen: T/U = Ton/Schluff, fFS = Feinstsand, fS = Feinsand, mS = Mittelsand, gS = Grobsand; G = Kies; GV = Glühverlust

3.4.2 Makrozoobenthos – Infauna

3.4.2.1 Artenzahl und Artenspektrum

Insgesamt wurden im Referenzgebiet mit dem van-Veen-Greifer im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und im Herbst 2021 185 Taxa des Makrozoobenthos erfasst (Tab. 30). Von diesen 185 Taxa erfüllten 149 Taxa die Kriterien zu der in Kap. 2.4.1.3 beschriebenen Methodik der Ermittlung der Artenzahl und wurden demnach als „Art“ gewertet. Im weiteren Verlauf umfasst der Begriff „Arten“ neben dem eigentlichen Artbegriff auch diese Taxa der höheren taxonomischen Ebenen. 139 Taxa wurden tatsächlich auf der taxonomischen Artebene bestimmt.

Die meisten Arten im Referenzgebiet gehörten zu den Polychaeta (50 Arten), gefolgt von den Crustacea (41 Arten) und den Bivalvia (21 Arten). Alle anderen taxonomischen Großgruppen wiesen weniger als 10 Arten auf (Hydrozoa und Echinodermata jeweils 8 Arten, Gastropoda 6 Arten, Bryozoa 5 Arten, Anthozoa und Nemertea jeweils 3 Arten, Sipuncula 2 Arten, Platyhelminthes und Phoronida jeweils 1 Art).

Im Herbst 2020 wurden insgesamt 124 Makrozoobenthos-Arten der Infauna im Referenzgebiet nachgewiesen, im Frühjahr 2021 waren es insgesamt 107 Arten und im Herbst 2021 waren es 113 Arten. Somit war der Artenreichtum im Herbst 2020 höher als im Frühjahr und Herbst 2021.

Tab. 30: Artenspektrum der Infauna (van-Veen-Greifer) des Referenzgebiets im Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).

Für die zählbaren Arten ist die mittlere Abundanz (ABU; Ind./m²) und Biomasse (BIOM; g FG/m²) angegeben. Die Stetigkeit ist für alle erfassten Taxa angegeben.

*: kein für das Gesamtartenspektrum als eigenständige Art gewertetes Taxon, blau hinterlegt: kein für die Kampagne als eigenständige Art gewertetes Taxon; X: nicht zählbare Art, da koloniebildend; Rote Liste (RL) nach RACHOR et al. (2013): 2: stark gefährdet, 3: gefährdet, G: Gefährdung unbekanntes Ausmaßes, R: extrem selten (geographische Restriktion).

Taxa	RL-Kat	H20			F21			H21		
		ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET
Hydrozoa										
<i>Aequorea</i> spp.		X		20						
<i>Anthoathecata</i> indet.*					X		5			
<i>Bougainvillia muscus</i>		X		45	X		10	X		5
<i>Bougainvillia</i> spp.*		X		5						
<i>Bougainvilliidae</i> indet.*		X		5	X		20	X		5
<i>Clytia gracilis</i>		X		5						
<i>Clytia hemisphaerica</i>		X		30	X		5	X		15
<i>Ectopleura dumortierii</i>		X		15	X		15	X		5
<i>Leptothecata</i> indet.*								X		5
<i>Leuckartiara octona</i>	R	X		45	X		40	X		20
<i>Lovenella clausa</i>		X		95	X		100	X		55
<i>Obelia dichotoma</i>		X		35	X		5	X		10
<i>Obelia</i> spp.*		X		20	X		35			
<i>Tubulariidae</i> indet.*		X		30	X		15	X		35
Anthozoa										
<i>Actiniaria</i> indet.		0,17	0,46	5	0,17	0,38	5	0,33	1,01	10
<i>Cerianthus lloydii</i>		2,00	0,07	40	0,33	0,14	5			
<i>Edwardsia</i> spp.		2,17	0,01	40	3,33	0,02	55	0,33	0,002	10
Platyhelminthes										

Taxa	RL-Kat	H20			F21			H21		
		ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET
Platyhelminthes indet.		2,67	0,08	55	1,67	0,06	35	0,50	0,002	10
Bryozoa										
<i>Alcyonidium parasiticum</i>	G	X		10						
<i>Arachnidium fibrosum</i>		X		5						
<i>Electra pilosa</i>					X		5	X		5
<i>Hypophorella expansa</i>		X		5						
<i>Triticella flava</i>		X		20	X		10	X		5
Nemertea										
Lineidae indet.		2,17	0,88	40	3,50	1,65	75	2,17	1,32	45
Nemertea indet.		4,67	0,23	80	2,83	0,05	70	2,00	0,29	50
<i>Tubulanus polymorphus</i>		1,83	0,01	40	0,33	0,002	10	0,33	0,001	10
Sipuncula										
<i>Golfingia (Golfingia) vulgaris vulgaris</i>		0,17	0,14	5	0,17	0,07	5			
Golfingiidae indet.*					0,17	0,01	5			
Sipuncula indet.*		0,50	0,001	5	0,17	0,001	5			
<i>Thysanocardia procera</i>		2,17	0,11	45	1,83	0,11	45	1,83	0,10	40
Polychaeta										
<i>Ampharete lindstroemi</i> agg.								0,33	0,003	10
<i>Ampharete</i> spp.*		0,33	<0,001	10						
<i>Amphictene auricoma</i>		1,17	0,01	35	4,33	0,02	55	3,17	0,02	55
<i>Aphrodita aculeata</i>		0,17	<0,001	5	0,17	<0,001	5	0,33	<0,001	10
<i>Atherospio guillei</i>	R	3,67	0,01	45	0,17	<0,001	5	2,50	0,01	35
<i>Chaetopterus variopedatus</i>		0,50	0,76	15	0,50	0,16	15	0,17	0,13	5
<i>Chaetozone chambersae</i>								0,17	0,001	5
<i>Diplocirrus glaucus</i>		0,50	0,001	15	0,50	0,002	15	1,17	0,004	25

Taxa	RL-Kat	H20			F21			H21		
		ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET
<i>Enipo kinbergi</i>	R				0,17	0,03	5			
<i>Eumida bahusiensis</i>		0,50	0,003	10				0,17	0,001	5
<i>Eumida sanguinea agg.</i>		0,17	0,001	5						
<i>Eumida spp.*</i>		0,50	0,001	15	0,17	<0,001	5			
<i>Eunereis longissima</i>		1,17	0,29	25	0,83	0,18	20	1,17	0,21	30
<i>Galathowenia oculata</i>		0,17	<0,001	5						
<i>Gattyana cirrhosa</i>								0,17	0,02	5
<i>Glycera alba</i>		1,67	0,04	40	1,17	0,03	30	1,33	0,01	40
<i>Glycera spp.*</i>		0,17	<0,001	5	0,17	<0,001	5			
<i>Glycera unicornis</i>		2,00	0,27	30	2,17	0,30	40	1,83	0,26	40
<i>Glycinde nordmanni</i>		4,50	0,02	80	0,83	0,005	20	0,50	0,003	10
<i>Goniada maculata</i>		6,00	0,03	85	7,33	0,02	90	3,00	0,03	50
<i>Harmothoe glabra</i>		0,17	0,03	5						
<i>Hypereteone foliosa</i>		0,17	0,001	5	0,50	0,002	15	0,17	0,001	5
<i>Lagis koreni</i>		2,50	0,32	55				0,17	0,002	5
<i>Lanice conchilega</i>		24,67	0,67	95	0,33	0,01	10	0,17	0,01	5
<i>Lumbrineris aniara/cingulata</i>		7,67	0,19	95	5,67	0,21	90	4,17	0,11	65
<i>Lumbrineris spp.*</i>		0,33	0,01	10	0,83	0,01	25	0,50	0,01	15
<i>Lysilla loveni</i>	R	0,17	0,001	5	0,33	0,06	10	0,17	0,01	5
<i>Magelona alleni</i>		0,33	0,01	10	0,17	0,005	5	0,33	0,001	10
<i>Magelona filiformis</i>		0,33	<0,001	10				0,17	<0,001	5
<i>Magelona johnstoni</i>		2,83	0,01	45	0,83	0,004	20			
<i>Magelona spp.*</i>					0,17	<0,001	5			
<i>Malmgrenia andreapolis</i>		1,17	0,04	30	0,33	0,01	10	1,00	0,05	25
<i>Malmgrenia spp.*</i>		1,17	0,002	30	0,50	0,002	15	0,17	0,001	5

Taxa	RL-Kat	H20			F21			H21		
		ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET
<i>Nephtys assimilis</i>		0,83	0,13	20				1,00	0,51	30
<i>Nephtys caeca</i>		0,17	0,16	5	0,33	0,51	10	0,17	0,52	5
<i>Nephtys hombergii</i>		30,50	4,56	100	23,83	3,84	100	24,00	3,05	100
<i>Nephtys incisa</i>		3,17	0,13	35	1,83	0,07	30	5,67	0,12	55
<i>Nephtys</i> spp.*		1,33	0,01	30	7,33	0,01	85	3,83	0,02	45
Nereididae indet.*		0,33	0,01	10	0,33	0,004	10	0,67	0,04	20
<i>Notomastus latericeus</i>		0,33	0,02	10	0,33	0,002	10	1,33	0,10	30
<i>Notomastus</i> spp.*		0,50	0,01	15	0,17	0,01	5			
<i>Ophelina acuminata</i>		2,83	0,03	60	0,17	0,004	5	3,17	0,09	75
<i>Orbinia</i> spp.					0,17	0,06	5	0,17	0,02	5
<i>Owenia fusiformis</i>		14,83	0,04	100	0,67	0,02	20	20,67	0,03	100
<i>Oxydromus flexuosus</i>		8,83	0,17	95	8,00	0,12	90	8,00	0,10	100
<i>Pholoe baltica</i>		1,00	0,002	25	1,50	0,002	35	1,00	0,002	20
<i>Phyllodoce groenlandica</i>		6,83	0,96	95	1,50	0,18	35	1,00	0,17	25
<i>Phyllodoce lineata</i>		0,50	0,05	15	0,17	0,01	5	0,17	0,01	5
<i>Phyllodoce rosea</i>		1,00	0,001	25	0,50	0,001	10	0,17	<0,001	5
<i>Phyllodoce</i> spp.*		0,50	0,003	15				0,17	0,001	5
<i>Podarkeopsis helgolandicus</i>		2,83	0,01	55	2,50	0,02	60	2,50	0,01	65
<i>Poecilochaetus serpens</i>		22,17	0,05	95	3,33	0,01	60	1,50	0,002	45
Polynoidae indet.*								0,33	0,001	10
<i>Prionospio multibranchiata</i>	R				0,17	<0,001	5			
<i>Pseudopolydora pulchra</i>		5,83	0,08	85						
<i>Scalibregma inflatum</i>	G	3,17	0,04	35				0,17	0,004	5
<i>Scoloplos armiger</i>		1,33	0,03	30	1,00	0,003	25	0,17	<0,001	5
<i>Sigalion mathildae</i>	3	0,17	0,001	5	0,17	0,001	5	0,17	0,01	5

Taxa	RL-Kat	H20			F21			H21		
		ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET
<i>Spiophanes bombyx</i>		48,83	0,20	100	6,83	0,01	80	10,67	0,05	95
<i>Spiophanes kroyeri</i>		1,83	0,01	40	0,67	0,003	20			
<i>Sthenelais limicola</i>		16,00	0,48	100	7,00	0,13	85	5,00	0,09	85
<i>Sthenelais</i> spp.*								0,50	0,004	15
Bivalvia										
<i>Abra alba</i>		118,67	9,40	100	2,50	0,15	50	1,17	0,04	30
<i>Abra nitida</i>	G	5,83	0,03	70	0,33	0,003	10	6,33	0,07	95
<i>Abra prismatica</i>		0,17	0,002	5						
<i>Abra</i> spp.*		3,17	0,01	45				0,17	<0,001	5
<i>Acanthocardia echinata</i>	G	0,67	0,35	15				0,17	1,29	5
<i>Chamelea striatula</i>	G	15,50	4,31	100	15,00	5,62	100	7,50	4,88	85
<i>Devonia perrieri</i>	R				0,17	0,001	5			
<i>Dosinia exoleta</i>	G				0,17	0,12	5			
<i>Dosinia lupinus</i>					0,17	1,06	5			
<i>Dosinia</i> spp.*		0,17	0,01	5						
<i>Gari fervensis</i>		0,33	0,02	10	0,17	0,001	5	0,17	0,96	5
<i>Kurtiella bidentata</i>		9,50	0,02	80	0,67	0,002	15	2,00	0,004	30
<i>Lutraria</i> spp.		0,17	1,52	5						
<i>Mactra stultorum</i>	G	1,00	0,36	30	0,17	0,08	5			
<i>Mya truncata</i>	2	0,17	1,06	5						
<i>Mysia undata</i>		0,17	0,72	5				0,17	0,15	5
<i>Nucula nitidosa</i>		90,83	1,85	100	51,83	1,39	100	17,17	0,14	100
<i>Phaxas pellucidus</i>		70,50	2,08	100	5,83	0,47	80	12,50	0,21	95
<i>Spisula</i> spp.*		3,00	0,01	50	0,33	0,001	10	0,17	0,001	5
<i>Spisula subtruncata</i>	G	0,17	0,18	5	0,67	0,31	20			

Taxa	RL-Kat	H20			F21			H21		
		ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET
<i>Tellimya ferruginosa</i>		6,67	0,07	80	2,67	0,03	40	1,83	0,01	30
<i>Thracia convexa</i>	R	0,17	0,70	5				0,33	1,23	10
<i>Thyasira flexuosa</i>		1,33	0,01	25	0,33	0,001	10	1,17	0,01	25
<i>Varicorbula gibba</i>		126,17	15,90	100	83,33	16,09	100	38,83	9,31	90
Gastropoda										
<i>Acteon tornatilis</i>		0,83	0,01	25	0,83	0,01	20			
<i>Bela nebula</i>								0,50	0,01	10
<i>Cylichna cylindracea</i>		15,33	0,27	100	8,00	0,15	100	7,33	0,13	95
<i>Euspira nitida</i>		6,83	0,50	75	4,83	0,76	70	5,17	0,75	75
<i>Hyala vitrea</i>		11,33	0,02	75	3,33	0,01	35	8,00	0,02	60
<i>Turritellinella tricarinata</i>	G	18,17	5,19	85	12,83	3,77	80	7,50	5,19	85
Phoronida										
<i>Phoronis spp.</i>		172,50	0,37	100	47,67	0,04	100	60,00	0,08	100
Crustacea										
<i>Abludomelita obtusata</i>		0,17	<0,001	5						
<i>Ampelisca brevicornis</i>		6,00	0,04	80	1,50	0,02	40	8,00	0,07	90
<i>Ampelisca spp.*</i>					0,17	<0,001	5			
<i>Ampelisca tenuicornis</i>		3,83	0,01	80	1,83	0,02	25	11,83	0,02	100
<i>Bathyporeia spp.*</i>					0,50	<0,001	10			
<i>Bathyporeia tenuipes</i>					0,17	<0,001	5	0,17	<0,001	5
Bopyridae indet.					0,50	0,002	15	0,83	0,004	10
<i>Callianassa subterranea</i>		29,17	2,58	100	6,67	0,28	65	27,33	1,27	100
<i>Cheirocratus pseudosundevallii</i>					0,50	0,001	10	0,17	<0,001	5
<i>Cheirocratus spp.*</i>								0,17	<0,001	5
<i>Corystes cassivelaunus</i>		8,83	5,45	90	4,17	1,64	75	1,17	2,15	30

Taxa	RL-Kat	H20			F21			H21		
		ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET
<i>Diastylis bradyi</i>		0,50	0,001	15	5,00	0,01	80	1,67	0,01	40
<i>Diastylis laevis</i>					2,00	0,01	40	2,17	0,01	45
<i>Diastylis rugosa</i>								0,17	<0,001	5
<i>Diastylis spp.*</i>					0,17	0,001	5	0,33	<0,001	10
<i>Ebalia cranchii</i>								0,17	0,003	5
<i>Eudorella truncatula</i>		0,33	<0,001	10	5,33	0,002	65	0,33	<0,001	10
<i>Gastrosaccus spinifer</i>					0,50	0,004	15			
<i>Goneplax rhomboides</i>	R	2,00	1,13	45	0,50	0,19	15	1,00	0,92	30
<i>Harpinia antennaria</i>		2,67	0,003	60	9,83	0,01	85	5,33	0,17	80
<i>Harpinia crenulata</i>								0,17	<0,001	5
<i>Harpinia spp.*</i>					0,17	<0,001	5			
<i>Heteromysis (Heteromysis) microps</i>		0,50	0,001	10				0,67	0,003	15
<i>Hippomedon denticulatus</i>		0,17	0,001	5						
<i>Ione thoracica</i>								0,17	<0,001	5
<i>Iphinoe trispinosa</i>								0,17	<0,001	5
<i>Leucothoe incisa</i>		0,50	0,001	15				0,17	<0,001	5
<i>Leucothoe lilljeborgi</i>		0,67	0,001	20	0,17	<0,001	5	0,33	<0,001	10
<i>Leucothoe procera</i>					0,17	<0,001	5			
<i>Leucothoe richiardi</i>		0,17	<0,001	5						
<i>Liocarcinus holsatus</i>		0,67	0,63	10						
<i>Liocarcinus spp.*</i>		2,17	0,02	40						
<i>Mesopodopsis slabberi</i>		0,17	<0,001	5						
<i>Mysida indet.*</i>								0,33	0,001	10
<i>Natanolana borealis</i>								0,17	0,05	5
<i>Nebalia bipes</i>								0,17	<0,001	5

Taxa	RL-Kat	H20			F21			H21		
		ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET
<i>Nebalia borealis</i>		0,17	0,001	5				0,17	<0,001	5
<i>Nebalia</i> spp.*					0,17	<0,001	5			
<i>Perioculodes longimanus</i>					0,17	<0,001	5			
<i>Philocheras bispinosus</i>		0,33	0,001	10				1,33	0,004	40
<i>Photis longicaudata</i>					0,33	<0,001	5	0,17	<0,001	5
<i>Phtisica marina</i>		1,17	0,001	25						
<i>Pisidia longicornis</i>		0,33	<0,001	5						
<i>Processa modica</i>		5,17	0,14	75				11,00	0,33	85
<i>Processa noveli holthuisi</i>		9,17	0,64	90	1,00	0,08	30	5,67	0,35	80
<i>Processa</i> spp.*		0,33	<0,001	10				0,50	0,02	15
<i>Stenothoe marina</i>		0,17	<0,001	5						
<i>Synchelidium maculatum</i>		0,33	<0,001	10	0,17	0,001	5	0,17	<0,001	5
<i>Tryphosa nana</i>		0,50	<0,001	10	0,67	0,001	15	4,33	0,01	5
<i>Upogebia deltaura</i>	G	11,33	6,52	100	2,67	2,65	55	5,83	3,37	70
<i>Upogebia</i> spp.*		0,17	0,10	5						
Echinodermata										
<i>Amphiura filiformis</i>		171,50	3,35	100	110,83	1,44	100	65,17	1,12	100
<i>Asterias rubens</i>					0,17	0,001	5			
<i>Astropecten irregularis</i>	G	2,00	1,30	40	0,33	0,005	10	0,50	0,23	10
<i>Echinocardium cordatum</i>		15,67	55,27	90	5,83	37,33	65	6,33	38,69	70
<i>Echinocardium</i> spp.*		0,83	0,14	15	0,50	1,04	15	0,83	0,63	25
<i>Leptosynapta bergensis</i>		1,17	1,10	35	0,67	0,10	20	1,33	0,68	35
<i>Leptosynapta</i> spp.*		1,17	0,26	25	1,17	0,30	25	0,17	0,01	5
<i>Ophiura albida</i>		1,00	0,004	30	0,17	<0,001	5			
<i>Ophiura ophiura</i>		1,00	0,07	30	0,83	0,55	20	0,67	0,97	20

Taxa	RL-Kat	H20			F21			H21		
		ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET
<i>Ophiura</i> spp.*		4,17	0,01	60	1,33	0,002	35	0,83	0,01	25
<i>Paraleptopentacta elongata</i>	G	0,17	0,14	5	0,33	1,00	10	0,50	1,53	15
Gesamtabundanz/ -biomasse		1.224,5	135,7		520,2	85,3		469,5	85,7	
Gesamtartenzahl: 149		124			107			113		

3.4.2.2 Rote-Liste-Arten

Im Referenzgebiet wurden über die drei Kampagnen hinweg insgesamt 22 Arten nachgewiesen, die einen Gefährdungsstatus der Roten Liste nach RACHOR et al. (2013) aufwiesen. Im Herbst 2020 wurden 18 Rote-Liste-Arten nachgewiesen, im Frühjahr 2021 waren es 17 Arten und im Herbst 2021 waren es 14 Arten.

Von diesen Rote-Liste-Arten wies die Muschel *Mya truncata* die höchste Gefährdungskategorie von 2 („stark gefährdet“) auf. Sie wurde lediglich im Herbst 2020 an einer Station mit einem Individuum nachgewiesen.

Der Schuppenwurm *Sigalion mathildae*, der die Gefährdungsstufe 3 (gefährdet) aufweist, wurde ebenfalls mit nur jeweils einem Individuum in allen drei Kampagnen nachgewiesen.

Die meisten der nachgewiesenen Rote-Liste-Arten waren der Gefährdungsstufe G (Gefährdung unbekanntes Ausmaßes) zugehörig. Insgesamt 12 Arten dieser Kategorie wurden im Referenzgebiet erfasst (vgl. Tab. 30). Von diesen Arten wiesen *Turritellinella tricarinata*, *Chamelea striatula* und *Upogebia deltaura* Abundanzen von mehr als 10 Ind./m² auf.

Acht Arten waren auf der Roten Liste nach RACHOR et al. (2013) in der Kategorie R (extrem selten, geographische Restriktion) gelistet. Hierzu gehörten die Hydrozoe *Leuckartiara octona*, die Polychaeten *Atherospio guillei*, *Enipo kinbergi*, *Lysilla loveni* und *Prionospio multibranchiata*, die Muscheln *Devonia perrieri* und *Thracia convexa* sowie die Trapezkrabbe *Goneplax rhomboides*. Diese Arten kamen nur in geringen Abundanzen von < 4 Ind./m² vor.

Wie Tab. 31 zeigt, sind die Anzahlen und Anteile der im Referenzgebiet nachgewiesenen Rote-Liste-Arten in allen Kategorien geringer als die für die gesamte Rote-Liste beschriebenen Anteile in Bezug auf die deutschen Meeresgebiete.

Tab. 31: Anzahlen und Anteile der im Referenzgebiet nachgewiesenen Rote-Liste Arten in Bezug auf das Gesamtartenspektrum über alle Kampagnen hinweg und Vergleich mit den in der Roten Liste nach RACHOR et al. (2013) beschriebenen Anzahlen und Anteilen der Rote-Liste-Arten.

RL-Kat	Referenzgebiet		Rote Liste nach RACHOR et al. (2013)	
	Anzahl	Anteil (%)	Anzahl	Anteil (%)
0	-	-	49	3,9
1	-	-	8	0,6
2	1	0,7	21	1,7
3	1	0,7	29	2,3
G	12	8,1	88	7,1
R	8	5,4	205	16,5
Summe der Kategorien	22	14,8	400	32,2
Gesamtartenzahl	149		1.244	

3.4.2.3 Gesamtartenzahl, -individuidichte und -biomasse

Die mittlere Artenzahl pro Station lag im Referenzgebiet im Herbst 2020 bei 52,5 Arten/Station (Tab. 32), das Minimum betrug 43 Arten und das Maximum 64 Arten. Im Frühjahr 2021 betrug die mittlere Artenzahl im Referenzgebiet 35,9 Arten/Station. Die niedrigste Artenzahl betrug 26 und die höchste 44 (Tab. 33). Im Herbst wurde eine mittlere Artenzahl von 38,6 Arten/Station nachgewiesen bei einem Minimum von 25 und einem Maximum von 48 Arten (Tab. 34). Somit war die mittlere Artenzahl im Herbst 2020 höher als im Frühjahr 2021 und im Herbst 2021 (Abb. 47).

Die mittlere Abundanz erreichte im Herbst im Durchschnitt 1.224,5 Ind./m² mit Werten zwischen 886,7 Ind./m² und 1.643,3 Ind./m² (Tab. 32, Abb. 47). Im Frühjahr 2021 war die mittlere Abundanz nur halb so hoch und lag bei 520 Ind./m² (Tab. 33). Das Minimum betrug 353,3 Ind./m² und das Maximum 713,3 Ind./m². Im Herbst 2021 war die Abundanz wiederum etwas geringer als im Frühjahr und betrug 469,5 ind./m² mit Werten zwischen 290,0 Ind./m² und 616,7 Ind./m² (Tab. 34).

Die durchschnittliche Biomasse betrug im Referenzgebiet im Herbst 2020 135,7 g FG/m², bei einem Minimum von 44,6 g FG/m² und einem Maximum von 233,0 g FG/m² (Tab. 32, Abb. 47). Auch die Biomasse war im Frühjahr 2021 mit 85,3 g FG/m² geringer als im Herbst (Tab. 33). Die Werte schwankten zwischen 20,8 g FG/m² und 212,9 g FG/m². Im Herbst 2021 ähnelten die Biomassewerte denen des Frühjahrs und lagen im Mittel bei 85,7 g FG/m² mit Werten zwischen 18,6 g FG/m² und 175,9 g FG/m² (Tab. 34).

Die mittlere Abundanz und die mittlere Biomasse der einzelnen Taxa im Referenzgebiet sind Tab. 30 zu entnehmen.

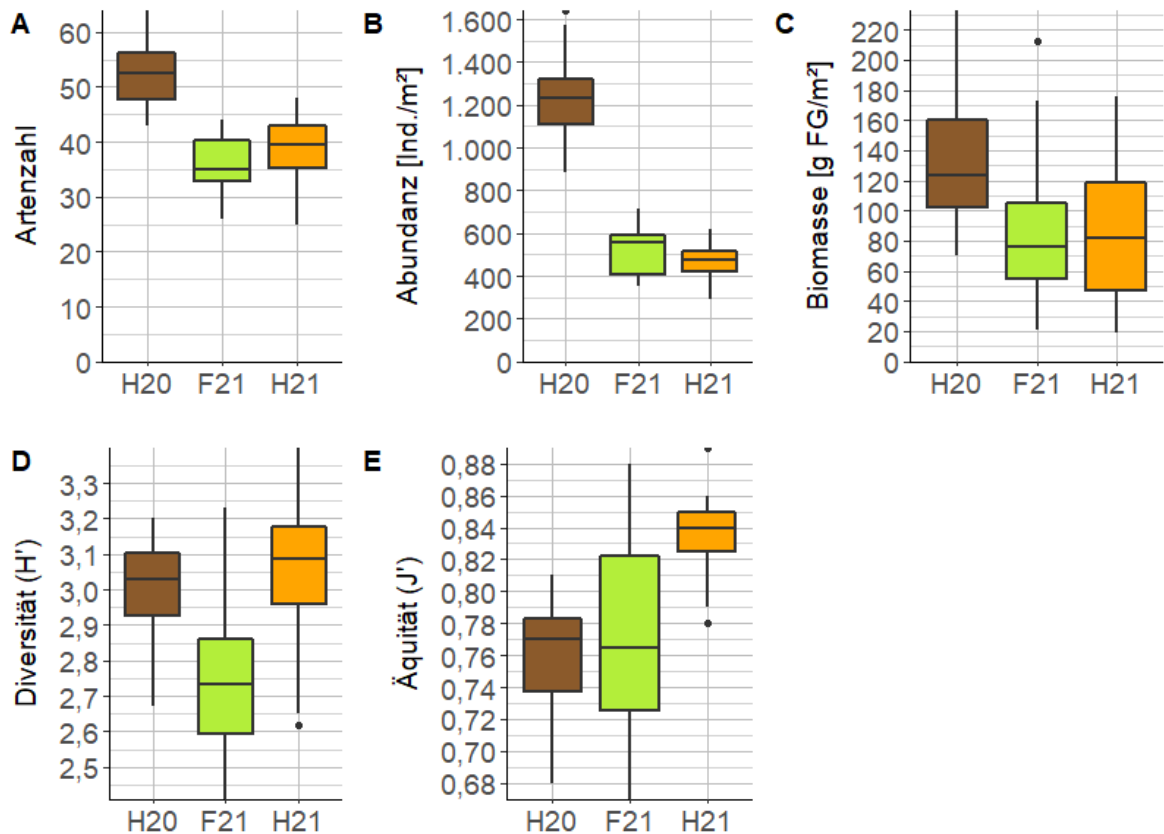


Abb. 47: Boxplots der mittleren Artenzahl (A, Arten/Station), Abundanz (B), Biomasse (C), Diversität (D) und Äquität (E) der Infauna (van Veen-Greifer) für das Referenzgebiet im Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).

Tab. 32: Artenzahl (n/Station), Abundanz (Ind./m²), Biomasse (g FG/m²), Diversität und Äquität der Infauna (van-Veen-Greifer) je Station für das Referenzgebiet im Herbst 2020 (H20).
MW: Mittelwert; SD: Standardabweichung; MIN: Minimum; MAX: Maximum

Station	Artenzahl	Abundanz	Biomasse	Diversität (H')	Äquität (J')
R-01-H20	56	1.273,3	115,1	3,14	0,78
R-02-H20	59	1.233,3	107,1	3,15	0,77
R-03-H20	64	1.500,0	233,0	2,94	0,71
R-04-H20	51	1.356,7	115,7	2,86	0,73
R-05-H20	46	1.310,0	147,3	2,93	0,77
R-06-H20	54	1.153,3	94,4	3,07	0,77
R-07-H20	58	1.120,0	194,3	3,20	0,79
R-08-H20	56	1.643,3	164,5	2,92	0,73
R-09-H20	53	1.233,3	90,3	3,09	0,78
R-10-H20	52	1.350,0	153,6	2,67	0,68
R-11-H20	49	920,0	91,2	3,00	0,77
R-12-H20	48	886,7	102,3	3,15	0,81
R-13-H20	44	1.243,3	186,4	2,91	0,77
R-14-H20	50	1.086,7	123,4	3,05	0,78

Station	Artenzahl	Abundanz	Biomasse	Diversität (H')	Äquität (J')
R-15-H20	45	903,3	70,2	3,06	0,81
R-16-H20	47	1.273,3	214,5	3,08	0,80
R-17-H20	57	1.176,7	128,9	3,01	0,74
R-18-H20	43	1.043,3	100,9	2,96	0,79
R-19-H20	53	1.210,0	123,3	2,86	0,72
R-20-H20	64	1.573,3	158,5	3,16	0,76
MW	52,5	1.224,5	135,7	3,01	0,76
SD	6,1	205,1	44,6	0,13	0,04
MIN	43	886,7	70,2	2,67	0,68
MAX	64	1.643,3	233,0	3,20	0,81

Tab. 33: Artenzahl (n/Station), Abundanz (Ind./m²), Biomasse (g FG/m²), Diversität und Äquität der Infauna (van-Veen-Greifer) je Station für das Referenzgebiet im Frühjahr 2021 (F21).

MW: Mittelwert; SD: Standardabweichung; MIN: Minimum; MAX: Maximum

Station	Artenzahl	Abundanz	Biomasse	Diversität (H')	Äquität (J')
R-01-F21	44	713,3	76,3	2,55	0,67
R-02-F21	43	590,0	86,8	2,53	0,67
R-03-F21	39	370,0	108,8	3,23	0,88
R-04-F21	38	550,0	110,7	2,57	0,71
R-05-F21	33	523,3	93,8	2,57	0,74
R-06-F21	40	576,7	173,1	2,87	0,78
R-07-F21	41	660,0	73,7	2,62	0,71
R-08-F21	32	563,3	212,9	2,78	0,80
R-09-F21	29	353,3	20,8	2,63	0,78
R-10-F21	39	406,7	57,1	2,97	0,81
R-11-F21	28	356,7	22,5	2,86	0,86
R-12-F21	34	423,3	75,1	2,93	0,83
R-13-F21	33	610,0	59,7	2,41	0,69
R-14-F21	33	523,3	39,1	2,63	0,75
R-15-F21	31	353,3	93,9	2,84	0,83
R-16-F21	44	603,3	137,1	2,78	0,73
R-17-F21	26	396,7	49,8	2,78	0,85
R-18-F21	34	566,7	34,9	2,88	0,82
R-19-F21	41	690,0	76,5	2,69	0,73
R-20-F21	36	573,3	103,7	2,60	0,73
MW	35,9	520,2	85,3	2,74	0,77
SD	5,4	116,8	48,2	0,19	0,06
MIN	26	353,3	20,8	2,41	0,67
MAX	44	713,3	212,9	3,23	0,88

Tab. 34: Artenzahl (n/Station), Abundanz (Ind./m²), Biomasse (g FG/m²), Diversität und Äquität der Infauna (van-Veen-Greifer) je Station für das Referenzgebiet im Herbst 2021 (H21).

MW: Mittelwert; SD: Standardabweichung; MIN: Minimum; MAX: Maximum

Station	Artenzahl	Abundanz	Biomasse	Diversität (H')	Äquität (J')
R-01-H21	44	543,3	164,0	3,20	0,84
R-02-H21	39	510,0	58,9	3,10	0,85
R-03-H21	43	556,7	153,9	3,17	0,84
R-04-H21	45	466,7	151,3	3,22	0,85
R-05-H21	41	543,3	84,4	3,14	0,84
R-06-H21	36	450,0	85,8	3,06	0,85
R-07-H21	40	616,7	97,3	2,91	0,79
R-08-H21	39	510,0	94,6	3,04	0,83
R-09-H21	26	373,3	55,5	2,65	0,81
R-10-H21	42	523,3	127,4	2,92	0,78
R-11-H21	43	480,0	116,0	3,16	0,84
R-12-H21	41	516,7	49,1	3,07	0,83
R-13-H21	33	516,7	51,4	2,73	0,78
R-14-H21	45	426,7	39,1	3,40	0,89
R-15-H21	48	473,3	80,1	3,30	0,85
R-16-H21	38	400,0	39,7	3,11	0,85
R-17-H21	38	453,3	175,9	3,24	0,89
R-18-H21	32	380,0	18,6	2,97	0,86
R-19-H21	33	360,0	40,9	3,02	0,86
R-20-H21	25	290,0	30,0	2,62	0,81
MW	38,6	469,5	85,7	3,05	0,84
SD	6,2	79,4	48,2	0,21	0,03
MIN	25	290,0	18,6	2,62	0,78
MAX	48	616,7	175,9	3,40	0,89

3.4.2.4 Diversität und Äquität

Im Referenzgebiet lag die mittlere Diversität (H') der Infauna im Herbst 2020 bei 3,01 mit einem Minimum von 2,67 und einem Maximum von 3,20 (Tab. 32, Abb. 47). Im Frühjahr 2021 war die mittlere Diversität mit 2,74 etwas geringer als im Herbst und nahm Werte zwischen 2,41 und 3,23 an (Tab. 33). Im Herbst 2021 war die Diversität mit 3,05 (Min: 2,62, Max: 3,40) höher als in den beiden vorangegangenen Kampagnen (Tab. 34).

Die mittlere Äquität betrug im Herbst 0,76 bei Werten zwischen 0,68 und 0,81. Auch die Äquität war im Frühjahr geringer als im Herbst mit einem Wert von 0,77 bei einem Minimum von 0,67 und einem Maximum von 0,88. Im Herbst 2021 wurde mit einem Wert von 0,84 (Min: 0,78, Max: 0,89) die höchste Äquität nachgewiesen.

3.4.2.5 Dominanzverhältnisse bei Abundanz und Biomasse

Die Dominanzverhältnisse sind graphisch in Abb. 48 (Abundanz) und Abb. 49 (Biomasse) dargestellt.

Im Herbst 2020 wurde die Abundanz von den Arten *Phoronis* spp. (14,1 %), *Amphiura filiformis* (14,0 %), *Varicorbula gibba* (10,3 %), *Abra alba* (9,7 %) und *Nucula nitidosa* (7,4 %) dominiert. Alle anderen Arten machten insgesamt einen Anteil von 44,5 % an der Abundanz aus. Im Frühjahr waren die dominanten 5 Arten *Amphiura filiformis* (21,3 %), *Varicorbula gibba* (16,0 %), *Nucula nitidosa* (10,0 %), *Phoronis* spp. (9,2 %) und *Nephtys hombergii* (4,6 %). Alle weiteren Arten machten insgesamt einen Anteil von 39,0 % aus. Auch im Herbst 2021 ähnelte die Zusammensetzung der nach ihrer Abundanz dominanten Arten der der beiden vorigen Kampagnen. *Amphiura filiformis* (13,9 %), *Phoronis* spp. (12,8 %) und *Varicorbula gibba* (8,3 %) belegten die ersten drei Ränge der dominanten Arten, gefolgt von *Callianassa subterranea* (5,8 %) und *Nephtys hombergii* (5,1 %).

Somit wiesen alle Kampagnen eine hohe Ähnlichkeit in Bezug auf die dominanten Arten auf, ihre absolute Abundanz war jedoch im Herbst 2020 deutlich höher als im Frühjahr und Herbst 2021 (Abb. 48, rechts).

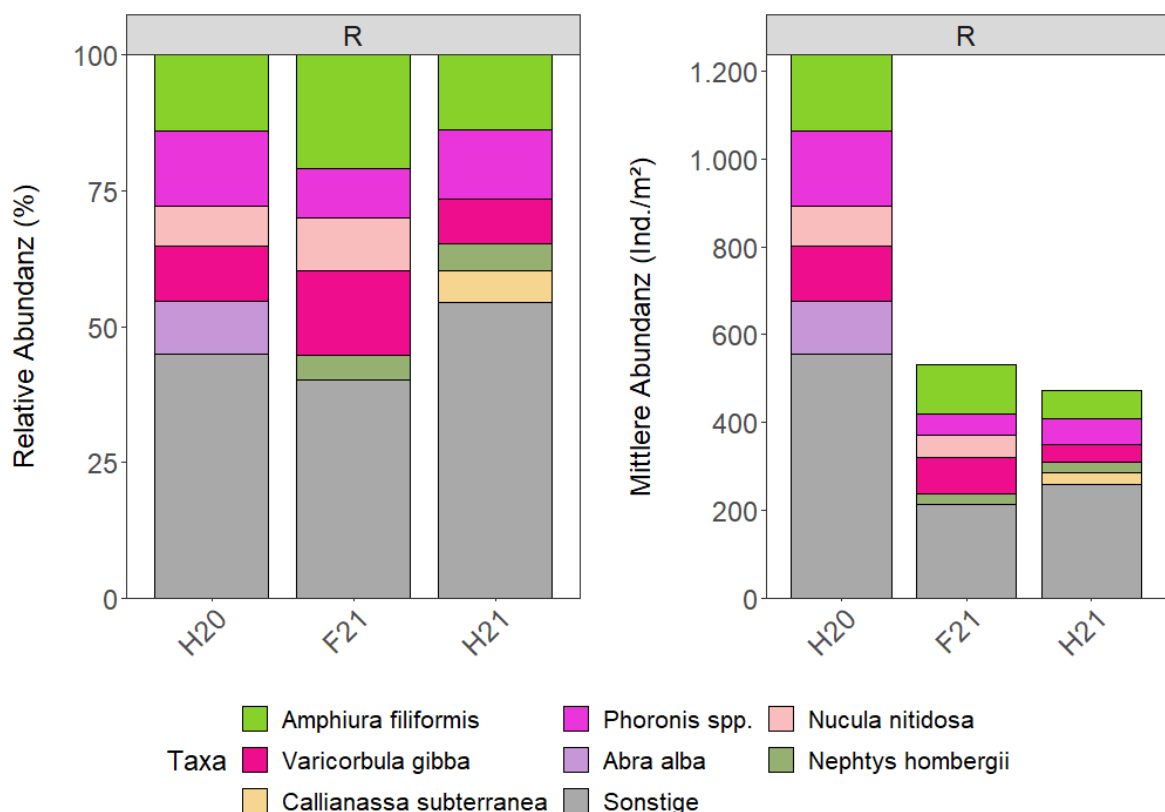


Abb. 48: Dominanzverhältnisse der Infauna (van-Veen-Greifer, Abundanz) im Referenzgebiet dargestellt für den Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21). Es wurden die 5 dominanten Arten berücksichtigt, unter „Sonstige“ fallen alle übrigen Arten.

In Bezug auf die Biomasse dominierte im Referenzgebiet in allen Kampagnen der Gemeine Seeigel *Echinocardium cordatum*. Diese relativ großen Tiere weisen schon bei geringer Abundanz (z.B. ein Individuum) eine sehr hohe Biomasse auf. Im Herbst 2020 machte diese Art einen Anteil von 40,7 % aus, im Frühjahr 2021 machte sie 43,8 % und im Herbst 2021 machte sie 45,2 % der Biomasse aus. Die Art mit dem zweithöchsten Biomasseanteil war *Varicorbula gibba* und wies im Herbst 2020 einen Biomasseanteil von 11,7 %, im Frühjahr 2021 von 18,9 % und im Herbst 2021 von 10,9 % auf. Weitere dominante Arten in Bezug auf die Biomasse waren im Herbst 2020 *Abra alba* (6,9 %), *Upogebia deltaura* (4,8 %) und *Corystes cassivelaunus* (4,0 %), im Frühjahr waren es *Chamelea striatula* (6,6 %), *Nephtys hombergii* (4,5 %) und *Turritellinella tricarinata* (4,4 %) und im Herbst 2021 waren es *Turritellinella tricarinata* (6,1 %), *Chamelea striatula* (5,7 %) und *Upogebia deltaura* (3,9 %).

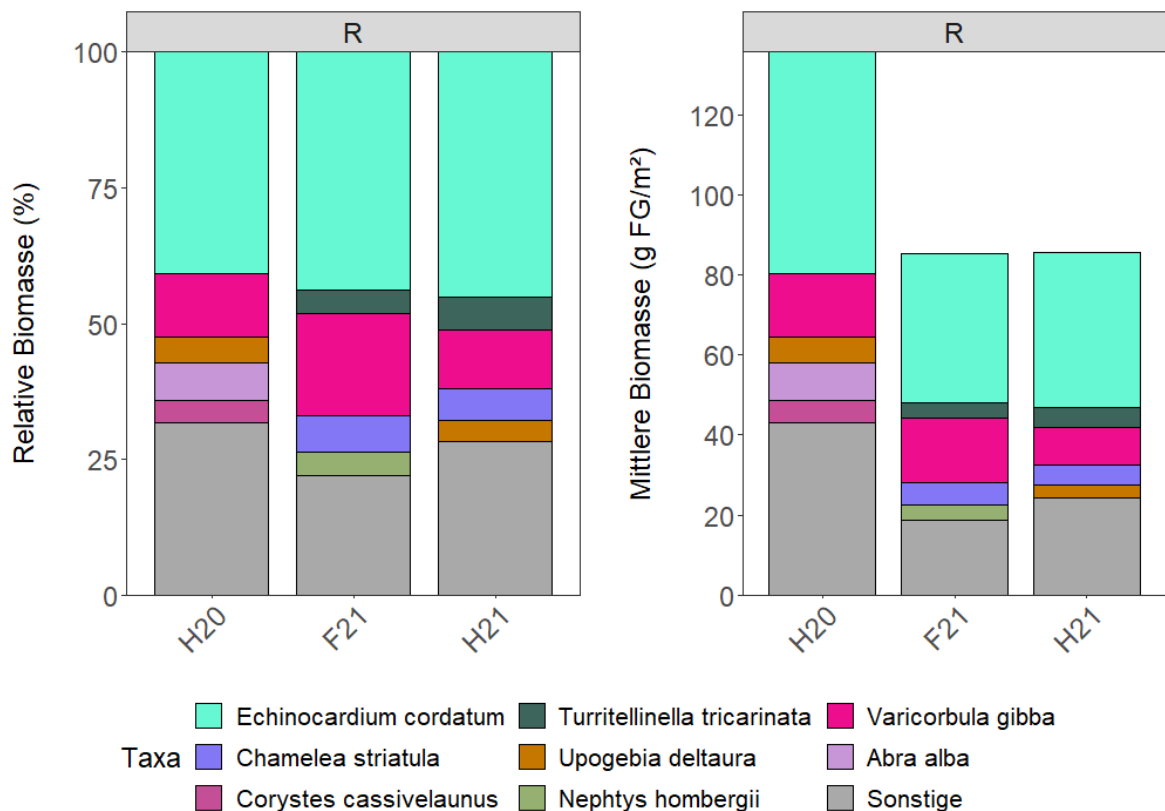


Abb. 49: Dominanzverhältnisse der Infauna (van-Veen-Greifer, Biomasse) im Referenzgebiet dargestellt für den Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21). Es wurden die 5 dominanten Arten berücksichtigt, unter „Sonstige“ fallen alle übrigen Arten.

3.4.2.6 Gemeinschaftsanalyse

Die multivariate Analyse der Benthosdaten aus dem Referenzgebiet ergab, dass Unterschiede zwischen den Kampagnen auch in der Arten-Abundanzstruktur erkennbar waren. In einer Clusteranalyse trennten sich auf einem Ähnlichkeitsniveau von 53,8 % alle Stationen aus dem Frühjahr 2021 von den Stationen aus dem Herbst 2020 und 2021 (Abb. 50). Signifikante Unterschiede zwischen den beiden Herbstkampagnen waren ab einem Ähnlichkeitsniveau von 55,1 % erkennbar.

Für die Stationen im Herbst 2020 wurde eine mittlere Ähnlichkeit von 68,2 % ermittelt, während die mittlere Ähnlichkeit der im Frühjahr und Herbst 2021 beprobten Stationen bei 61,4 % bzw. 63,1 % lag (SIMPER-Analyse, Tab. 35). Die Arten-Abundanzstruktur des Benthos war im Frühjahr und Herbst 2021 also etwas variabler als im Herbst 2020.

Zu den ersten 5 gruppierenden Arten im Herbst 2020 gehörten *Amphiura filiformis*, *Phoronis* spp., *Abra alba*, *Varicorbula gibba* und *Nucula nitidosa* (Tab. 35). Diese Arten machten insgesamt 22,6 % der Ähnlichkeit zwischen den Stationen im Herbst 2020 aus. Im Frühjahr 2021 waren die ersten 5 gruppierenden Arten *Amphiura filiformis*, *Varicorbula gibba*, *Nucula nitidosa*, *Nephtys hombergii* und *Phoronis* spp., die insgesamt 30,7 % der Ähnlichkeiten zwischen den Stationen im Frühjahr ausmachten (Tab. 35). Im Herbst 2021 zählten die Arten *Amphiura filiformis*, *Phoronis* spp., *Callianassa subterranea*, *Nephtys hombergii* und *Owenia fusiformis* zu den gruppierenden Arten, die insgesamt 27,1 % der Ähnlichkeit zwischen den Stationen ausmachten (Tab. 35).

In den drei Kampagnen treten sehr ähnliche gruppierende Arten auf. Die anhand der univariaten Kennwerte erkennbare Saisonalität ist also hinsichtlich der Arten-Abundanzstruktur nicht so stark ausgeprägt. Die Benthosgemeinschaft erwies sich über beide Kampagnen hinweg also als relativ stabil.

Unterschiede zwischen der Kampagne im Herbst 2020 und der Kampagne im Frühjahr 2021 wurden durch die Trennarten *Abra alba*, *Lanice conchilega*, *Owenia fusiformis*, *Pahxas pellucidus* und *Phoronis* spp. hervorgerufen, die insgesamt 12,0 % der Unähnlichkeit zwischen den beiden Kampagnen ausmachten (Tab. 36). Bei dem Vergleich der Kampagne im Herbst 2021 und im Frühjahr 2021 traten *Owenia fusiformis*, *Processa modica*, *Ampelisca tenuicornis*, *Abra nitida* und *Callianassa subterranea* als Trennarten auf, die insgesamt 12,3 % der Unähnlichkeit beider Kampagnen ausmachten (Tab. 36). Im Frühjahr 2021 wiesen alle genannten Arten geringere Abundanzen auf als im Herbst 2020 bzw. Herbst 2021.

Unterschiede zwischen beiden Herbstkampagnen wurden u.a. durch die Trennarten *Abra alba*, *Lanice conchilega*, *Poecilochaetus serpens*, *Pseudopolydora pulchra* und *Corystes cassivelaunus* hervorgerufen (Tab. 36). Diese Arten machten insgesamt 12,1 % der Unähnlichkeit beider Kampagnen aus. Die Abundanz dieser Arten war im Herbst 2020 höher als im Herbst 2021.

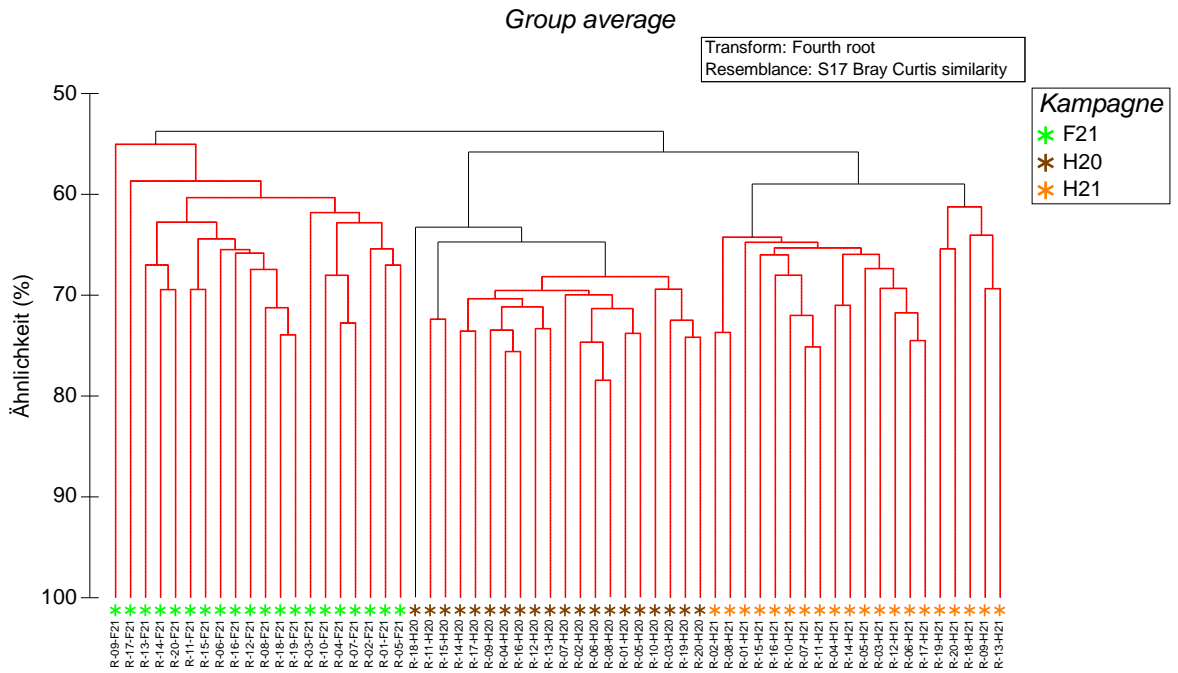


Abb. 50: Clusterdendrogramm des Makrozoobenthos (Infauna, van-Veen-Greifer) der Stationen im Referenzgebiet im Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21). Schwarze Linien weisen auf signifikante Gruppierungen (SIMPROF-Test) hin.

Tab. 35: Ergebnisse der SIMPER-Analyse für das Referenzgebiet.

Es werden die ersten 5 gruppierenden Arten je Kampagne (Herbst H20, Frühjahr F21, Herbst H21) dargestellt.
 Av. Abund.: mittlere Abundanz (transformiert mit der 4. Wurzel), Av. Sim.: mittlere Ähnlichkeit, Sim/SD: Standardabweichung der Ähnlichkeit, Contrib %: prozentualer Beitrag, Cum. %: kumulativer Beitrag über die angezeigten Arten.

H20: 68,2 % Ähnlichkeit					
Art	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Amphiura filiformis</i>	3,6	3,3	10,8	4,9	4,9
<i>Phoronis spp.</i>	3,5	3,2	7,5	4,8	9,6
<i>Abra alba</i>	3,2	3,0	7,6	4,4	14,0
<i>Varicorbula gibba</i>	3,2	2,9	8,5	4,3	18,3
<i>Nucula nitidosa</i>	3,0	2,9	8,5	4,2	22,6
F21: 61,4 % Ähnlichkeit					
Art	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Amphiura filiformis</i>	3,1	4,5	10,5	7,3	7,3
<i>Varicorbula gibba</i>	3,0	4,4	8,5	7,2	14,5
<i>Nucula nitidosa</i>	2,6	3,7	5,2	6,0	20,5
<i>Nephtys hombergii</i>	2,2	3,4	11,7	5,5	26,0
<i>Phoronis spp.</i>	2,3	2,9	3,0	4,7	30,7
H21: 63,1 % Ähnlichkeit					
Art	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Amphiura filiformis</i>	2,8	4,0	10,5	6,4	6,4
<i>Phoronis spp.</i>	2,7	3,7	4,7	5,9	12,3
<i>Callianassa subterranea</i>	2,3	3,3	6,7	5,2	17,5
<i>Nephtys hombergii</i>	2,2	3,1	7,8	4,9	22,4
<i>Owenia fusiformis</i>	2,1	2,9	5,5	4,6	27,1

Tab. 36: Ergebnisse der SIMPER-Analyse des Vergleichs der drei Kampagnen (H20, F21, H21) für das Referenzgebiet.

Es werden die Trennarten bis zu einem kumulativen Anteil von 30 % dargestellt.

Av. Abund.: mittlere Abundanz (transformiert mit der 4. Wurzel), Av. Diss.: mittlere Unähnlichkeit, Diss/SD: Standardabweichung der Unähnlichkeit, Contrib %: prozentualer Beitrag, Cum. %: kumulativer Beitrag über die angezeigten Arten.

F21 vs. H20: 46,5 % Unähnlichkeit						
Art	F21	H20	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Abra alba</i>	0,7	3,2	1,5	2,9	3,3	3,3
<i>Lanice conchilega</i>	0,1	2,1	1,2	2,8	2,6	5,9
<i>Owenia fusiformis</i>	0,3	1,9	1,0	2,7	2,2	8,0
<i>Phaxas pellucidus</i>	1,3	2,9	1,0	2,0	2,1	10,2
<i>Phoronis spp.</i>	2,3	3,5	0,8	1,8	1,8	12,0
<i>Pseudopolydora pulchra</i>	0,0	1,3	0,8	2,2	1,8	13,7
<i>Kurtiella bidentata</i>	0,2	1,4	0,8	1,6	1,7	15,4
<i>Processa nouveli holthuisi</i>	0,4	1,6	0,8	1,7	1,7	17,1

F21 vs. H20: 46,5 % Unähnlichkeit	F21	H20				
Art	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Spiophanes bombyx</i>	1,3	2,6	0,8	1,6	1,6	18,7
<i>Poecilochaetus serpens</i>	0,9	2,0	0,7	1,5	1,6	20,3
<i>Processa modica</i>	0,0	1,2	0,7	1,6	1,6	21,9
<i>Callianassa subterranea</i>	1,1	2,3	0,7	1,3	1,6	23,4
<i>Hyalia vitrea</i>	0,6	1,4	0,7	1,3	1,5	24,9
<i>Nephtys spp.</i>	1,4	0,4	0,7	1,5	1,5	26,4
<i>Diastylis bradyi</i>	1,2	0,2	0,7	1,6	1,5	27,9
<i>Phyllodoce groenlandica</i>	0,5	1,5	0,7	1,6	1,4	29,3
<i>Abra nitida</i>	0,1	1,1	0,7	1,4	1,4	30,8
F21 vs. H21: 46,0 % Unähnlichkeit	F21	H21				
Art	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Owenia fusiformis</i>	0,3	2,1	1,4	2,9	3,1	3,1
<i>Processa modica</i>	0,0	1,5	1,2	2,2	2,6	5,6
<i>Ampelisca tenuicornis</i>	0,4	1,8	1,1	2,1	2,4	8,0
<i>Abra nitida</i>	0,1	1,5	1,1	2,5	2,3	10,3
<i>Callianassa subterranea</i>	1,1	2,3	0,9	1,3	2,0	12,3
<i>Ampelisca brevicornis</i>	0,6	1,5	0,8	1,5	1,8	14,1
<i>Ophelina acuminata</i>	0,1	1,1	0,8	1,6	1,8	15,9
<i>Eudorella truncatula</i>	1,1	0,1	0,8	1,3	1,8	17,6
<i>Processa nouveli holthuisi</i>	0,4	1,3	0,8	1,4	1,7	19,4
<i>Nephtys spp.</i>	1,4	0,7	0,8	1,3	1,7	21,1
<i>Hyalia vitrea</i>	0,6	1,0	0,8	1,1	1,7	22,8
<i>Lovenella clausa</i>	1,7	0,8	0,8	1,3	1,7	24,4
<i>Varicorbula gibba</i>	3,0	2,2	0,8	1,1	1,6	26,1
<i>Goniada maculata</i>	1,5	0,8	0,8	1,2	1,6	27,7
<i>Corystes cassivelaunus</i>	1,1	0,4	0,7	1,3	1,6	29,3
<i>Diastylis bradyi</i>	1,2	0,6	0,7	1,2	1,6	30,9
H20 vs. H21: 46,0 % Unähnlichkeit	H20	H21				
Art	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Abra alba</i>	3,2	0,4	1,7	3,5	3,9	3,9
<i>Lanice conchilega</i>	2,1	0,1	1,2	3,1	2,7	6,6
<i>Poecilochaetus serpens</i>	2,0	0,6	0,9	1,7	2,0	8,6
<i>Pseudopolydora pulchra</i>	1,3	0,0	0,8	2,2	1,8	10,4
<i>Corystes cassivelaunus</i>	1,6	0,4	0,8	1,6	1,7	12,1
<i>Phyllodoce groenlandica</i>	1,5	0,4	0,7	1,8	1,7	13,8
<i>Varicorbula gibba</i>	3,2	2,2	0,7	1,3	1,7	15,4
<i>Kurtiella bidentata</i>	1,4	0,5	0,7	1,5	1,6	17,0
<i>Phaxas pellucidus</i>	2,9	1,7	0,7	1,9	1,5	18,6
<i>Glycinde nordmanni</i>	1,2	0,2	0,7	1,7	1,5	20,1

H20 vs. H21: 46,0 % Unähnlichkeit	H20	H21				
Art	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Tellimya ferruginosa</i>	1,3	0,5	0,7	1,4	1,5	21,6
<i>Nucula nitidosa</i>	3,0	2,0	0,7	2,4	1,5	23,1
<i>Hyala vitrea</i>	1,4	1,0	0,6	1,2	1,4	24,5
<i>Lovenella clausa</i>	1,6	0,8	0,6	1,3	1,3	25,8
<i>Nephtys incisa</i>	0,6	0,9	0,6	1,1	1,3	27,1
<i>Goniada maculata</i>	1,4	0,8	0,6	1,2	1,2	28,3
<i>Phoronis spp.</i>	3,5	2,7	0,6	1,6	1,2	29,6
<i>Spiophanes bombyx</i>	2,6	1,7	0,5	1,6	1,2	30,8

Gemeinschaftszuordnung

Nach RACHOR & NEHMER (2003) befindet sich das Referenzgebiet im Verbreitungsgebiet der *Nucula nitidosa*-Gemeinschaft. Eine neuere Modellierung von BILDSTEIN et al. (2014a) unter Einbeziehung weiterer, aktueller Daten ergab jedoch eine Zuteilung dieser Bereiche zu der *Amphiura filiformis*-Gemeinschaft. Andere Autoren stellten fest, dass eine statistische Trennung dieser beiden Gemeinschaften nicht ohne weiteres möglich ist und nahmen daher keine getrennte Betrachtung der Verbreitung dieser zwei Gemeinschaften vor (BFN 2018b, FIORENTINO et al. 2017).

Auch die Benthosbesiedlung im Referenzgebiet lässt keine eindeutige Gemeinschaftszuweisung zu. Sowohl die durch RACHOR & NEHMER (2003) für diese Gemeinschaften beschriebenen Charakterarten als auch die charakteristischen Arten kommen im Referenzgebiet mit hoher Stetigkeit und einem vergleichsweise hohen Abundanzanteil vor (Tab. 37). Zudem wurden Charakterarten beider Gemeinschaften anhand der SIMPER-Analyse als gruppierende Arten ermittelt (Tab. 35). Sowohl im Herbst 2020 und 2021 als auch im Frühjahr 2021 waren die Abundanzanteile der Charakterarten und charakteristischen Arten der *Amphiura filiformis*-Gemeinschaft jedoch höher als die der *Nucula nitidosa*-Gemeinschaft. Die *Amphiura filiformis*-Gemeinschaft scheint also in allen Kampagnen etwas stärker ausgeprägt zu sein als die *Nucula nitidosa*-Gemeinschaft.

Tab. 37: Abundanzanteil (relative Abundanz) und Stetigkeit der Charakterarten (dunkel) und charakteristischen Arten (hell) für die *Nucula nitidosa*-Gemeinschaft (grün) und die *Amphiura filiformis*-Gemeinschaft (blau) nach RACHOR & NEHMER (2003) im Referenzgebiet im Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).
Rel. ABU: Relative Abundanz (%), STET: Stetigkeit (%).

Großtaxa	Taxa	H20		F21		H21	
		Rel. ABU	STET	Rel. ABU	STET	Rel. ABU	STET
Polychaeta	<i>Scalibregma inflatum</i>	0,3	35,0	-	-	0,04	5,0
Bivalvia	<i>Abra alba</i>	9,7	100,0	0,5	50	0,2	30,0
Bivalvia	<i>Nucula nitidosa</i>	7,4	100,0	10,0	100	3,7	100,0
Polychaeta	<i>Owenia fusiformis</i>	1,2	100,0	0,1	20	4,4	100,0
Bivalvia	<i>Abra nitida</i>	0,5	70,0	0,1	10	1,3	95,0

Großtaxa	Taxa	H20		F21		H21	
		Rel. ABU	STET	Rel. ABU	STET	Rel. ABU	STET
Bivalvia	<i>Abra spp.*</i>	0,3	45,0			0,04	5,0
Bivalvia	<i>Phaxas pellucidus</i>	5,8	100,0	1,1	80	2,7	95,0
Echinodermata	<i>Ophiura albida</i>	0,1	30,0	0,0	5	-	-
Bivalvia	<i>Kurtiella bidentata</i>	0,8	80,0	0,1	15	0,4	30,0
Crustacea	<i>Harpinia antennaria</i>	0,2	60,0	1,9	85	1,1	80,0
Echinodermata	<i>Amphiura filiformis</i>	14,0	100,0	21,3	100	13,9	100,0
Bivalvia	<i>Varicorbula gibba</i>	10,3	100,0	16,0	100	8,3	90,0
Gastropoda	<i>Cylichna cylindracea</i>	1,3	100,0	1,5	100	1,6	95,0
Crustacea	<i>Bathyporeia tenuipes</i>			0,0	5	0,04	5,0

3.4.3 Makrozoobenthos – Epifauna

3.4.3.1 Artenzahl und Artenspektrum

Im Referenzgebiet wurden in den drei Kampagnen, Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021, insgesamt 56 Arten (vgl. Erläuterung „Zählung Arten“ in Kap. 2.4.1.3) der Epifauna mit der 2 m-Baumkurre erfasst (Tab. 38). Die Gesamtartenzahl (qualitativ und quantitativ erfasste Arten) war im Herbst 2021 mit 32 Arten etwas geringer als im Frühjahr und Herbst 2021 mit 37 bzw. 35 Arten. Die erfassten Arten entstammten 9 taxonomischen Großgruppen. Hierbei gehörten 15 Arten der Gruppe der Crustacea, 13 den Hydrozoa, 8 den Echinodermata, 6 den Bryozoa, 4 den Gastropoda, je 3 den Polychaeta, Bivalvia und Anthozoa und 1 Art den Cephalopoda an.

Von den 56 Arten gehörten 28 zu der quantitativ erfassten Epifauna, von denen im Herbst 2020 15, im Frühjahr 2021 20 und im Herbst 2021 17 Arten nachgewiesen wurden (Tab. 38).

Tab. 38: Artenspektrum der Epifauna (2 m-Baumkurre) des Referenzgebiets im Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).

Für quantitativ erfasste Arten (vgl. Kap. 2.4.2.1, grün hinterlegt) ist die mittlere Abundanz (ABU; Ind./ha) und Biomasse (BIOM; g FG/ha) angegeben. Die Stetigkeit ist für alle erfassten Taxa angegeben.

*: kein für das Gesamtartenspektrum als eigenständige Art gewertetes Taxon, blau hinterlegt: kein für die Kampagne als eigenständige Art gewertetes Taxon; x = Präsenz von qualitativ erfassten Arten; Rote Liste (RL) nach RACHOR et al. (2013): 2: stark gefährdet, 3: gefährdet, G: Gefährdung unbekanntes Ausmaßes, R: extrem selten (geographische Restriktion).

Taxa	RL-Kat	H20			F21			H21		
		ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET
Hydrozoa										
<i>Aequorea</i> spp.		X		10						
<i>Bougainvillia muscus</i>		X		60				X		10
<i>Bougainvillia</i> spp.*		X		20	X		30			
Bougainvilliidae indet.*					X		20			
<i>Clytia hemisphaerica</i>		X		40	X		20	X		40
<i>Ectopleura dumortierii</i>					X		10			
<i>Ectopleura larynx</i>					X		20			
<i>Ectopleura</i> spp.*					X		10			
Filifera indet.					X		10			
<i>Hydractinia echinata</i>		X		80	X		50	X		90
Hydrozoa indet.*		X		70						
<i>Leuckartiara octona</i>	R				X		20			
<i>Lovenella clausa</i>								X		10
<i>Obelia bidentata</i>		X		10						
<i>Obelia dichotoma</i>		X		70	X		20	X		40
<i>Obelia geniculata</i>								X		10
<i>Obelia</i> spp.*		X		10	X		20			
<i>Sertularia cupressina</i>	G	X		10						
Tubulariidae indet.*								X		20

Taxa	RL-Kat	H20			F21			H21		
		ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET
Anthozoa										
<i>Actinaria indet.*</i>		2,2	5,11	20				1,9	11,51	10
<i>Alcyonium digitatum</i>	3							3,9	1.598,82	20
<i>Cylista undata</i>	3							1,5	6,10	10
<i>Sagartiogeton spp.</i>		1,4	2,77	10						
Bryozoa										
<i>Alcyonidiidae indet.*</i>		X		10	X		10	X		10
<i>Alcyonidioides mytili</i>					X		10			
<i>Arachnidium fibrosum</i>		X		30						
<i>Conopeum reticulum</i>		X		10	X		10			
<i>Electra pilosa</i>		X		100	X		70	X		60
<i>Membranipora membranacea</i>								X		30
<i>Scrupocellaria scruposa</i>	R	X		10						
Polychaeta										
<i>Aphrodita aculeata</i>		5,1	193,85	30	13,2	510,29	70	5,7	61,62	30
<i>Polydora ciliata</i>		X		40	X		70	X		90
<i>Sabellaria spinulosa</i>	2	X		10				X		10
Bivalvia										
<i>Acanthocardia echinata</i>	G	90,0	47,90	100	34,2	178,19	80			
<i>Aequipecten opercularis</i>	R	9,6	43,29	10	0,9	7,43	10			
<i>Mytilus edulis</i>		3,3	4,74	20						
Cephalopoda										
<i>Sepiola atlantica</i>					0,9	1,82	10			
Gastropoda										
<i>Aporrhais pespelecani</i>	G				5,5	32,97	40			
<i>Epitonium clathrus</i>								1,9	3,71	10

Taxa	RL-Kat	H20			F21			H21		
		ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET
<i>Euspira nitida</i>		2,5	1,68	20	84,8	54,60	100	3,9	3,86	20
<i>Turritellinella tricarinata</i>	G	450,0	585,25	90	1.204,3	1.339,30	100	101,6	161,60	70
Crustacea										
<i>Abludomelita obtusata</i>								X		10
<i>Aora gracilis</i>								X		10
<i>Balanus crenatus</i>		X		20	X		20	X		60
<i>Corystes cassivelaunus</i>		21,2	58,38	90	23,0	84,13	90	10,9	77,44	50
<i>Crangon allmanni</i>					14,2	18,77	90	25,4	25,38	20
<i>Crangon crangon</i>					2,8	5,55	30			
<i>Goneplax rhomboides</i>	R				19,1	125,23	70	30,1	209,71	80
<i>Liocarcinus depurator</i>					2,7	18,25	30	26,2	361,33	70
<i>Liocarcinus holsatus</i>		387,8	2.654,56	100	11,6	96,60	60	115,0	1.030,35	100
<i>Macropodia rostrata</i>		8,5	7,69	50	0,9	0,93	10	1,5	1,52	10
<i>Pagurus bernhardus</i>		1.003,6	2.001,45	100	467,9	779,02	100	134,4	385,63	100
<i>Peltogaster paguri</i>					X		10	X		10
<i>Processa nouveli holthuisi</i>								X		50
<i>Processa spp.*</i>								X		20
<i>Trypetesa lampas</i>		X		20				X		20
<i>Tryphosa nana</i>		X		10	X		10			
Echinodermata										
<i>Asterias rubens</i>		42,7	742,91	80	579,1	9.242,98	100	659,8	13.692,71	100
<i>Astropecten irregularis</i>	G	63,4	274,81	90	49,2	168,80	90	58,7	396,25	80
<i>Echinocardium cordatum</i>					20,2	199,27	70			
<i>Luidia sarsii</i>		9,1	35,09	60						
<i>Ophiura albida</i>					31,0	26,21	60	61,0	55,62	30
<i>Ophiura ophiura</i>		5.385,1	3.614,97	100	6.007,8	4.951,05	100	8.495,4	14.039,02	90

Taxa	RL-Kat	H20			F21			H21		
		ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET	ABU	BIOM	STET
<i>Paraleptopentacta elongata</i> <i>Psammechinus miliaris</i>	G				1,8	3,59	10			
Gesamtabundanz/-biomasse		7.485,4	10.274,4		8.575,0	17.845,0		9.738,7	32.122,2	
Gesamtartenzahl: 56		32			36			35		
Anzahl qualitativ erfasste Arten: 28		15			21			17		
Anzahl Rote Liste Arten: 13		7			8			6		

3.4.3.2 Rote-Liste-Arten

Insgesamt wurden im Referenzgebiet 13 Arten der Epifauna nachgewiesen, die nach der Roten Liste von RACHOR et al. (2013) einen akuten Gefährdungsstatus besitzen (ohne Kategorie V: „Vorwarnliste“, Tab. 38).

Mit der Sandkoralle *Sabellaria spinulosa* wurde eine Art der Gefährdungskategorie „2“ (stark gefährdet) im Referenzgebiet nachgewiesen.

Die Gefährdungsstufe „3“ (gefährdet) wiesen die Anthozoen *Alcyonidium digitatum* und *Cylista undata* auf.

Sechs der elf Arten werden in der Gefährdungskategorie G „Gefährdung unbekanntes Ausmaßes“ geführt. Diese Arten waren die Hydrozoe *Sertularia cupressina*, die Stachelige Herzmuschel *Acanthocardia echinata*, die Pelikanfußschnecke *Apporrhais pespelicani*, die Gemeine Turmschnecke *Turritellinella tricarinata*, der Nordische Kammstern *Astropecten irregularis* und die Seegurke *Paraleptopentacta elongata*.

Weiterhin handelte es sich bei der Trapezkrabbe *Goneplax rhomboides*, der Hydrozoe *Leuckartiara octona*, der Muschel *Aequipecten irregularis* und der Bryozoe *Scrupocellaria scruposa* um Arten der Gefährdungskategorie „R“ (extrem selten, geografische Restriktion).

Die Rote-Liste-Arten *Turritellinella tricarinata* und *Astropecten irregularis* waren im Referenzgebiet die häufigsten Rote-Liste-Arten mit Abundanzen von 101,6 – 1.204,3 Ind./ha bzw. 49,2 – 63,4 Ind./ha. Die Tote Mannshand *Alcyonidium digitatum* wies im Herbst zwar keine sehr hohe Abundanz auf (3,9 Ind./ha), dafür war die Biomasse mit 1.598,8 g FG/ha erstaunlich hoch. Diese Art zählt im Herbst 2021 zu den nach ihrer Biomasse dominanten Arten.

Im Herbst 2020 wurden im Referenzgebiet 7 Rote-Liste-Arten nachgewiesen, im Frühjahr 2021 waren es 8 und im Herbst 2021 6 Rote-Liste-Arten (Tab. 38). Eine gemeinsame Betrachtung der Rote-Liste-Arten der Infauna und der Epifauna erfolgt in Kap. 4.2.

3.4.3.3 Gesamtartenzahl, -individuedichte und -biomasse

Aufgrund der unterschiedlichen Erfassungsmethode (qualitativ und quantitativ) der im Vorhaben-gebiet vorkommenden Arten (vgl. auch Kap. 2.4.2.1), werden die Mittelwertberechnungen für die Kenngrößen Artenzahl, Abundanz, Biomasse, Diversität und Äquität nur auf Basis der quantitativ erfassten Arten erhoben.

Die mittlere Artenzahl pro Hol lag im Herbst 2020 im Referenzgebiet bei 9,8 (Tab. 39, Abb. 51) mit einem Minimum von 8 Arten und einem Maximum von 13 Arten. Im Frühjahr 2021 wurde eine höhere mittlere Artenzahl von 13,2 ermittelt, mit Werten zwischen 12 und 14 Arten (Tab. 40). Im Herbst 2021 lag die Artenzahl bei 9,0 Arten/Hol mit Werten zwischen 5 und 13 Arten (Tab. 41).

Die mittlere Abundanz betrug im Herbst 2020 im Referenzgebiet 7.486,8 Ind./ha (Tab. 39, Abb. 51) bei Werten zwischen 4.711,5 Ind./ha und 10.684,7 Ind./ha. Im Frühjahr 2021 war die mittlere Abundanz mit 8.575,0 Ind./ha etwas höher als im Herbst (Tab. 40). Die Variabilität lag hier zwischen 4.390,5 Ind./ha und 10.326,9 Ind./ha. Im Herbst 2021 lag die Abundanz im Mittel bei 9.738,7 Ind./ha, jedoch war die Variabilität mit Werten zwischen 717,3 Ind./ha und 25.644,9 Ind./ha extrem hoch (Tab. 41).

Die mittlere Biomasse betrug im Herbst 2020 im Referenzgebiet 10.274,4 g FG/ha (Tab. 39, Abb. 51). Das Minimum lag bei 4.978,2 g FG/ha und das Maximum bei 16.938,2 g FG/ha. Im Frühjahr 2021 war die mittlere Biomasse mit 17.845,0 g FG/ha deutlich höher als im Herbst (Tab. 40). Die Werte variierten zwischen minimal 14.485,1 g FG/ha und 22.805,4 g FG/ha. Im Herbst 2021 betrug die mittlere Biomasse 15.018,8 g FG/ha bei einem Minimum von 7.675,2 g FG/ha und einem Maximum von 58.913,1 g FG/ha (Tab. 41). Auch hier zeigte sich also eine sehr hohe Variabilität im Herbst 2021.

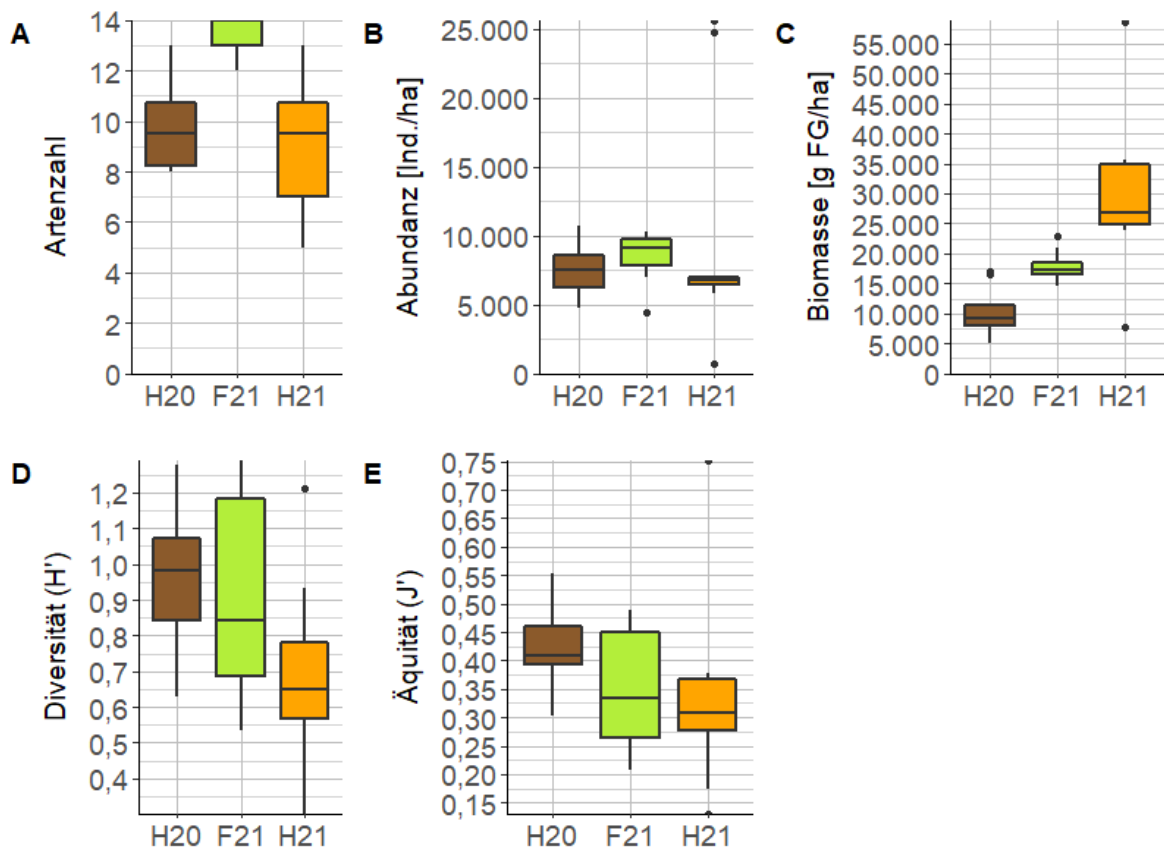


Abb. 51: Boxplots der mittleren Artenzahl (A, Arten/Station), Abundanz (B), Biomasse (C), Diversität (D) und Äquität (E) der quantitativ erfassten Epifauna (2 m-Baumkurre) für das Referenzgebiet im Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).

Tab. 39: Artenzahl (n/Station), Abundanz (Ind./ha), Biomasse (g FG/ha), Diversität und der Epifauna (2 m-Baumkurre) je Station für das Referenzgebiet im Herbst 2020 (H20).

MW: Mittelwert; SD: Standardabweichung; MIN: Minimum; MAX: Maximum

Station	Artenzahl	Abundanz	Biomasse	Diversität (H')	Äquität (J')
R-D-01-H20	10	4.711,5	9.290,8	1,28	0,55
R-D-03-H20	9	5.544,9	9.065,4	1,22	0,55
R-D-06-H20	8	9.030,5	8.464,2	0,87	0,42
R-D-08-H20	9	6.864,1	10.257,4	1,03	0,47
R-D-09-H20	8	6.606,6	7.721,0	0,83	0,40
R-D-11-H20	10	6.060,2	7.894,5	0,79	0,34
R-D-14-H20	8	8.234,2	4.978,8	0,63	0,30
R-D-16-H20	11	8.480,1	16.489,8	0,94	0,39
R-D-17-H20	12	10.684,7	16.938,2	1,09	0,44
R-D-19-H20	13	8.650,8	11.644,4	1,02	0,40
MW	9,8	7.486,8	10.274,4	0,97	0,43
SD	1,7	1.737,3	3.617,3	0,19	0,08
MIN	8	4.711,5	4.978,8	0,63	0,30
MAX	13	10.684,7	16.938,2	1,28	0,55

Tab. 40: Artenzahl (n/Station), Abundanz (Ind./ha), Biomasse (g FG/ha), Diversität und Äquität der Epifauna (2 m-Baumkurre) je Station für das Referenzgebiet im Frühjahr 2021 (F21).

MW: Mittelwert; SD: Standardabweichung; MIN: Minimum; MAX: Maximum

Station	Artenzahl	Abundanz	Biomasse	Diversität (H')	Äquität (J')
R-D-01-F21	14	10.326,9	15.927,6	1,28	0,49
R-D-03-F21	14	9.898,6	16.418,3	1,29	0,49
R-D-06-F21	13	9.453,4	17.807,8	1,01	0,39
R-D-08-F21	12	10.199,9	18.303,0	0,76	0,31
R-D-09-F21	14	8.799,5	18.575,0	0,67	0,25
R-D-11-F21	13	9.022,9	22.805,4	0,93	0,36
R-D-14-F21	12	6.970,4	16.439,7	0,75	0,30
R-D-16-F21	13	7.461,6	14.485,1	0,62	0,24
R-D-17-F21	14	4.390,5	20.915,4	1,24	0,47
R-D-19-F21	13	9.226,4	16.772,4	0,54	0,21
MW	13,2	8.575,0	17.845,0	0,91	0,35
SD	0,7	1.738,8	2.343,2	0,27	0,10
MIN	12	4.390,5	14.485,1	0,54	0,21
MAX	14	10.326,9	22.805,4	1,29	0,49

Tab. 41: Artenzahl (n/Station), Abundanz (Ind./ha), Biomasse (g FG/ha), Diversität und Äquität der Epifauna (2 m-Baumkurre) je Station für das Referenzgebiet im Herbst 2021 (H21).
MW: Mittelwert; SD: Standardabweichung; MIN: Minimum; MAX: Maximum

Station	Artenzahl	Abundanz	Biomasse	Diversität (H')	Äquität (J')
R-D-01-H21	12	6.959,0	32.823,3	0,93	0,37
R-D-03-H21	6	6.842,8	24.726,4	0,58	0,32
R-D-06-H21	7	6.530,5	35.616,2	0,74	0,38
R-D-08-H21	7	5.771,4	27.583,1	0,56	0,29
R-D-09-H21	9	7.051,2	25.206,8	0,64	0,29
R-D-11-H21	10	6.661,9	23.916,9	0,79	0,34
R-D-14-H21	5	717,3	7.675,2	1,21	0,75
R-D-16-H21	11	6.476,1	26.153,6	0,66	0,27
R-D-17-H21	13	25.644,9	58.607,1	0,45	0,17
R-D-19-H21	10	24.732,2	58.913,1	0,30	0,13
MW	9,0	9.738,7	32.122,2	0,69	0,33
SD	2,5	7.928,9	15.018,8	0,24	0,16
MIN	5	717,3	7.675,2	0,30	0,13
MAX	13	25.644,9	58.913,1	1,21	0,75

3.4.3.4 Diversität und Äquität

Die Diversität (H') der Epifauna betrug im Referenzgebiet im Herbst 2020 durchschnittlich 0,97 bei einem Minimum von 0,63 und einem Maximum von 1,28 (Tab. 39, Abb. 51). Im Frühjahr und Herbst 2021 betrug die mittlere Diversität 0,91 (MIN: 0,54, MAX: 1,29) bzw. 0,69 (MIN: 0,30, MAX: 1,21) und war somit in beiden Kampagnen geringer als im Herbst 2020 (Tab. 40, Tab. 41, Abb. 51).

Die mittlere Äquität betrug im Herbst 2020 0,43 (MIN: 0,30, MAX: 0,55), im Frühjahr 2021 betrug sie 0,35 (MIN: 0,21, MAX: 0,49) und im Herbst 2021 betrug sie 0,33 (MIN: 0,13, MAX: 0,75) (Tab. 39, Tab. 40, Tab. 41, Abb. 51). Somit war auch die Äquität im Herbst 2020 am höchsten und im darauffolgenden Herbst am niedrigsten.

3.4.3.5 Dominanzverhältnisse bei Abundanz und Biomasse

Die Dominanzverhältnisse in Bezug auf die Abundanz und Biomasse im Referenzgebiet sind in Abb. 52 bzw. Abb. 53 dargestellt.

Die Dominanzverhältnisse in Bezug auf die Abundanz wiesen zwischen den Kampagnen große Ähnlichkeiten auf. Dominante Art war in allen Kampagnen der Gemeine Schlangensterne *Ophiura ophiura* mit Abundanzanteilen von 71,9 % im Herbst 2020, 70,1 % im Frühjahr 2021 und 87,2 % im Herbst 2021.

Im Herbst 2020 belegte der Einsiedlerkrebs *Pagurus bernhardus* mit 12,4 % Rang 2 der Abundanzverteilung gefolgt von der Gemeinen Turmschnecke *Turritellinella tricarinata* mit 6,0 %, der Schwimmkrabbe *Liocarcinus holsatus* und der Stacheligen Herzmuschel *Acanthocardia echinata* mit 1,2 %.

Im Frühjahr 2021 war die Rangfolge etwas anders: die Gemeine Turmschnecke belegte Rang 2 mit einem Abundanzanteil von 14,0 %, gefolgt von *Asterias rubens* mit 6,8 %, *Pagurus bernhardus* mit 5,5 % und der Schnecke *Euspira nitida* mit 1,0 %.

Im Herbst 2021 waren neben *Ophiura ophiura* die Arten *Asterias rubens* (6,8 %), *Pagurus bernhardus* (1,4 %), *Liocarcinus holsatus* (1,2 %) und *Turritellinella tricarinata* (1,0 %) dominant.

Sonstige Arten machten in allen Kampagnen nur einen geringen Anteil aus (2,3 % im Herbst 2020, 2,7 % im Frühjahr 2021 und 2,4 % im Herbst 2021).

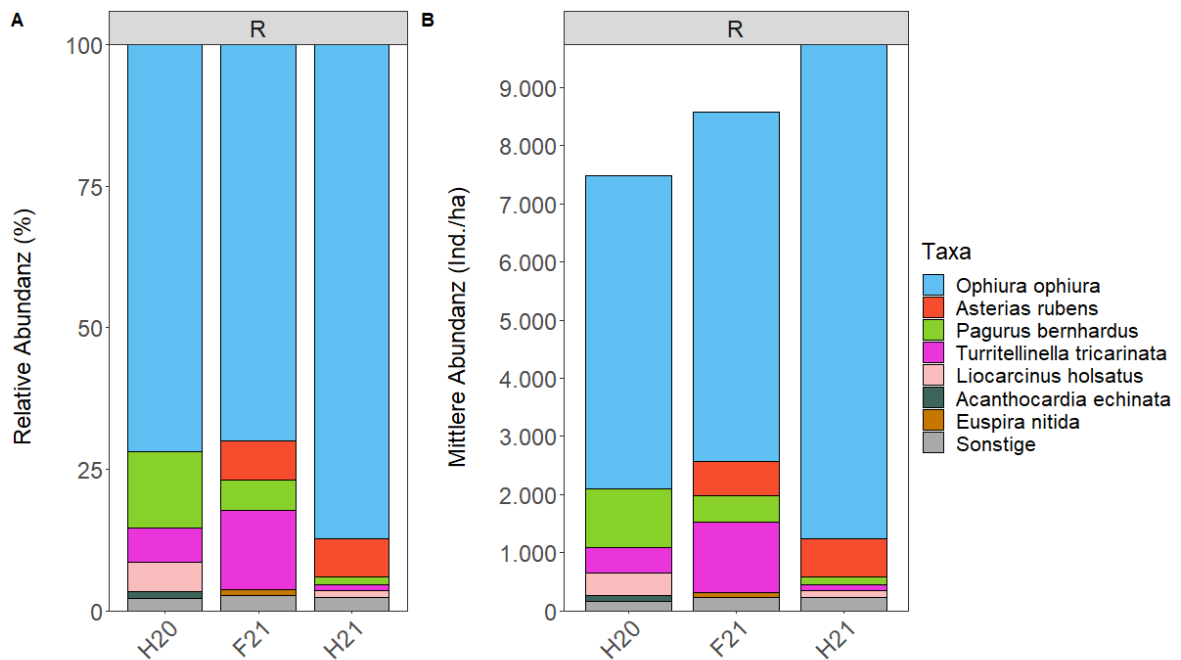


Abb. 52: Dominanzverhältnisse der Epifauna (2 m-Baumkurre, Abundanz) im Referenzgebiet dargestellt für den Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21). Es wurden die 5 dominanten Arten berücksichtigt, unter „Sonstige“ fallen alle übrigen Arten.

Im Vergleich zur Abundanzverteilung wiesen die drei Kampagnen in Bezug auf die Biomasse deutlichere Unterschiede auf.

Im Herbst 2020 belegte der Schlangensterne *Ophiura ophiura* mit 35,2 % Rang 1 der Biomasseverteilung, gefolgt von der Schwimmkrabbe *Liocarcinus holsatus* mit 25,8 %. Rang 3 belegte der Einsiedlerkrebs *Pagurus bernhardus* mit 19,5 %. Weitere dominante Arten waren im Herbst 2020 der Seesterne *Asterias rubens* (7,2 %) und die Turmschnecke *Turritellinella tricarinata* (5,7 %).

Im Frühjahr 2021 waren der Seestern *Asterias rubens* mit 51,8 % und *Ophiura ophiura* mit 27,7 % die zwei biomassereichsten Arten. Weitere dominante Arten waren *Turritellinella tricarinata* (7,5 %), *Pagurus bernhardus* (4,4 %) und *Aphrodita aculeata* (2,9 %).

Ähnlich wie im Frühjahr 2021 waren auch im Herbst 2021 die Arten *Asterias rubens* und *Ophiura ophiura* die in Bezug auf die Biomasse dominanten Arten mit 42,6 % bzw. 43,7 %. Weitere dominante Arten waren die Tote Mannshand, die 5,0 % der Biomasse im Referenzgebiet ausmachte sowie *Liocarcinus holsatus* (3,2 %) und *Astropecten irregularis* (4,2 %).

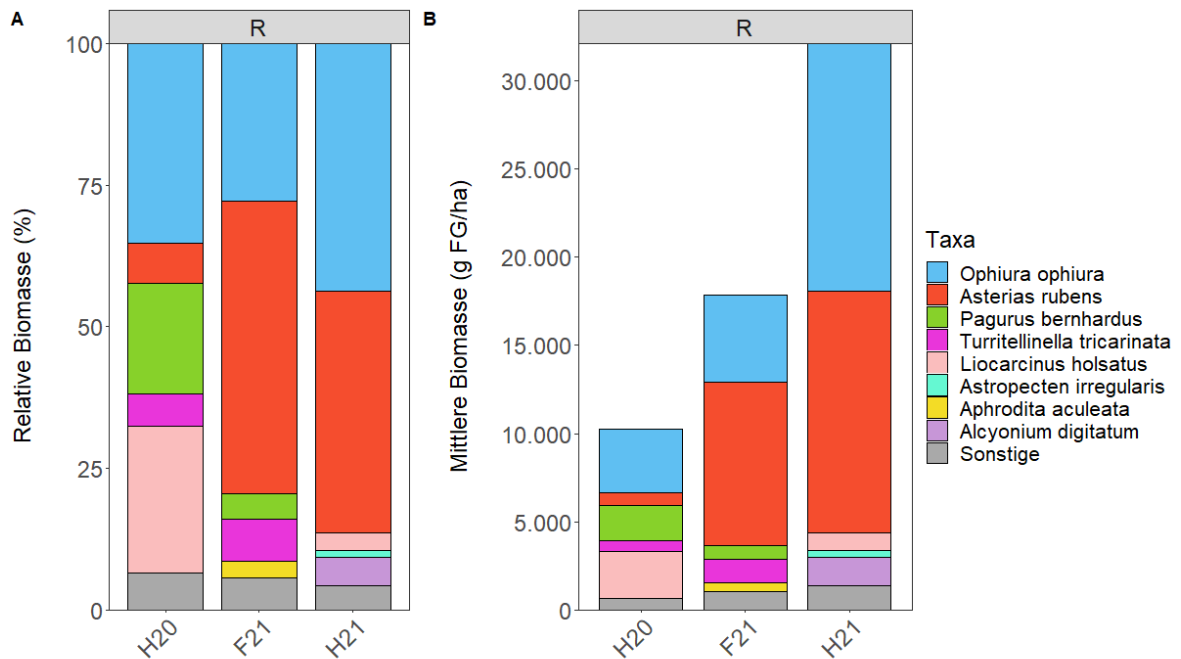


Abb. 53: Dominanzverhältnisse der Epifauna (2 m-Baumkurre, Biomasse) im Referenzgebiet dargestellt für den Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21). Es wurden die 5 dominanten Arten berücksichtigt, unter „Sonstige“ fallen alle übrigen Arten.

3.4.3.6 Beifang aus der Fischbestandsaufnahme

Im Herbst 2020 bestand der während der Fischbeprobung erfasste Beifang hauptsächlich aus den Arten *Asterias rubens* (ca. 40 %), *Liocarcinus holsatus* (ca. 30 %), *Astropecten irregularis* (ca. 20 %) und *Liocarcinus depurator* (ca. 10 %). Weitere Arten, die im Beifang erfasst wurden waren *Aphrodita aculeata*, der Taschenkrebs *Cancer pagurus*, *Corystes cassivelaunus*, *Crangon crangon*, *Crangon allmanni*, *Pagurus bernhardus*, *Goneplax rhomboides*, *Macropodia rostrata*, *Ophiura ophiura* und *Turritellinella tricarinata*. Gelegentlich wurde auch die tiefgrabende Muschel *Lutraria lutraria* erfasst, sowie der Gemeine Kalmar *Loligo vulgaris*, der Kaisergranat *Nephrops norvegicus* (1 Hol) und die Tote Mannshand *Alcyonium digitatum* (15 Hols).

Im Frühjahr 2021 war die Zusammensetzung des Beifangs etwas anders und bestand hauptsächlich aus den Arten *Asterias rubens* (40 %), *Echinocardium cordatum* (30 %) und *Aphrodita aculeata* (10 %). Weitere Arten, die im Beifang häufig erfasst wurden waren *Alcyonium digitatum*,

der Taschenkrebs *Cancer pagurus*, *Corystes cassivelaunus*, *Crangon allmanni*, *Pagurus bernhardus*, *Goneplax rhomboides*, *Liocarcinus holsatus*, *Liocarcinus depurator*, *Ophiura ophiura*, *Ophiura albida* und *Turritellinella tricarinata*. Gelegentlich wurden Anthozoa indet und *Luidia sarsii* nachgewiesen.

Im Herbst 2021 trat wie auch im Herbst 2020 der Gemeine Seestern (*Asterias rubens*) sehr häufig im Beifang auf und erreichte einen Anteil von 80–90 %. Daneben kamen der Antennenkrebs (*Corystes cassivelaunus*, 5 %), und die beiden Schwimmkrabbenarten *Liocarcinus holsatus* und *L. depurator* mit etwa 5 % vor. Mit bis zu 10 % konnte in einer Vielzahl an Hols auch die Tote Mannshand (*Alcyonium digitatum*) nachgewiesen werden. Daneben traten regelmäßig *Aphrodita aculeata*, *Macropodia rostrata*, *Astropecten irregularis*, *Crangon crangon*, *Crangon allmanni*, *Goneplax rhomboides*, *Echinocardium cordatum*, *Nephrops norvegicus*, *Ophiura ophiura* und *Turritellinella tricarinata*.

Diese Zusammensetzung des Beifangs ist in guter Übereinstimmung mit den Ergebnissen aus der Benthosbeprobung mittels 2 m Baumkurre und van-Veen-Greifer.

Im Herbst 2020 wurden im Referenzgebiet zudem in 3 Hols Rocheneier gefunden. Außerdem wurde in allen Hols Totfisch in geringen Mengen erfasst, was auf eine fischereiliche Nutzung des Referenzgebiets zum Zeitpunkt der Probenahme hindeutet.

3.4.3.7 Gemeinschaftsanalyse

Eine multivariate Auswertung der Abundanzdaten der mobilen, quantitativ erfassten Epifauna bestätigt die anhand der Kennwerte und Dominanzen festgestellten saisonalen und interanuellen Unterschiede in der Epifaunabesiedlung im Referenzgebiet. Eine Clusteranalyse zeigt, dass sich die Hols der einzelnen Kampagnen auf einem Ähnlichkeitsniveau von 62,5 % und 66,6 % in jeweils eigene Gruppierungen trennen (Abb. 54). Hol R-D-14 der Kampagne im Herbst 2021 trennt sich jedoch auf Grund einer sehr artenarmen Besiedlung bereits auf einem Ähnlichkeitsniveau von 44,7 % von allen anderen Hols.

Die Ähnlichkeiten der Hols innerhalb jeder Kampagne lag nach SIMPER bei <70 %. Demnach wiesen die Hols einer Kampagne hohe Ähnlichkeiten untereinander auf. Die Unähnlichkeit zwischen den jeweiligen Kampagnen lag zwischen 36,0 % und 40,2 % und deutet auf geringe Unterschiede in der Epifaunabesiedlung zwischen Kampagnen hin.

Die vorhandenen Unterschiede zwischen den Kampagnen im Frühjahr 2021 und Herbst 2020 wurden hauptsächlich durch die Arten *Liocarcinus holsatus*, *Asterias rubens*, *Euspira nitida* und *Turritellinella tricarinata* hervorgerufen, die insgesamt 34,9 % der Unterschiede zwischen den Kampagnen erklärten (Tab. 24).

In einem Vergleich der Frühjahrskampagne mit dem Herbst 2021 traten die Arten *Turritellinella tricarinata*, *Euspira nitida*, *Ophiura ophiura* und *Acanthocardia echinata* als wichtigste Trennarten auf, die einen Anteil von 34,6 % der Unterschiede zwischen beiden Kampagnen ausmachten (Tab. 24).

Ein Vergleich beider Herbstkampagnen ergab, dass die Arten *Asterias rubens*, *Acanthocardia echinata*, *Turritellinella tricarinata* und *Pagurus bernhardus* als wesentliche Trennarten auftreten und für 38,0 % der Unterschiede zwischen den Kampagnen verantwortlich waren (Tab. 24).

Es zeigt sich, dass es sich bei allen Vergleichen um ähnliche Trennarten handelt und dass Unterschiede zwischen Kampagnen hauptsächlich in Abundanzunterschieden einzelner Arten begründet waren und nicht in einer grundsätzlich unterschiedlichen Besiedlung. Trotz erkennbarer saisonaler und interanueller Variabilität waren die Ähnlichkeiten in der Besiedlung der Epifaunageinschaft in der Fläche N-6.6 zwischen den Kampagnen hoch.

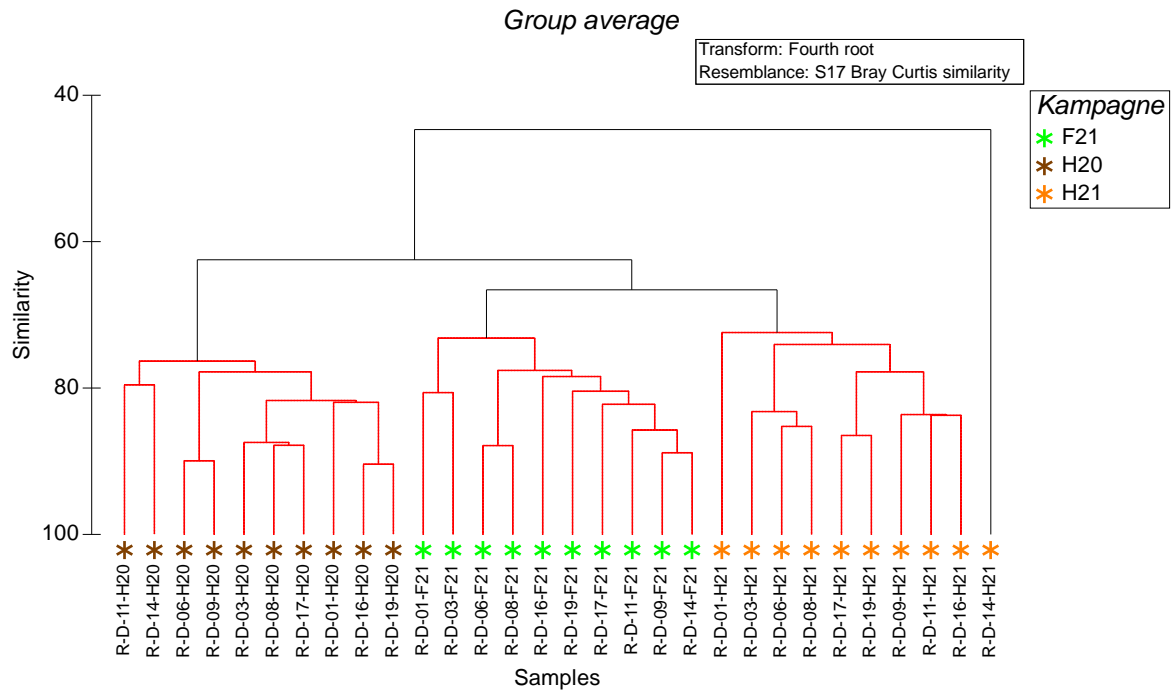


Abb. 54: Clusterdendrogramm des Makrozoobenthos (Epifauna, 2 m-Baumkurre) der Stationen im Referenzgebiet im Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21). Schwarze Linien weisen auf signifikante Gruppierungen (SIMPROF-Test) hin.

Tab. 42: Ergebnisse der SIMPER-Analyse des Vergleichs der Epifaunagemeinschaft (2 m-Baumkurre) der drei Kampagnen (H20, F21, H21) für das Referenzgebiet.

Es werden die Trennarten bis zu einem kumulativen Anteil von 30 % dargestellt.

Av. Abund.: mittlere Abundanz (transformiert mit der 4. Wurzel), Av. Diss.: mittlere Unähnlichkeit, Dis/SD:

Standardabweichung der Unähnlichkeit, Contrib %: prozentualer Beitrag, Cum. %: kumulativer Beitrag über die angezeigten Arten.

F21 vs. H20:						
37,1 % Unähnlichkeit						
	F21	H20				
Art	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Liocarcinus holsatus</i>	1,23	4,4	3,92	2,92	10,57	10,57
<i>Asterias rubens</i>	4,82	2,04	3,49	2,14	9,4	19,96
<i>Euspira nitida</i>	2,84	0,38	3,06	2,54	8,24	28,2
<i>Turritellinella tricarinata</i>	4,98	3,96	2,49	1,18	6,72	34,92
F21 vs. H21:						
36,0 % Unähnlichkeit						
	F21	H21				
Art	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Turritellinella tricarinata</i>	4,98	2,35	3,63	1,17	10,08	10,08
<i>Euspira nitida</i>	2,84	0,42	3,29	2,23	9,14	19,22
<i>Ophiura ophiura</i>	8,7	8,48	2,96	0,7	8,24	27,46
<i>Acanthocardia echinata</i>	1,96	0	2,58	1,81	7,17	34,63
H20 vs. H21:						
40,2 % Unähnlichkeit						
	F21	H21				
Art	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Asterias rubens</i>	2,04	5,05	4,36	2,46	10,86	10,86
<i>Acanthocardia echinata</i>	2,99	0	4,3	5,91	10,69	21,55
<i>Turritellinella tricarinata</i>	3,96	2,35	3,34	1,23	8,3	29,85
<i>Pagurus bernhardus</i>	5,58	3,32	3,29	3,06	8,18	38,03

3.4.4 Fische

3.4.4.1 Vergleich der Hols der eingesetzten 7 m-Baumkurren (Steuerbord und Backbord)

Bei keiner der verglichenen Kenngrößen (mittlere Artenzahl, Gesamtbiomasse, Diversität und Äquität) mit Ausnahme der Gesamtabundanz waren die Unterschiede zwischen den mit beiden 7 m-Baumkurren durchgeführten Hols signifikant (Tab. 43). Bei der Gesamtabundanz ist der Unterschied zwischen den beiden Befischungsseiten mit einem p-Wert von 0,046 nur sehr schwach signifikant. Auch die Abundanz der Charakterarten sowie die Dominanzverhältnisse auf der Basis der Häufigkeiten und der Biomasse waren in den Hols beider Baumkurren vergleichbar (siehe dazu Kap. 3.4.4.8). Es ist daher davon auszugehen, dass im Herbst 2020, Frühjahr 2021 wie auch im Herbst 2021 die Fängigkeit der zwei eingesetzten Baumkurren gleich war. Somit werden im Folgenden die während beider Kampagnen an jeder Station durchgeführten Doppelhols zusammengefasst betrachtet, wie es auch im StUK 4 vorgesehen ist.

Tab. 43: Statistischer Vergleich (T-Test (t) bzw. Mann-Whitney-U-Test (u)) der Kennwerte der mit beiden 7 m-Baumkurren (Bb: Backbord, Stb: Steuerbord) im Referenzgebiet durchgeführten Hols.

Kennwert	Referenzgebiet								
	Herbst 2020			Frühjahr 2021			Herbst 2021		
	Bb	Stb	Stat. Vergleich	Bb	Stb	Stat. Vergleich	Bb	Stb	Stat. Vergleich
Artenzahl (n/Hol)	12,8 ± 1,1	12,4 ± 1,3	u 238,5 p 0,288	9,8 ± 1,4	10,0 ± 1,2	u 171,5 p 0,432	11,35 ± 1,79	11,4 ± 1,43	u 193,5 p 0,869
	Gesamtabundanz (Ind./ha)	174,6 ± 32,4	192,8 ± 36,1	u 141 p 0,114	199,8 ± 27,1	212,4 ± 23,1	t -1,58 p 0,123	133,2 ± 38,2	156,9 ± 34,29
Gesamtbio- masse (kg/ha)		8,5 ± 2,0	9,0 ± 2,3	u 170 p 0,429	7,7 ± 1,4	8,5 ± 1,9	u 137 p 0,091	5,41 ± 2,64	5,08 ± 1,93
	Diversität (H')	1,97 ± 0,08	1,96 ± 0,06	t 0,827 p 0,414	1,87 ± 0,08	1,85 ± 0,08	u 224 p 0,529	1,87 ± 0,12	1,84 ± 0,14
Äquität (J')		0,78 ± 0,03	0,78 ± 0,03	t -0,18 p 0,858	0,82 ± 0,04	0,81 ± 0,04	t 1,107 p 0,275	0,78 ± 0,09	0,76 ± 0,06

3.4.4.2 Artenzahl und Artenspektrum

Im Referenzgebiet wurden während der Datenaufnahmen der drei Kampagnen insgesamt 35 Arten mit der 7 m-Baumkurre und der 2 m-Baumkurre nachgewiesen. Von diesen 35 Arten traten im Herbst 2020 27 Arten, im Frühjahr 2021 23 Arten und im Herbst 2021 mit 29 Arten die insgesamt

höchste Artenzahl auf. Die mittlere Artenzahl lag bei $13 \pm 1,5$ im Herbst 2020, $10,6 \pm 1,5$ Arten im Frühjahr 2021 und im Herbst 2021 bei $14,7 \pm 1,8$.

Mit der 2 m-Baumkurre, die bei der Erfassung der Epifauna zum Einsatz kam (s. Kap. 2.4.2), wurde mit der Kleinen Seenadel im Frühjahr 2021 eine zusätzliche Art erfasst, welche mit der 7 m-Baumkurre nicht nachgewiesen wurde. Insgesamt wurden mit der 2 m-Baumkurre mit 12 Arten im Herbst 2020, 15 Arten im Frühjahr 2021 und 16 Arten im Herbst 2021 deutlich weniger Arten erfasst als mit der 7 m-Baumkurre (27 im Herbst 2020, 22 im Frühjahr 2021 und 29 im Herbst 2021). Das gesamte Artenspektrum für das Referenzgebiet zeigt Tab. 44. Die erfassten Arten der 2 m-Baumkurre sind mit einem * gekennzeichnet.

Das Fischartenspektrum war in allen Kampagnen von bodennah lebenden Fischarten dominiert. Insbesondere Plattfische charakterisierten die Artenzusammensetzung; mit Scholle, Kliesche, Lammzunge, Zwergzunge, Steinbutt, Limande, Glattbutt und Seezunge wurden insgesamt 8 Plattfischarten nachgewiesen, mit Ausnahme des Glattbutts jeweils in allen Kampagnen.

Ausschließlich im Herbst 2020 konnten Kurzschnäuziges Seepferdchen, Schellfisch und Köhler gefangen werden. Nur im Frühjahr 2021 kamen Kleiner Sandaal, Blaumäulchen und die Kleine Seenadel vor. Im Herbst 2021 kamen drei Arten hinzu, welche zuvor noch nicht nachgewiesen wurden: Hornhecht, Dreistachliger Stichling und die Schwarzgrundel. Einige Arten waren auf die beiden Herbstkampagnen beschränkt: bspw. Fleckrochen, Glattbutt, Streifenbarbe, Stöcker, Franzosendorsch und Kabeljau (siehe dazu auch Tab. 44).

Es handelt sich bei den genannten Arten, deren Vorkommen auf eine Kampagne beschränkt war, fast ausschließlich um Einzelexemplare (Kleine Seenadel, Blaumäulchen). Über Einzel- und damit Zufallsfänge lassen sich nur schwer grundsätzliche Rückschlüsse über die Saisonalität des Vorkommens ableiten. Auf ein etwas ausgeprägteres saisonales Vorkommen lassen jedoch dennoch einige Arten schließen. So traten einige Arten beispielsweise in beiden Herbstkampagnen auf, waren dort auch in etwas höheren Abundanzen nachweisbar (s. dazu Kap. 3.4.4.5 für die Abundanz) und sind zudem auch in anderen Offshore Windparkuntersuchungen in den Herbstfängen häufiger vertreten. Hierzu zählen bspw. Roter Knurrhahn, Stöcker, Franzosendorsch, Streifenbarbe und Kabeljau.

Mit Sprotte, Hering, Hornhecht und Stöcker wurden zudem vier pelagische (in der freien Wassersäule) lebende Arten im Referenzgebiet festgestellt. Der Fang von pelagischen Arten mit einem Fanggerät wie der Baumkurre ist allerdings als eher zufällig einzustufen, die Fänge sind somit nicht repräsentativ für das Vorkommen dieser Art im Gebiet. Die übrigen nachgewiesenen Arten haben alle überwiegend eine bodennahe Lebensweise und können mit der Baumkurre gut erfasst werden (neben den Plattfischfischarten bspw. noch Grauer Knurrhahn, Gestreifter Leierfisch, Grauer Knurrhahn, Wittling und Vierbärtelige Seequappe).

Anhand der taxonomischen Nach-Bearbeitung im Labor konnten zwei Grundelarten des *Pomatoschistus*-Komplexes im Referenzgebiet erfasst werden: *Pomatoschistus norvegicus* (Norwegengrundel) sowie die weitaus häufigere Art *Pomatoschistus minutus* (Sandgrundel). In der Herbstkampagne 2021 kam zudem die Schwarzgrundel (*Gobius niger*) hinzu.

Tab. 44: Artenspektrum der Fischfauna im Referenzgebiet im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.
Mit pelagischen Arten. *: auch mit der 2m-Baumkurre nachgewiesen. Rote Liste: THIEL et al. (2013): V = Vorwarnliste, 1 = vom Aussterben bedroht, 2 = Stark gefährdet, R = Extrem selten, G = Gefährdung unbekanntes Ausmaßes, D = Daten unzureichend.

Wissenschaftlicher Name	Umgangssprachlicher Name	Herbst 2020	Frühjahr 2021	Herbst 2021	Rote Liste
<i>Agonus cataphractus</i>	Steinpicker	x*	x*	x	
<i>Ammodytes marinus</i>	Kleiner Sandaal		x		D
<i>Aphia minuta</i>	Glasgrundel		x	x	
<i>Arnoglossus laterna</i>	Lammzunge	x*	x*	x*	
<i>Belone belone</i>	Hornhecht			x*	
<i>Buglossidium luteum</i>	Zwergzunge	x*	x*	x*	
<i>Callionymus lyra</i>	Gestreifter Leierfisch	x*	x*	x*	
<i>Chelidonichthys lucerna</i>	Roter Knurrhahn	x	x	x	
<i>Clupea harengus</i>	Hering	x	x*	x	
<i>Enchelyopus cimbrius</i>	Vierbärtelige Seequappe	x*	x*	x*	
<i>Eutrigla gurnardus</i>	Grauer Knurrhahn	x*	x*	x*	
<i>Gadus morhua</i>	Kabeljau	x		x	V
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Dreistachliger Stichling			x	
<i>Gobius niger</i>	Schwarzgrundel			x	
<i>Helicolenus dactylopterus</i>	Blaumäulchen		x		
<i>Hippocampus hippocampus</i>	Kurzschnäuziges Seepferdchen	x			D
<i>Limanda limanda</i>	Kliesche	x*	x*	x*	
<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	Schellfisch	x			2
<i>Merlangius merlangus</i>	Wittling	x*	x*	x*	
<i>Microstomus kitt</i>	Limande	x*	x*	x*	
<i>Mullus surmuletus</i>	Streifenbarbe	x		x*	
<i>Pleuronectes platessa</i>	Scholle	x*	x*	x*	
<i>Pollachius virens</i>	Köhler	x			D
<i>Pomatoschistus minutus</i>	Sandgrundel	x*	x*	x*	
<i>Pomatoschistus norvegicus</i>	Norwegengrundel	x	x*	x*	
<i>Raja clavata</i>	Nagelrochen	x	x	x	1
<i>Raja montagui</i>	Fleckrochen	x		x	R
<i>Scophthalmus maximus</i>	Steinbutt	x	x	x	V
<i>Scophthalmus rhombus</i>	Glattbutt	x		x*	
<i>Scylliorhinus canicula</i>	Kleingefleckter Katzenhai		x	x	
<i>Solea solea</i>	Seezunge	x*	x	x*	V
<i>Sprattus sprattus</i>	Sprotte	x	x*	x*	
<i>Syngnathus rostellatus</i>	Kleine Seenadel		*		
<i>Trachurus trachurus</i>	Stöcker	x		x	
<i>Trisopterus luscus</i>	Franzosendorsch	x		x	V
Gesamt	35	27	23	29	10

3.4.4.3 Rote-Liste-Arten / Bemerkenswerte Arten

Der Gefährdungsstatus der erfassten Fische nach der Roten Liste wurde auf der Basis von THIEL et al. (2013) beurteilt. Demnach wurden zehn Arten der aktuellen Roten Liste erfasst (s. Tab. 44). Hierbei handelt es sich zum einen um Arten der Vorwarnliste (Kategorie V): Kabeljau, Seezunge, Steinbutt und Franzosendorsch. Zum anderen wurde der Nagelrochen (RL Kategorie 1, Vom Aussterben bedroht) und der Fleckrochen (RL Kategorie R, extrem selten) im Referenzgebiet erfasst. Mit der Gefährdungskategorie 2 (Stark gefährdet) wurde der Schellfisch erfasst. Zudem konnte mit der Kategorie D (Daten unzureichend) das Kurzschnäuzige Seepferdchen, der Köhler und der Kleine Sandaal nachgewiesen werden. Alle anderen nachgewiesenen Arten werden als ungefährdet eingestuft (Tab. 44, Tab. 45).

Beide erfassten Rochenarten, der Kabeljau und das Kurzschnäuzige Seepferdchen werden neben der Roten Liste auch auf der OSPAR-Liste der zurückgehenden und gefährdeten Arten im Nord-Ostatlantik aufgeführt (OSPAR 2008).

Fischarten, die nach Anhang II der Flora-Fauna-Habitatrichtlinie (FFH-Richtlinie) eine besondere Bedeutung haben, wurden nicht nachgewiesen.

Im Nordseegebiet wurde von insgesamt 107 etablierten Fischarten und Rundmäulern die Gefährdungssituation bewertet, ihr relativer Anteil an den jeweiligen Rote-Liste-Kategorien ist in Tab. 45 aufgeführt. Dem gegenübergestellt sind die während der aktuellen Untersuchungen im Referenzgebiet ermittelten Anteile. Während der aktuellen Untersuchungen war der Anteil von Arten der Rote-Liste-Kategorie 0-R mit insgesamt 7,7 % geringer als im Vergleich zur gesamten deutschen Nordsee (Anteil von insgesamt 27,1 %). Der Anteil von Arten der Kategorie D war im Referenzgebiet mit 7,7 % ebenfalls geringer als im Gesamtbereich der deutschen Nordsee (Anteil von 22,4 %). Dagegen war der Anteil von Arten der Vorwarnliste (Anteil von 10,3 %) und der von ungefährdeten Arten (Anteil von 64,1 %) während der Untersuchungen im Referenzgebiet höher.

Tab. 45: Absolute Anzahl und relativer Anteil der Rote-Liste-Kategorien (nach THIEL et al. 2013) im Referenzgebiet und in der deutschen Nordsee.

Rote-Liste-Kategorie	Region Nordsee (THIEL et al. 2013)		Referenzgebiet	
	absolute Artenzahl	relativer Anteil (%)	absolute Artenzahl	relativer Anteil (%)
0: Ausgestorben oder verschollen	3	2,8	0	0,0
1: Vom Aussterben bedroht	8	7,5	1	2,6
2: Stark gefährdet	7	6,5	1	2,6
3: Gefährdet	2	1,9	0	0,0
G: Gefährdung unbekanntes Ausmaßes	5	4,7	0	0,0
R: Extrem selten	4	3,7	1	2,6
V: Vorwarnliste	7	6,5	4	10,3
*: Ungefährdet	47	43,9	25	64,1
D: Daten unzureichend	24	22,4	3	7,7
Summe Artenzahl	107		35	

Allgemeine Literaturangaben zu den hier beschriebenen Rote-Liste-Arten sind bereits in Kap. 3.3.4.3 aufgeführt und werden hier nicht wiederholt.

Der **Nagelrochen** (*Raja clavata*) konnte mit 6 Individuen im Frühjahr 2021 im Referenzgebiet erfasst werden (im Mittel 0,15 Ind./ha). Beide Geschlechter waren im Verhältnis 5:1 zugunsten der Weibchen vertreten. Im Herbst 2020 konnte 1 Männchen (im Mittel 0,02 Ind./ha) nachgewiesen werden. In der Kampagne Herbst 2021 ließen sich 14 Individuen (im Mittel 0,37 Ind./ha) im Verhältnis 2:12 (Männchen:Weibchen) nachweisen.

Der **Fleckrochen** (*Raja montagui*) wurde im Herbst 2020 mit 4 Individuen im Referenzgebiet nachgewiesen (im Mittel 0,09 Ind./ha). Hier waren 3 Männchen und 1 Weibchen vertreten. Im Herbst 2021 konnten 3 männliche Fleckrochen in den Hols erfasst werden (im Mittel 0,07 Ind./ha).

Der **Schellfisch** (*Melanogrammus aeglefinus*) wurde im Herbst 2020 mit 1 Individuum (0,02 Ind./ha) im Referenzgebiet nachgewiesen.

Von der **Seezunge** (*Solea solea*) wurden im Herbst 2020 insgesamt 79 Individuen im Referenzgebiet gefangen, was einer mittleren Dichte von 1,87 Ind./ha entspricht. Im Frühjahr 2021 wurden nur 2 Seezungen (im Mittel 0,05 Ind./ha) gefangen. In der Herbstkampagne 2021 waren 31 Individuen (im Mittel 0,77 Ind./ha) in den Hols im Referenzgebiet vertreten.

Der **Kabeljau** (*Gadus morhua*) konnte nur im Herbst 2020 mit insgesamt 25 Individuen, was einer mittleren Dichte von 0,60 Ind./ha entspricht, nachgewiesen werden. Im Herbst 2021 konnte nur 1 Individuum (im Mittel 0,02 Ind./ha) in den Hols im Referenzgebiet erfasst werden.

Der **Steinbutt** (*Scophthalmus maximus*) wurde im Referenzgebiet mit 36 Individuen im Herbst 2020 (im Mittel 0,85 Ind./ha) und im Frühjahr 2021 mit nur 3 Individuen (im Mittel 0,08 Ind./ha) nachgewiesen. In der Herbstkampagne 2021 ließen sich 39 Individuen (im Mittel 0,97 Ind./ha) erfassen.

Der **Franzosendorsch** (*Trisopterus luscus*) wurde insgesamt mit 8 Individuen in den Herbsthols 2020 erfasst, was einer mittleren Dichte von 0,19 Ind./ha entspricht. In der Herbstkampagne 2021 waren zwei Individuen (im Mittel 0,05 Ind./ha) in den Hols vertreten.

Das **Kurzschnäuzige Seepferdchen** (*Hippocampus hippocampus*) wurde mit 1 Individuum (im Mittel 0,02 Ind./ha) im Herbst 2020 erfasst.

Nicht auf der Roten Liste, aber dennoch erwähnenswert sind die 2 nachgewiesenen **Kleingefleckten Katzenhaie** (*Scyliorhinus canicula*), welche im Frühjahr 2021 erfasst werden konnten. Im Herbst 2021 war ein Individuum in den Hols vertreten. Hierbei handelte es sich ausschließlich um Weibchen. Zudem wurden ein **Köhler** und ein **Blaumäulchen** (s.a. Abb. 55) im Referenzgebiet erfasst. Diese Arten unterstehen zwar explizit keinem Schutzstatus, sind dennoch selten in den Fängen beispielsweise in anderen Windparkregionen nachweisbar.



Abb. 55: Blaumäulchen (*Helicolenus dactylopterus*), erfasst im Referenzgebiet im Frühjahr 2021.

3.4.4.4 Präsenz

Im Herbst 2020 traten im Referenzgebiet 8 Arten in 100 % der durchgeführten Hols (n = 40) auf (Abb. 56). Hierzu zählten Lammzunge, Zwergzunge, Kliesche, Scholle, Gestreifter Leierfisch, Wittling, Vierbärtelige Seequappe und Sandgrundel. Mit einer Präsenz von 77–67 % folgten die Arten Seezunge, Steinpicker, Grauer Knurrhahn und Steinbutt. Mit 50–27 % waren Kabeljau, Sprotte und Streifenbarbe vertreten. Der Franzosendorsch trat nur noch mit 20 % und der Rote Knurrhahn mit 17,5 % in den durchgeführten Hols auf. Hierauf folgten weitere weniger präsenzte Arten, welche der Abb. 56 zu entnehmen sind.

Das Frühjahr 2021 wies im Vergleich zum Herbst 2020 in 100 % der durchgeführten Hols dieselben 6 Arten auf (Lammzunge, Zwergzunge, Kliesche, Scholle, Gestreifter Leierfisch und Wittling s.a. Abb. 56). Die Sandgrundel war jedoch im Vergleich zum Herbst mit 52 % weniger stetig in den Fängen vertreten. Die Vierbärtelige Seequappe wies ebenso wie im Herbst eine hohe Präsenz in den Fängen auf. Sie konnte in 39 von 40 Hols erfasst werden. Ein geringes Auftreten in den Frühjahrshols im Vergleich zur Herbstkampagne zeigten die Seezunge (5 %) und der Steinbutt (5 %), gar nicht nachweisbar waren Kabeljau, Streifenbarbe und Franzosendorsch. Demgegenüber war der Graue Knurrhahn im Frühjahr in 100 % der Hols nachweisbar. Der Steinpicker wies eine Präsenz von 30 %, Limande und Norwegengrundel jeweils 35 % auf. Auch die pelagischen Arten Hering und Sprotte waren in 22 % bzw. 52 % der Hols vertreten. Weitere, weniger präsenzte Arten sind der Abb. 56 zu entnehmen.

Im Herbst 2021 waren 6 in 100 % der durchgeführten Hols vertreten: Scholle, Kliesche, Wittling, Vierbärtelige Seequappe, Zwerg- und Lammzunge. Eine hohe Präsenz mit 98–93 % zeigten zudem Sandgrundel, Gestreifter Leierfisch und Sprotte. Mit 60–40 % Präsenz in den Fängen waren Steinbutt, Norwegengrundel, Seezunge und Steinpicker vertreten. Weitere weniger präsenzte Arten sind der Abb. 57 zu entnehmen.

Einige Arten zeigten wie oben beschrieben eine ausgeprägte Saisonalität in ihrer Präsenz. Dies wird insbesondere für die Sandgrundel, die Seezunge und den Steinbutt deutlich. Ebenso traten bspw. Kabeljau, Streifenbarbe und Franzosendorsch in der Herbstkampagne 2020 in 50–20 % der Hols

auf, im Frühjahr wurden diese Arten gar nicht erfasst. Im Frühjahr waren solche saisonalen Unterschiede bis auf den Grauen Knurrhahn etwas weniger stark ausgeprägt (Abb. 56).

Vier der acht Plattfischarten, wiesen über den gesamten Beobachtungszeitraum Präsenzen von 100 % auf.

Aufgrund der klimatischen Entwicklung haben südliche Arten (bspw. Roter Knurrhahn und Streifenbarbe) in den letzten Jahren in deutschen Gewässern deutlich zugenommen (EHRICH & STRANSKY 2001, EHRICH et al. 2007) und werden heute regelmäßig erfasst.

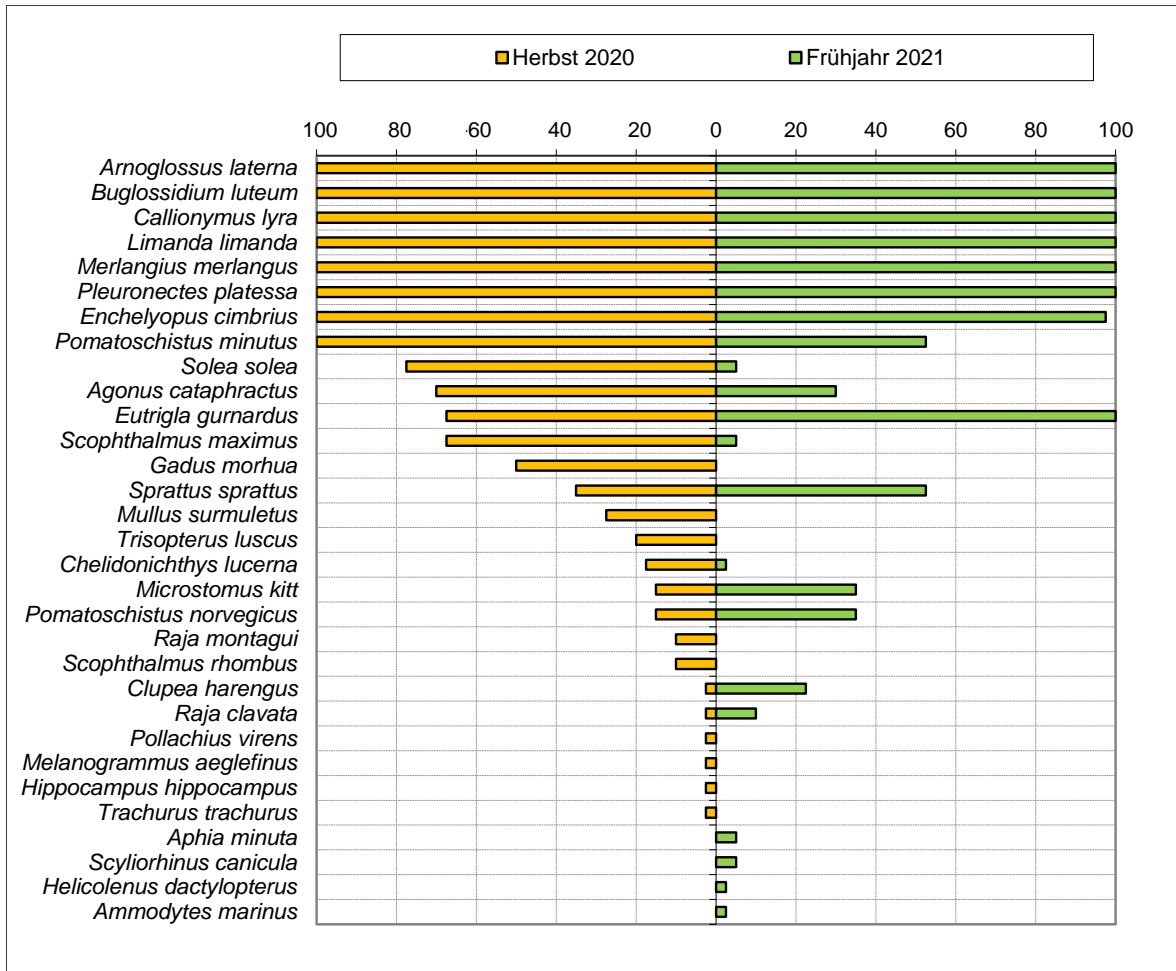


Abb. 56: Präsenz (%) der Fischarten im Referenzgebiet im Herbst 2020 und Frühjahr 2021.
Mit pelagischen Arten, nur Baumkurrenfänge.

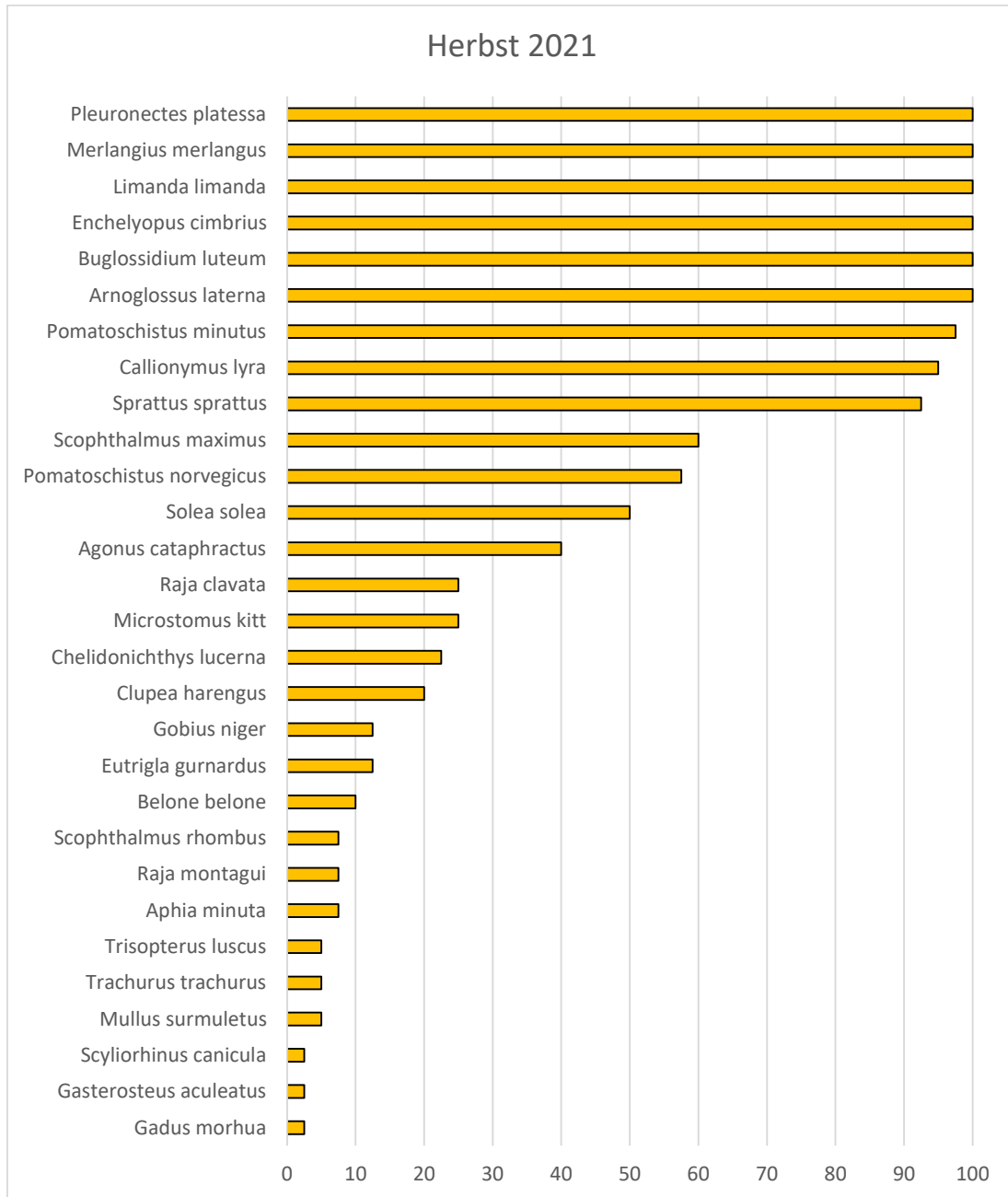


Abb. 57: Präsenz (%) der Fischarten im Referenzgebiet im Herbst 2021.
Mit pelagischen Arten, nur Baumkurrenfänge.

3.4.4.5 Abundanz

Gesamtabundanz

Die mittlere Gesamtabundanz aller erfassten Fische war im Frühjahr 2021 mit $206 \pm 25,6$ Ind./ha etwas höher als im Herbst 2020 mit $184 \pm 35,1$ Ind./ha. Im Herbst 2021 wurde die geringste mittlere Gesamtabundanz mit $145 \pm 37,3$ Ind./ha ermittelt.

Artspezifische Abundanz

Mit einer mittleren Abundanz von 42 Ind./ha bzw. 45 Ind./ha waren die Kliesche und die Zwergzunge im Herbst 2020 die häufigsten Arten (Tab. 46). Mit etwas Abstand folgten dann Lammzunge und Scholle mit mittleren Abundanzen von 31 bis 24 Ind./ha. Mit einer mittleren Abundanz von etwa 8–10 Ind./ha traten der Gestreifte Leierfisch, Wittling, Sandgrundel und Vierbärtelige Seequappe auf. Steinpicker und Seezunge waren mit Werten von 1,7 bzw. 1,9 Ind./ha in den Hols des Referenzgebietes vertreten. Alle weiteren Arten waren weit weniger häufig vertreten und lagen bei Individuendichten von unter 1 Ind./ha (Tab. 46).

Im Frühjahr 2021 wies die Kliesche und die Zwergzunge mit 51 bzw. 47 Ind./ha ebenfalls die höchste Abundanz auf. Anders als im Herbst konnten für die Sandgrundel im Frühjahr nur geringe Abundanzen (im Mittel 1,4 Ind./ha) dokumentiert werden. Scholle und Wittling wiesen mit 29 bzw. 30 Ind./ha etwas höhere Abundanzen auf als im Herbst. Die Lammzunge wies eine Abundanz von 24 Ind./ha, der Gestreifte Leierfisch von 11 Ind./ha und die Vierbärtelige Seequappe von 4 Ind./ha im Mittel auf. Der Graue Knurrhahn war mit im Mittel 8 Ind./ha deutlich häufiger vertreten als im Herbst. Weitere Individuendichten sind der Tab. 46 zu entnehmen.

Im Herbst 2021 wurden hohe Abundanzen für Zwerg- und Lammzunge festgestellt (46 bzw. 39 Ind./ha). Wittling und Scholle waren mit 15 bzw. 14 Ind./ha mittlere Abundanz in den Fängen vertreten. Die Kliesche wies mit 8,5 Ind./ha eine im Vergleich zu den vorherigen Kampagnen geringe mittlere Abundanz auf. Weitere Individuendichten sind der Tab. 46 zu entnehmen.

Demnach lassen sich für einige Arten saisonale Unterschiede in der Abundanz feststellen. Das gilt insbesondere für die Arten Grauer Knurrhahn, Scholle und Wittling (hohe Abundanzen im Frühjahr) und Sandgrundel (hohe Abundanzen im Herbst). Zudem war die mittlere Gesamtabundanz im Frühjahr im Vergleich zu den Herbstkampagnen höher.

Tab. 46: Artspezifische mittlere Abundanz (Ind./ha) der Fischarten im Referenzgebiet im Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).
Ohne pelagische Arten.

Wissenschaftlicher Name	Umgangssprachlicher Name	H 20	F 21	H 21
		Abundanz [Ind./ha]	Abundanz [Ind./ha]	Abundanz [Ind./ha]
<i>Agonus cataphractus</i>	Steinpicker	1,68	0,35	0,62
<i>Ammodytes marinus</i>	Kleiner Sandaal	-	0,02	-
<i>Aphia minuta</i>	Glasgrundel	-	0,05	0,12
<i>Arnoglossus laterna</i>	Lammzunge	31,08	23,56	38,95
<i>Buglossidium luteum</i>	Zwergzunge	45,32	46,98	45,61
<i>Callionymus lyra</i>	Gestreifter Leierfisch	8,57	10,53	4,85
<i>Chelidonichthys lucerna</i>	Roter Knurrhahn	0,17	0,02	0,26
<i>Enchelyopus cimbrius</i>	Vierbärtelige Seequappe	8,04	3,78	4,00
<i>Eutrigla gurnardus</i>	Grauer Knurrhahn	0,88	7,67	0,14
<i>Gadus morhua</i>	Kabeljau	0,60	-	0,02
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Dreistachliger Stichling	-	-	0,19
<i>Gobius niger</i>	Schwarzgrundel	-	-	0,19

Wissenschaftlicher Name	Umgangssprachlicher Name	H 20	F 21	H 21
		Abundanz [Ind./ha]	Abundanz [Ind./ha]	Abundanz [Ind./ha]
<i>Helicolenus dactylopterus</i>	Blaumäulchen	-	0,03	-
<i>Hippocampus hippocampus</i>	Kurzschnäuziges Seepferdchen	0,02	-	-
<i>Limanda limanda</i>	Kliesche	42,07	51,33	8,48
<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	Schellfisch	0,02	-	-
<i>Merlangius merlangus</i>	Wittling	8,25	30,45	15,05
<i>Microstomus kitt</i>	Limande	0,14	0,42	0,35
<i>Mullus surmuletus</i>	Streifenbarbe	0,33	-	0,05
<i>Pleuronectes platessa</i>	Scholle	23,66	28,69	13,45
<i>Pollachius virens</i>	Köhler	0,02	-	-
<i>Pomatoschistus minutus</i>	Sandgrundel	9,55	1,44	9,50
<i>Pomatoschistus norvegicus</i>	Norwegengrundel	0,18	0,46	0,93
<i>Raja clavata</i>	Nagelrochen	0,02	0,15	0,37
<i>Raja montagui</i>	Fleckrochen	0,09	-	0,07
<i>Scophthalmus maximus</i>	Steinbutt	0,85	0,08	0,97
<i>Scophthalmus rhombus</i>	Glattbutt	0,10	-	0,07
<i>Scyllorhinus canicula</i>	Kleingefleckter Katzenhai	-	0,05	0,02
<i>Solea solea</i>	Seezunge	1,87	0,05	0,77
<i>Trisopterus luscus</i>	Franzosendorsch	0,19	-	0,05
Gesamtergebnis		183,72	206,11	145,08

3.4.4.6 Biomasse

Gesamtbiomasse

Die mittlere Gesamtbiomasse wies ähnlich hohe Werte während der beiden Kampagnen auf: $8,1 \pm 1,7$ kg/ha im Frühjahr 2021 und $8,8 \pm 2,1$ kg/ha im Herbst 2020. Im Herbst 2021 lag die mittlere Gesamtbiomasse mit 5 kg/ha deutlich unter den vorherigen Kampagnen (Tab. 47).

Artspezifische Biomasse

Die Biomasse wurde in den Kampagnen Herbst 2020 und Frühjahr 2021 sowohl von der Kliesche (2,6 kg/ha im Herbst 2020 und 2,4 kg/ha im Frühjahr 2021) als auch der Scholle geprägt (2,9 kg/ha im Herbst 2020 und 2,8 kg/ha im Frühjahr 2021). Darüber hinaus erreichte der Steinbutt eine mittlere Biomasse von 1 kg/ha im Herbst 2020. Während der Frühjahrskampagne 2021 wiesen Wittling mit 1 kg/ha nennenswerte mittlere Biomassen auf. Die übrigen Biomassewerte sind der Tab. 47 zu entnehmen. Im Herbst 2021 trat die Scholle mit einer mittleren Biomasse von 1,42 kg/ha in den Fängen auf. Weitere nennenswerten Biomassen wiesen die Nagelrochen (0,67 kg/ha), Steinbutt (0,63 kg/ha), Wittlinge (0,62 kg/ha), Kliesche (0,51 kg/ha), Zwergzungen (0,45 kg/ha) und Lammzungen (0,36 kg/ha) auf (Tab. 47).

Tab. 47: Artspezifische mittlere Biomasse (kg/ha) der Fischarten im Referenzgebiet im Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).
Ohne pelagische Arten.

Wissenschaftlicher Name	Umgangssprachlicher Name	H 20	F 21	H 21
		Biomasse [kg/ha]	Biomasse [kg/ha]	Biomasse [kg/ha]
<i>Agonus cataphractus</i>	Steinpicker	0,01	0,003	0,01
<i>Ammodytes marinus</i>	Kleiner Sandaal	-	0,0005	-
<i>Aphia minuta</i>	Glasgrundel	-	0,0001	0,0001
<i>Arnoglossus laterna</i>	Lammzunge	0,30	0,22	0,36
<i>Buglossidium luteum</i>	Zwergzunge	0,44	0,44	0,45
<i>Callionymus lyra</i>	Gestreifter Leierfisch	0,28	0,29	0,14
<i>Chelidonichthys lucerna</i>	Roter Knurrhahn	0,04	0,02	0,08
<i>Enchelyopus cimbrius</i>	Vierbärtelige Seequappe	0,17	0,09	0,06
<i>Eutrigla gurnardus</i>	Grauer Knurrhahn	0,05	0,45	0,01
<i>Gadus morhua</i>	Kabeljau	0,04	-	0,002
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Dreistachliger Stichling	-	-	0,0003
<i>Gobius niger</i>	Schwarzgrundel	-	-	0,0004
<i>Helicolenus dactylopterus</i>	Blaumäulchen	-	0,002	-
<i>Hippocampus hippocampus</i>	Kurzschnäuziges Seepferdchen	0,00005	-	-
<i>Limanda limanda</i>	Kliesche	2,59	2,35	0,51
<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	Schellfisch	0,001	-	-
<i>Merlangius merlangus</i>	Wittling	0,33	1,01	0,62
<i>Microstomus kitt</i>	Limande	0,01	0,02	0,02
<i>Mullus surmuletus</i>	Streifenbarbe	0,01	-	0,002
<i>Pleuronectes platessa</i>	Scholle	2,89	2,84	1,42
<i>Pollachius virens</i>	Köhler	0,001	-	-
<i>Pomatoschistus minutus</i>	Sandgrundel	0,02	0,002	0,02
<i>Pomatoschistus norvegicus</i>	Norwegengrundel	0,0004	0,001	0,00
<i>Raja clavata</i>	Nagelrochen	0,01	0,28	0,67
<i>Raja montagui</i>	Fleckrochen	0,08	-	0,04
<i>Scophthalmus maximus</i>	Steinbutt	0,95	0,04	0,63
<i>Scophthalmus rhombus</i>	Glattbutt	0,08	-	0,03
<i>Scyliorhinus canicula</i>	Kleingefleckter Katzenhai	-	0,02	0,003
<i>Solea solea</i>	Seezunge	0,43	0,01	0,16
<i>Trisopterus luscus</i>	Franzosendorsch	0,01	-	0,005
Gesamtergebnis		8,75	8,10	5,24

3.4.4.7 Diversität und Äquität

Im Herbst 2020 wies das Referenzgebiet eine mittlere Diversität von $1,97 \pm 0,07$ und einen Äquitäts-Wert von $0,78 \pm 0,03$ auf. Im Frühjahr 2021 lag die mittlere Diversität bei $1,86 \pm 0,07$

und der Äquitäts-Wert bei $0,82 \pm 0,04$. Im Herbst 2021 lag die mittlere Diversität bei $1,94 \pm 0,11$ und die Äquität bei $0,82 \pm 0,04$.

3.4.4.8 Dominanzverhältnisse

Die Dominanzverhältnisse in der Fischgemeinschaft werden durch die Abundanz- und Biomasseanteile der Arten bestimmt. Als eudominant werden Arten mit einem Anteil von $>30\%$ bezeichnet, als dominant diejenigen mit einem Anteil von $10\text{--}30\%$ und als subdominant die mit einem Anteil von $3\text{--}10\%$ (STÖCKER & BERGMANN 1977).

Charakterarten

Auf der Basis der Häufigkeitsanteile stellen im Herbst 2020 im Referenzgebiet sieben der erfassten Arten die Charakterarten dar, d.h. sie stellen $\geq 90\%$ der Gesamtindividuedichte. Dabei handelt es sich um Zwergzunge, Kliesche, Lammzunge, Scholle, Wittling, Gestreifter Leierfisch sowie die Grundeln des *Pomatoschistus*-Komplexes. Im Frühjahr 2021 bilden sechs Arten $\geq 90\%$ der Gesamtindividuedichte: Kliesche, Zwergzunge, Wittling, Scholle, Lammzunge und Gestreifter Leierfisch. Im Herbst 2021 stellen folgende Arten 90% der Gesamtindividuedichte: Zwergzunge, Lammzunge, Wittling, Scholle, Grundeln und Kliesche (Abb. 58).

Häufigkeitsanteile

Im Herbst 2020 waren Kliesche und Zwergzunge mit 23 bzw. 25 % Anteil am Gesamtfang die dominanten Arten im Referenzgebiet. Die Lammzunge mit einem Häufigkeitsanteil von 17 % folgt an dritter Stelle und mit einem Anteil von 13 % am Gesamtfang ist erst die Scholle zu nennen. Vier weitere Arten wiesen Häufigkeitsanteile von 4–5 % auf: Grundeln des *Pomatoschistus*-Komplexes, Gestreifter Leierfisch, Wittling und Vierbärtelige Seequappe. Alle weiteren Arten wiesen einen noch geringeren Anteil auf und sind unter „Sonstige“ zusammengefasst (Abb. 58).

Im Frühjahr 2021 waren die Häufigkeitsverhältnisse im Vergleich zum Herbst 2020 sehr ähnlich. Die Kliesche und die Zwergzunge waren ebenfalls die dominanten Arten und wiesen mit 25 % bzw. 23 % Anteil am Gesamtfang auf. Die Scholle wies mit 14 % ebenfalls einen ähnlichen Anteil auf wie im Herbst 2020 (13 %). Wittling und Lammzunge folgten mit einem Anteil von 15 bzw. 11 %. Der Gestreifte Leierfisch, der Graue Knurrhahn und die Vierbärtelige Seequappe waren mit einem Anteil von 5–2 % Anteil am Gesamtfang vertreten. Alle weiteren Arten wiesen einen noch geringeren Anteil auf und sind unter „Sonstige“ zusammengefasst (Abb. 58).

Im Herbst 2021 waren die Häufigkeitsanteile im Vergleich zu den vorherigen Kampagnen etwas anders verteilt. Die Kliesche erreichte nur einen Anteil von 6 %. Demgegenüber waren die Anteile von Zwerg- und Lammzunge mit 31 bzw. 27 % deutlich höher als in den vorangegangenen Kampagnen und zählen damit zu den dominanten Arten. Schollen erreichten 9 % und die Grundeln des *Pomatoschistus*-Komplexes 7 % Anteil am Gesamtfang (Abb. 58).

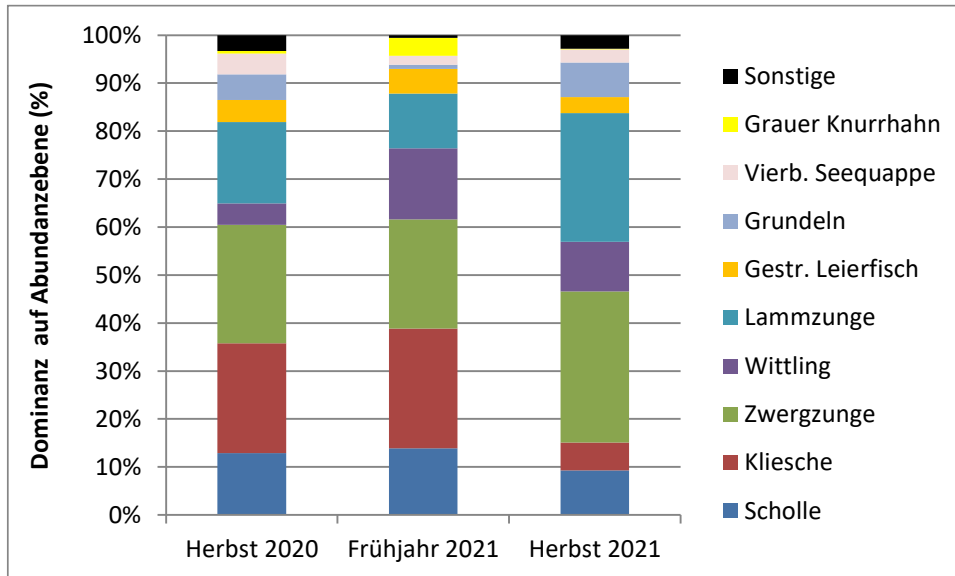


Abb. 58: Häufigkeitsanteile (%) der Fischarten im Referenzgebiet im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.

Die Variabilität der Dominanzanteile hinsichtlich ihrer Abundanz zwischen den einzelnen Hols wird in Abb. 59, Abb. 60 und Abb. 61 verdeutlicht. Wie laut StUK 4 vorgesehen, werden die beiden Netzseiten (Backbord- und Steuerbordseite) getrennt dargestellt. Insgesamt zeigen sich in beiden Saisonalitäten zwischen den beiden Netzseiten nur geringfügige Unterschiede. Die dominanten Arten verteilen sich weitgehend gleichsinnig. Es sind nur sehr geringe Unterschiede, wie bspw. im Herbst 2020 in Hol R-F-04 feststellbar. Hier wurde ein etwas größerer Anteil der Kliesche auf der Steuerbordseite erfasst als auf der Backbordseite (Abb. 59). Im Frühjahr 2021 war der Anteil der Lammzunge in Hol R-F-09 auf der Steuerbordseite (16 %) etwas höher als auf der Backbordseite (11 %) (Abb. 60). Ebenso wies im Herbst 2021 in Hol R-F-15 die Kliesche auf der Backbordseite etwas höhere Abundanzen auf als auf der Steuerbordseite (Abb. 61).

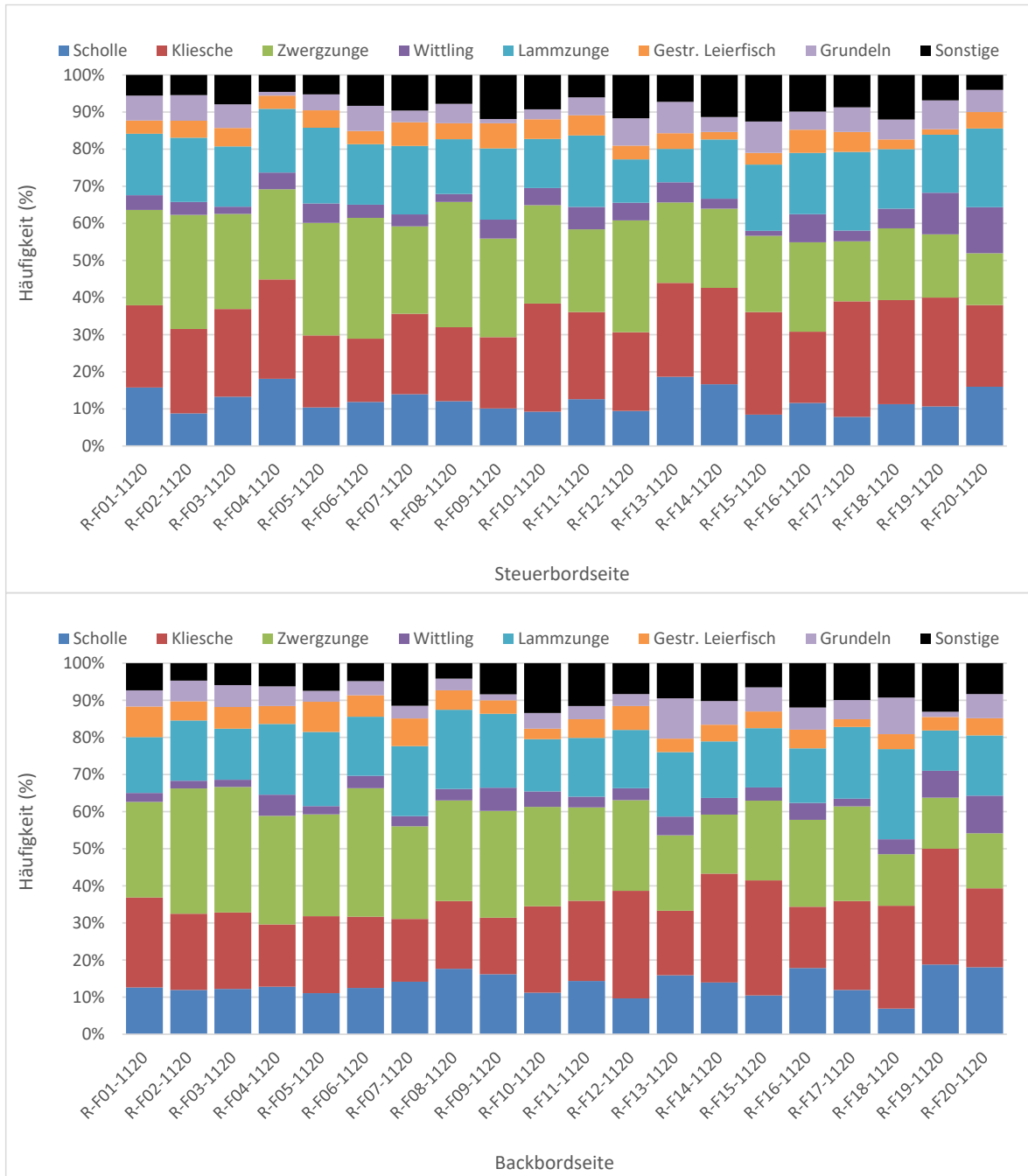


Abb. 59: Häufigkeitsanteile (%) der Fischarten in den einzelnen Hols im Referenzgebiet im Herbst 2020, getrennt nach den Netzseiten (Steuerbord- und Backbordseite).

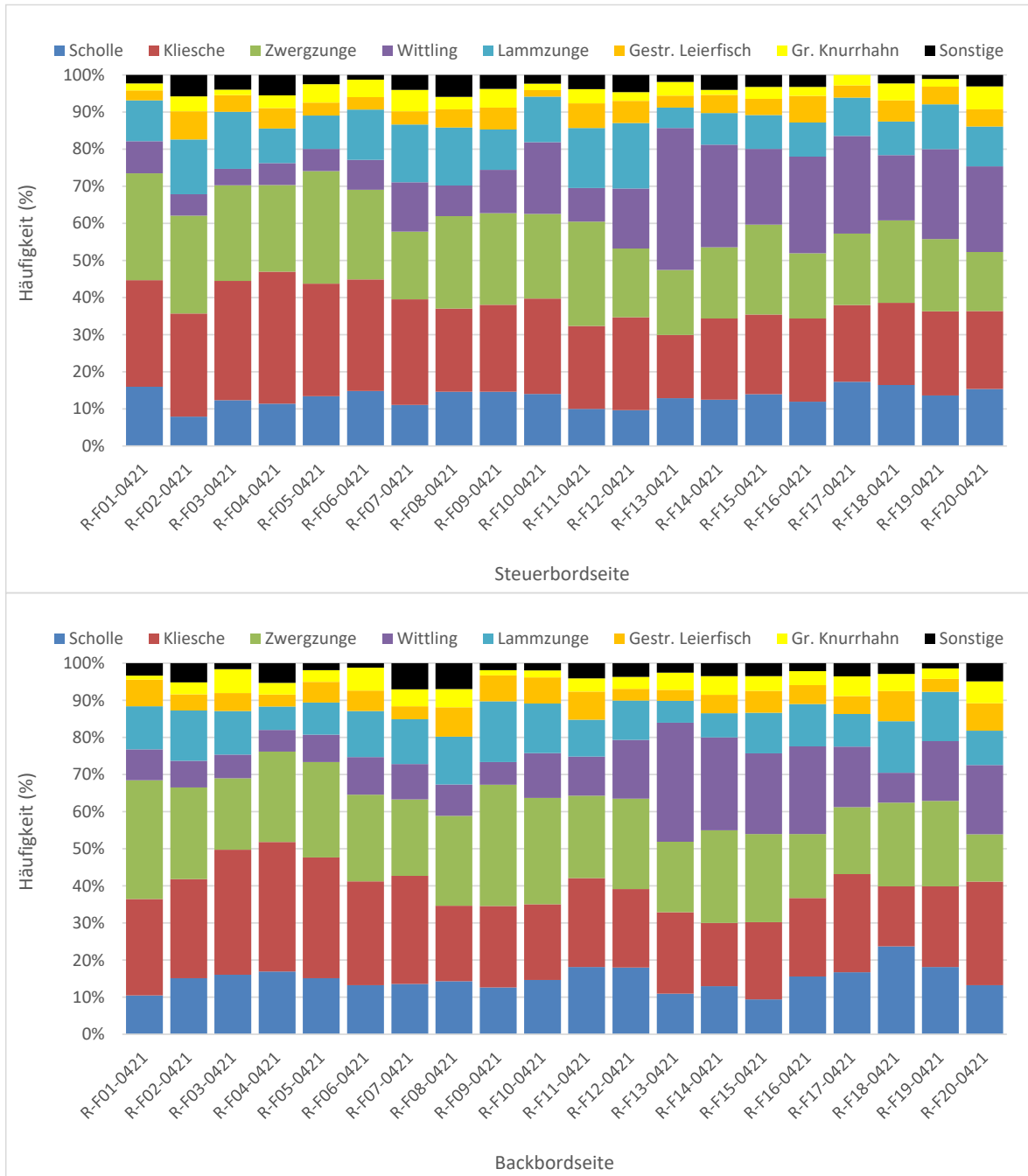


Abb. 60: Häufigkeitsanteile (%) der Fischarten in den einzelnen Hols im Referenzgebiet im Frühjahr 2021, getrennt nach den Netzseiten (Steuerbord- und Backbordseite).

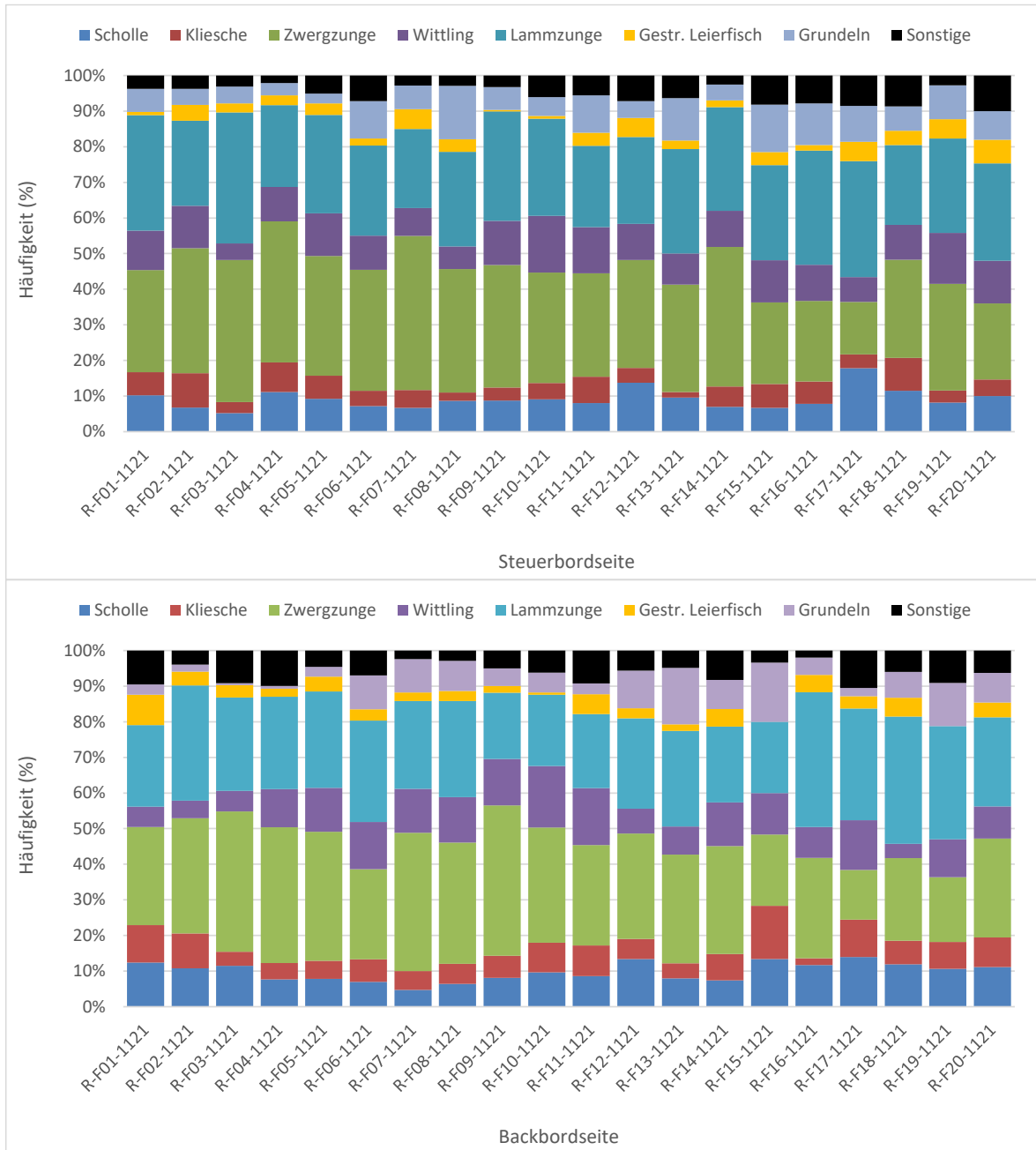


Abb. 61: Häufigkeitsanteile (%) der Fischarten in den einzelnen Hols im Referenzgebiet im Herbst 2021, getrennt nach den Netzseiten (Steuerbord- und Backbordseite).

Gewichtsanteile

Im Herbst 2020 und im Frühjahr 2021 wurden die Gewichtsanteile von der Kliesche und der Scholle dominiert. Die Kliesche wies sowohl im Herbst 2020 als auch im Frühjahr 2021 einen Anteil von jeweils 29 % auf. Bei der Scholle waren die Anteile ebenfalls ähnlich hoch und lagen im Herbst bei 33 % und im Frühjahr bei 35 % (Abb. 62). Der Wittling war mit 4 % (Herbst 2020) bzw. 12 % (Frühjahr 2021) Anteil an der Gesamtbiomasse beteiligt.

Im Herbst 2020 zählte zu den bereits oben benannten dominanten Arten Kliesche und Scholle der Steinbutt mit einem Anteil von 11 % ebenfalls zu den dominanten Arten. Vier weitere Arten wiesen neben dem Wittling jeweils einen Anteil von etwa 3–5 % an der Gesamtbiomasse auf: Hierzu gehörten Zwergzunge, Seezunge, Lammzunge und Gestreifter Leierfisch. Weitere Arten sind unter „Sonstige“ zusammengefasst.

Im Frühjahr 2021 trat neben Kliesche, Scholle und Wittling mit einem Anteil von jeweils 3–5 % der Graue Knurrhahn, die Zwergzunge, der Gestreifte Leierfisch, der Nagelrochen und die Lammzunge in den Fängen auf. Alle weiteren Arten sind mit geringeren Anteilen unter „Sonstige“ zusammengefasst (Abb. 62).

Im Herbst 2021 dominierte die Scholle mit einem Anteil von 27 % die Gesamtbiomasse. Daneben wiesen Kliesche, Wittling, Nagelrochen, Steinbutt und Zwergzunge Biomasseanteile von 9–13 % auf. Weiterhin wies die kleine und leichte Lammzunge mit 7 % immer noch einen erheblichen Anteil an der Gesamtbiomasse auf (Abb. 62).

Damit nahmen im Unterschied zu den Häufigkeitsanteilen die kleine Zwerg- und Lammzunge sowie die Grundeln bei den Gewichtsanteilen an Bedeutung ab und der größere und damit schwerere Nagelrochen oder die Seezunge an Bedeutung zu (Abb. 58, Abb. 62).

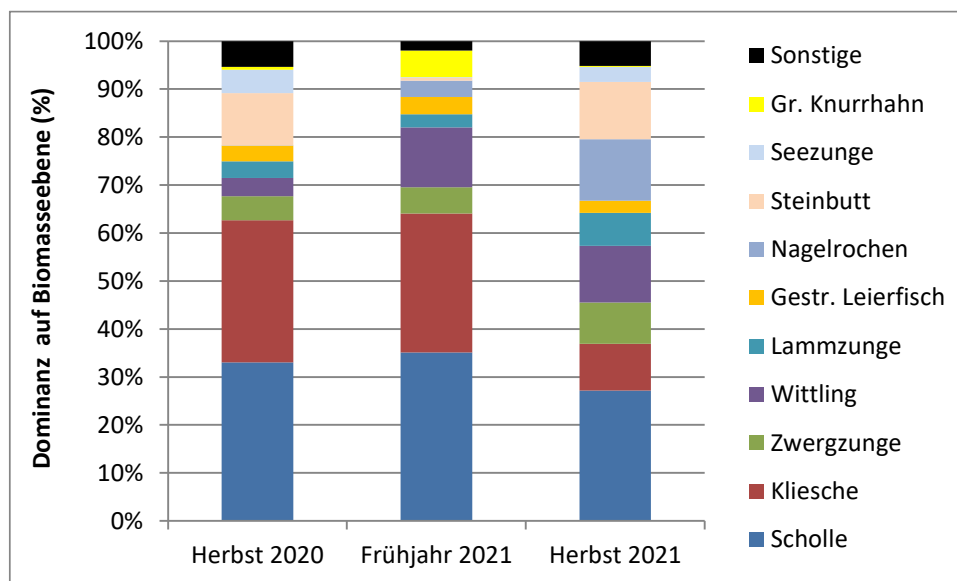


Abb. 62: Gewichtsanteile (%) der Fischarten im Referenzgebiet im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.

Die Variabilität der Biomasseanteile zwischen den einzelnen Hols wird in Abb. 63, Abb. 64 und Abb. 65 verdeutlicht. Auch hier zeigt sich, dass beide Netzseiten in ihrer Zusammensetzung als weitestgehend homogen zu bezeichnen sind. Tendenziell sind aber im Vergleich zu den Häufigkeitsanteilen etwas größere Unterschiede zu verzeichnen.

Die variierenden Anteile der unter „Sonstige“ fallenden Arten resultieren aus teilweise hohem Vorkommen von einzelnen, dafür aber schweren Fischen, wie z.B. im Herbst 2020 in Hol R-F11: Hier wurde auf der Backbordseite insgesamt ein hoher Anteil „Sonstige“ von 26 % festgestellt. Hierfür ist ein Fleckrochen verantwortlich (Abb. 63).

Im Herbst 2020 sind v.a. Unterschiede für den Steinbutt dokumentierbar: Die einzelnen erfassten Steinbutte sind so groß und damit schwer, dass sie zu Verschiebungen in der Verteilung des Biomasseanteils zwischen den beiden Netzseiten führen (siehe Abb. 63, siehe bspw. Hol F-01, F-02, F-03, F-04, F-10). Selbiges gilt für den Nagelrochen im Frühjahr 2021 (Abb. 64, Hol F-03 und F-09).

Ebenso kommt es im Herbst 2021 zu Verschiebungen der Dominanzverhältnisse welches insbesondere durch den Nagelrochen und den Steinbutt verursacht wird. Auch die Anteile von „Sonstige“ sind teilweise unterschiedlich hoch zwischen den Befischungsseiten. Hieran sind die Fänge von Seezungen und/oder Fleckrochen beteiligt (Abb. 65).

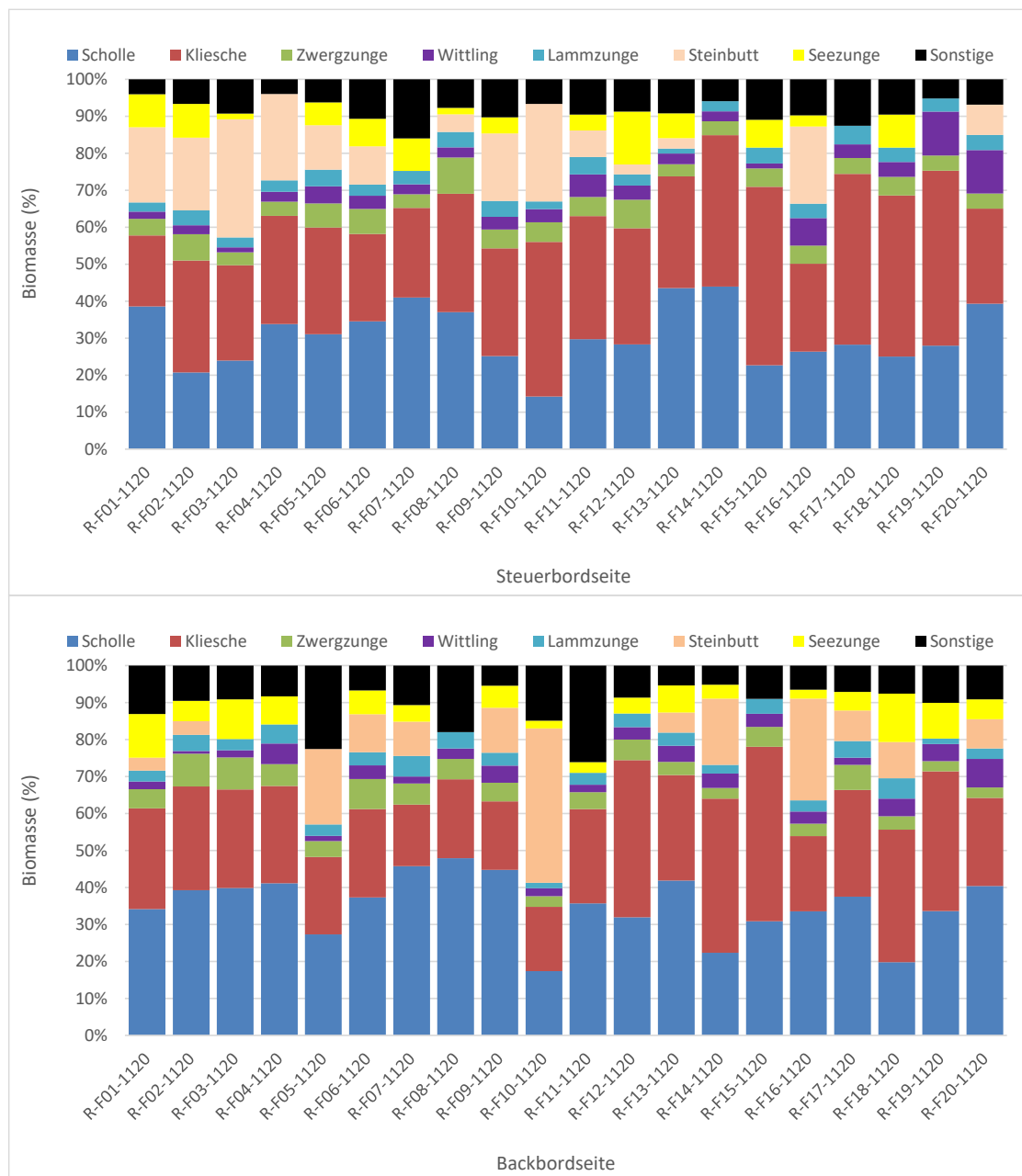


Abb. 63: Gewichtsanteile (%) der Fischarten in den einzelnen Hols im Referenzgebiet im Herbst 2020, getrennt nach den Netzseiten (Steuerbord- und Backbordseite).

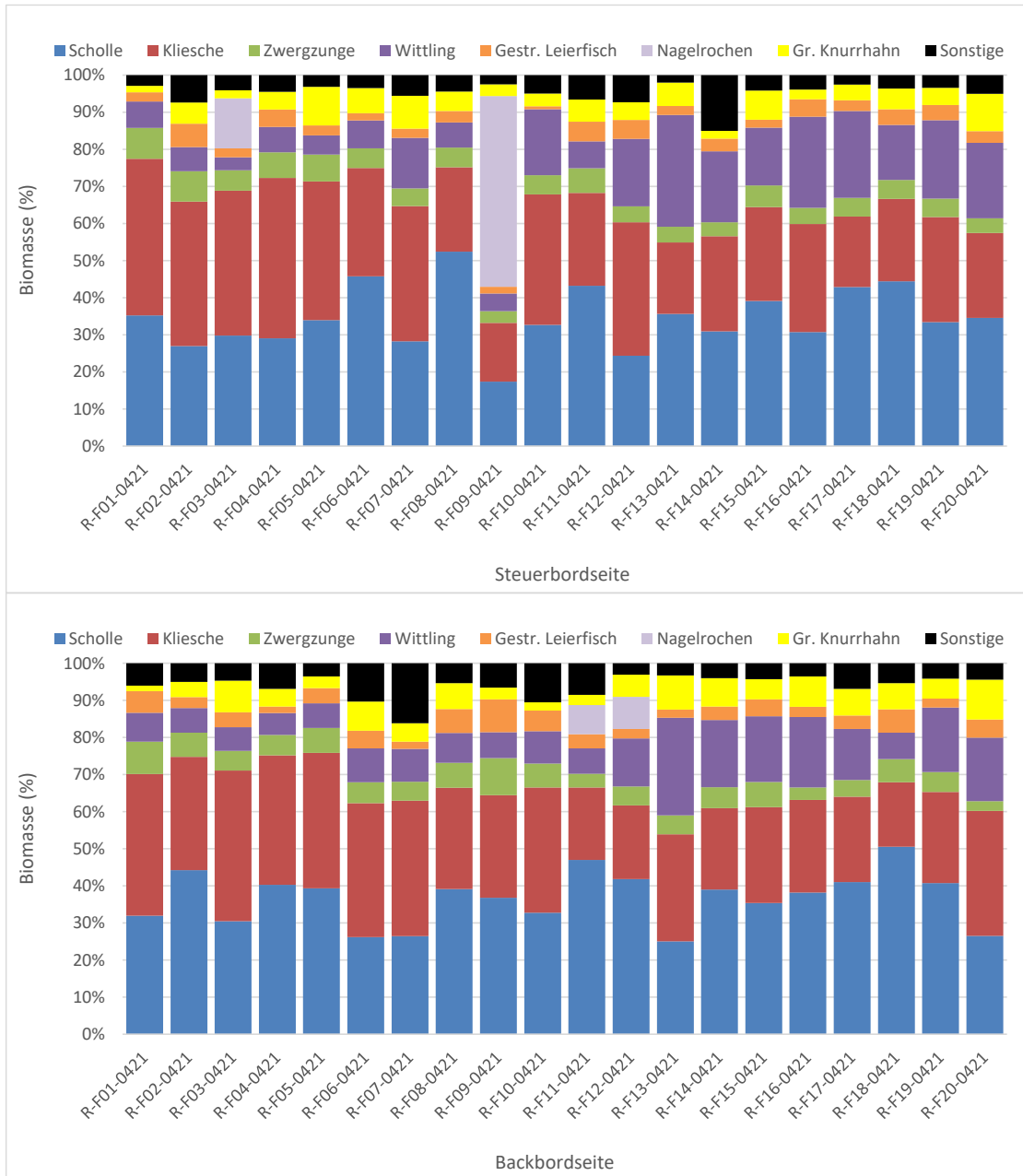


Abb. 64: Gewichtsanteile (%) der Fischarten in den einzelnen Hols im Referenzgebiet im Frühjahr 2021, getrennt nach den Netzseiten (Steuerbord- und Backbordseite).

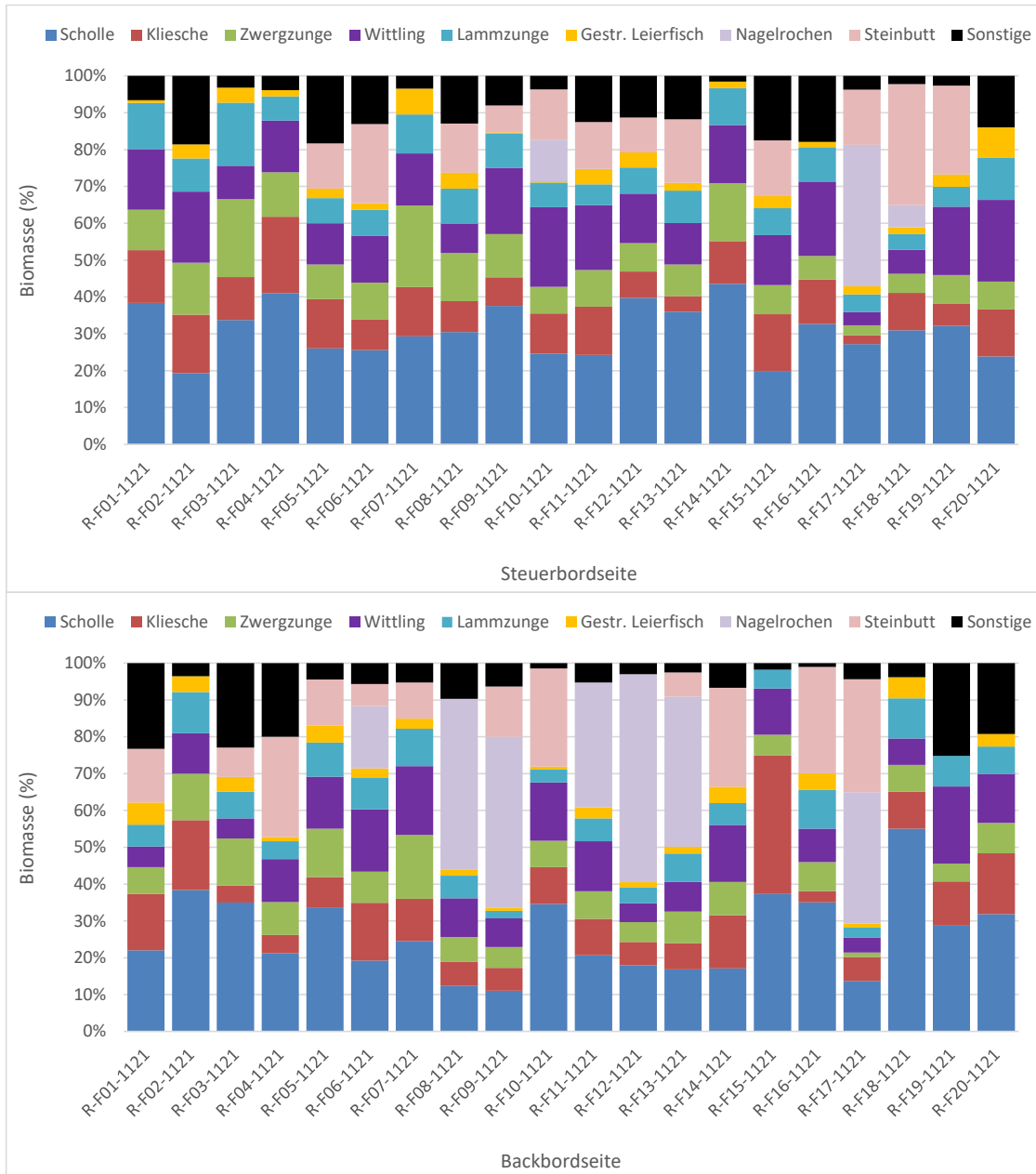


Abb. 65: Gewichtsanteile (%) der Fischarten in den einzelnen Hols im Referenzgebiet im Herbst 2021, getrennt nach den Netzseiten (Steuerbord- und Backbordseite).

3.4.4.9 Größenzusammensetzung häufiger Arten

Im folgenden Kapitel werden die Längenhäufigkeitsverteilungen der fünf häufigsten Arten Kliesche, Scholle, Zwergzunge, Lammzunge und Wittling im Referenzgebiet dargestellt und beschrieben. Die Häufigkeiten sind normiert auf die vorgefundene Anzahl pro Hektar. Die Grundeln traten in den Herbstkampagnen zwar in hohen Abundanzen auf, auf eine Darstellung der Längenhäufigkeitsverteilung wird hier jedoch verzichtet, da es sich um sehr einheitliche Längen von 3 bis maximal 7 cm handelt und keine klaren Altersgruppen erkennbar werden. Die meisten Grundeln wiesen Längen von 5–6 cm auf.

Auf allgemeine Literaturangaben zu den hier beschriebenen Arten sowie die Herleitung der Altersgruppen anhand der Literatur wird im Folgenden weitestgehend verzichtet, diese sind bereits in Kap. 3.3.4.9 aufgeführt und werden hier nicht wiederholt.

Kliesche (*Limanda limanda*)

Klieschen traten insgesamt in den Längenklassen von 4–31 cm auf. Im Herbst 2020 und Frühjahr 2021 wurden ähnlich hohe Gesamtabundanzen erfasst. Im Herbst 2021 lagen die Abundanzen deutlich unter den vorherigen Kampagnen. Zu beiden saisonalen Zeitpunkten ist eine mehrgipfelige Verteilung erkennbar. So lag der erste Peak bei hohen Abundanzen bei 5–7 cm; der zweite „Gipfel“ ist insgesamt bei niedrigeren Abundanzen breiter aufgestellt und liegt etwa bei 17–22 cm. Ähnlich verhielt es sich im darauffolgenden Frühjahr 2021. Im Vergleich zum Herbst ist der erste „Peak“ bei sehr viel geringeren Abundanzen bei Längen von 6–8 cm zu verzeichnen. Der zweite breiter aufgestellte „Peak“ liegt bei höheren Abundanzen bei Längen von 12–18 cm. Diese Verteilung konnte auch bei geringeren Abundanzen im Herbst 2021 festgestellt werden. Individuen mit Körperlängen über ~25 cm wurden nur sporadisch gefunden (Abb. 66).

Die in der vorliegenden Untersuchung gefangenen Klieschen mit ~5–8 cm sind je nach Fangsaison der Altersgruppe 0 bzw. 1 zuzuordnen. Tiere dieser Altersgruppe wurden in höheren Abundanzen in der Kampagne im Herbst 2020 erfasst. Nach den angegebenen Längen-Alterseinschätzungen zu urteilen (s. Kap. 3.3.4.9), werden die Maxima im Längenbereich um 13–20 cm vermutlich aus Tieren ≥ 2 Jahren gestellt. Anhand der Daten lässt sich schließen, dass auch ältere Tiere der Jahre 3 und 4 im Referenzgebiet vertreten sind (Abb. 66).

Anhand der Ergebnisse ist nicht davon auszugehen, dass das Referenzgebiet ein besonderes Aufwuchsgebiet der Kliesche darstellt. Generell haben junge Klieschen ihren Verbreitungsschwerpunkt in den küstennahen Gebieten (RIJNSDORP et al. 1992). Jedoch zeigen die Daten, dass insbesondere im Herbst 2020 Klieschen der Altersgruppe 0+ in nicht unerheblichen Abundanzen im Referenzgebiet auftraten. Die Präsenz von 100 % belegt zudem, dass die Art, insbesondere ab einem Alter von 1 Jahr vorrangig 2 Jahre, im Referenzgebiet adäquate Lebensbedingungen vorfindet.

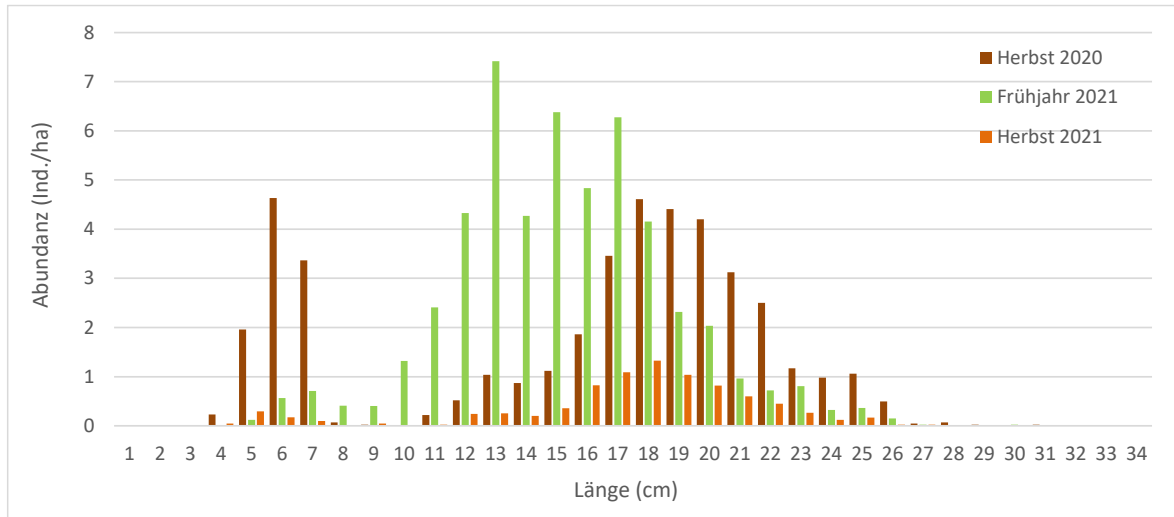


Abb. 66: Längenverteilung der Kliesche (*Limanda limanda*) im Referenzgebiet im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.

Scholle (*Pleuronectes platessa*)

Schollen traten in einem breiten Längenspektrum von 6–45 cm auf (Abb. 67). Im Herbst 2020 und Frühjahr 2021 wurden ähnlich hohe Gesamtabundanzen erfasst; im Herbst 2021 waren die Individuendichten etwas geringer. Hinsichtlich der Längenverteilung waren deutliche Unterschiede zwischen dem Herbst und dem Frühjahr erkennbar. Während Abundanzen von >1 Ind./ha im Frühjahr bereits ab einer Längenklasse von 12 cm vorkamen, wurden diese Abundanzen im Herbst erst ab einer Längenklasse von 16 cm nachgewiesen. Im Herbst 2021 konnte ein Peak bei Längen von 16–22 cm (Abb. 67).

Die im Frühjahr 2021 erfassten Schollen des ersten Peaks setzen sich vermutlich aus Schollen des Vorjahres (nun Altersklasse 1) zusammen. Zudem sind vergleichend auch zu CATRIJSSE & HAMPEL (2000) die Altersgruppe 2 bzw. einige Tiere älterer Altersgruppen ≥ 2 dem zweiten Peak bzw. den in den darauf folgenden Längenklassen zuzuordnen (Abb. 67).

Tiere der 0-Gruppe waren, wenn überhaupt, nur in Einzelfängen zu verzeichnen. Die hier präsentierten Ergebnisse belegen, dass im Referenzgebiet auch einige 1-jährige Schollen überwintert haben. Anhand der vorliegenden Ergebnisse ist jedoch nicht davon auszugehen, dass das Referenzgebiet ein besonderes Aufwuchsgebiet für juvenile Schollen darstellt.

Auffällig war, dass nur wenige Schollen mit einer Länge über 30 cm gefangen wurden. Geschlechtsreife Schollen konnten in der vorliegenden Untersuchung nur in geringen Abundanzen erfasst werden (Abb. 67). Gründe hierfür konnten anhand der vorliegenden Daten nicht ermittelt werden.

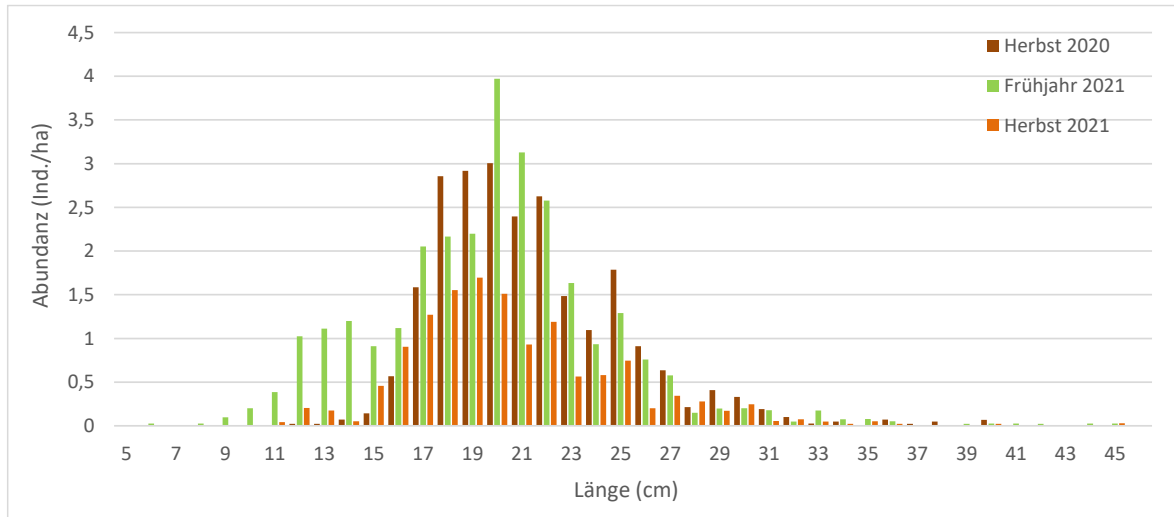


Abb. 67: Längenverteilung der Scholle (*Pleuronectes platessa*) im Referenzgebiet im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.

Zwergzunge (*Buglossidium luteum*)

Zwergzungen traten im Referenzgebiet in allen Kampagnen in ähnlich hohen Individuendichten auf. Die Verteilung war für alle Kampagnen eingipflig und reichte insgesamt von 4–12 cm Länge. Die meisten Individuen wiesen Längen von 8–10 cm auf (Abb. 68).

Die Längen-Häufigkeitsverteilungen im Referenzgebiet zeigen, dass einige 1-jährige, jedoch vermehrt ältere Tiere den maßgeblichen Teil der Population ausmachten. Aufgrund der Kleinheit der Zwergzunge ließen sich an der Längenhäufigkeitsverteilung keine differenzierten Altersklassen abgrenzen. Auch geschlechtsreife Tiere konnten in vorliegender Untersuchung erfasst werden.

Die Präsenz von 100 % (Kap. 3.4.4.4) belegt, dass die Art im Referenzgebiet adäquate Lebensbedingungen vorfindet. Die Feinsandböden, die teilweise im Gebiet vorkommen, zählen zu ihrem typischen Lebensraum. Die Art wurde in fast dem gesamten zu erwartenden Längenspektrum gefangen, demnach setzt sich der Bestand aus nahezu allen Altersklassen zusammen. Lediglich Tiere der Nullgruppe (≤ 4 cm) und sehr große Individuen wurden nur in sehr geringen Abundanzen nachgewiesen. Allerdings werden die sehr kleinen Tiere der Nullgruppe mit dem verwendeten Fanggerät nicht quantitativ und damit repräsentativ erfasst. Nach Literatur und Aussage vom Thünen Institut ist nicht viel veröffentlicht zur Eier- und Larvenverteilung, es muss insgesamt auf recht alte Literatur (z.B. AURICH 1941) oder auf recht ungenaue Angaben der aktuelleren Literatur (BILS et al. 2012, HEESSEN et al. 2015) zurückgegriffen werden. Hiernach gibt es keine spezifischen Nurseries, bzw. sind sie nicht bekannt. Würde die Fläche N-6.6 als besonderes Laich- oder Aufwuchsgebiet fungieren würden die Fänge jedoch ausreichend Hinweise hierzu liefern.

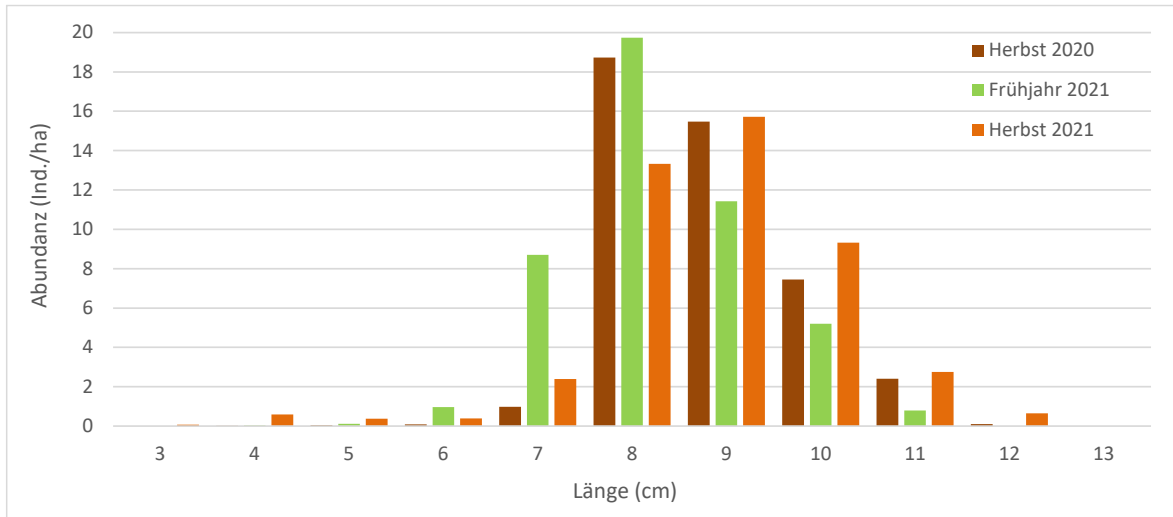


Abb. 68: Längenverteilung der Zwergzunge (*Buglossidium luteum*) im Referenzgebiet im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.

Lammzunge (*Arnoglossus laterna*)

Das vorgefundene Längenspektrum der Lammzungen reichte insgesamt von 3–15 cm. Während der Frühjahrskampagne 2021 wurden im Referenzgebiet die im Vergleich geringsten Abundanzen erfasst, etwas höher waren die Individuenzahlen insgesamt im Herbst 2020 und noch höher im Herbst 2021. In allen Kampagnen zeigte sich eine zweigipfelige Verteilung (erster Peak bei 5–6 cm und zweiter Peak bei 9–12 cm), somit zeigten sich also mindestens zwei Altersgruppen (Abb. 69).

Die beschriebene Verteilung zeigt ein Vorkommen von 1-jährigen Individuen im ersten Peak sowie ältere Individuen der Altersgruppe 2+ und ältere im zweiten Peak (Abb. 69).

Es gibt keinen Hinweis von speziellen Laichgebieten, Juvenile sind weit verteilt in der südlichen Nordsee, vermeiden jedoch küstennahe Gebiete wie das Wattenmeer (HEESSEN et al. 2015). Nach Literatur und Aussage vom Thünen Institut ist nicht viel veröffentlicht zur Eier- und Larvenverteilung, es muss insgesamt auf recht alte Literatur (z.B. AURICH 1941) oder auf recht ungenaue Angaben der aktuelleren Literatur (BILS et al. 2012, HEESSEN et al. 2015) zurückgegriffen werden. Hiernach gibt es keine spezifischen Nurseries, bzw. sind sie nicht bekannt. Wegen der ähnlichen räumlichen Verteilung von Adulten und Juvenilen existieren keine spezifischen Aufwuchsgebiete (BALTUS & VAN DER VEER 1995).

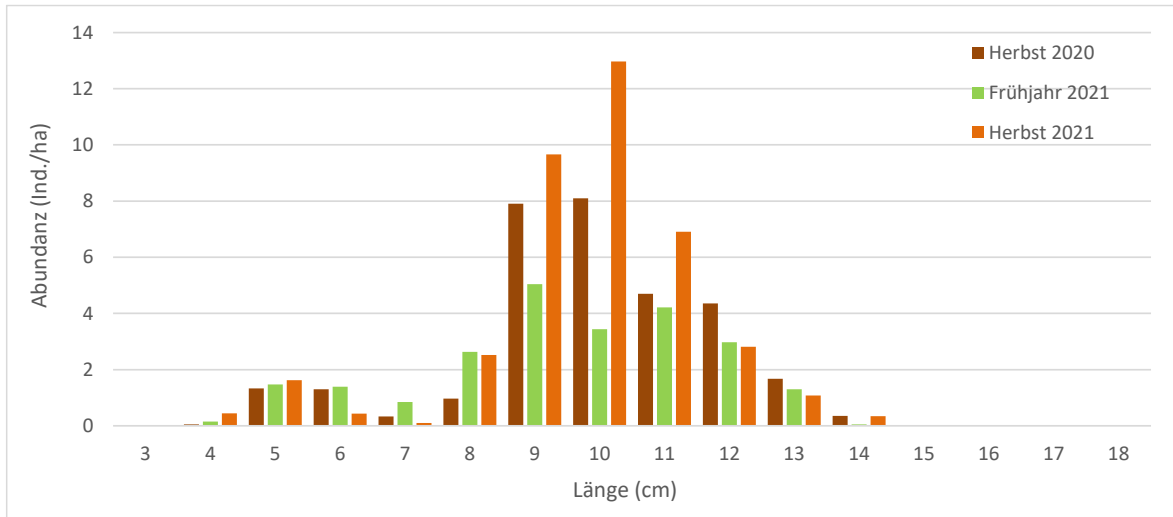


Abb. 69: Längenverteilung der Lammzunge (*Arnoglossus laterna*) im Referenzgebiet im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.

Wittling (*Merlangius merlangus*)

Das Längenspektrum des Wittlings lag im Referenzgebiet insgesamt zwischen 8–29 cm. Im Herbst 2020 konnte ein Abundanzmaximum für den Längenbereich 16–18 cm dokumentiert werden, im darauffolgenden Frühjahr 2021 bei 13–18 cm und im Herbst 2021 zwischen 15–18 cm (Abb. 70).

Bei den erfassten Tieren im Referenzgebiet handelte es sich vor allem um Tiere der Altersgruppe 1 und 2. Sowohl Tiere der Nullgruppe ≤ 7 cm als auch geschlechtsreife Tiere (> 2 Jahre, ab 30 cm Länge) fehlten.

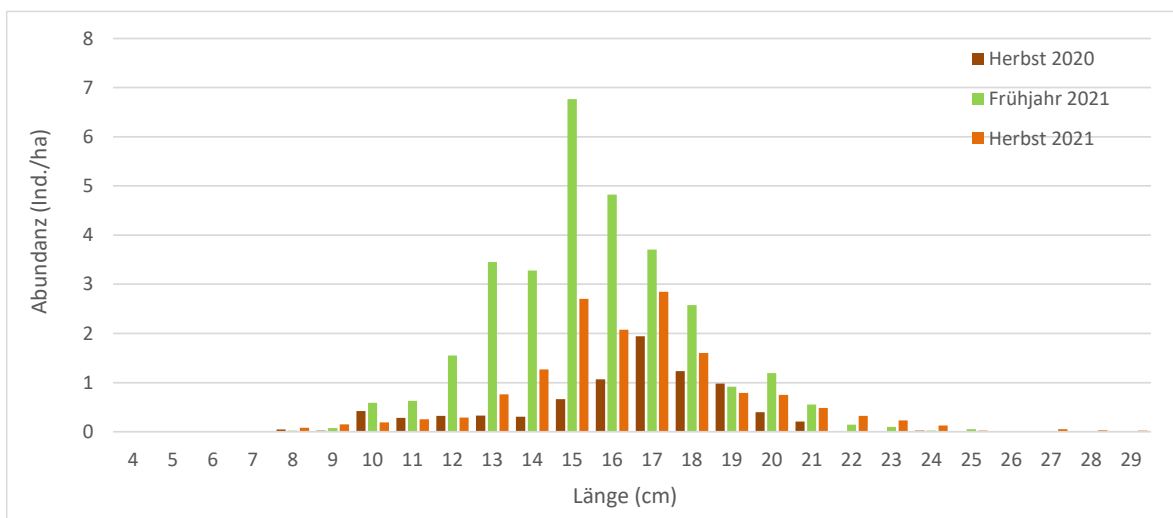


Abb. 70: Längenverteilung des Wittlings (*Merlangius merlangus*) im Referenzgebiet im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.

3.4.4.10 Gemeinschaftsanalyse

Im MDS Plot zeigt sich eine klare Aufteilung in drei Gruppen, wobei jede Gruppe einer Befischungskampagne entspricht (Abb. 71). Innerhalb einer Gruppe sind vereinzelt Überlappungen festzustellen. Die Güte der Darstellung ist aufgrund des Stress-Wertes von 0,17 noch als gut einzustufen.

Die Ergebnisse der ANOSIM-Analyse entsprechen der optischen Beurteilung der MDS-Darstellung. Auch nach ANOSIM unterscheiden sich die drei Gruppen signifikant (p -Wert von 0,001) voneinander. Zwischen den Fischgemeinschaften ist mit einem R -Wert von 0,800 eine klare Trennbarkeit der drei Kampagnen vorhanden.

Hinsichtlich der einzelnen Kampagnen zeigt sich nach ANOSIM eine stärkere Trennbarkeit der Frühjahrskampagne von den beiden jeweiligen Herbstkampagnen (R -Wert $F21/H20=0,821$, $F21/H21=0,901$, Signifikanz $p=0,001$). Die beiden Herbstkampagnen unterschieden sich zwar auch signifikant voneinander, der ermittelte R -Wert ist jedoch mit 0,708 deutlich geringer.

Die Ergebnisse der multidimensionalen Skalierung und der ANOSIM zeigen demnach die saisonalen Unterschiede in der Fischfauna im Referenzgebiet auf.

Innerhalb einer Saison ähneln sich die Hols nach SIMPER mit einer mittleren Ähnlichkeit von je 84 % im Herbst 2020, 87 % im Frühjahr 2021 und 81 % im Herbst 2021. Die Ähnlichkeit innerhalb einer Kampagne ist durch die Abundanzen der drei/vier häufigsten Arten Kliesche, Scholle, Zwergzunge und Lammzunge zu erklären, welche einen kumulativen Anteil von 63 % im Herbst 2020 und 65 % im Frühjahr 2021 aufweisen. Im Herbst 2020 kommen zu dem Anteil von 63 % der Gestreifte Leierfisch, die Sandgrundel, die Vierbärtelige Seequappe und der Wittling mit einem Anteil von jeweils 7–8 % hinzu, um insgesamt auf eine 92 % ige Ähnlichkeit der Hols zu gelangen. Im Frühjahr 2021 kommen zu den 65 % Ähnlichkeit mit einem Anteil von 13 % der Wittling und mit einem Anteil von 8 % der Gestreifte Leierfisch hinzu. Der Graue Knurrhahn trägt dazu noch einen Anteil von 7 % bei, um dann auf eine Ähnlichkeit von 93 % zu gelangen. Im Herbst 2021 setzt sich die mittlere Ähnlichkeit der Hols bis zu 64 % aus den Arten Zwerg- und Lammzunge, Wittling und Scholle zusammen.

Nach SIMPER betrug die mittlere Unähnlichkeit zwischen den beiden Kampagnen H20 und F21 rund 23 %. Die vorhandenen Unterschiede zwischen den beiden Kampagnen resultierten dabei weniger aus Unterschieden in der Artzusammensetzung sondern v.a. in dem häufigeren Vorkommen von Grauer Knurrhahn, Wittling und Kliesche im Frühjahr 2021. Umgekehrt waren die Abundanzen von Sandgrundel, Seezunge, Vierbärteliger Seequappe und Lammzunge im Herbst 2020 etwas höher als im Frühjahr 2021. Vergleicht man die beiden Herbstkampagnen so betrug nach SIMPER die mittlere Unähnlichkeit 25 %. Die vorhandenen Unterschiede resultieren dabei aus dem häufigeren Vorkommen der Klieschen im Herbst 2020 bzw. dem häufigeren Vorkommen von Wittling und Lammzunge im Herbst 2021.

Die etwas höhere Ähnlichkeit innerhalb der Frühjahrskampagne zeigt sich auch in der geringeren Streuung im MDS-Plot (Abb. 71).

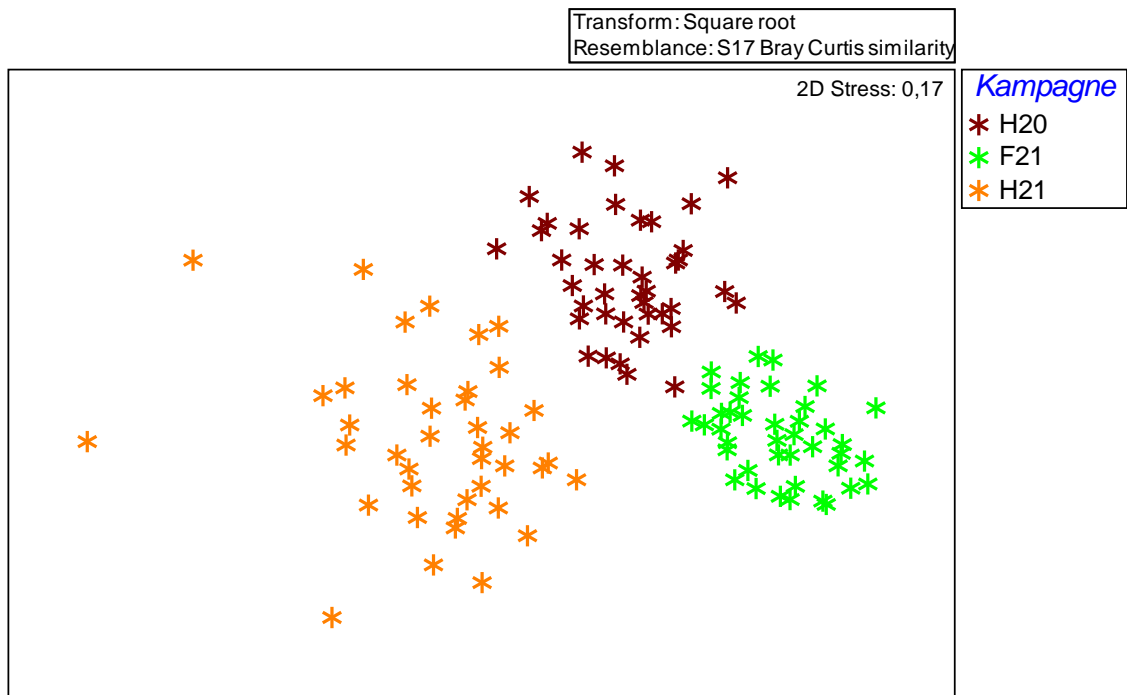


Abb. 71: MDS-Plot der Abundanzen aller demersalen Fischarten im Referenzgebiet (Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021). Bray-Curtis-Similarität (2.Wurzel-Transformation).

3.4.4.11 Beifang Makrozoobenthos

Der Beifang im Referenzgebiet wurde im Herbst 2020 überwiegend durch den Gemeinen Seestern (*Asterias rubens*) mit einem Anteil von 40 % dominiert. Daneben kamen der Nordische Kammstern (*Astropecten irregularis*, 20 %) und die beiden Liocarcinus-Arten (*Liocarcinus holsatus*, 30 % und *Liocarcinus depurator*, 10 %) im Beifang der 7 m-Baumkurre vor.

Im Frühjahr 2021 wies der Gemeine Seestern (*Asterias rubens*) mit 30 und maximal 60 % einen noch höheren Anteil auf als im Herbst. Weitere geringe Anteile am Beifang zeigten die Seemaus (*Aphrodita aculeata*, 10 %) und der Herzseeigel (*Echinocardium cordatum*, 30–60 %).

Im Herbst 2021 trat wie auch im Herbst 2020 der Gemeine Seestern (*Asterias rubens*) sehr häufig im Beifang auf und erreichte einen Anteil von 80–90 %. Daneben kamen der Antennenkrebs (*Corystes cassivelaunus*, 5 %), und die beiden Schwimmkrabbenarten *Liocarcinus holsatus* und *L. depurator* mit etwa 5 % vor. Mit bis zu 10 % konnte in einer Vielzahl an Hols auch die Tote Mannshand (*Alcyonium digitatum*) nachgewiesen werden (Abb. 72).



Abb. 72: Nachweis Tote Mannshand (*Alcyonium digitatum*) in einigen der Herbstholz 2021.

3.4.5 Biotoptypen

Die Biotoptypen der deutschen Nord- und Ostsee werden nach FINCK et al. (2017) hierarchisch nach

- Meeresregion / ökologischer Zone (Ebene 1),
- Tiefenzone (Ebene 2),
- Lebensraumstruktur (Ebene 3),
- Biotischer Biotopstruktur (Ebene 4),
- Charakterartengemeinschaften/Taxonomischen bzw. funktionalen Großgruppen (Ebene 5) und
- dominanten Taxa (Ebene 6)

Klassifiziert. Die im Referenzgebiet vorkommenden Biotoptypen können daher anhand der in den vorangegangenen Kapiteln dargestellten Informationen zu Morphologie, Sedimenten und Makrozoobenthos abgegrenzt werden.

Aufgrund der Lage des Referenzgebiets in der deutschen AWZ der Nordsee ist die Biotopzuordnung der Ebenen 1 und 2 bereits vorbestimmt („Sublitorales Benthos der Nordsee“, Code 02.02). Wie in Kapitel 3.4.1 dargestellt, kommen im Referenzgebiet überwiegend Feinsande mit erhöhten Anteilen von Ton/Schluff vor. Durch Mittel- bzw. Grobsand dominierte Sedimente wurden an keiner Station nachgewiesen. Daher kann das Referenzgebiet auf Ebene 3 überwiegend dem „Sublitoralen, ebenen Sandgrund der Nordsee“ (Code 02.02.10; Fein- bis Mittelsande) zugeordnet werden. Einzelne Stationen im Referenzgebiet wiesen einen mittleren Ton-/Schluffanteil auf, der über 20 % lag. Flächen mit Ton-/Schluffanteilen > 20 % sind definitionsgemäß dem Biotoptyp „Sublitoraler, ebener Schlickgrund der Nordsee“ zuzuordnen. Über alle Stationen hinweg betrug der Ton-/Schluffgehalt jedoch im Mittel weniger als 20 %. Daher ist eine großräumige Klassifizierung des Referenzgebiets als „Sublitoraler, ebener Sandgrund der Nordsee“ angemessen.

Ab Ebene 4 wird nach FINCK et al. (2017) anhand biotischer Trennkriterien differenziert. Wie in Kap. 3.4.2.6 beschrieben kann die Benthosgemeinschaft der Infauna nicht eindeutig einer Gemeinschaft zugeordnet werden. Daher kommen für die Biotopklassifizierung im Referenzgebiet sowohl der Biotoptyp „Sublitoraler, ebener Sandgrund der Nordsee mit *Amphiura filiformis*-Gemeinschaft“ (Code 02.02.10.02.01) als auch der „Sublitorale, ebene Sandgrund der Nordsee mit *Nucula nitidosa*-Gemeinschaft“ (Code 02.02.10.02.05) in Frage.

3.5 Vergleich Entwicklungsfläche N-6.6 mit dem Referenzgebiet

Bevor in den folgenden Kapiteln ein Vergleich der Sedimente und faunistischen Besiedlung zwischen der Fläche N-6.6 und dem Referenzgebiet erfolgt, sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass zum einen die Auswahl eines geeigneten Bereiches für das Referenzgebiet durch die Nutzung des Meeresraumes und die Grenze der deutschen AWZ räumlich eingeschränkt war. Zum anderen wurde das Referenzgebiet nicht ausschließlich für den Vergleich der Fläche N-6.6 herangezogen, sondern dient auch für eine zweite Fläche N-6.7 als Referenzgebiet. Dies ist bei der Einordnung der Eignung des Referenzgebietes zu berücksichtigen.

3.5.1 Sediment

In den Kapiteln 3.3.1 und 3.4.1 erfolgte eine detaillierte Beschreibung der Sedimentfraktionen innerhalb der beiden betrachteten Gebiete. Abb. 73 und Tab. 48 stellen die im Rahmen der Untersuchungskampagnen im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021 ermittelten Anteile der einzelnen Korngrößenfraktionen gegenüber. Aus diesem Vergleich wird deutlich, dass die Fläche N-6.6 und das Referenzgebiet vor allem in Feinsandbereich und hinsichtlich des Ton-/Schluffgehalts Unterschiede aufweisen.

In einem multivariaten Vergleich der Korngrößenzusammensetzung (Euklidische Distanz der untransformierten Gewichtsanteile), wurden die Stationen der einzelnen Gebiete zwei signifikant unterschiedlichen (SIMPROF-Test) Gruppierungen zugeordnet (Abb. 75). Diese Unterschiede sind hauptsächlich einem höheren Anteil von Feinstsand (ffS, 63–125 µm) und Ton/Schluff (<63 µm) im Referenzgebiet zuzuschreiben. Entsprechend weist die Fläche N-6.6 höhere Anteile von Feinsand (fS ohne ffS, 125–250 µm) und Mittelsand (mS; 250–500 µm) auf. Im Zusammenhang mit höheren

Ton-/Schluffanteilen war auch der Glühverlust im Referenzgebiet höher als in der Fläche N-6.6 (Abb. 74).

Insgesamt handelt es sich bei beiden Flächen jedoch um ein durch Feinsand geprägtes Gebiet mit einem Ton/Schluffanteil von 9–20 %. Die festgestellten Unterschiede stellen daher kein grundlegend unterschiedliches Sediment zwischen den Gebieten dar, können jedoch vor allem in Bezug auf die Infauna-Besiedlung Auswirkungen haben.

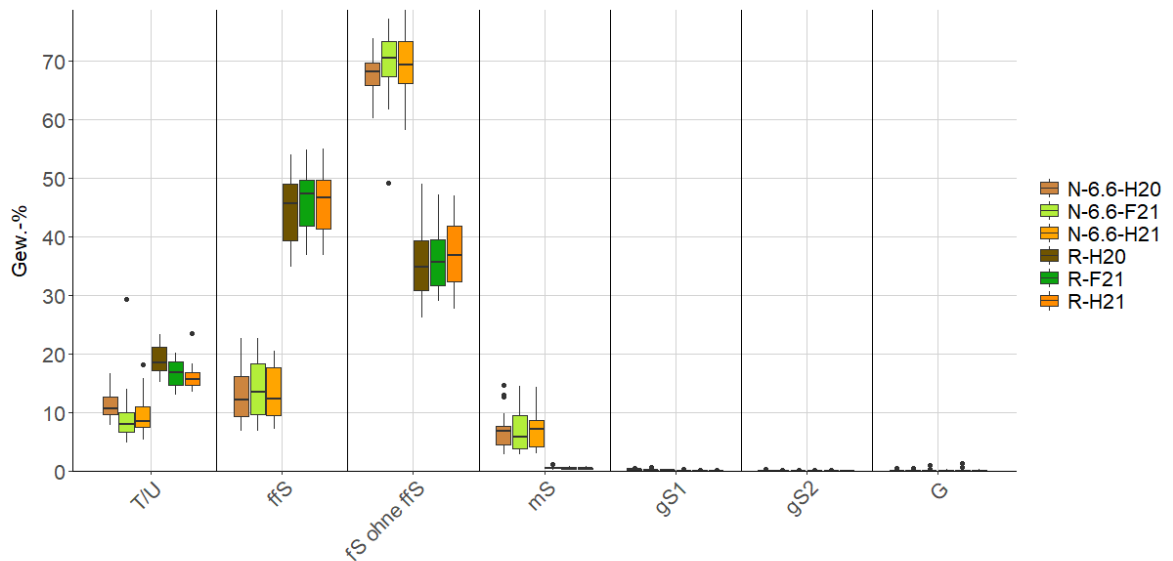


Abb. 73: Box-Whiskers-Plot der Anteile der einzelnen Korngrößenfraktionen (%) in der Fläche N-6.6 sowie im Referenzgebiet (R) im Herbst 2020 (braun), Frühjahr 2021 (grün) und Herbst 2021 (orange).
Erläuterung: Korngrößenfraktionen: T/U = Ton/Schluff, ffS = Feinstsand, fS = Feinsand, mS = Mittelsand, gS = Grobsand, G = Kies

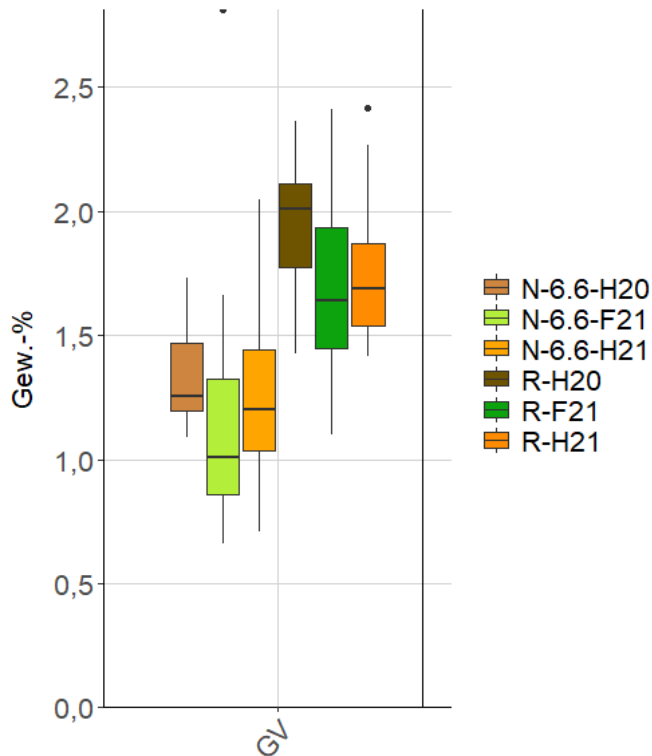


Abb. 74: Box-Whiskers-Plot des Glühverlustes (%) in der Fläche N-6.6 sowie im Referenzgebiet (R) im Herbst 2020 (braun), Frühjahr 2021 (grün) und Herbst 2021 (orange).

Tab. 48: Übersicht der mittleren Korngrößenanteile in der Fläche N-6.6 sowie im Referenzgebiet (R) im Herbst 2020 (H20), im Frühjahr 2021 (F21) und im Herbst 2021 (H21).

	Ton/Schluff	Feinstsand	Feinsand	Mittelsand	Grobsand	Kies	Glühverlust
	(<63 µm)	(63-125 µm)	(125-250 µm)	(250-500 µm)	(500-2000 µm)	(>2000 µm)	(%)
N-6.6-H20	11,3	13,2	67,9	7,1	0,4	0,1	1,3
N-6.6-F21	9,4	13,9	69,4	7,0	0,3	0,1	1,1
N-6.6-H21	9,7	13,3	69,4	7,3	0,3	0,1	1,3
R-H20	19,0	44,8	35,4	0,6	0,2	0,1	2,0
R-F21	16,7	46,2	36,1	0,6	0,2	0,2	1,7
R-H21	16,0	45,8	37,3	0,6	0,1	0,1	1,7

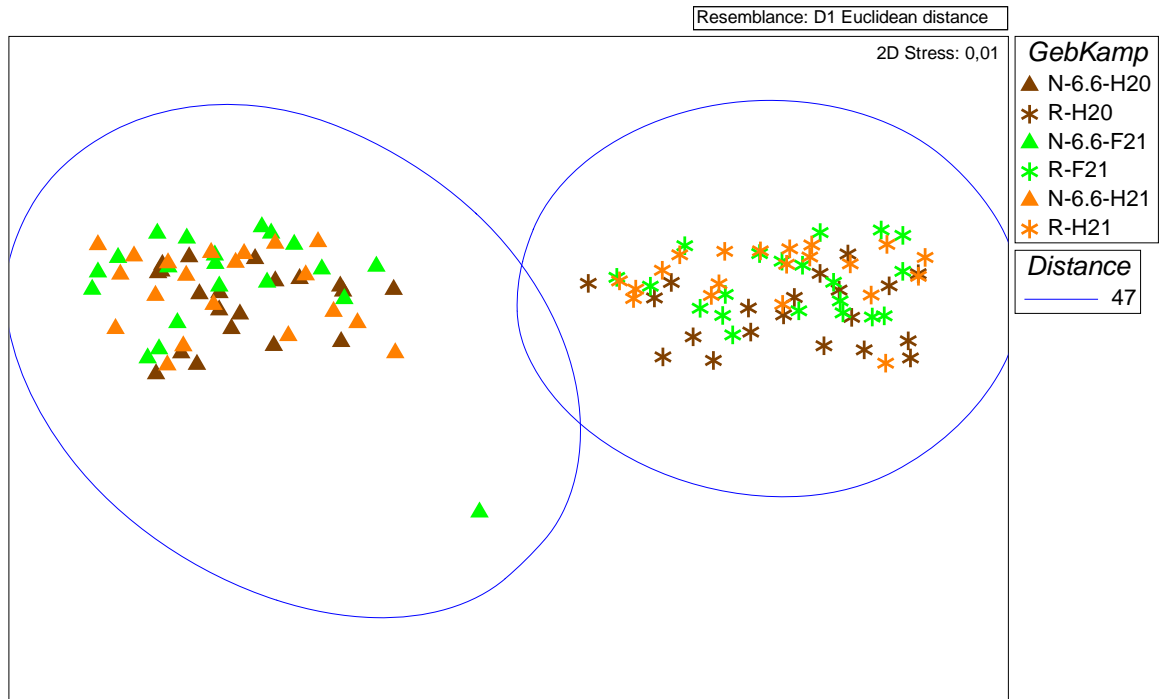


Abb. 75: MDS-Plot basierend auf der Korngrößenverteilung an den Stationen in der Fläche N-6.6 und dem Referenzgebiet im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.

3.5.1.1 Fazit

Insgesamt ist das Referenzgebiet in Bezug auf die Korngrößenverteilung und den Glühverlust mit Einschränkungen als geeignet zu bewerten.

3.5.2 Makrozoobenthos – Infauna

Die Auswertungen der Infauna aus den vorherigen Kapiteln (3.3.2 und 3.4.2) haben ergeben, dass saisonale Unterschiede der Besiedlung sowohl für die Fläche N-6.6 als auch für das Referenzgebiet vorliegen. In Tab. 49 sind alle ermittelten Kennwerte pro Gebiet und Kampagne vergleichend dargestellt. In beiden Gebieten waren die Mittelwerte der Kenngrößen Artenzahl, Abundanz, Biomasse und Diversität im Herbst 2020 höher als im Frühjahr und Herbst 2021. Somit traten saisonale und interannuelle Unterschiede in beiden Gebieten gleichgerichtet auf.

Im Herbst 2020 bestanden zwischen den zwei Gebieten z.T. deutliche Unterschiede in der mittleren Artenzahl, Abundanz, Biomasse, Diversität und Äquität (Tab. 49 und Abb. 76). Die Kennwerte mittlere Artenzahl, mittlere Abundanz, mittlere Biomasse und die Diversität waren in der Fläche N-6.6 jeweils höher als im Referenzgebiet. Diese Unterschiede der jeweiligen Kennwerte sind bis auf die Biomasse signifikant. Bei der Biomasse war die Power des Tests zu gering, um eventuell vorhandene Unterschiede verlässlich zu detektieren. Die Äquität war im Referenzgebiet signifikant höher als in der Fläche N-6.6.

Im Frühjahr und im Herbst 2021 waren die Unterschiede der oben genannten Besiedlungskennwerten zwischen den beiden Gebieten deutlich geringer. Im Frühjahr 2021 war die Diversität in der Fläche N-6.6 signifikant höher als im Referenzgebiet. Im Herbst 2021 traten signifikante Unterschiede bei der mittleren Abundanz auf, die in der Fläche N-6.6 höher war als im Referenzgebiet sowie in der Äquität, die in der Fläche N-6.6 geringer war.

In Bezug auf die Arten-Abundanzstruktur ergaben sich sowohl für den Herbst 2020, das Frühjahr 2021 als auch für den Herbst 2021 Unterschiede zwischen den Gebieten (ANOSIM Test). Die Unterschiede zwischen den Gebieten sind jeweils signifikant, wobei ein R-Wert von 0,8 (Herbst 2020) auf eine deutliche Trennbarkeit der Besiedlungsstruktur und ein R-Wert von 0,6 (Frühjahr 2021) bzw. 0,7 (Herbst 2021) auf eine gute Trennbarkeit, aber auch einige Gemeinsamkeiten hindeutet. Der MDS-Plot verdeutlicht die Unterschiede in der Besiedlungsstruktur graphisch anhand der räumlich getrennten Anordnung der Stationen eines Gebietes im Plot (Abb. 77).

Tab. 49: Vergleich der Kennwerte der Infauna (van-Veen-Greifer) aus der Fläche N-6.6 und dem Referenzgebiet im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.
 Fettgedruckt: signifikanter Unterschied (bei $\alpha=0,05$)
 * Verwendung des nicht-parametrischen Mann-Whitney-U-Tests
 † geringe Power des Tests (<0,3), eventuell signifikante Unterschiede können nicht detektiert werden

	Herbst 2020			Frühjahr 2021			Herbst 2021		
	N-6.6	Referenz- gebiet	Stat	N-6.6	Referenz- gebiet	Stat	N-6.6	Referenz- gebiet	Stat
Gesamtartenzahl	142	125		117	107		111	113	
Anzahl Rote-Liste- Arten nach RACHOR et al. (2013)	17	20		14	19		10	14	
Mittlere Artenzahl (n/Station)	66,4	52,5	<0,001	39,6	35,9	0,079†	42,5	38,6	0,053†
Mittlere Abundanz (Ind./m ²)	2153,0	1224,5	<0,001*	634,7	520,2	0,267*	796,8	469,5	<0,001*
Mittlere Biomasse (g FG/ m ²)	163,9	135,7	0,137†	99,3	85,3	0,352†	67,0	85,7	0,181†
Diversität (H')	3,11	3,01	0,025	2,93	2,74	0,003	2,95	3,05	0,261†
Äquität (J')	0,74	0,76	0,029	0,80	0,77	0,087	0,79	0,84	0,050*
Dominante Arten (Abundanz)	<i>S. bombyx</i> <i>L. conchilega</i> <i>A. filiformis</i> <i>Phoronis</i> spp. <i>N. nitidosa</i>	<i>Phoronis</i> spp. <i>A. filiformis</i> <i>V. gibba</i> <i>A. alba</i> <i>N. nitidosa</i>		<i>N. nitidosa</i> <i>V. gibba</i> <i>S. bombyx</i> <i>A. filiformis</i> <i>T. tricarinata</i>	<i>A. filiformis</i> <i>V. gibba</i> <i>N. nitidosa</i> <i>Phoronis</i> spp. <i>N. hombergii</i>		<i>A. filiformis</i> <i>O. fusiformis</i> <i>N. nitidosa</i> <i>P. pellucidus</i> <i>S. bombyx</i>	<i>A. filiformis</i> <i>Phoronis</i> spp. <i>V. gibba</i> <i>C. subterranea</i> <i>N. hombergii</i>	
Dominante Arten (Biomasse)	<i>E. cordatum</i> <i>L. conchilega</i> <i>T. tricarinata</i> <i>V. gibba</i> <i>C. striatula</i>	<i>E. cordatum</i> <i>V. gibba</i> <i>A. alba</i> <i>U. deltaura</i> <i>C. cassivelaunus</i>		<i>E. cordatum</i> <i>T. tricarinata</i> <i>C. striatula</i> <i>V. gibba</i> <i>N. hombergii</i>	<i>E. cordatum</i> <i>V. gibba</i> <i>C. striatula</i> <i>N. hombergii</i> <i>T. tricarinata</i>		<i>E. cordatum</i> <i>T. tricarinata</i> <i>C. striatula</i> <i>V. gibba</i> <i>C. striatula</i>	<i>E. cordatum</i> <i>V. gibba</i> <i>T. tricarinata</i> <i>C. striatula</i> <i>U. deltaura</i>	
Unähnlichkeit (SIMPER)	37,61			44,77			44,84		
ANOSIM	R=0,808; p=0,001			R=0,6; p=0,001			R=0,7; p=0,001		

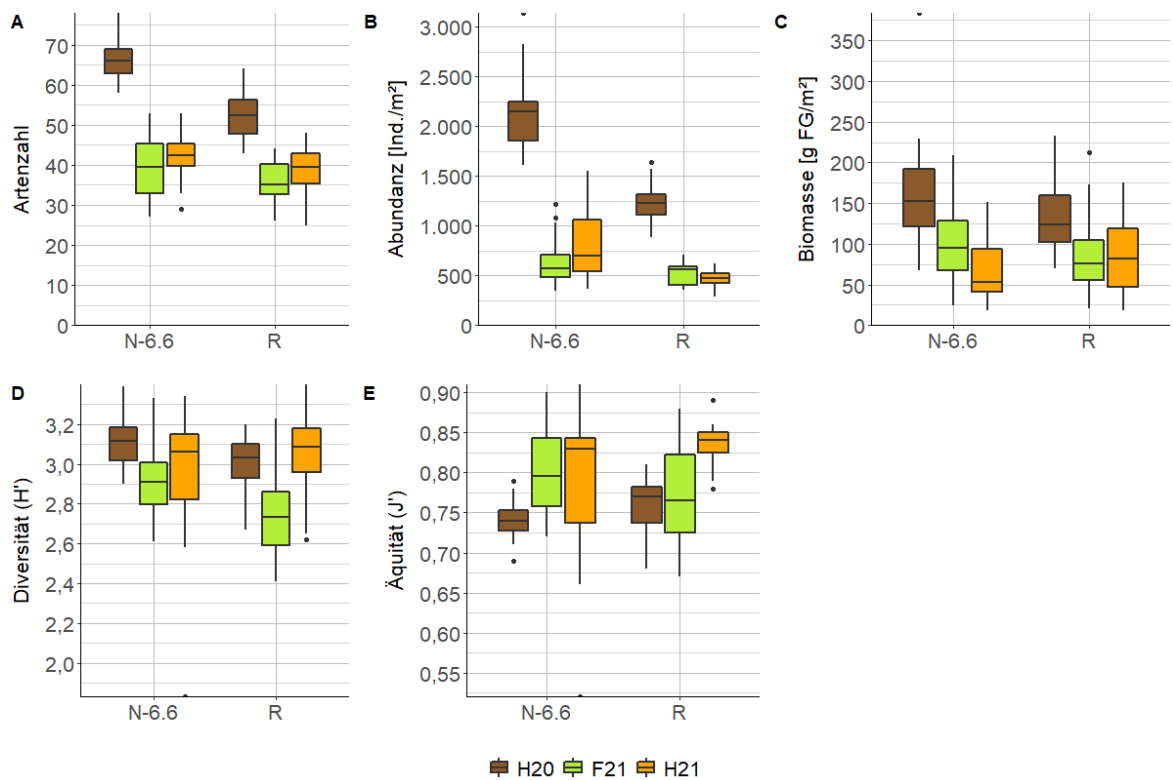


Abb. 76: Vergleichende Boxplots der mittleren Artenzahl (A, Arten/Station), Abundanz (B), Biomasse (C), Diversität (D) und Äquität (E) der Infauna (van Veen-Greifer) für die Fläche N-6.6 und das Referenzgebiet im Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).

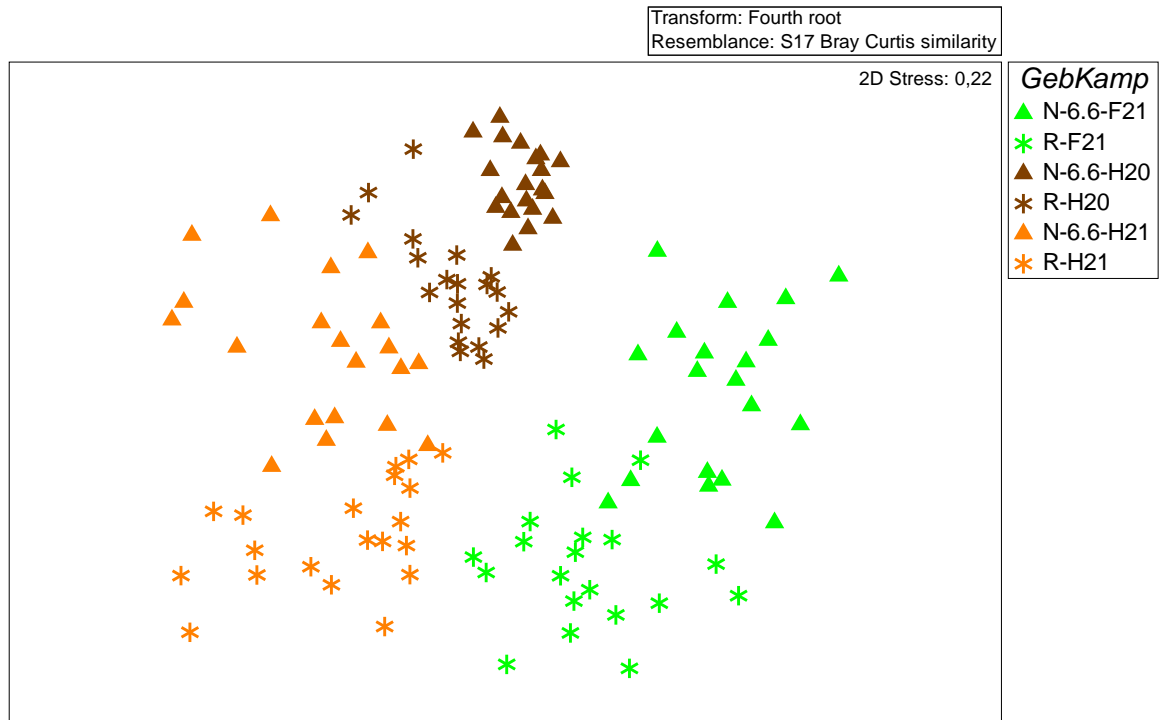


Abb. 77: MDS-Plot basierend auf der Infauna Arten-Abundanzstruktur an den Stationen in der Fläche N-6.6 und dem Referenzgebiet im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.

Zu den ersten 5 Trennarten, die nach SIMPER im Herbst 2020 für die Unterschiede zwischen beiden Gebieten verantwortlich waren, gehörten *Scalibregma inflatum*, *Lanice conchilega*, *Spiophanes bombyx*, *Magelona johnstoni* und *Pholoe baltica*, die zusammen insgesamt 10,12 % der Unterschiede ausmachten. Alle genannten Arten wiesen in der Fläche N-6.6 höhere Abundanz auf. Im Frühjahr 2021 gehörten folgende Arten zu den ersten 5 Trennarten: *Kurtiella bidentata*, *Spiophanes bombyx*, *Abra spp.*, *Amphictene auricoma* und *Ophiura spp.*, die insgesamt 9,35 % der Unterschiede ausmachten. Auch im Frühjahr wiesen alle genannten Arten höhere Abundanz in der Fläche N-6.6 auf als im Referenzgebiet. Im Herbst 2021 waren die Trennarten *Owenia fusiformis*, *Eudorella truncatula*, *Callianassa subterranea*, *Processa modica* und *Abra nitida* für 11,3 % der Unterschiede zwischen der Fläche N-6.6 und dem Referenzgebiet verantwortlich. Das Gros der wesentlichen Trennarten kam in beiden Gebieten vor und der Anteil einer Art an der gesamten Unähnlichkeit zwischen den Gebieten betrug maximal 2,88 % im Herbst 2021, 2,37 % im Frühjahr 2021 und 2,54 % im Herbst 2021.

Trotz der Unterschiede zwischen den Gebieten in den jeweiligen Kampagnen ist festzuhalten, dass der saisonale Unterschied zwischen Herbst und Frühjahr deutlich größer ist als der Gebietsunterschied. Unterschiede zwischen beiden Gebieten bestehen nicht in einer grundsätzlich unterschiedlichen Infaunagemeinschaft, sondern vielmehr in einer etwas anderen Ausprägung derselben Gemeinschaft. Wie bereits in den jeweiligen Kapiteln beschrieben (s. Kap. 3.3.2.6 und 3.4.3.6), handelt es sich in beiden Gebieten um eine Mischgemeinschaft zwischen der von RACHOR & NEHMER (2003) beschriebenen *Amphiura filiformis*-Gemeinschaft und der *Nucula nitidosa*-Gemeinschaft. Durch das Überwiegen der einen oder der anderen Gemeinschaft können sich zum Teil deutliche Unterschiede ergeben, die sich in der Besiedlung sowohl saisonal, interanuell als auch räumlich widerspiegeln. Das etwas feinere Sediment im Referenzgebiet (höherer Ton-

/Schluffanteil, geringerer Mittelsandanteil, s. Kap. 3.5.1) trägt ebenfalls dazu bei, dass z.B. mit diesen Sedimenten assoziierte Arten wie *Amphiura filiformis*, *Callianassa subterranea* oder *Phoronis* spp. dort häufiger vertreten waren.

3.5.2.1 Fazit

Unter Berücksichtigung der regionalen Unterschiede ist das Referenzgebiet hinsichtlich der Infauna mit Einschränkungen als geeignet zu bewerten. Aufgrund der abweichenden Besiedlungsstruktur, die sich in beiden Kampagnen in vergleichbarer Form zeigte, sollte der Fokus innerhalb des zukünftig anzuwendenden BACI-Ansatzes auf der zeitlichen gebietsinternen Entwicklung liegen und diese zwischen den Gebieten verglichen werden.

3.5.3 Makrozoobenthos – Epifauna

Die vorangegangenen Auswertungen der Epifauna haben sowohl für die Fläche N-6.6 (Kap.0) als auch für das Referenzgebiet (Kap.3.4.3) eine Trennung der Arten-Abundanzstruktur zwischen dem Frühjahr und Herbst gezeigt. Im Herbst 2021 wies die Epifaunagemeinschaft in der Fläche N-6.6 jedoch eine Ausprägung auf, die sowohl Ähnlichkeiten mit der Untersuchung im Herbst 2020 aufwies als auch mit dem Frühjahr 2021. Die saisonalen und insbesondere interanuellen Unterschiede waren in der Fläche N-6.6 insgesamt nicht so deutlich wie im Referenzgebiet.

In einer gemeinsamen Betrachtung der Daten beider Gebiete und über die beiden Kampagnen hinweg, sind Unterschiede in der Epibenthosbesiedlung zwischen Frühjahr und Herbst jedoch auch deutlich erkennbar. In Tab. 50 sind alle ermittelten Kennwerte pro Gebiet und Kampagne vergleichend dargestellt und in Abb. 78 graphisch abgebildet. Aus diesen Vergleichen wird deutlich, dass sich die Fläche N-6.6 bezüglich der Abundanz und Biomasse im Herbst 2020 und Frühjahr 2021 signifikant vom Referenzgebiet unterscheidet. Insbesondere im Herbst 2020 sind Abundanz und Biomasse ca. dreimal so hoch wie im Referenzgebiet. Im Herbst 2021 waren diese Unterschiede nicht vorhanden.

Im Herbst 2020 und im Herbst 2021 unterscheiden sich beide Gebiete ebenfalls hinsichtlich der Diversität und Äquität, die in der Fläche N-6.6 in beiden Kampagnen höher ist als im Referenzgebiet. Im Frühjahr 2021 erwiesen sich beide Gebiete jedoch als ähnlich divers.

Auch in Bezug auf die Gemeinschaftszusammensetzung ergaben sich sowohl für den Herbst 2020 als auch für das Frühjahr und den Herbst 2021 signifikante Unterschiede (ANOSIM Test). Die Trennbarkeit der Gebiete war jedoch lediglich im Herbst als „sehr gut“ zu bewerten. Im Frühjahr und Herbst lag der R-Wert unter 0,5 was auf eine eher geringe Trennbarkeit der Stationen hindeutet. Dies ist im MDS-Plot in Abb. 78 gut zu erkennen. Die Unähnlichkeit (SIMPER) zwischen den Gebieten betrug im Herbst 2020 24,5 %, im Frühjahr 2021 29,1 % und im Herbst 2021 31,5 % was auf eine ähnliche Arten-Abundanzstruktur in beiden Gebieten hindeutet.

Im Herbst waren die fünf wichtigsten Trennarten *Asterias rubens*, *Ophiura ophiura*, *Astropecten irregularis*, *Acanthocardia echinata* und *Turritellinella tricarinata* die zusammen 61,9 % der Unterschiede zwischen der Fläche N-6.6 und dem Referenzgebiet ausmachten. Mit Ausnahme von

Acanthocardia echinata zeichneten sich diese Arten durch höhere Abundanzen in der Fläche N-6.6 aus.

Im Frühjahr 2021 ergaben sich die Unterschiede zwischen beiden Gebieten durch die fünf Trennarten *Asterias rubens*, *Turritellinella tricarinata*, *Ophiura albida*, *Echinocardium cordatum* und *Goneplax rhomboides*. Diese Arten machten insgesamt 40,0 % der Unterschiede zwischen den Gebieten aus.

Im Herbst 2021 waren die Trennarten *Ophiura ophiura*, *Turritellinella tricarinata* und *Astropecten irregularis*, *Goneplax rhomboides*, *Corystes cassivelaunus* für insgesamt 55,4 % der Unterschiede zwischen beiden Gebieten verantwortlich. Während *Ophiura ophiura* höhere Abundanzen im Referenzgebiet aufwies waren *Turritellinella tricarinata* und *Astropecten irregularis* in der Fläche N-6.6 häufiger vertreten.

Wie bei der Infauna waren auch für die Epifauna saisonale und interanuelle Unterschiede erkennbar, die hauptsächlich in Abundanz- und Biomasse-Unterschieden zum Ausdruck kamen. Unterschiede zwischen der Fläche N-6.6 und dem Referenzgebiet waren bei der Epifauna insgesamt geringer ausgeprägt. In Bezug auf die Artenzusammensetzung, also der Ergebnisse der multivariaten Auswertung und der dominanten Arten, ist von einer sehr ähnlichen Epifaunagemeinschaft auszugehen, die sich zwischen den Gebieten (innerhalb einer Kampagne) hauptsächlich aufgrund von Abundanz- und Biomasse-Unterschieden und nicht aufgrund einer unterschiedlichen Artenzusammensetzung unterscheidet.

Tab. 50: Vergleich der Kennwerte der Epifauna (2 m-Baumkurre) aus der Fläche N-6.6 und dem Referenzgebiet im Herbst 2020 und Frühjahr 2021.

Fettgedruckt: signifikanter Unterschied (bei $\alpha=0,05$)

* Verwendung des nicht-parametrischen Mann-Whitney-U-Tests

† geringe Power des Tests (<0,3), eventuell signifikante Unterschiede können nicht detektiert werden

	Herbst 2020			Frühjahr 2021			Herbst 2021		
	N-6.6	Referenz- gebiet	Stat	N-6.6	Referenz- gebiet	Stat	N-6.6	Referenz- gebiet	Stat
Gesamtartenzahl	33	32		31	37		36	35	
Anzahl qualitativ erfasster Arten	16	15		19	20		17	17	
Anzahl Rote-Liste-Arten nach RACHOR et al. (2013)	4	7		6	8		6	6	
Mittlere Artenzahl (n/Station)	8,4	9,8	0,059*	12,1	13,2	0,223*	8,9	9,0	0,878*
Mittlere Abundanz (Ind./m ²)	22.221,6	7.486,8	<0,001*	12.862,5	8.575,0	0,002	5.629,8	9.738,7	0,162*
Mittlere Biomasse (g FG/ m ²)	29.132,9	10.274,4	<0,001*	33.863,5	17.845,0	0,002	24.154,5	32.122,2	0,279†
Diversität (H')	1,13	0,97	0,047	1,07	0,91	0,241*	1,54	0,69	<0,001
Äquität (J')	0,53	0,43	0,004	0,43	0,35	0,056	0,71	0,33	<0,001
Dominante Arten (Abundanz)	<i>O. ophiura</i> <i>A. rubens</i> <i>P. bernhardus</i> <i>T. tricarinata</i> <i>L. holsatus</i>	<i>O. ophiura</i> <i>P. bernhardus</i> <i>T. tricarinata</i> <i>L. holsatus</i> <i>A. echinata</i>		<i>O. ophiura</i> <i>A. rubens</i> <i>T. tricarinata</i> <i>P. bernhardus</i> <i>O. albida</i>	<i>O. ophiura</i> <i>T. tricarinata</i> <i>A. rubens</i> <i>P. bernhardus</i> <i>E. nitida</i>		<i>O. ophiura</i> <i>A. rubens</i> <i>T. tricarinata</i> <i>P. bernhardus</i> <i>A. irregularis</i>	<i>O. ophiura</i> <i>A. rubens</i> <i>P. bernhardus</i> <i>L. holsatus</i> <i>T. tricarinata</i>	
Dominante Arten (Biomasse)	<i>A. rubens</i> <i>O. ophiura</i> <i>L. holsatus</i> <i>A. irregularis</i> <i>P. bernhardus</i>	<i>O. ophiura</i> <i>L. holsatus</i> <i>P. bernhardus</i> <i>A. rubens</i> <i>T. tricarinata</i>		<i>A. rubens</i> <i>O. ophiura</i> <i>T. tricarinata</i> <i>P. bernhardus</i> <i>C. cassivelaunus</i>	<i>A. rubens</i> <i>O. ophiura</i> <i>T. tricarinata</i> <i>P. bernhardus</i> <i>A. aculeata</i>		<i>A. rubens</i> <i>O. ophiura</i> <i>P. bernhardus</i> <i>L. holsatus</i> <i>A. irregularis</i>	<i>O. ophiura</i> <i>A. rubens</i> <i>A. digitatum</i> <i>L. holsatus</i> <i>A. irregularis</i>	
Unähnlichkeit (SIMPER)	24,5 %			29,1 %			31,5 %		
ANOSIM	R=0,93; p=0,001			R=0,30; p=0,002			R=0,47; p=0,001		

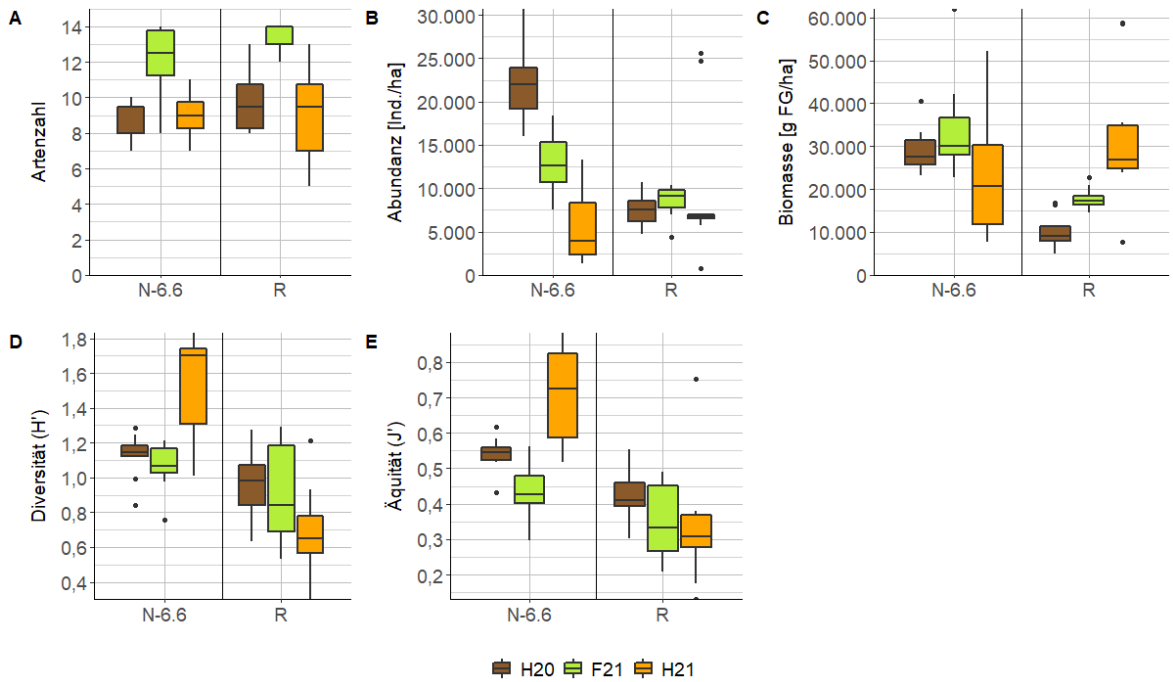


Abb. 78: Vergleichende Boxplots der mittleren Artenzahl (A, Arten/Station), Abundanz (B), Biomasse (C), Diversität (D) und Äquität (E) der Epifauna (2 m-Baumkurve) für die Fläche N-6.6 und das Referenzgebiet im Herbst 2020 (H20), Frühjahr 2021 (F21) und Herbst 2021 (H21).

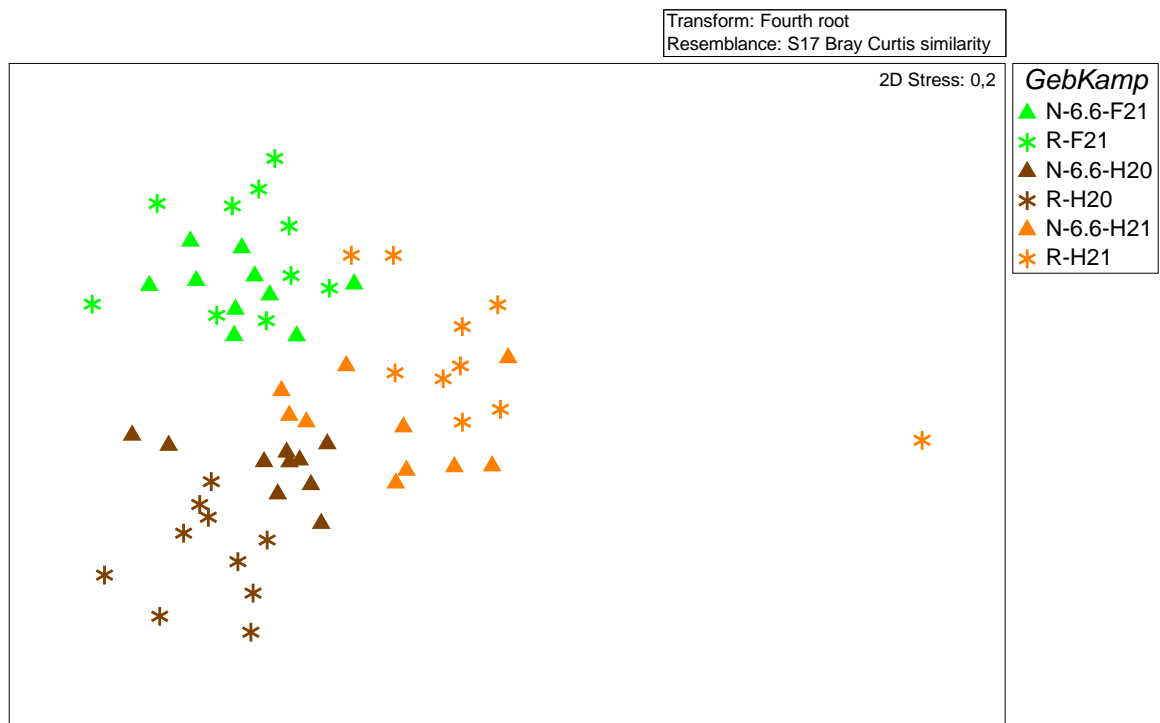


Abb. 79: MDS-Plot basierend auf der Epifauna Arten-Abundanzstruktur an den Stationen in der Fläche N-6.6 und dem Referenzgebiet im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.

3.5.3.1 Fazit

Das Referenzgebiet kann hinsichtlich der Artenstruktur und Dominanzen für die Epifauna als geeignet bewertet werden. Die räumlichen Unterschiede in der Abundanz- und Biomasse, die sich in den drei Kampagnen in vergleichbarer Form zeigten, müssen bei zukünftigen Bewertungen mit dem BACI-Ansatz berücksichtigt werden.

3.5.4 Fische

Die vorangegangenen Analysen sowohl für die Fläche N-6.6 als auch für das Referenzgebiet zeigen eine deutliche Trennung der Arten-Abundanzstruktur zwischen der Frühjahrs- und der Herbstkampagne zeigten. Auch in einer gemeinsamen Betrachtung der Daten beider Gebiete und über die drei Kampagnen hinweg, ist diese Trennung erkennbar. In Tab. 51 sind alle ermittelten Kennwerte pro Gebiet und Kampagne vergleichend dargestellt.

Die **Gesamtartenzahl** schwankte während der drei Kampagnen zwischen 22 und 34 Arten. Im Frühjahr 2021 konnten insgesamt die geringsten Gesamtartenzahlen ermittelt werden. Die Gesamtartenzahl im Referenzgebiet war mit 1 Art (23) geringfügig höher als in der Fläche N-6.6 (22). Im Herbst 2020 lag die Gesamtartenzahl mit 27 Arten im Referenzgebiet etwas höher als in der Fläche N-6.6. Im Herbst 2021 konnte in der Fläche N-6.6 mit 34 Arten mehr Arten erfasst werden als im Referenzgebiet (29).

Die **mittlere Artenzahl** schwankte insgesamt zwischen 10,6 und 14,7 Arten. Im Herbst 2020 war die mittlere Artenzahl in beiden Gebieten mit 13 Arten identisch. Auch im Frühjahr 2021 war die mittlere Artenzahl in der Fläche N-6.6 (11,5) und Referenzgebiet (10,6) nahezu identisch. Im Herbst 2021 wurde die insgesamt höchste mittlere Artenzahl mit 14,7 im Referenzgebiet festgestellt. In der Fläche N-6.6 lag sie mit 12,75 Arten etwas darunter.

Die Überlappung des **Artenspektrums** war sehr hoch. Im Herbst 2020 traten 23 von insgesamt 28 Arten, d.h. 82 % der Arten in beiden Gebieten auf. Im Frühjahr 2021 traten 19 von insgesamt 26 Arten, d.h. 73 % der Arten in beiden Gebieten auf. Ein ähnliches Ergebnis wurde im Herbst 2021 festgestellt. Hier traten 28 von 35 Arten (80 %) in beiden Gebieten auf.

Hinsichtlich des Nachweises von **gefährdeten Arten** waren keine großen Unterschiede zwischen den beiden Gebieten feststellbar. Im Herbst 2020 wurde in der Fläche N-6.6 mit dem Fleckrochen eine gefährdete Art der Roten Liste nach THIEL et al. (2013) gefunden. Im Referenzgebiet wurden mit dem Nagelrochen, Fleckrochen und dem Schellfisch drei gefährdete Arten der Roten Liste erfasst. Vier Arten (Steinbutt, Seezunge, Franzosendorsch und Kabeljau) stehen auf der Vorwarnliste und wurden in beiden Gebieten nachgewiesen, das Kurzschnäuzige Seepferdchen (Daten unzureichend) wurde in beiden Gebieten nachgewiesen. Im Frühjahr 2021 wurde in der Fläche N-6.6 und im Referenzgebiet mit dem Nagelrochen eine gefährdete Art der Roten Liste nach THIEL et al. (2013) gefunden. Steinbutt und Seezunge stehen auf der Vorwarnliste, diese wurden ebenfalls in beiden Gebieten angetroffen. In der Fläche N-6.6 wurde zudem mit der Großen Seenadel eine Art mit dem Gefährdungsstatus G erfasst. Im Herbst 2021 wurde in beiden Gebieten der Nagel- und der Fleckrochen erfasst.

Die mittlere **Gesamtabundanz** schwankte insgesamt zwischen den drei Kampagnen zwischen 145 und 263 Ind./ha. Während aller drei Kampagnen war die Gesamtabundanz in der Fläche N-6.6 höher als im Referenzgebiet.

Die mittlere **Gesamtbiomasse** lag während der drei Kampagnen zwischen 5,2 und 12,7 kg/ha. Die Gesamtbiomasse war im Herbst 2020 in beiden Gebieten nahezu identisch. Im Frühjahr 2021 und im Herbst 2021 war die Gesamtbiomasse in der Fläche N-6.6 jeweils etwas höher als im Referenzgebiet.

Hinsichtlich der **Häufigkeitsanteile** machten während der drei Kampagnen nahezu dieselben Arten in beiden Gebieten hohe Anteile des Bestandes aus. Im Herbst 2020 waren Kliesche, Scholle, Zwergzunge, Lammzunge und Gestreifter Leierfisch am häufigsten vertreten. Die Anteile waren räumlich etwas unterschiedlich, und so waren die Ränge räumlich vertauscht. Zudem zählte in der Fläche N-6.6 der Wittling zu den Charakterarten und im Referenzgebiet die Grundeln. Im Frühjahr 2021 prägten folgende 5 Arten die Fischgemeinschaft: Kliesche, Scholle, Wittling, Zwergzunge und Lammzunge. Die Anteile waren räumlich etwas unterschiedlich, und so waren die Ränge räumlich vertauscht. Zudem zählte in der Fläche N-6.6 der Graue Knurrhahn zu den Charakterarten und im Referenzgebiet der Gestreifte Leierfisch. Im Herbst 2021 zeigte sich grundsätzlich eine etwas andere Struktur insofern, dass die Kliesche aufgrund geringer Abundanzen auf Rang 5 in der Fläche N-6.6 bzw. sogar auf Rang 6 im Referenzgebiet einzuordnen war. Daneben waren in beiden Gebieten die bereits oben genannten Arten vertreten: Lammzunge, Zwergzunge, Scholle, Wittling und Grundeln.

Die **Gewichtsanteile** wurden im Herbst 2020 in beiden Gebieten durch dieselben vier Arten geprägt: Scholle, Kliesche, Seezunge und Wittling. Auch hier waren die Ränge räumlich etwas vertauscht. Zudem zählte der Gestreifte Leierfisch zu den Charakterarten in der Fläche N-6.6 und im Referenzgebiet der Steinbutt. Im Frühjahr 2021 wurden die Gewichtsanteile in beiden Gebieten durch dieselben vier Arten geprägt: Scholle, Kliesche, Wittling und Grauer Knurrhahn. Diese Arten wiesen in beiden Gebieten dieselben Ränge auf. Im Referenzgebiet zählten zudem die Zwergzunge und der Gestreifte Leierfisch zu den Charakterarten. Im Herbst 2021 wiesen Scholle, Kliesche, Wittling, Nagelrochen, Lammzunge und Steinbutt die biomassereichsten Anteile am Gesamtfang auf. Die Ränge waren zwischen den Gebieten etwas vertauscht. Zudem zählten der Gestreifte Leierfisch in der Fläche N-6.6 und im Referenzgebiet die Zwergzunge zusätzlich zu den Charakterarten.

Während der drei Kampagnen schwankte der **Diversitätswert** zwischen 1,69 und 1,97 in den beiden Gebieten. Im Herbst 2020 und im Frühjahr 2021 wies das Referenzgebiet jeweils einen etwas höheren Diversitätswert auf als in der Fläche N-6.6. Im Herbst 2021 lag die mittlere Diversität in der Fläche N-6.6 etwas höher als im Referenzgebiet.

Ähnliches gilt für die **Äquitätswerte**. Im Herbst 2020 und Frühjahr 2021 wies das Referenzgebiet einen etwas höheren Äquitätswert auf als in der Fläche N-6.6. Im Herbst 2021 lag die mittlere Äquität in der Fläche N-6.6 etwas höher als im Referenzgebiet.

Die Form der **Längenverteilung** der dominanten Arten (Zwergzunge, Kliesche, Scholle, Lammzunge und Wittling) war in beiden Gebieten weitgehend ähnlich, wenn auch die Dichten teilweise

Unterschiede aufwiesen (bspw. im Herbst 2020 und im Frühjahr 2021 höhere Dichten von Kliesche, Scholle in der Fläche N-6.6 und höhere Dichten von Zwerg- und Lammzunge im Referenzgebiet).

In Bezug auf die **Arten-Abundanzstruktur** ähneln sich die Hols beider Gebiete in allen Kampagnen mit einer Ähnlichkeit von 60 % (Abb. 80, grüne Linie). Hinsichtlich der einzelnen Kampagnen ergaben sich sowohl für den Herbst 2020 als auch für das Frühjahr 2021 Unterschiede zwischen den Gebieten (ANOSIM Test). Im Herbst 2021 waren die Unterschiede weniger deutlich ausgeprägt. Die MDS-Plots der einzelnen Kampagnen verdeutlichen die Unterschiede in der Besiedlungsstruktur graphisch anhand der räumlich getrennten Anordnung der Hols eines Gebietes im Plot (Abb. 80). Die Unterschiede zwischen den Gebieten sind jeweils signifikant, wobei ein R-Wert von 0,822 (Frühjahr 2021) auf eine deutliche Trennbarkeit der Besiedlungsstruktur hindeutet (grüne Symbole im MDS-Plot). Im Herbst 2020 weist ein R-Wert von 0,686 (Herbst 2020) auf eine gute Trennbarkeit, aber auch einige Gemeinsamkeiten hindeutet (dunkelbraune Symbole im MDS-Plot). Der ermittelte R-Wert im Herbst 2021 lag bei 0,360 (orange Symbole im MDS-Plot).

Die Unähnlichkeit (SIMPER) zwischen den Gebieten betrug im Herbst 2020 21 %, im Frühjahr 2021 22 % und im Herbst 2021 25 %, letzteres deutet auf eine ähnlichere Arten-Abundanzstruktur in beiden Gebieten hin. Welche Arten maßgeblich für die Unterschiede im Herbst 2020 verantwortlich sind zeigt die Tab. 52. Die vorhandenen Unterschiede zwischen den beiden Kampagnen resultierten dabei weniger aus Unterschieden in der Artzusammensetzung sondern v.a. in dem häufigeren Vorkommen von Kliesche, Wittling, Sandgrundel, Scholle und Gestreiftem Leierfisch in der Fläche N-6.6. Umgekehrt waren die Abundanzen von v.a. Zwergzunge, Lammzunge, Vierbärtelige Seequappe und Seezunge im Referenzgebiet etwas höher als in der Fläche N-6.6. Im Frühjahr 2021 waren v.a. Wittling, Scholle, Kliesche und Grauer Knurrhahn häufiger in der Fläche N-6.6 vorhanden. Umgekehrt waren die Abundanzen von v.a. Zwergzunge, Lammzunge, Vierbärtelige Seequappe und Gestreiftem Leierfisch im Referenzgebiet etwas höher als in der Fläche N-6.6 (Tab. 53). Im Herbst 2021 beruhen die Unterschiede v.a. auf dem höheren Vorkommen von Lammzungen, Schollen, Sandgrundeln und Klieschen in der Fläche N-6.6 (Tab. 54).

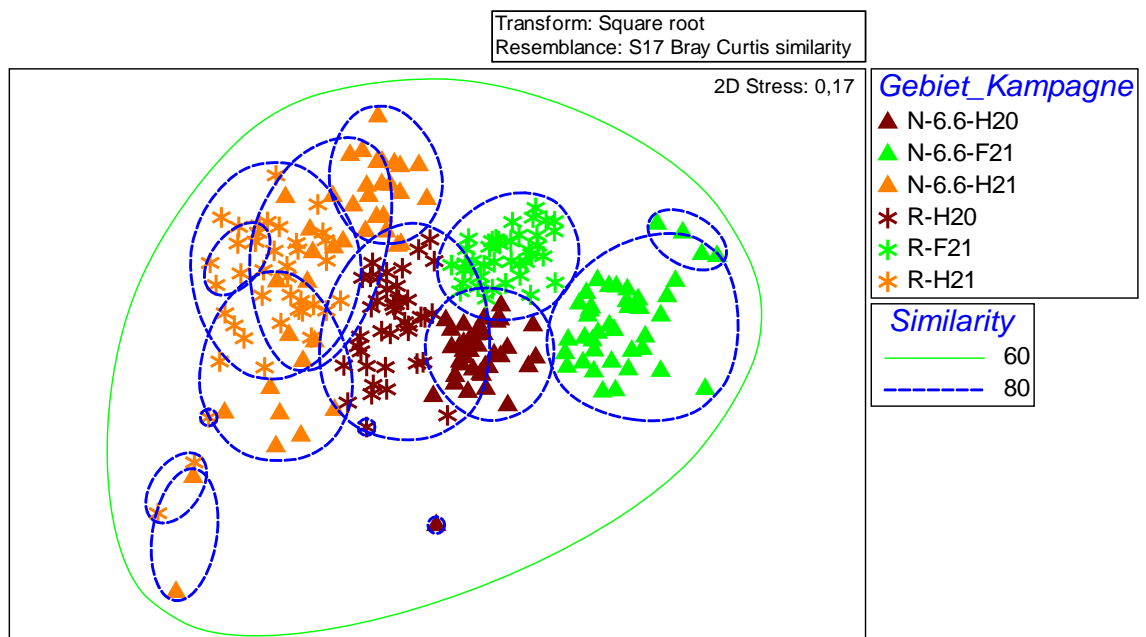


Abb. 80: MDS-Plot der Abundanzen aller demersalen Fischarten in den Hols der Fläche N-6.6 und des Referenzgebietes im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021. Bray-Curtis-Similarität (2.Wurzel-Transformation).

Tab. 51: Vergleich der Kenngrößen der Fischgemeinschaften in der Fläche N-6.6 und Referenzgebiet im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021.
Fett gedruckt: Unterschiede waren signifikant, °: t-Test, *: Mann-Whitney-U-Test.

Kenngröße	Herbst 2020			Frühjahr 2021			Herbst 2021		
	N-6.6	Referenzgebiet	Stat. Vergleich	N-6.6	Referenzgebiet	Stat. Vergleich	N-6.6	Referenzgebiet	Stat. Vergleich
Gesamtartenzahl	24	27		22	23		34	29	
Mittlere Artenzahl	13 ± 1,3	13 ± 1,5	n.s. (p 0,840)*	11,5 ± 1,2	10,6 ± 1,5	s. (p 0,004)*	12,75 ± 2,3	14,7 ± 1,8	s. (p 0,001)*
Anzahl Arten der Roten Liste	1	3		2	1		2	2	
Gesamtabundanz (Ind./ha)	229 ± 46,3	184 ± 35,1	s. (p 0,001)°	263 ± 44,4	206 ± 25,6	s. (p 0,001)°	198 ± 80,3	145 ± 37,3	s. (p 0,001)*
Gesamtbiomasse (kg/ha)	9,1 ± 2,0	8,8 ± 2,1	n.s. (p 0,475)°	12,7 ± 2,4	8,1 ± 1,7	s. (p 0,001)*	6,7 ± 2,9	5,2 ± 2,3	s. (p 0,018)°
Häufigste Arten (Summe ≥ 90%)	Kliesche Scholle Zwergzunge Wittling Lammzunge Gestr. Leierfisch	Zwergzunge Kliesche Lammzunge Scholle Grundeln Gestr. Leierfisch		Kliesche Scholle Wittling Zwergzunge Gr. Knurrhahn Lammzunge	Kliesche Zwergzunge Wittling Scholle Lammzunge Gestr. Leierfisch		Lammzunge Zwergzunge Scholle Grundeln Kliesche Wittling	Zwergzunge Lammzunge Wittling Scholle Grundeln Kliesche	
Biomassereichste Arten (Summe ≥ 90%)	Scholle Kliesche Wittling Gestr. Leierfisch Seezunge	Scholle Kliesche Steinbutt Zwergzunge Seezunge Wittling		Scholle Kliesche Wittling Gr. Knurrhahn	Scholle Kliesche Wittling Gr. Knurrhahn Zwergzunge Gestr. Leierfisch		Scholle Kliesche Wittling Nagelrochen Lammzunge Steinbutt Gestr. Leierfisch	Scholle Nagelrochen Steinbutt Wittling Kliesche Zwergzunge Lammzunge	
Diversität	1,84 ± 0,12	1,97 ± 0,07	s. (p 0,001)*	1,69 ± 0,1	1,86 ± 0,07	s. (p 0,001)°	1,93 ± 0,07	1,85 ± 0,13	s. (p 0,014)°
Äquität	0,74 ± 0,04	0,78 ± 0,03	s. (p 0,001)°	0,73 ± 0,05	0,82 ± 0,04	s. (p 0,001)°	0,80 ± 0,05	0,77 ± 0,06	s. (p 0,020)°
ANOSIM: R-Wert	0,669		s. (p 0,001)	0,822		s. (p 0,001)	0,36		s. (p 0,001)
SIMPER: mittlere Unähnlichkeit	21%			22%			28%		

Tab. 52: Ergebnisse der SIMPER-Analyse für die Fläche N-6.6 und das Referenzgebiet im Herbst 2020. Es werden die Trennarten bis zu einem kumulativen Anteil von 90 % dargestellt. Av. Abund.: mittlere Abundanz (transformiert mit der 2. Wurzel), Contrib %: prozentualer Beitrag, Cum. %: kumulativer Beitrag über die angezeigten Arten.

	N-6.6-H20	R-H20		
Fischart	Av.Abund	Av.Abund	Contrib%	Cum.%
<i>Limanda limanda</i>	9,54	6,43	17,89	17,89
<i>Merlangius merlangus</i>	4,8	2,76	12,09	29,98
<i>Buglossidium luteum</i>	5,03	6,63	9,96	39,94
<i>Arnoglossus laterna</i>	4,58	5,52	6,58	46,52
<i>Pomatoschistus minutus</i>	3,2	2,98	5,94	52,46
<i>Pleuronectes platessa</i>	5,41	4,81	5,65	58,11
<i>Enchelyopus cimbrius</i>	2,16	2,75	5,57	63,68
<i>Solea solea</i>	0,84	1,17	4,58	68,26
<i>Callionymus lyra</i>	3,41	2,88	4,52	72,78
<i>Agonus cataphractus</i>	1,37	1,03	4,5	77,28
<i>Eutrigla gurnardus</i>	0,88	0,76	3,99	81,27
<i>Scophthalmus maximus</i>	0,31	0,74	3,76	85,02
<i>Gadus morhua</i>	0,66	0,54	3,69	88,71
<i>Mullus surmuletus</i>	0,48	0,29	3,12	91,83

Tab. 53: Ergebnisse der SIMPER-Analyse für die Fläche N-6.6 und das Referenzgebiet im Frühjahr 2021. Es werden die Trennarten bis zu einem kumulativen Anteil von 90 % dargestellt. Av. Abund.: mittlere Abundanz (transformiert mit der 2. Wurzel), Contrib %: prozentualer Beitrag, Cum. %: kumulativer Beitrag über die angezeigten Arten.

	N-6.6-F21	R-F21		
Fischart	Av.Abund	Av.Abund	Contrib%	Cum.%
<i>Merlangius merlangus</i>	5,47	5,29	15,67	15,67
<i>Pleuronectes platessa</i>	7,74	5,33	13,48	29,16
<i>Limanda limanda</i>	9,39	7,11	13,12	42,27
<i>Buglossidium luteum</i>	4,56	6,81	12,51	54,79
<i>Eutrigla gurnardus</i>	4,41	2,7	9,61	64,4
<i>Agonus cataphractus</i>	1,24	0,32	5,62	70,02
<i>Arnoglossus laterna</i>	4,01	4,8	5,28	75,3
<i>Enchelyopus cimbrius</i>	1,11	1,88	4,95	80,26
<i>Callionymus lyra</i>	2,95	3,19	4,73	84,98
<i>Pomatoschistus minutus</i>	0,5	0,82	4,61	89,59
<i>Microstomus kitt</i>	0,24	0,38	2,55	92,14

Tab. 54: Ergebnisse der SIMPER-Analyse für die Fläche N-6.6 und das Referenzgebiet im Herbst 2021. Es werden die Trennarten bis zu einem kumulativen Anteil von 90 % dargestellt. Av. Abund.: mittlere Abundanz (transformiert mit der 2. Wurzel), Contrib %: prozentualer Beitrag, Cum. %: kumulativer Beitrag über die angezeigten Arten.

	N-6.6-H21	R-H21		
Fischart	Av.Abund	Av.Abund	Contrib%	Cum.%
<i>Arnoglossus laterna</i>	7,39	6,17	10,83	10,83
<i>Pleuronectes platessa</i>	5,47	3,61	10,62	21,46
<i>Buglossidium luteum</i>	5,69	6,6	10,6	32,06
<i>Pomatoschistus minutus</i>	4,02	2,91	9,57	41,63
<i>Limanda limanda</i>	4,1	2,86	8,13	49,77
<i>Callionymus lyra</i>	3,16	2,07	6,84	56,6
<i>Merlangius merlangus</i>	3,97	3,8	6,59	63,19
<i>Enchelyopus cimbrius</i>	1,75	1,92	4,62	67,81
<i>Solea solea</i>	0,8	0,6	4,28	72,09
<i>Pomatoschistus norvegicus</i>	0,39	0,71	3,97	76,06
<i>Scophthalmus maximus</i>	0,5	0,74	3,82	79,88
<i>Aqonus cataphractus</i>	0,53	0,48	3,54	83,42
<i>Raja clavata</i>	0,2	0,29	2,21	85,63
<i>Microstomus kitt</i>	0,2	0,29	2,16	87,79
<i>Eutrigla gurnardus</i>	0,32	0,13	1,98	89,77
<i>Mullus surmuletus</i>	0,32	0,05	1,96	91,74

3.5.4.1 Fazit

Die Struktur der demersalen Fischgemeinschaft wird durch verschiedene abiotische (wie z.B. Sedimentbeschaffenheit, Strömungs- und Temperaturregime) und biotische Faktoren (wie z.B. die Individuendichte der Nahrungs- und Räuberorganismen) bestimmt (HELFMAN et al. 1997, STELZENMÜLLER et al. 2009, SELL & KRÖNCKE 2013). Wie in den vorangegangenen Kapiteln beschrieben, wiesen die Fläche N-6.6 und das Referenzgebiet weitestgehend gute Übereinstimmungen in den oben genannten Faktoren auf. Geringe Unterschiede in den Sedimentverhältnissen und der Benthosbesiedlung konnten jedoch in den aktuellen Untersuchungen festgestellt werden. Deutliche Unterschiede im Salzgehalt, in der Wassertemperatur und der Sauerstoffsättigung zwischen der Fläche N-6.6 und dem Referenzgebiet konnten in der jeweiligen Befischungskampagne nicht festgestellt werden. Auch die Wassertiefe war in beiden Gebieten während der Untersuchungen sehr ähnlich (38–41 m, siehe Kap. 3.2). Die Sedimentbeschaffenheit war in beiden Gebieten sehr ähnlich (feinsandgeprägt). Allerdings waren der Ton- und Schluffanteil sowie der Feinstsandanteil im Referenzgebiet etwas höher als in der Fläche N-6.6. Zudem war der Anteil von Mittelsand in der Fläche N-6.6 etwas höher (vgl. auch Kap. 3.5.1).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Fischfauna in der Fläche N-6.6 und im Referenzgebiet eine gute Übereinstimmung von Artenspektrum, Gesamtartenzahl, mittlerer Artenzahl, Gesamtbiomasse sowie im Längenspektrum der Arten zeigt. Gewisse Unterschiede wurden für die Gesamtabundanz, der Dominanzverhältnisse auf der Basis der Häufigkeiten sowie der Gewichtsanteile

teile der Arten, Diversität und Äquität festgestellt. Anhand der Gemeinschaftsanalyse lassen sich zwar einige Unterschiede zwischen den beiden Gebieten innerhalb einer Saison feststellen. Die Gemeinschaft ist sich in allen drei Kampagnen zu über 60 % ähnlich.

Die festgestellten vergleichsweise geringen Unterschiede beruhen auf kleinen Verschiebungen in der Abundanzverteilung, bzw. sind durch die unterschiedliche räumliche Verteilung der dominanten Arten bedingt. Die saisonalen Unterschiede waren jedoch deutlich ausgeprägter und maskierten die räumlichen Unterschiede.

Insgesamt ist das Referenzgebiet nach den bisherigen Ergebnissen aufgrund der vorhandenen Ähnlichkeiten der Fischfauna und der ähnlichen Rahmenbedingungen als geeignet zu bewerten.

3.5.5 Gesamtfazit zur Eignung des Referenzgebiets

Die aktuellen Untersuchungen ergaben, dass das Referenzgebiet einige Unterschiede im Vergleich zur Fläche N-6.6 aufwies. Das Sediment wies im Referenzgebiet höhere Anteile von Ton/Schluff und Feinsand auf und auch die Besiedlungskennwerte der Infauna-Gemeinschaft unterschieden sich in den drei Kampagnen zum Teil signifikant zwischen dem Referenzgebiet und der Fläche N-6.6. Eine Zuordnung zu unterschiedlichen Benthosgemeinschaften erfolgte jedoch nicht, da es sich vielmehr um eine unterschiedliche Ausprägung derselben Feinsand-Gemeinschaft handelte, die eine saisonale und interanuelle Variabilität aufweist. Auch in Bezug auf die Epifauna waren Unterschiede hinsichtlich der Besiedlungskennwerte Abundanz und Biomasse erkennbar, nicht jedoch in Bezug auf die Artenzusammensetzung beider Gebiete. In Übereinstimmung mit den Ergebnissen des Benthos waren auch Unterschiede zwischen beiden Gebieten bezüglich der Abundanz und Dominanzverhältnisse der Fischfauna erkennbar. Allerdings zeigte sich auch bei den Fischen eine gute Übereinstimmung des Artenspektrums und der allgemeinen Besiedlungsstruktur beider Gebiete innerhalb einer Kampagne.

Saisonale Unterschiede waren bei allen hier betrachteten Schutzgütern (Benthos, Fische) stark ausgeprägt und waren bei Betrachtung der Unterschiede bezüglich der Gemeinschaftsstruktur von In- und Epifauna sowie Fischfauna größer als die regionalen Unterschiede zwischen den Gebieten.

Aufgrund der abweichenden Besiedlungskennwerte zwischen Referenzgebiet und Fläche N-6.6, die sich in beiden Kampagnen in vergleichbarer Form zeigten, sollte der Fokus innerhalb des zukünftig anzuwendenden BACI-Ansatzes auf der zeitlichen, gebietsinternen Entwicklung liegen und diese zwischen den Gebieten verglichen werden. Auf diese Art ließen sich zeitliche Trends der Besiedlungsparameter (Abundanz, Biomasse, Veränderungen der Dominanzverhältnisse) beider Gebiete erkennen, die Hinweise auf potenzielle Auswirkungen des OWP geben können.

Das ausgewählte Referenzgebiet ist aufgrund der grundsätzlich vorhandenen Ähnlichkeiten des Sediments, des Benthos und der Fischfauna insgesamt als geeignet zu bewerten.

4. Schutzgutbezogene Bewertung des Bestandes

4.1 Sedimente

4.1.1 Allgemeine Einordnung

Die in der Fläche N-6.6 und dem Referenzgebiet nachgewiesenen Sedimente entsprechen den von LAURER et al. (2014), SALZWEDEL et al. (1985), ICES (1986) und RACHOR & NEHMER (2003) für diese Gebiete beschriebenen Sedimentverhältnissen. Die Gebiete liegen nach Angaben der Autoren in einem großräumig von Feinsanden dominierten Gebiet der Nordsee. LAURER et al. (2014) weisen flächendeckend Feinsande mit unterschiedlichen Tonanteilen (zw. 5 und 20 %) aus. Entsprechende Aussagen finden sich im Umweltbericht zum Flächenentwicklungsplan Deutsche Nordsee (BSH 2017) und im Geodatenportal des BSH (www.geoseaportal.de).

4.1.2 Vergleich der aktuellen Untersuchungen mit früheren Untersuchungen der Fläche N-6.6 (2008 & 2009)

In Bezug auf die Sedimente wurde die Fläche N-6.6 sowohl im Herbst 2020, sowie im Frühjahr 2021 als auch im Herbst 2021 als ein homogenes Feinsandgebiet charakterisiert. Der Feinsandanteil betrug 81,1 % (Herbst 2020), 83,3 % (Frühjahr 2021) und 82,7 % und der Ton-/Schluffanteil lag bei 11,3% im Herbst 2020, 9,4 % im Frühjahr 2021 und 9,7 % im Herbst 2021. Mittelsand war mit Anteilen von 7,1 %, 7,0 % bzw. 7,3 % vertreten, Grobsand sowie Kies und Steine wiesen in den drei Kampagnen keine nennenswerten Anteile auf.

Die Sedimentzusammensetzung ist nahezu identisch mit den Ergebnissen aus den Jahren 2008 und 2009 zu Windparkplanungen auf derselben Fläche (PGU 2012, Tab. 55). Im Frühjahr 2008 lag der Feinsandanteil bei 81 %, der Ton-/Schluffanteil bei 11,8 % und der Mittelsandanteil bei 6,6 %. Im Herbst 2008 lag der Feinsandanteil bei 83,3 %, der Ton-/Schluffanteil bei 10,7 % und der Mittelsandanteil bei 5,3 %. Auch der Glühverlust war zwischen allen Kampagnen sehr ähnlich und lag zwischen 1,1 und 1,7 %.

Die Ähnlichkeit der Sedimentzusammensetzung der Jahre 2008 bis 2021 weist auf eine hohe zeitliche Stabilität der Sedimentstruktur in der Fläche N-6.6 hin.

Tab. 55: Vergleich der Korngrößenanteile und des Glühverlusts der aktuellen Untersuchungen mit den Ergebnissen aus früheren Untersuchungen der Jahre 2008 und 2009 (PGU 2012)

Kampagne	Ton/Schluff ($<63 \mu\text{m}$)	Feinsand ($63 - 250 \mu\text{m}$)	Mittelsand ($250 - 500 \mu\text{m}$)	Grobsand ($>500 \mu\text{m}$)	Glühverlust
Frühjahr 2008	11,8	81,0	6,6	0,5	1,7
Herbst 2008	10,7	83,3	5,3	0,6	1,3
Frühjahr 2009	14,0	82,3	3,7	0,2	1,3
Herbst 2009	15,6	78,4	5,6	0,3	1,6
Herbst 2020	11,3	81,1	7,1	0,4	1,3
Frühjahr 2021	9,4	83,3	7,0	0,3	1,1
Herbst 2021	9,7	82,7	7,3	0,3	1,3

4.1.3 Ergebnisse der Untersuchungen aus den angrenzenden OWP-Vorhaben Deutsche Bucht, Veja Mate und Bard Offshore 1 (2015–2017)

Ergebnisse des Bau- und Betriebsmonitorings der nördlich der Fläche N-6.6 gelegenen Windparkflächen „Bard Offshore 1“ (Herbst 2017), „Deutsche Bucht“ (Frühjahr/Herbst 2015 und Herbst 2016) und „Veja Mate“ (PGU 2017, 2018) ergaben, dass auch diese Flächen großräumig der Kategorie „Feinsand“ mit unterschiedlichen Ton-/Schluffanteilen von 5 – 20 % in Einzelfällen etwas über 20 % zugewiesen werden können. Mittelsandanteile lagen auch in diesen Gebieten unter 10 % und Grobsande kamen kaum vor (Tab. 56).

Tab. 56: Korngrößenanteile der aktuellen Untersuchungen im Vergleich zu angrenzenden Windparkflächen (PGU 2017, 2018)
F: Frühjahr; H: Herbst

Kampagne	N-6.6			Bard Offshore 1		Deutsche Bucht			Veja Mate	
	H-20	F-21	H-21	H-15	H-17	F-15	H-15	H-16	F-15	H-15
Ton/Schluff ($<63 \mu\text{m}$)	11,1	9,4	9,7	12,0	14,8	8,9	11,0	9,7	9,8	9,8
Feinsand ($63 - 250 \mu\text{m}$)	81,1	83,3	82,7	86,3	83,4	83,0	80,7	81,0	84,3	83,5
Mittelsand ($250 - 500 \mu\text{m}$)	7,1	7,0	7,3	1,6	1,6	7,7	8,0	8,8	5,4	6,4
Grobsand ($>500 \mu\text{m}$)	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3
Glühverlust	1,3	1,1	1,3	1,6	1,7	1,3	1,3	1,3	1,5	1,2

4.1.4 Schutzgutbezogene Bewertung

In Übereinstimmung mit LAURER et al. (2014) befindet sich die Fläche N-6.6 in einem großräumig durch Feinsand geprägtem Gebiet. Anteile von Ton bzw. Schluff variieren nach LAURER et al. (2014) innerhalb der Fläche sowie großräumig jedoch zwischen den Kategorien $< 5 \%$ und 21–

50 %. Diese Variabilität wurde durch die Untersuchungsergebnisse der aktuellen Untersuchung sowie früherer Untersuchungen nicht bestätigt. Ton-/Schluffanteile von < 5 % traten nach den aktuellen Ergebnissen lediglich im Frühjahr 2021 an den Stationen N-6.6-07 und -08 auf und Ton-/Schluffanteile von > 20 % wurden nur im Frühjahr 2021 an Station N-6.6-16 nachgewiesen. Die in der Karte von LAURER et al. (2014) eingezeichneten Flächen mit Kies und Steinen wurden in der aktuellen Untersuchung und in früheren Untersuchungen nicht nachgewiesen. Ähnliche Erkenntnisse lieferten die Untersuchungen zum Referenzgebiet. Nach diesen Ergebnissen müsste das Referenzgebiet an alle Stationen den Kategorien „Feinsand mit einem Ton-/Schluffgehalt von 10–20 % bzw. 21–50 %“ zugeschrieben werden und weist somit weniger Heterogenität auf als von LAURER et al. (2014) modelliert wurde.

Sowohl der Vergleich mit früheren Untersuchungen als auch mit angrenzenden Flächen zeigen, dass die Fläche N-6.6 in einem zeitlich und räumlich stabilen Feinsandgebiet mit variablen Ton-/Schluffanteilen liegt. Bereiche mit erhöhtem Vorkommen von Mittelsanden oder Grobsanden wurden in keiner Untersuchung erfasst.

Die in der Fläche N-6.6 anstehenden Sedimentstrukturen sind vor allem in der zentralen (deutschen) Nordsee weit verbreitet (LAURER et al. 2014). Gefährdete oder besonders geschützte Biotopstrukturen lassen sich aus den standörtlichen Gegebenheiten ebenso wenig ableiten, wie Lebensraumtypen, die nach Anhang I der FFH-Richtlinie eine besondere Wertigkeit aufweisen. Daraus ergibt sich eine Einstufung der Seltenheit und Gefährdung des Schutzgutes Boden/Sediment als gering.

Vielfalt und Eigenart werden ebenfalls als gering bewertet, da in der gesamten Fläche N-6.6 eine einheitliche Sedimentverteilung besteht und diese zudem großflächig in der Nordsee vorkommt.

Die Natürlichkeit der Sedimente wird als mittel eingeschätzt, da eine Vorbelastung insbesondere durch bodengängiges Fischereigeschirr anzunehmen ist (ICES 2018). Darüber hinaus ist von tendenziell erhöhten Nähr- bzw. Schadstoffgehalten im Sediment auszugehen.

Gesamtbewertung

Dem Schutzgut Boden/Sediment wird insgesamt eine geringe bis mittlere Bedeutung zugeordnet.

Tab. 57: Bewertungsmatrix für das Schutzgut Sedimente in der Fläche N-6.6.

Kriterien der Bestandsbewertung	Bewertung für die Fläche N-6.6	Begründung
Seltenheit und Gefährdung	gering	Homogener Feinsandboden ohne geschützte Biotope
Vielfalt und Eigenart	gering	Weit verbreitetes Vorkommen von Feinsand mit Ton/Schluff <20 %
Natürlichkeit	mittel	Beeinträchtigung durch Fischerei, Belastung durch erhöhte Nähr- bzw. Schadstoffe
Gesamtbewertung	Gering bis mittel	

4.2 Makrozoobenthos (In- und Epifauna)

4.2.1 Allgemeine Einordnung

RACHOR & NEHMER (2003) beschreiben die die Lage und Ausdehnung der verschiedenen Benthos-Gemeinschaften in der deutschen AWZ der Nordsee. Demnach liegen die Fläche N-6.6 und das Referenzgebiet in einem Bereich, in dem die *Nucula-nitidosa*-Gemeinschaft bestandsbildend sein soll.

Neuere von BILDSTEIN et al. (2014) durchgeführte Analysen, bei denen die Daten von RACHOR & NEHMER (2003) Teil eines umfassenderen Datensatzes sind, zeigen allerdings, dass das Vorhaben-gebiet eher der *Amphiura-filiformis*-Gemeinschaft zuzuordnen ist. Ob hier Grenzverschiebungen stattgefunden haben oder der umfangreichere Datensatz einfach nur ein anderes Gesamtbild ergibt, ist dabei nicht klar. Fest steht, dass die Fläche N-6.6 und das Referenzgebiet diesen neuen Analysen zufolge zwar in der *Amphiura-filiformis*-Gemeinschaft, aber im Grenzbereich zur *Nucula-nitidosa*-Gemeinschaft liegt. Den Erfahrungen von Untersuchungen in anderen Windparkgebieten, die ebenfalls in Grenzbereichen zwischen zwei Gemeinschaften liegen, zeigen, dass es saisonal und interannuell zu Bestandsschwankungen der Gemeinschaft kennzeichnenden Arten kommen kann, so dass eine Zuordnung zu einem Gemeinschaftstyp erschwert wird. Auch in der Fläche N-6.6 und dem Referenzgebiet gehörten sowohl *Amphiura filiformis* als auch *Nucula nitidosa* zu den numerisch dominanten Arten. Eine eindeutige Zuweisung einer Infaunagemeinschaft ist demnach in der Fläche N-6.6 und dem Referenzgebiet nicht möglich. Vergleiche der Charakterarten und charakteristischen Arten beider Gemeinschaften zeigen jedoch, dass die *Amphiura-filiformis*-Gemeinschaft im Referenzgebiet in allen Kampagnen etwas stärker ausgeprägt war als die *Nucula-nitidosa*-Gemeinschaft. Dies konnte in der Fläche N-6.6 nicht so deutlich wahrgenommen werden, beide Gemeinschaften kamen hier zu ähnlichen Anteilen vor.

Das Epibenthos der südöstlichen Nordsee wird in Abhängigkeit von der Größe des betrachteten Gebietes und der berücksichtigten Stationszahl zwei bis acht größeren Gemeinschaften zugeordnet (CALLAWAY et al. 2002, NEUMANN et al. 2013, REISS et al. 2009, REISS et al. 2010, NEUMANN et al. 2017, OHDE 2017). Basierend auf einem großen Datensatz von annähernd 400 Stationen, identifizierten NEUMANN et al. (2017) aktuell insgesamt acht Epibenthos-Gemeinschaften (Abb. 81). Die drei größten Gemeinschaften bilden hierbei die Gemeinschaften „Coast“, „Oyster Ground“ und „Tail end“, welche eine große Fläche entlang eines Habitatgradienten von der Küste bis zum Entenschnabel einnehmen. Nach NEUMANN et al. (2017) erfolgt der Übergang der Gemeinschaften graduell ohne klare Grenzen.

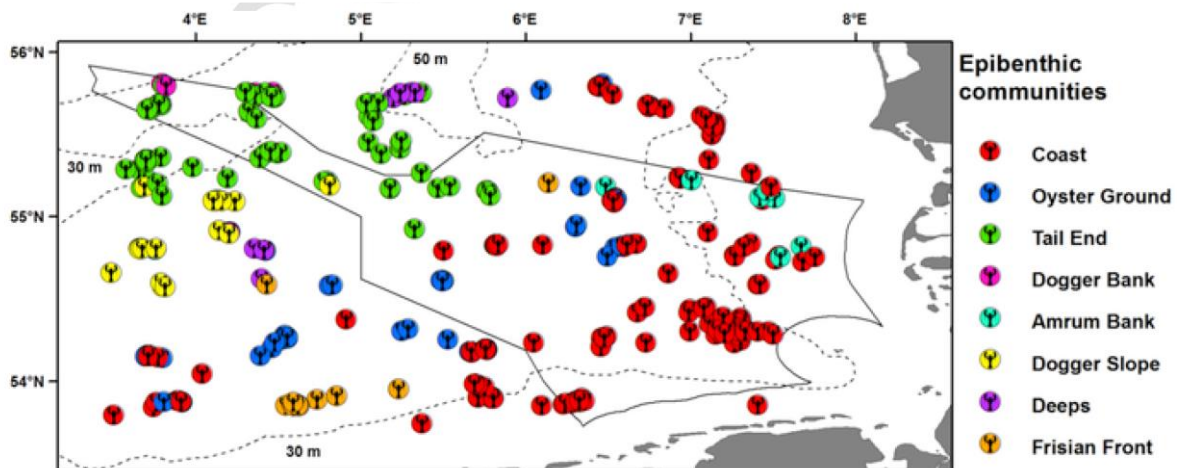


Abb. 81: Verteilung der acht auf Basis von Clusteranalysen identifizierten Epibenthos-Gemeinschaften.
Abbildung aus NEUMANN et al. (2017).

Nach REISS et al. (2010), NEUMANN et al. (2017) sowie OHDE (2017) ordnet sich die Epifaunagegemeinschaft im Bereich der Fläche N-6.6 und des Referenzgebiets den „Oyster Grounds“ zu. Diese Gemeinschaft ist durch Arten charakterisiert, die mit schlickhaltigen Sedimenten einhergehen. Zu diesen Arten zählen *Turritellinella tricarinata*, *Liocarcinus holsatus*, *Asterias rubens*, *Astropecten irregularis*, *Pagurus bernhardus*, *Ophiura ophiura* sowie in einigen Bereichen *Nephrops norvegicus*.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der aktuellen Untersuchung mit früheren Untersuchungen sowie Untersuchungen angrenzender OWP-Vorhaben verglichen und es erfolgt eine Einordnung hinsichtlich der zeitlichen und räumlichen Variabilität der Benthosgemeinschaften.

4.2.2 Vergleich der aktuellen Untersuchungen mit früheren Untersuchungen der Fläche N-6.6 (2008 & 2009)

Ein Vergleich mit früheren Untersuchungen aus den Jahren 2008 und 2009 ist in Tab. 58 dargestellt und zeigt, dass die mittlere Abundanz und Biomasse sowie die Anzahl Rote-Liste-Arten der Infaunagegemeinschaft in den Frühjahrskampagnen relativ vergleichbar war, während mittlere Artenzahl, Gesamtartenzahl und Diversität im Frühjahr 2021 höher war als in vorangegangenen Untersuchungen. Auch im Herbst 2021 waren die mittlere Abundanz und die Anzahl Rote-Liste-Arten vergleichbar mit den Ergebnissen der früheren Untersuchungen. Während die Biomasse im Herbst 2021 geringere Werte annahm, waren Gesamtartenzahl, mittlere Artenzahl und Diversität höher als in den früheren Untersuchungen. Die Ergebnisse der Untersuchung im Herbst 2021 weichen jedoch deutlich von den vorangegangenen Herbstuntersuchungen ab. Alle Kennwerte waren im Herbst 2021 höher als in den vorangegangenen Untersuchungen. Besonders hervorzuheben ist die mittlere Abundanz, die um mehr als das Dreifache erhöht war. Darüber hinaus nahmen die Gesamtartenzahl mit 143 und die mittlere Artenzahl mit 66,4 Arten/Station im Herbst 2021 die höchsten Werte aller in der Fläche N-6.6 durchgeführten Untersuchungen an. Auch in Bezug auf die dominanten Arten weist das Gebiet in den Jahren 2008 und 2009 eine hohe saisonale und interanuelle Variabilität auf. In PGU (2012) wird beschrieben, dass die Gemeinschaftszusammensetzung der in den Jahren 2008 und 2009 erfassten Infauna zwar auf eine *Amphiura filiformis*

Gemeinschaft hindeutet, sie jedoch in einer eher untypischen Ausprägung vorliegt. Auch dies deckt sich gut mit den aktuellen Ergebnissen, die ebenfalls keine klare Zuordnung zur *Amphiura filiformis*-Gemeinschaft zulassen, da die Gemeinschaft ebenso viele Charakteristika der *Nucula nitidosa*-Gemeinschaft aufweist.

Tab. 58: Vergleich der Gemeinschaftskennwerte der Infauna (van-Veen-Greifer) der Untersuchungen in der Fläche N-6.6 in den Jahren 2008 und 2009 (PGU 2012) und in den Jahren 2020 und 2021 (aktuelle Untersuchung).

F = Frühjahr, H = Herbst

	PGU (2012)				N-6.6		
	F-2008	H-2008	F-2009	H-2009	H-2020	F-2021	H-2021
Gesamtartenzahl	97	87	79	108	142	117	111
Anzahl Rote-Liste-Arten nach RACHOR et al. (2013)	13	10	15	16	17	14	10
Mittlere Artenzahl (n/Station)	31,1	27,0	23,9	38,9	66,4	39,6	42,5
Mittlere Abundanz (Ind./m ²)	515,8	626,2	275,6	688,3	2.153,0	634,7	796,8
Mittlere Biomasse (g FG/ m ²)	116,3	117,8	97,3	48,8	163,9	99,3	67,0
Diversität (H')	2,50	2,55	2,85	3,05	3,11	2,93	2,95
Äquität (J')	0,74	0,78	0,92	0,84	0,74	0,80	0,79
Dominante Arten (Abundanz)	<i>V. gibba</i> <i>Scopelocheirus hopei</i> <i>Tryphosa nana</i>	<i>Phoronis</i> spp. <i>Magelona johnstoni</i> <i>S. bombyx</i>	<i>C. subterranea</i> <i>N. hombergii</i> <i>Magelona johnstoni</i>	<i>N. nitidosa</i> <i>A. filiformis</i> <i>Phoronis</i> spp.	<i>S. bombyx</i> <i>L. conchilega</i> <i>A. filiformis</i>	<i>N. nitidosa</i> <i>V. gibba</i> <i>S. bombyx</i>	<i>A. filiformis</i> <i>O. fusiformis</i> <i>N. nitidosa</i>
Dominante Arten (Biomasse)	<i>V. gibba</i> <i>Scopelocheirus hopei</i> <i>Tryphosa nana</i>	<i>Phoronis</i> spp. <i>Magelona johnstoni</i> <i>S. bombyx</i>	<i>C. subterranea</i> <i>N. hombergii</i> <i>Magelona johnstoni</i>	<i>N. nitidosa</i> <i>A. filiformis</i> <i>Phoronis</i> spp.	<i>E. cordatum</i> <i>L. conchilega</i> <i>T. tricarinata</i>	<i>E. cordatum</i> <i>T. tricarinata</i> <i>C. striatula</i>	<i>E. cordatum</i> <i>T. tricarinata</i> <i>C. striatula</i>

4.2.3 Ergebnisse der Untersuchungen aus den angrenzenden OWP-Vorhaben Deutsche Bucht, Veja Mate und Bard Offshore 1 (2015–2017)

Ein Vergleich der Ergebnisse der Infaunabeprobung mit aktuellen Untersuchungen angrenzender Windparkflächen zeigt, dass sich die Kennwerte der angrenzenden Flächen untereinander stark ähneln (Tab. 59). Eine ausgeprägte Saisonalität ist auch in den angrenzenden Flächen anhand der Gemeinschaftskennwerte erkennbar, die im Frühjahr meist geringere Werte aufwiesen als im Herbst. Lediglich die Äquität ist im Frühjahr durchgängig höher als im Herbst, was auf weniger starke Dominanzen einzelner Arten hindeutet. Die dominanten Arten der nördlich angrenzenden Windparkflächen weisen eine hohe Ähnlichkeit untereinander auf, die dominanten Arten der Fläche N-6.6 weichen jedoch leicht davon ab. Die Charakterart *Amphiura filiformis* der nach ihr benannten Gemeinschaft war in allen Untersuchungen der nördlich angrenzenden Windparkflächen die häufigste Art. Ebenso kam *Varicorbula gibba*, eine charakteristische Art der *Amphiura filiformis*-Gemeinschaft in vier Untersuchungen als zweit- oder dritthäufigste Art vor. In den nördlich angrenzenden Gebieten scheint die *Amphiura filiformis*-Gemeinschaft in einer typischeren Ausprägung vorzuliegen, während in der Fläche N-6.6 eine variabelere Mischgemeinschaft vorliegt (vgl. Kap. 3.3.2.6 und 3.4.2.6). Das Vorliegen einer Mischgemeinschaft und die damit verbundene Variabilität ist eine mögliche Erklärung für die höheren Gesamtartenzahlen und mittleren Artenzahlen in der Fläche N-6.6 im Herbst 2021.

In Bezug auf die Epifaunabesiedlung wiesen die angrenzenden Windparkflächen ebenfalls hohe Ähnlichkeiten mit der Fläche N-6.6 auf (Tab. 60). Lediglich die Abundanz ist in der Fläche N-6.6 im Herbst 2020 und Frühjahr 2021 überdurchschnittlich hoch und nahm um ein vielfaches höhere Werte an als in den Untersuchungen der angrenzenden Windparkflächen. Im Herbst 2021 waren die Abundanzen jedoch auf einem ähnlichen Niveau wie die der angrenzenden Windparkflächen. Die starke Dominanz des Gemeinen Schlangensterns *Ophiura ophiura* in der Fläche N-6.6 über alle Kampagnen hinweg ist ebenfalls deutlich unterschiedlich zu den dominanten Arten der angrenzenden Flächen. Da die Untersuchungen jedoch in unterschiedlichen Jahren und mit einem Abstand von 3-6 Jahren stattgefunden haben, können diese Unterschiede auf eine interannuelle Variabilität der Epifauna zurückzuführen sein.

Es ist nicht auszuschließen, dass der Fläche N-6.6 durch die sehr hohen Abundanzen eine größere Bedeutung für die Epifaunabesiedlung zukommt.

Tab. 59: Vergleichende Darstellung der Gemeinschaftskennwerte der Infauna (van-Veen-Greifer) der aktuellen Untersuchungen in der Fläche N-6.6 mit den OWP „Bard Offshore 1“, „Deutsche Bucht“ und „Veja Mate“.
F: Frühjahr; H: Herbst

	N-6.6			Bard Offshore 1		Deutsche Bucht			Veja Mate	
	H-2020	F-2021	H-2021	H-2015	H-2017	F-2015	H-2015	H-2016	F-2015	H-2015
Gesamtartenzahl	142	117	111	120	113	94	103	106	117	123
Anzahl Rote-Liste-Arten nach RACHOR et al. (2013)	17	14	10	15	16	14	13	16	11	13
Mittlere Artenzahl (n/Station)	66,4	39,6	42,5	49,1	46,3	40	50,8	53,4	40,17	53,67
Mittlere Abundanz (Ind./m ²)	2.153,0	634,7	796,8	1.529,7	1.662,2	493,0	1.638,3	2.211,7	488,1	1.842,6
Mittlere Biomasse (g FG/ m ²)	163,9	99,3	67,0	99,3	155,4	116,2	57,6	129,6	106,1	89,1
Diversität (H')	3,11	2,93	2,95	2,72	2,57	3,04	2,58	2,11	3,15	2,7
Äquität (J')	0,74	0,80	0,79	0,70	0,68	0,85	0,67	0,53	0,86	0,68
Dominante Arten (Abundanz)	<i>S. bombyx</i> <i>L. conchilega</i> <i>A. filiformis</i>	<i>N. nitidosa</i> <i>V. gibba</i> <i>S. bombyx</i>	<i>A. filiformis</i> <i>O. fusiformis</i> <i>N. nitidosa</i>	<i>A. filiformis</i> <i>V. gibba</i> <i>T. phaseolina</i>	<i>A. filiformis</i> <i>C. subterranea</i> <i>N. nitidosa</i>	<i>A. filiformis</i> <i>V. gibba</i> <i>N. nitidosa</i>	<i>A. filiformis</i> <i>V. gibba</i> <i>T. phaseolina</i>	<i>A. filiformis</i> <i>Phoronis spp.</i> <i>C. subterranea</i>	<i>A. filiformis</i> <i>V. gibba</i> <i>N. nitidosa</i>	<i>A. filiformis</i> <i>T. phaseolina</i> <i>V. gibba</i>
Dominante Arten (Biomasse)	<i>E. cordatum</i> <i>L. conchilega</i> <i>T. tricarinata</i>	<i>E. cordatum</i> <i>T. tricarinata</i> <i>C. striatula</i>	<i>E. cordatum</i> <i>T. tricarinata</i> <i>C. striatula</i>	<i>E. cordatum</i> <i>T. tricarinata</i> <i>U. deltaura</i>	<i>E. cordatum</i> <i>T. tricarinata</i> <i>A. filiformis</i>	<i>E. cordatum</i> <i>N. hombergi</i> <i>T. tricarinata</i>	<i>E. cordatum</i> <i>T. tricarinata</i> <i>A. filiformis</i>	<i>E. cordatum</i> <i>A. filiformis</i> <i>C. variopedatus</i>	<i>E. cordatum</i> <i>N. hombergi</i> <i>G. fervensis</i>	<i>E. cordatum</i> <i>Arctica islandica</i> <i>C. cassivelaunus</i>

Tab. 60: Vergleichende Darstellung der Gemeinschaftskennwerte der Epifauna (2 m-Baumkurre) der aktuellen Untersuchungen in der Fläche N-6.6 mit den OWP „Bard Offshore 1“, „Deutsche Bucht“ und „Veja Mate“.
 F: Frühjahr; H: Herbst

	N-6.6			Bard Offshore 1		Deutsche Bucht			Veja Mate	
	H-2020	F-2021	H-2021	H-2015	H-2017	F-2015	H-2015	H-2016	F-2015	H-2015
Gesamtartenzahl	33	31	36	31	34	17	31	30	28	29
Anzahl Rote-Liste-Arten nach RACHOR et al. (2013)	4	6	6	7	6	3	5	6	7	5
Mittlere Artenzahl (n/Station)	8,4	12,1	8,9	13,4	15,0	12,2	14,4	17,2	12,6	13,1
Mittlere Abundanz (Ind./m ²)	22.221,6	12.862,5	5.629,8	3.256,0	4.156,3	1.930,0	3.219,9	3.523,0	5.136,0	3.845,4
Mittlere Biomasse (g FG/ m ²)	29.132,9	33.863,5	24.154,5	26.158,0	36.108,9	16.706,4	16.472,4	22.273,0	42.169,1	17.270,4
Diversität (H')	1,13	1,07	1,54	1,65	1,59	1,84	1,55	1,72	1,81	1,60
Äquität (J')	0,53	0,43	0,71	0,66	0,59	0,74	0,59	0,61	0,73	0,64
Dominante Arten (Abundanz)	<i>O. ophiura</i> <i>A. rubens</i> <i>P. bernhardus</i>	<i>O. ophiura</i> <i>A. rubens</i> <i>T. tricarinata</i>	<i>O. ophiura</i> <i>A. rubens</i> <i>T. tricarinata</i>	<i>A. irregularis</i> <i>A. rubens</i> <i>T. tricarinata</i>	<i>T. tricarinata</i> <i>A. irregularis</i> <i>A. rubens</i>	<i>P. bernhardus</i> <i>A. rubens</i> <i>T. tricarinata</i>	<i>P. bernhardus</i> <i>A. irregularis</i> <i>A. rubens</i>	<i>A. irregularis</i> <i>P. bernhardus</i> <i>A. rubens</i>	<i>O. albida</i> <i>T. tricarinata</i> <i>E. cordatum</i>	<i>P. bernhardus</i> <i>A. irregularis</i> <i>O. albida</i>
Dominante Arten (Biomasse)	<i>A. rubens</i> <i>O. ophiura</i> <i>L. holsatus</i>	<i>A. rubens</i> <i>O. ophiura</i> <i>T. tricarinata</i>	<i>A. rubens</i> <i>O. ophiura</i> <i>P. bernhardus</i>	<i>A. rubens</i> <i>A. irregularis</i> <i>C. pagurus</i>	<i>A. rubens</i> <i>A. irregularis</i> <i>C. pagurus</i>	<i>A. rubens</i> <i>E. cordatum</i> <i>P. bernhardus</i>	<i>A. rubens</i> <i>A. irregularis</i> <i>P. bernhardus</i>	<i>A. rubens</i> <i>A. irregularis</i> <i>P. bernhardus</i>	<i>E. cordatum</i> <i>A. rubens</i> <i>P. bernhardus</i>	<i>A. rubens</i> <i>P. bernhardus</i> <i>A. irregularis</i>

4.2.4 Schutzgutbezogene Bewertung

Im Folgenden wird das Schutzgut Benthos in der Fläche N-6.6 unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus der Infauna- und Epifaunabeprobung anhand der in Kap. 2.4.3 beschriebenen Methodik bewertet.

Seltenheit und Gefährdung

Bei gemeinsamer Betrachtung der Erfassung von In- und Epifauna wurden in der Fläche N-6.6 insgesamt 23 Arten nachgewiesen, die nach der Roten-Liste nach RACHOR et al. (2013) einen Gefährdungsstatus aufweisen. Auf das Gesamtartenspektrum in der Fläche N-6.6 bezogen, machen die Rote-Liste-Arten einen Anteil von 12,4 % aus. Dieser Anteil liegt für alle in RACHOR et al. (2013) betrachteten Arten bei 32,2 %. Auch innerhalb jeder Gefährdungskategorie lag der Anteil der gefährdeten Arten unterhalb der in RACHOR et al. (2013) genannten Anteile. Im Referenzgebiet wurden insgesamt 30 gefährdete Arten nachgewiesen, also 7 Arten mehr als in der Fläche N-6.6, und auch die Anteile der gefährdeten Arten war im Referenzgebiet höher. Der Anteil der Arten in Gefährdungskategorie „G“ war sogar höher, als der in RACHOR et al. (2013) ermittelte Anteil in dieser Kategorie.

Aufgrund der im Vergleich zu den Angaben in RACHOR et al. (2013) geringeren Anteile gefährdeter Arten ergibt sich keine besondere Wertigkeit der Fläche N-6.6 in Bezug auf das Vorkommen von Rote-Liste-Arten. Da jedoch mehrere Arten der Gefährdungsstufen 2, 3 und R in der Fläche N-6.6 nachgewiesen wurden, wird die Seltenheit und Gefährdung des Makrozoobenthos als mittel eingestuft.

Tab. 61: Anzahlen und Anteile der in der Fläche N-6.6 und im Referenzgebiet nachgewiesenen Rote-Liste Arten in Bezug auf das Gesamtartenspektrum (In- und Epifauna) über beide Kampagnen hinweg und Vergleich mit den in der Roten Liste nach RACHOR et al. (2013) beschriebenen Anzahlen und Anteilen der Rote-Liste-Arten.

RL-Kat	Rote Liste nach Rachor et al. (2013)		Fläche N-6.6		Referenzgebiet	
	Anzahl	Anteil (%)	Anzahl	Anteil (%)	Anzahl	Anteil (%)
0	49	3,9	-	-	-	
1	8	0,6	-	-	-	
2	21	1,7	3	1,6	2	1,1
3	29	2,3	2	1,1	3	1,7
G	88	7,1	11	5,9	14	7,8
R	205	16,5	7	3,8	11	6,1
Summe der Kategorien	400	32,2	23	12,4	30	16,8
Gesamtartenzahl	1.244		185		179	

Vielfalt und Eigenart

Wie in den jeweiligen Bestandsbeschreibungen dargestellt, liegen die Fläche N-6.6 und das Referenzgebiet im Verbreitungsgebiet der *Nucula nitidosa*-Gemeinschaft und der *Amphiura filiformis*-Gemeinschaft (BILDSTEIN et al. 2014a, RACHOR & NEHMER 2003), wobei eine Unter-

scheidung dieser beiden Gemeinschaften nicht von allen Autoren vorgenommen wird, da eine statistische Trennung dieser Gemeinschaften anhand aktueller Daten nicht möglich ist (BFN 2018b, FIORENTINO et al. 2017). Sowohl die *Amphiura filiformis*-Gemeinschaft als auch die *Nucula nitidosa*-Gemeinschaft gehören zu den weitverbreitetsten Makrozoobenthos-Gemeinschaften der deutschen Bucht (RACHOR & NEHMER 2003). In der aktuellen Untersuchung erhobene Werte der Artenzahl, Abundanz und Biomasse entsprechen den Werten, die von unterschiedlichen Autoren für die *Amphiura filiformis*- und *Nucula nitidosa*-Gemeinschaft beschrieben werden. Es handelt sich daher nicht um eine untypische bzw. besondere Ausprägung.

Das Epibenthos der südöstlichen Nordsee wird in Abhängigkeit von der Größe des betrachteten Gebietes und der berücksichtigten Stationszahl zwei bis acht größeren Gemeinschaften zugeordnet (CALLAWAY et al. 2002, NEUMANN et al. 2013, REISS et al. 2009, REISS et al. 2010, NEUMANN et al. 2017, OHDE 2017). Basierend auf einem großen Datensatz von annähernd 400 Stationen, identifizierten NEUMANN et al. (2017) aktuell insgesamt acht Epibenthos-Gemeinschaften (Abb. 81). Die drei größten Gemeinschaften bilden hierbei die Gemeinschaften „Coast“, „Oyster Ground“ und „Tail end“, welche eine große Fläche entlang eines Habitatgradienten von der Küste bis zum Entenschnabel einnehmen. Nach NEUMANN et al. (2017) erfolgt der Übergang der Gemeinschaften graduell ohne klare Grenzen.

Nach REISS et al. (2010), NEUMANN et al. (2017) sowie OHDE (2017) ordnet sich die Epifaunageinschaft im Seegebiet der hier betrachteten Fläche N-6.6 den „Oyster Grounds“ zu (Tab. 63). Diese Gemeinschaft ist durch Arten charakterisiert, die mit schlickhaltigen Sedimenten einhergehen. Zu diesen Arten zählen *Turritellinella tricarinata*, *Liocarcinus holsatus*, *Asterias rubens*, *Astropecten irregularis*, *Pagurus bernhardus*, *Ophiura ophiura*, *Echinocardium cordatum* sowie in einigen Bereichen *Nephrops norvegicus* (Tab. 63).

Alle numerisch dominanten Arten der Epifauna in der Fläche N-6.6 gehörten den oben genannten typischen Arten für die Oyster Ground-Gemeinschaft an. Insgesamt ist jedoch zu berücksichtigen, dass ein Großteil der genannten Arten eine sehr weiträumige Verbreitung hat. So weist OHDE (2017) darauf hin, dass Arten wie *Asterias rubens*, *Ophiura ophiura* und *Pagurus bernhardus* fast in der gesamten Nordsee vorkommen. Die starke numerische Dominanz der Gemeinen Turmschnecke *Turritellinella tricarinata* und das Vorkommen des Kaisergranats *Nephrops norvegicus* (vgl. Kap. 3.3.3.6 und 3.4.3.6) sprechen jedoch für eine Epifauna-Gemeinschaft die feinsandige bis schlickige Bereiche besiedelt, wie es für die Gemeinschaft „Oyster Ground“ beschrieben wird.

Insgesamt handelt es sich sowohl bei der Infauna als auch bei der Epifauna um in der Deutschen Nordsee weitverbreitete Gemeinschaften in typischer Artenzusammensetzung jedoch mit vergleichsweise hohen Epifauna-Abundanzen im Herbst 2020 und Frühjahr 2021. Die Vielfalt und Eigenart für das Makrozoobenthos in der Fläche N-6.6 wird insgesamt als mittel bewertet.

Tab. 62: Kennwerte der *Amphiura-filiformis*- und der *Nucula-nitidosa*-Gemeinschaft nach Literaturangaben zum Vergleich mit den aktuellen Untersuchungsergebnissen für die Fläche N-6.6.

Aktuelle Untersuchungsergebnisse					
	Gesamt- artenzahl	Abundanz (Ind./m ²)	Biomasse	Diversität	dominante Arten
N-6.6-H20	142	2.153,0	163,9	3,11	<i>Spiophanes bombyx</i> , <i>Lanice conchilega</i> , <i>Amphiura filiformis</i>
N-6.6-F21	117	634,7	99,3	2,93	<i>Nucula nitidosa</i> , <i>Varicorbula gibba</i> , <i>Spiophanes bombyx</i>
N-6.6-H21	111	796,8	67,0	2,95	<i>Amphiura filiformis</i> , <i>Owenia fusiformis</i> , <i>Nucula nitidosa</i>
Amphiura-filiformis-Gemeinschaft					
Autoren	Gesamt- artenzahl	Abundanz (Ind./m ²)	Biomasse	Diversität	dominante Arten
Salzwedel et al. (1985)	133	2.184	108,2 g FG/m ²	2,3 (1,1 – 3,3)	<i>Amphiura filiformis</i> , <i>Chamelea gallina</i> , <i>Pholoe baltica</i> , <i>Mysella bidentata</i>
Bischoff (1996)	125	26.872 (mit <i>Phoronis</i> spp.) 10341 (o. <i>Phoronis</i> spp.)	172,3 g FG/m ²	k.A.	<i>Phoronis</i> spp., <i>Owenia fusiformis</i> , <i>Magelona papillicornis</i> , <i>Spiophanes bombyx</i> , <i>Amphiura filiformis</i>
Rachor & Nehmer (2003)	265	k.A.	k.A.	k.A.	<i>Amphiura filiformis</i> , <i>Mysella bidentata</i> , <i>Corbula gibba</i> , <i>Pholoe baltica</i>
Schröder (2005)	130	2.557 (2000- 8000)	90,7 g FG/m ² bzw. 53,2 g FG/m ² (große Arten ausgeschlossen)	1,5-4,6	<i>Amphiura filiformis</i> , <i>Mysella bidentata</i> (1998)
Nucula-nitidosa-Gemeinschaft					
Autoren	Gesamt- artenzahl	Abundanz (Ind./m ²)	Biomasse	Diversität	dominante Arten
Salzwedel et al. (1985)	83	3.828	172,2 g FG/m ²	2,2 (1,1 – 3,3)	<i>Nucula nitidosa</i> , <i>Spiophanes bombyx</i> , <i>Ophiura albida</i> , <i>Mysella bidentata</i>
Bischoff (1996)	124	7.612	widersprüchliche Angaben	2,3 (1,7 – 2,8)	<i>Owenia fusiformis</i> , <i>Mysella bidentata</i> , <i>Nucula nitidosa</i> , <i>Phoronis</i> spp., <i>Scalibregma inflatum</i>
Schröder (2005)	89	597 (392 - 13.900)	452,1 g FG/m ² bzw. 39,4 g FG/m ² (große Arten ausgeschlossen)	ca. 0,4-3	<i>Nucula nitidosa</i> , <i>Ensis americanus</i> , <i>Nephtys hombergii</i> , <i>Phoronis</i> spp. (1998)
Rachor & Nehmer (2003)	166	k.A.	k.A.	k.A.	<i>Nucula nitidosa</i> , <i>Abra alba</i> , <i>Scalibregma inflatum</i>

Tab. 63: Vergleich der numerisch dominanten Arten der Epifauna aus der Fläche N-6.6 mit Literaturangaben von charakteristischen Arten der Epifaunagemeinschaften in ähnlichen Gebieten der Nordsee.

	aktuelle Untersuchung			OHDE 2017	Neumann et al. 2017	Reiss et al. 2010	Rachor & Nehmer 2003
	N-6.6-H20	N-6.6-F21	N-6.6-H21	<i>L. holsatus</i> -Gemeinschaft (Oyster Ground)	Oyster Ground	Oyster Ground	schlickig-sandige Bereiche innere AWZ
Charakteristische/dominante Arten	<i>O. ophiura</i> <i>A. rubens</i> <i>P. bernhardus</i> <i>T. tricarinata</i> <i>L. holsatus</i>	<i>O. ophiura</i> <i>A. rubens</i> <i>T. tricarinata</i> <i>P. bernhardus</i> <i>O. albida</i>	<i>O. ophiura</i> <i>A. rubens</i> <i>T. tricarinata</i> <i>P. bernhardus</i> <i>A. irregularis</i>	<i>L. holsatus</i> <i>A. rubens</i> <i>A. irregularis</i> <i>P. bernhardus</i> <i>O. ophiura</i> <i>C. crangon</i>	<i>T. tricarinata</i> <i>N. norvegicus</i> <i>A. rubens</i> <i>A. irregularis</i> <i>P. bernhardus</i> <i>O. ophiura</i> <i>B. luteum</i> <i>E. cordatum</i>	<i>A. irregularis</i> <i>A. rubens</i> <i>B. luteum</i> <i>P. bernhardus</i>	<i>A. irregularis</i> <i>O. albida</i> <i>E. cordatum</i> <i>T. tricarinata</i> <i>A. pespelecani</i> <i>E. nitida</i> <i>L. depurator</i> <i>P. minutus</i>

Natürlichkeit

Das Makrozoobenthos in der Fläche N-6.6 ist anthropogen durch Eutrophierung und Schleppnetzfisherei beeinflusst bzw. gestört.

In der Fläche N-6.6 überwiegt die Fischerei mit Baumkurren und der Fischereidruck auf das Gebiet ist als hoch und flächendeckend einzustufen (ICES 2018). Empfindlich gegenüber den Auswirkungen der grundberührenden Fischerei sind insbesondere fragile Arten wie *Tellina fabula*, *Phaxas pellucidus*, *Ophiura albida*, *O. ophiura* und *Spisula elliptica* und solche Arten, die sich nach einer Sedimentüberdeckung nicht selbst wieder ausgraben können, z.B. Arten der Großgruppen Bryozoa oder Hydrozoa (BFN 2017). Generell kann eine bodengängige Fischerei durch Beeinträchtigung empfindlicher Arten zu einer Abnahme der Diversität des Makrozoobenthos führen.

Hinsichtlich der Natürlichkeit handelt es sich bei der Makrozoobenthos-Gemeinschaft in der Fläche N-6.6 also um eine durch Fischerei anthropogen veränderte Biozönose, die aber weitgehend natürlichen Schwankungen unterliegt. Ihre Bedeutung bzgl. der Natürlichkeit ist demnach als mittel anzusehen.

Gesamtbewertung

Insgesamt ergibt sich aus der mittleren Bedeutung für die Kriterien Seltenheit/Gefährdung, Vielfalt/Eigenart und Natürlichkeit eine mittlere Bedeutung des Schutzgutes Makrozoobenthos in der Fläche N-6.6.

Tab. 64: Bewertungsmatrix für das Schutzgut Makrozoobenthos in der Fläche N-6.6.

Kriterien der Bestandsbewertung	Bewertung für die Fläche N-6.6	Begründung
Seltenheit und Gefährdung	mittel	Rote-Liste-Arten der Kategorien 2, 3 und R kommen vor, jedoch in geringer Abundanz. Im Vergleich zu angrenzenden Flächen durchschnittliche Anzahlen gefährdeter Arten.
Vielfalt und Eigenart	mittel	Typische Ausprägung von weitverbreiteten Benthosgemeinschaften.
Natürlichkeit	mittel	Durch Fischerei, insbesondere Schleppnetzfisherei, beeinträchtigte Makrozoobenthos-Gemeinschaft in typischer Ausprägung.
Gesamtbewertung	mittel	

4.3 Fische

4.3.1 Allgemeine Einordnung der Ergebnisse

Großräumig wird für die gesamte Nordsee das Vorkommen von drei Fischgemeinschaften angenommen, die Gemeinschaft am Kontinentalhang zum Atlantik, die Gemeinschaft der zentralen Nordsee und die südöstliche Gemeinschaft (GLEMAREC 1973, ICES 2004, TEAL 2011). Die Abtrennung der Gemeinschaften korrespondiert dabei mit Veränderungen in abiotischen Parametern wie Wassertiefe, Wassermassen und Wassertemperatur (DAAN et al. 1990, ROGERS et al. 1998, CALLAWAY et al. 2002, TEAL 2011, EHRICH et al. 2009, NEUMANN et al. 2013).

Von der geografischen Lage her sind die Fläche N-6.6 und das Referenzgebiet der südöstlichen Fischgemeinschaft zuzuordnen. Der Meeresboden der Fläche N-6.6 wird v.a. von Fein- und Feinstsanden, sehr wenig mittelsandigen Sedimenten ohne Hartsubstrate und Makrophyten bestimmt. Dieser Habitattyp (sandiger Meeresboden ohne Hartsubstrate und Makrophyten) ist im Bereich der südlichen Nordsee (regional) und auch in der gesamten Nordsee (überregional) relativ häufig (BSH 2019b).

Die demersale Fischgemeinschaft sandiger Meeresböden wird in der südlichen Nordsee v.a. von Plattfischen (Kliesche, Scholle, Zwergzunge und Lammzunge) dominiert, daneben kommen Arten wie Steinpicker, Leierfische, Grauer Knurrhahn und Wittling regelmäßig vor (CALLAWAY et al. 2002, DAAN et al. 1990, ROGERS et al. 1998, EHRICH et al. 2007, 2009, NEUMANN et al. 2013). Auch den Untersuchungsergebnissen zufolge gehört die Fischfauna zur südöstlichen Fischgemeinschaft mit vorwiegend bodenlebenden (demersalen) Fischarten (CALLAWAY et al. 2002, DAAN et al. 1990, ROGERS et al. 1998, EHRICH et al. 2009).

In den aktuellen Erfassungen in der Fläche N-6.6 bzw. im Referenzgebiet wurden mit insgesamt 8 nachgewiesenen Plattfischarten genauso viele Arten gefunden, wie von ROGERS et al. (1998) anhand von Baumkurrenfängen deutscher und ausländischer Fischer aus den Jahren 1990–1995 für die Deutsche Bucht angegeben. Neben den vier Charakterarten Kliesche, Scholle, Lammzunge und Zwergzunge traten Steinbutt, Flunder, Glattbutt, Limande und Seezunge auf. Die Artenzusammensetzung zeigt insgesamt keine Auffälligkeiten.

Hinsichtlich der Artenzahlen ist festzustellen, dass sich insgesamt die festgestellten Artenzahlen gut in die Ergebnisse aus anderen Befischungen der südöstlichen Nordsee einordnen. Während der drei aktuellen Kampagnen (Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021) wurden in der Fläche N-6.6 und dem dazugehörigen Referenzgebiet zusammen 43 Arten erfasst. Die Mehrzahl (n=31) der 43 Arten kamen in den Hols beider Gebiete vor. Pro Kampagne wurden in der Fläche N-6.6 24 (Herbst 2020), 22 Arten (Frühjahr 2021) bis 34 Arten (Herbst 2021) und im Referenzgebiet 27 Arten im Herbst 2020, 23 Arten im Frühjahr 2021 und 29 Arten im Herbst 2021 erfasst. Die im Bereich der Fläche N-6.6 vorgefundene Fischgemeinschaft hatte eine für die südliche deutsche AWZ typische Artzusammensetzung (KLOPPMANN et al. 2003, EHRICH et al. 2006).

Mit dem Nachweis von 43 Arten während der Untersuchungen zu N-6.6 und dem Referenzgebiet wurde nur ein kleiner Ausschnitt des gesamten Arteninventars in der Nordsee registriert. Nach

JIMING (1982) kommen in der gesamten Nordsee 224 Fischarten vor. Für die deutsche Nordsee werden von FRICKE et al. (1995) 189 Fischarten erwähnt. EHRICH et al. (2006) werteten die Fänge in den Jahren 1958 bis 2005 im Bereich der deutschen Nordsee aus. In dem betrachteten Zeitraum wurden 102 Arten gefangen. In der Roten Liste und Gesamtartenliste der Fisch und Neunaugen von THIEL et al. (2013) gelten im deutschen Nordseegebiet 107 Fisch- und Neunaugenarten als etabliert. In der südlichen deutschen AWZ, im Umfeld der Fläche N-6.6, stellten EHRICH et al. (2006) über einen Zeitraum von 20 Jahren (1982–2002) insgesamt 39 Fischarten und eine Neunaugenarten fest. Bei Untersuchungen in der offenen Nordsee, welche in ihrem Umfang (räumlich und zeitlich) sowie dem verwendeten Fanggerät der aktuellen Untersuchung entsprachen, wurden im Durchschnitt 15 bis 20 Arten nachgewiesen (ROGERS et al. 1998). Ein Nachweis von insgesamt 43 Arten (22–34 Arten pro Kampagne und Gebiet), wie während der aktuellen Untersuchungen zur Fischfauna in der Fläche N-6.6 und dem dazugehörigen Referenzgebiet, gibt daher einen repräsentativen Überblick über die in der Fläche N-6.6 vorkommende Fischgemeinschaft.

Als Charakterarten traten im Herbst 2020 in der Fläche N-6.6 Kliesche, Scholle, Zwergzunge, Wittling, Lammzunge und Gestreifter Leierfisch auf und machten zusammen >90 % der erfassten Fische aus. Im Frühjahr 2021 wurden diese vier Plattfischarten neben dem Wittling und dem Grauen Knurrhahn als Charakterarten identifiziert. Ebenso im Herbst 2021. Hier waren neben den genannten Plattfischarten noch die Grundeln und der Wittling häufig. Gleichzeitig wiesen diese Arten eine hohe Stetigkeit im Vorkommen auf. Diese vier Plattfischarten bildeten auch während der Untersuchungen in 2008–2009 sowie in den benachbarten Gebieten OWP Vorhaben Veja Mate (F15 & H15), Deutsche Bucht (F15 & H15) und Bard Offshore 1 (H15) die Charakterarten. Hinzu kommen in geringeren Anteilen je nach Kampagne Sandgrundel, Gestreifter Leierfisch und Grauer Knurrhahn. Die Fischgemeinschaft der südöstlichen Nordsee wird überwiegend durch die Kliesche dominiert, gefolgt von Scholle, Wittling, Grauer Knurrhahn, Grundeln, Leierfische und Lammzunge (ROGERS et al. 1998, EHRICH et al. 2009). Nach EHRICH (2004) ist aber in jüngerer Vergangenheit eine Zunahme von kleinen bodennah lebenden Arten wie Lammzunge, Leierfisch und Zwergzunge zu verzeichnen, was vor allem auf intensive Fischerei und klimatische Veränderungen zurückzuführen ist (s.a. DAAN et al. 2005, VAN HAL et al. 2010). Begünstigt wird die Zunahme von kleineren Arten, bspw. der Lamm- und der Zwergzunge, durch eine erfolgreiche Beuteressourcenteilung benthischer Nahrung am Grund, trotz gleichem Verbreitungsgebiet und ähnlichen Habitatansprüchen (SCHÜCKEL et al. 2011).

Seit dem Jahre 2000 ist ein stetes Vorkommen und ansteigende Abundanzen des Grauen Knurrhahns in der südlichen Nordsee zu beobachten (BEARE et al. 2004). Als Ursache dieser Abundanzzunahme wird v.a. die intensive Fischerei und die damit einhergehende Bereitstellung von Nahrung (Aas) angenommen (GROENEWOLD & FONDS 2000). Graue Knurrhähne kamen in der Fläche N-6.6 und im Referenzgebiet regelmäßig vor und zählen im Frühjahr 2021 sogar zu den Charakterarten (Abundanz), bzw. zu den biomassegeprägten Charakterarten. Als weitere wichtige Komponenten der Fischgemeinschaft sind zudem Arten wie die Sandgrundel und Sandaale (Ammodytidae) zu nennen. Die Sand- und Norwegengrundel waren mit Häufigkeitsanteilen von im Frühjahr 2021 mit max. etwa 3 %, im Herbst 2020 mit max. etwa 12 % bzw. im Herbst 2021 sogar mit max. 21 % am Gesamtfang im Untersuchungsgebiet in den aktuellen Untersuchungen vertreten. Ihre Bedeutung für die demersale Fischgemeinschaft in weiten Teilen der Nordsee liegt v.a. in der Funktion als Beute-Art größerer demersaler Fischarten (TEAL 2011, SCHÜCKEL et al. 2012).

Neben den bereits genannten Arten ist der Wittling aufgrund seiner hohen Präsenz in den Hols erwähnenswert. Er gehört neben dem Kabeljau, der im Untersuchungsgebiet in geringeren Stückzahlen angetroffen wurde, zu den häufigsten Dorschartigen der Nordsee. In allen drei aktuellen Kampagnen (Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021) wies er mit 100 % Stetigkeit in den Hols eine hohe Präsenz auf und auch anhand der Abundanzen wird der Wittling zu den Charakterarten gezählt.

Roter Knurrhahn und Streifenbarbe gelten als Fischarten mit ausgeprägtem Wanderverhalten. Der Schwerpunkt des Vorkommens des Roten Knurrhahns liegt im Frühjahr in der nordwestlichen Nordsee, im Herbst ist eine Konzentration im Gebiet der Deutschen Bucht zu beobachten (KNIJN et al. 1993). Im Sommer und Herbst wird der Rote Knurrhahn regelmäßig in der Deutschen Bucht gefangen, im Winter und Frühjahr hält er sich in südlicheren Gebieten auf. Nach CORTEN & VAN DE KAMP (1996) bevorzugen sie wärmeres, salzreiches Wasser, welches über den Ärmelkanal in die südliche Nordsee eindringen kann und dort die hydrographischen Verhältnisse in verschiedenen Jahren unterschiedlich stark beeinflusst. Auch bei der Streifenbarbe handelt es sich um eine Fischart mit südlicher Verbreitung. Beide Arten wurden im Vorhabengebiet regelmäßig nachgewiesen. Diese Arten waren früher zwar selten in der Nordsee, sind heute aber aufgrund der Zunahme von milden Wintern regelmäßig anzutreffen (EHRICH & STRANSKY 2001, EHRICH et al. 2007).

Die Biomasse in der Fläche N-6.6 und im Referenzgebiet wurde sowohl bei den aktuellen Erhebungen als auch in den früheren Untersuchungen sowie in den benachbarten OWPs durch die Scholle dominiert. Die Biomasseanteile der Scholle variierten im Untersuchungsgebiet 2020 im Herbst je nach Hols zwischen 25–55 %, im Frühjahr 2021 zwischen 18 und 57 % und im Herbst 2021 zwischen 15–66 %. In Untersuchungen von KNUST et al. (2003) in der Deutschen Bucht, der Doggerbank und der Tiefen Rinne war die Kliesche mit >40-63 % die gewichtsmäßig dominanteste Art, während die Scholle lediglich 0,5–3,6 % der Biomasse ausmachte. Berücksichtigt werden muss hier, dass KNUST et al. (2003) ein Grundschieppnetz für die Befischungen verwendet haben, so dass auch gerätespezifische Unterschiede zu den vorliegenden Untersuchungen nicht ausgeschlossen sind. In ähnlicher Weise zeigen die Ergebnisse der Analysen von DAAN et al. (1990) für die südöstliche Nordsee Gewichtsanteile von lediglich rund 22 % bei der Kliesche und rund 6 % bei der Scholle, d.h. beide Anteile waren niedriger als in der Fläche N-6.6 und Referenzgebiet. Die Kliesche wies in den aktuellen Erfassungen in 2020 Biomasseanteile zwischen 18 und 41 % im Herbst 2020, 11–50 % im Frühjahr 2021 sowie 1–37 % im Herbst 2021 auf.

Bei Diversität und Äquität wurden in allen Kampagnen (aktuelle Untersuchungen, frühere Untersuchungen, benachbarte OWPs) relativ ähnliche Werte erzielt. Die mittlere Diversität der aktuellen Untersuchungen lag mit Werten zwischen 1,84 (Herbst 2020), 1,69 (Frühjahr 2021) und 1,93 (Herbst 2021) im Bereich vergleichbarer Untersuchungen. So stellten auch ROGERS et al. (1998) bei ihren Untersuchungen für die zentrale Deutsche Bucht Diversitäten zwischen 1,3 und 2,0 fest. Für das ICES-Rechteck 37F6, indem auch die Fläche N-6.6 lokalisiert ist, betrug die mittlere Diversität 1,5. Von den demersalen Fischgemeinschaften der Deutschen Bucht ist bekannt, dass sie im Vergleich zu den britischen Küstengewässern und den Kanalbereichen relativ geringe Diversitäten ($H' < 2,0$) aufweisen und Plattfische, die in allen Tiefenstufen häufig sind, die dominante Fischgruppe darstellen (ROGERS et al. 1998). Höhere Diversitäten werden im Küstenbereich und v.a. im Bereich der ostfriesischen Inseln erreicht. Für die Zusammensetzung der demersalen Fischgemeinschaft der Nordsee werden neben den Umweltbedingungen im Lebensraum der

betrachteten Fischgemeinschaft (Wassertiefe, Hangneigung der Schelfkante, Sediment) auch zoogeografische Faktoren sowie die intensive fischereiliche Aktivität diskutiert.

Saisonale Veränderungen der gesamten Fischgemeinschaft im Untersuchungsjahr 2020/2021 traten insgesamt nur in geringem Maße auf. Die Häufigkeitsanteile einzelner Charakterarten waren bspw. saisonalen Veränderungen unterworfen. So wiesen Sandgrundel, Zwerg- und Lammzunge während der Herbstkampagne 2020 höhere Abundanzen als während der Frühjahrskampagne 2021, die Scholle hingegen höhere Abundanzen im Frühjahr 2021 gegenüber der Herbstkampagne 2020 auf. Hierzu waren die Abundanzen der Klieschen im Herbst 2021 geringer als in den vorherigen Kampagnen, demgegenüber waren die Lamm- und Zwergzungen häufiger vertreten. Neben den Charakterarten traten auch einzelne der anderen Arten wie Grauer und Roter Knurrhahn, Kabeljau oder die Streifenbarbe saisonal verschieden häufig auf. Diese hier beobachteten Unterschiede zwischen Frühjahr- und Herbstkampagne entsprechen den aus der Nordsee bekannten Verhältnissen (u.a. KNIJN et al. 1993, HEESSEN & DAAN 1996).

Während der aktuellen Untersuchungen war die Längenhäufigkeitsverteilung der Charakterarten Kliesche, Scholle, Lamm- und Zwergzunge sowie Wittling in der Fläche N-6.6 und in dem dazugehörigen Referenzgebiet sehr ähnlich. In beiden Gebieten wurden Klieschen mit Längen von 13–18 cm am häufigsten gefangen, bzw. während der Herbstkampagne 2020 auch vermehrt kleinere Klieschen mit Längen von 5–8 cm (Altersgruppe 0 bzw. 1). Demnach handelte es sich vor allem um Klieschen der Altersgruppen I-IV, wobei aber Klieschen der Altersgruppe II jeweils den größten Anteil stellten. Männliche Klieschen erreichen als Altersgruppe II-III ihre Geschlechtsreife. Die Weibchen werden im Schnitt als Altersgruppe III-V geschlechtsreif (HEESSEN et al. 2015). Demnach waren die meisten der gefangenen Klieschen noch juvenil bzw. befanden sich am Übergang vom juvenilen zum adulten Stadium. Bei der Lammzunge war die Längenhäufigkeitsverteilung ebenfalls zweigipflig. Der erste Gipfel umfasste während der drei Kampagnen den Längenbereich von 4–7 cm (Altersgruppe I-II) und der zweite den Längenbereich von 9–12 cm (Altersgruppen >II). Dabei waren in beiden Gebieten deutlich mehr als die Hälfte der gefangenen Lammzungen 9–12 cm lang. Im Herbst 2021 wurden insbesondere in der Fläche N-6.6 mehr Lammzungen als in den vorherigen Kampagnen erfasst. Lammzungen werden am Ende ihres zweiten Lebensjahres (Altersgruppe I) bei einer Länge von 7–8 cm geschlechtsreif (GIBSON & EZZI 1980). Bei der Scholle dominierten während der aktuellen Untersuchungen in beiden Gebieten im Frühjahr 2021 zum einen die juvenilen Tiere Vorjahres (nun Altersklasse 1) und eine zweite Gruppe der Altersgruppe 2 bzw. einige Tiere älterer Altersgruppen ≥ 2 (vgl. CATTRIJSSE & HAMPEL 2000). Die Männchen der Schollen erreichen als Altersgruppe II-III und die Weibchen als Altersgruppe III-V ihre Geschlechtsreife (HEESSEN et al. 2015).

Wie bei der Kliesche waren auch bei der Scholle die meisten gefangenen Individuen noch juvenil bzw. befanden sich am Übergang vom juvenilen zum adulten Stadium. In beiden Gebieten (N-6.6 und Referenzgebiet) wurden während der aktuellen Untersuchungen Zwergzungen der Altersgruppen II und III (Längenbereich von 7–10 cm) am häufigsten gefangen. Beide Geschlechter werden als Altersgruppe II geschlechtsreif (BALTUS & VAN DER VEER 1995). Der Bereich der Fläche N-6.6 hat scheinbar für die juvenilen Stadien der Charakterarten Kliesche, Scholle als Aufwuchs- und Nahrungsgebiet eine Bedeutung. Die Arten Lamm- und Zwergzunge nutzen diesen Bereich möglicherweise auch noch als Laichareal. Für beide Arten gibt es keine Anzeichen für spezifische Laichplätze (HEESSEN et al. 2015), vielmehr fallen die Laichgebiete mit der Verteilung der adulten Stadien zusammen (HEESSEN et al. 2015).

Insgesamt ist festzustellen, dass sich die erhobenen Fischdaten in der Fläche N-6.6 sowie dem dazugehörigen Referenzgebiet gut in die Angaben der Literatur einordnen und als charakteristisch für die südliche Nordsee anzusehen sind.

4.3.2 Vergleich der aktuellen Untersuchungen mit früheren Untersuchungen der Fläche N-6.6 (2008 & 2009)

Vorangegangene fischfaunistische Erfassungen in der Fläche N-6.6 erfolgten im vorherig benannten Gebiet „Aquamarin“ in den Jahren 2008 und 2009 (jeweils Frühjahr und Herbst) (PGU 2012). Da im Herbst 2009 ein anderes Fischereifahrzeug und Fischereifanggerät (6 m-Baumkurre) verwendet wurde, werden die Daten größtenteils aus der Betrachtung herausgenommen. Der UVS sind die Unterschiede zwischen den Methoden und deren Ergebnisse zu entnehmen (PGU 2012).

Ergebnisse der Gemeinschaftskennwerte

Im Rahmen der Untersuchungen in 2008 und 2009 wurden im Gebiet Aquamarin je nach Kampagne 18–23 Arten erfasst. Mit 24 (Herbst 2020), 22 (Frühjahr 2021) und 34 (Herbst 2021) erfassten Arten in den aktuellen Untersuchungen lagen die Artenzahlen ähnlich denen der früheren Untersuchungen. Die mittleren Artenzahlen der Frühjahrskampagnen und Herbstkampagnen waren vergleichbar hoch. Im Herbst 2020 konnte die höchste mittlere Artenzahl mit 13 festgestellt werden (Tab. 66).

Das Gesamtartenspektrum aller Kampagnen zeigt Tab. 65. Insgesamt ist festzuhalten, dass die Mehrzahl der in 2008 und 2009 erfassten Arten auch in den aktuellen Erfassungen in H20, F21 und H21 nachgewiesen wurde. Die regelmäßig auftretenden und dominanten Arten waren in allen Untersuchungen sehr ähnlich. 12 Arten traten in allen Kampagnen auf (Tab. 65).

Auch bei den Charakterarten handelt es sich zum größten Teil um dieselben Arten (Tab. 66). So wurden in allen Kampagnen Scholle, Kliesche, Lamm- und Zwergzunge als Charakterarten festgestellt. Die vier Arten traten in allen Kampagnen mit einer hohen Stetigkeit im Vorkommen und hohen Abundanzen auf. Zudem traten der Gestreifte Leierfisch, der Graue Knurrhahn oder der Wittling je nach Kampagne neben den genannten Arten als weitere Charakterarten auf.

In Bezug auf die Biomassenanteile der Charakterarten zeigte sich für den gesamten Betrachtungszeitraum ein ebenfalls recht einheitliches Bild. In allen Kampagnen hatten Scholle und Kliesche die höchsten Gewichtsanteile. In den Untersuchungen in 2008 und 2009 trat die Zwergzunge auch auf der Biomasseebene gewichtsmäßig an dritte Stelle. Das konnte in den aktuellen Untersuchungen nicht gefunden werden. Je nach Kampagne wiesen zudem Arten wie Steinbutt, Grauer Knurrhahn, Gestreifter Leierfisch, Seezunge, Nagelrochen, Wittling sowie die Lammzunge nennenswerte Gewichtsanteile auf, um zu den Charakterarten gezählt werden zu dürfen (siehe dazu auch Tab. 66). Im Frühjahr 2008 wurde ein Heilbutt erfasst, der hinsichtlich seines Gewichts einen Anteil von 3,0 % an der Gesamtbiomasse erreichte. Bei allen Charakterarten handelt es sich um typische Bewohner von Sandböden und Arten, die für weite Teile der südlichen Nordsee beschrieben werden.

Die im gesamten Betrachtungszeitraum ermittelte mittlere Abundanz schwankte zwischen 106 und 263 Ind./ha (Tab. 66). Der höchste Wert wurde in F21, der Niedrigste in F08 gefunden. Die mittlere Abundanz der aktuellen Erhebungen sowie früherer Untersuchungen schwankten auf einem natürlichen Niveau. Die mittlere Gesamtbiomasse verhielt sich ähnlich zur Abundanz. Hier waren die Werte mit 4,9 kg/ha im F08 am geringsten und mit 12,7 kg/ha im F21 am höchsten. Die Diversität variierte in den sechs Kampagnen zwischen 1,65 und 1,93. Bei der Äquität konnten Werte zwischen 0,68 und 0,8 ermittelt werden (Tab. 66).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass wesentliche Veränderungen in der Zusammensetzung der Fischgemeinschaft zwischen den früheren Untersuchungen (2008 & 2009) und den aktuellen Erhebungen (2020 & 2021) nicht vorliegen.

Tab. 65: Gesamtartenspektrum der Untersuchungen im Gebiet „Aquamarin“ 2008 und 2009 (PGU 12) sowie in der Fläche N-6.6 (Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021).

A: Aquamarin, A-H09: 6m-Baumkurre (Methodenwechsel). *: auch mit der 2m-Baumkurre nachgewiesen.

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	A-F08	A-H08	A-F09	A-H09	N-6.6 H20	N-6.6 F21	N-6.6 H21
<i>Agonus cataphractus</i>	Steinpicker	x	x	x	x	x*	x*	x
<i>Ammodytes marinus</i>	Kleiner Sandaal			x			x	
<i>Aphia minuta</i>	Glasgrundel	x						x
<i>Arnoglossus laterna</i>	Lammzunge	x	x	x	x	x*	x*	x*
<i>Belone belone</i>	Hornhecht		x		x			x
<i>Buglossidium luteum</i>	Zwergzunge	x	x	x	x	x*	x*	x*
<i>Callionymus lyra</i>	Gestreifter Leierfisch	x	x	x	x	x*	x*	x*
<i>Callionymus reticulatus</i>	Ornament-Leierfisch	x					x	
<i>Chelidonichthys lucerna</i>	Roter Knurrhahn		x	x	x	x		x
<i>Clupea harengus</i>	Hering			x	x	x	x*	x
<i>Ctenolabrus rupestris</i>	Klippenbarsch							x
<i>Echiichthys vipera</i>	Viperqueise						x	
<i>Enchelyopus cimbrius</i>	Vierbärtelige Seequappe	x	x	x	x	x*	x*	x
<i>Engraulis encrasicolus</i>	Sardelle							x
<i>Eutrigla gurnardus</i>	Grauer Knurrhahn	x	x	x	x	x*	x*	x
<i>Gadus morhua</i>	Kabeljau	x	x		x	x		x
<i>Gobius niger</i>	Schwarzgrundel							x
<i>Hippocampus hippocampus</i>	Kurzschnäuziges Seepferdchen					x		x
<i>Hippoglossus hippoglossus</i>	Heilbutt	x						
<i>Limanda limanda</i>	Kliesche	x	x	x	x	x*	x*	x*
<i>Lophius piscatorius</i>	Seeteufel							x
<i>Merlangius merlangus</i>	Wittling	x	x	x	x	x*	x*	x*
<i>Microstomus kitt</i>	Limande	x	x	x		x	x	x
<i>Mullus surmuletus</i>	Streifenbarbe		x		x	x		x*
<i>Myoxocephalus scorpius</i>	Seeskorpion	x						x
<i>Platichthys flesus</i>	Flunder		x			x		
<i>Pleuronectes platessa</i>	Scholle	x	x	x	x	x*	x*	x*

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	A-F08	A-H08	A-F09	A-H09	N-6.6 H20	N-6.6 F21	N-6.6 H21
<i>Pomatoschistus minutus</i>	Sandgrundel	x	x	x	x	x*	x*	x*
<i>Pomatoschistus norvegicus</i>	Norwegengrundel					x*	x*	x*
<i>Raja clavata</i>	Nagelrochen				x		x	x
<i>Raja montagui</i>	Fleckrochen					x		x
<i>Scophthalmus maximus</i>	Steinbutt	x	x	x	x	x	x	x
<i>Scophthalmus rhombus</i>	Glattbutt		x		x			x
<i>Scyliorhinus canicula</i>	Kleingefleckter Katzenhai						x	x
<i>Solea solea</i>	Seezunge	x	x	x	x	x	x	x
<i>Sprattus sprattus</i>	Sprotte	x		x	x	x*	x	x
<i>Syngnathus acus</i>	Große Seenadel						x	
<i>Syngnathus rostellatus</i>	Kleine Seenadel		*					x
<i>Trachurus trachurus</i>	Stöcker		x		x	x		x
<i>Trisopterus luscus</i>	Franzosendorsch		x	x	x	x		x
<i>Trisopterus minutus</i>	Zwergdorsch		x					
Gesamtartenzahl = 41		19	23	18	22	24	22	34

Tab. 66: Gemeinschaftskennwerte der Fischfauna in den Untersuchungen im Gebiet „Aquamarin“ (2008 & 2009) und der Fläche N-6.6 (H 2020, F 2021 und H 2021).

	A-F08	A-H08	A-F09	N-6.6-H20	N-6.6-F21	N-6.6-H21
n Hols	15	15	15	20	20	20
Gesamtartenzahl	19	22	18	24	22	34
mittlere Artenzahl	10	12	11,4	13	11,5	12,75
Abundanz (Ind./ha)	106	124	251	229	263	198
Biomasse (kg/ha)	4,9	5,2	11,8	9,1	12,7	6,7
Diversität	1,75	1,7	1,65	1,84	1,69	1,93
Äquität	0,77	0,68	0,68	0,74	0,73	0,80
Charakterarten Abundanz	Zwergzunge Kliesche Scholle Lammzunge Gestr. Leierfisch Gr. Knurrhahn	Zwergzunge Scholle Lammzunge Kliesche Gestr. Leierfisch Sandgrundel	Zwergzunge Kliesche Scholle Lammzunge	Kliesche Scholle Zwergzunge Wittling Lammzunge Gestr. Leierfisch	Kliesche Scholle Wittling Zwergzunge Gr. Knurrhahn Lammzunge	Lammzunge Zwergzunge Scholle Grundeln Kliesche Wittling
Charakterarten Biomasse	Scholle Kliesche Zwergzunge Gr. Knurrhahn Gestr. Leierfisch Heilbutt	Scholle Kliesche Zwergzunge Seezunge Lammzunge	Scholle Kliesche Zwergzunge Steinbutt Lammzunge	Scholle Kliesche Wittling Gestr. Leierfisch Seezunge	Scholle Kliesche Wittling Gr. Knurrhahn	Scholle Kliesche Wittling Nagelrochen Lammzunge Steinbutt Gestr. Leierfisch

4.3.3 Ergebnisse der Untersuchungen aus den angrenzenden OWP-Vorhaben Deutsche Bucht, Veja Mate und Bard Offshore 1 (2015–2017)

Im Folgenden werden die in der Fläche N-6.6 aktuell erfassten Daten im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021 mit den aktuellsten Daten aus den OWP Vorhaben Veja Mate (F15 & H15), Deutsche Bucht (F15 & H15) und Bard Offshore 1 (H15) (Bericht Phase I, PGU 2017) sowie Deutsche Bucht (H16) und Bard Offshore 1 (H17) in Beziehung gesetzt (Bericht Phase II, PGU 2018). Die wesentlichen Ergebnisse sind den Tab. 67 und Tab. 68 zu entnehmen.

Hinsichtlich der Gesamtartenzahl und der mittleren Artenzahl zeigen die vier Gebiete sehr ähnliche Ergebnisse. Die aussagekräftigere mittlere Artenzahl war ebenfalls in allen Gebieten vergleichbar hoch. In den jeweiligen Herbstkampagnen lag sie etwas über den Frühjahrswerten. Die höchste mittlere Artenzahl wurde mit 13 Arten im Herbst 2020 in der Fläche N-6.6 dokumentiert (Tab. 68).

Die Mehrzahl der in der Fläche N-6.6 erfassten Arten wurden auch in den Gebieten Veja Mate, Deutsche Bucht und Bard Offshore 1 nachgewiesen. Zu den dominanten und sehr stetigen Arten zählen Steinpicker, Lammzunge, Zwergzunge, Gestreifter Leierfisch, Vierbärtelige Seezunge,

Grauer Knurrhahn, Kliesche, Wittling, Limande, Scholle, Sandgrundel, Steinbutt und Seezunge. Diese 13 Arten wurden in allen Gebieten und Kampagnen erfasst (Tab. 67).

Zu den Arten, die ausschließlich in der Fläche N-6.6 erfasst wurden, zählen Kleiner Sandaal, Kurzschnäuziges Seepferdchen, Schwarzgrundel, Klippenbarsch, Sardelle, Seeteufel, Fleckrochen und Große Seenadel. Hierbei sei angemerkt, dass es sich zwar um geschützte Arten (Einteilung RL-Arten nach THIEL et al. 2013, jedoch größtenteils um Einzelexemplare handelt (Tab. 67).

Tab. 67: Gesamtartenspektrum in den OWP-Vorhaben Deutsche Bucht (DB), Veja Mate (VM) und Bard Offshore 1 (BO1) sowie in der Fläche N-6.6 (Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021).
*: auch mit der 2m-Baumkurre nachgewiesen.

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	N-6.6 H20	N-6.6 F21	N-6.6 H21	BO 1 H15	BO 1 H17	VM F15	VM H15	DB F15	DB H15	DB H17
<i>Agonus cataphractus</i>	Steinpicker	x*	x*	x*	x	x	x*	x*	x	x	x
<i>Ammodytes marinus</i>	Kleiner Sandaal		x								
<i>Aphia minuta</i>	Glasgrundel			x		x					
<i>Arnoglossus laterna</i>	Lammzunge	x*	x*	x*	x*	x*	x*	x*	x*	x*	x*
<i>Belone belone</i>	Hornhecht			x	x	x		x			
<i>Buglossidium luteum</i>	Zwergzunge	x*	x*	x*	x*	x*	x*	x*	x*	x*	x*
<i>Callionymus lyra</i>	Gestreifter Leierfisch	x*	x*	x*	x*	x*	x*	x*	x*	x*	x*
<i>Callionymus reticulatus</i>	Ornament-Leierfisch		x			x					x
<i>Chelidonichthys lucerna</i>	Roter Knurrhahn	x		x	x*			x		x	x
<i>Clupea harengus</i>	Hering	x	x*	x	x						
<i>Ctenolabrus rupestris</i>	Klippenbarsch			x							
<i>Echiichthys vipera</i>	Viperqueise		x		x						
<i>Enchelyopus cimbrius</i>	Vierbärtelige Seezunge	x*	x*	x	x	x	x*	x*	x	x	x*
<i>Engraulis encrasicolus</i>	Sardelle			x							
<i>Entelurus aequoreus</i>	Große Schlangennadel							x			
<i>Eutrigla gurnardus</i>	Grauer Knurrhahn	x*	x*	x	x	x	x*	x	x	x	x*
<i>Gadus morhua</i>	Kabeljau	x		x		x	x				
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Dreistachliger Stichling					x					
<i>Gobius niger</i>	Schwarzgrundel			x							
<i>Hippocampus hippocampus</i>	Kurzschnäuziges Seepferdchen	x		x							
<i>Hippoglossoides platessoides</i>	Doggerscharbe						x		x*		
<i>Hyperoplus lanceolatus</i>	Gefl. Großer Sandaal						x		x		
<i>Limanda limanda</i>	Kliesche	x*	x*	x*	x*	x*	x*	x*	x*	x*	x*
<i>Liparis liparis</i>	Großer Scheibenbauch								x		
<i>Lophius piscatorius</i>	Seeteufel			x							
<i>Merlangius merlangus</i>	Wittling	x*	x*	x*	x*	x*	x*	x*	x*	x*	x
<i>Microstomus kitt</i>	Limande	x	x	x	x	x*	x*	x*	x	x*	x
<i>Mullus surmuletus</i>	Streifenbarbe	x		x*		x*	x				x
<i>Myoxocephalus scorpius</i>	Seeskorpion			x	x	x	x		x		
<i>Platichthys flesus</i>	Flunder	x					x		x		
<i>Pleuronectes platessa</i>	Scholle	x*	x*	x*	x*	x*	x*	x*	x*	x*	x*

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	N-6.6 H20	N-6.6 F21	N-6.6 H21	BO 1 H15	BO 1 H17	VM F15	VM H15	DB F15	DB H15	DB H17
<i>Pomatoschistus minutus</i>	Sandgrundel	x*	x*	x*	x*	x*	x*	x*	x*	x*	x*
<i>Pomatoschistus norvegicus</i>	Norwegengrundel	x*	x*	x*		x					
<i>Pomatoschistus pictus</i>	Fleckengrundel							x			
<i>Raja clavata</i>	Nagelrochen		x	x	x						
<i>Raja montagui</i>	Fleckrochen	x		x							
<i>Scophthalmus maximus</i>	Steinbutt	x	x	x	x	x*	x	x	x	x	x
<i>Scophthalmus rhombus</i>	Glattbutt			x	x*		x	x	x	x	x
<i>Scyliorhinus canicula</i>	Kleingefleckter Katzenhai		x	x			x				
<i>Solea solea</i>	Seezunge	x	x	x	x*	x	x	x	x	x	x*
<i>Sprattus sprattus</i>	Sprotte	x*	x	x	x	x	x*		x		
<i>Syngnathus acus</i>	Große Seenadel		x								
<i>Syngnathus rostellatus</i>	Kleine Seenadel			x							*
<i>Trachurus trachurus</i>	Stöcker	x		x	x						x
<i>Trisopterus luscus</i>	Franzosendorsch	x		x	x	x				x	
<i>Zeus faber</i>	Petersfisch									x	
Gesamt 46		24	22	34	23	23	22	18	20	17	19

Die Abundanz- und Biomassewerte der beiden fischfaunistischen Erhebungen in der Fläche N-6.6 ordnen sich insgesamt im Vergleich zu den erhobenen Werten der anderen Gebiete relativ gut ein. Tendenziell liegen sie gleich oder etwas niedriger als in den anderen Gebieten (Tab. 68).

Für Diversität und Äquität konnten tendenziell etwas höhere Werte im Vergleich zu den anderen Gebieten verzeichnet werden. Hierbei sei angemerkt, dass in der Fläche N-6.6 auch eine höhere Anzahl Hols durchgeführt wurde als in den anderen Gebieten (Tab. 68).

Die Fischgemeinschaft in der Fläche N-6.6 wurde wesentlich durch die Charakterarten Kliesche, Scholle, Zwergzunge, Wittling, Lammzunge, Gestreifter Leierfisch und Grauer Knurrhahn geprägt. Diese Leitarten kamen in hohen Abundanzen vor und waren insgesamt prägend für die standorttypische Fischgemeinschaft. Auch in den drei anderen OWPs wurden dieselben Charakterarten festgestellt. Kleine Unterschiede waren in den Häufigkeitsanteilen zu finden. In geringeren Anteilen zählten zudem je nach Kampagne (Unterschiede in Untersuchungszeitpunkt und Saison) die Sandgrundel zu den Charakterarten. Betrachtet man die Charakterarten anhand ihrer Biomasseanteile werden sowohl die Fläche N-6.6 als auch die drei anderen Gebiete durch Scholle und Kliesche geprägt. In wechselnden Anteilen kamen je nach Kampagne weitere große und damit schwere Arten hinzu: bspw. Zwergzunge, Wittling, Gestreifter Leierfisch, Steinbutt, Nagelrochen, Seezunge, Roter und Grauer Knurrhahn (siehe dazu auch Tab. 68).

Insgesamt betrachtet ähneln sich die Fischgemeinschaften der OWP Vorhaben Veja Mate, Bard Offshore 1 und Deutsche Bucht sowie der Fläche N-6.6 in vergleichsweise hohem Maße.

Tab. 68: Gemeinschaftskennwerte der Fischfauna in den OWP-Vorhaben Deutsche Bucht (DB), Veja Mate (VM) und Bard Offshore 1 (BO1) (2015–2017) sowie in der Fläche N-6.6 (Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021).

	BO 1 H15	BO 1 H17	VM F15	VM H15	DB F15	DB H15	DB H16	N-6.6-H20	N-6.6-F21	N-6.6-H21
n Hols	15	15	14	14	7	7	7	20	20	20
Gesamtartenzahl	23	23	22	18	20	17	19	24	22	34
mittlere Artenzahl	10,5	10,4	10,7	10,5	9,5	10,2	11,7	13	11,5	12,75
Abundanz (Ind./ha)	269	186	513	383	332	335	486	229	263	198
Biomasse (kg/ha)	15,6	6,9	22	13	16	11	16	9,1	12,7	6,7
Diversität	1,69	1,68	1,43	1,6	1,43	1,55	1,57	1,84	1,69	1,93
Äquität	0,72	0,72	0,6	0,69	0,64	0,68	0,64	0,74	0,73	0,8
Charakterarten Abundanz	Zwergzunge Kliesche Scholle Gestr. Leierfisch Lammzunge	Zwergzunge Kliesche Lammzunge Scholle Sandgrundel	Kliesche Zwergzunge Scholle Lammzunge Gestr. Leierfisch	Zwergzunge Scholle Kliesche Sandgrundel Gestr. Leierfisch Lammzunge	Kliesche Zwergzunge Scholle Lammzunge Gestr. Leierfisch Gr. Knurrhahn	Zwergzunge Kliesche Scholle Lammzunge Sandgrundel Gestr. Leierfisch	Zwergzunge Kliesche Scholle Lammzunge Sandgrundel Gestr. Leierfisch	Kliesche Scholle Zwergzunge Wittling Lammzunge Gestr. Leierfisch	Kliesche Scholle Wittling Zwergzunge Gr. Knurrhahn Lammzunge	Lammzunge Zwergzunge Scholle Grundeln Kliesche Wittling
Charakterarten Biomasse	Scholle Kliesche Steinbutt Nagelrochen Zwergzunge Seezunge	Scholle Kliesche Zwergzunge Lammzunge Steinbutt	Kliesche Scholle Zwergzunge	Scholle Zwergzunge Kliesche Steinbutt Gestr. Leierfisch Lammzunge	Kliesche Scholle Zwergzunge Glattbutt Gr. Knurrhahn	Scholle Kliesche Zwergzunge Steinbutt Gestr. Leierfisch	Scholle Kliesche Zwergzunge Steinbutt Lammzunge	Scholle Kliesche Wittling Gestr. Leierfisch Seezunge	Scholle Kliesche Wittling Gr. Knurrhahn	Scholle Kliesche Wittling Nagelrochen Lammzunge Steinbutt Gestr. Leierfisch

4.3.4 Schutzgutbezogene Bewertung

Die Bewertung des Bestandes der Fischfauna für die Fläche N-6.6 erfolgt anhand der Kriterien Seltenheit/Gefährdung, Vielfalt/Eigenart und Natürlichkeit, die abschließend zu einem Bestandwert Fischfauna aggregiert werden. Die generelle Methodik der Bestandsbewertung ist in Kap. 2.5.3 beschrieben.

Seltenheit und Gefährdung

Im Rahmen der aktuellen Erfassungen in der Fläche N-6.6 und dem dazugehörigen Referenzgebiet wurden insgesamt sieben Arten nachgewiesen, die in der aktuellen Roten Liste geführt sind. Zum einen handelt es sich mit Kabeljau, Steinbutt, Seezunge und Franzosendorsch um vier Arten der Vorwarnliste. Zum anderen wurde aber auch mit dem Nagelrochen eine Art der RL-Kategorie 1 (vom Aussterben bedroht), mit dem Fleckrochen eine Art der Kategorie R (Extrem selten, daher anfällig für Belastungen) und mit der Großen Seenadel eine Art der RL-Kategorie G (Gefährdung unbekanntes Ausmaßes) erfasst.

Alle Fischarten der Kategorie V wurden, mit Ausnahme des Franzosendorsches, in verhältnismäßig hohen Anzahlen insbesondere während der Herbstkampagnen nachgewiesen. Der Nagelrochen trat während der Frühjahrskampagne 2021 mit insgesamt 6 Tieren auf, im Referenzgebiet im Frühjahr 2021 ebenfalls mit 6, im Herbst 2020 mit 1 Individuum auf. Im Herbst 2021 konnten in der Fläche N-6.6 9 und im Referenzgebiet 14 Individuen erfasst werden. Männchen und Weibchen waren vertreten. Der Nagelrochen galt in früheren Zeiten als der häufigste und am weitesten verbreitete Rochen in den deutschen Nordseegebieten (ZIDOWITZ et al. 2017). Heute gilt nach ZIDOWITZ et al. (2017) der Bestand in der Deutschen Bucht und im Wattenmeer als nahezu erloschen und es liegen nur vereinzelte aktuelle Nachweise aus der deutschen AWZ und dem Wattenmeer vor. Ursache hierfür ist seine Befischung mit Baumkurren und Kiemennetzen sowie sein häufiger Beifang in der Schleppnetzfischerei (ICES 2019). Der Fleckrochen wurde im Herbst 2020 in der Fläche N-6.6 mit einem Individuum und im Referenzgebiet mit 4 Individuen und im Herbst 2021 in der Fläche N-6.6 mit 2 und im Referenzgebiet mit 3 Individuen erfasst.

Zusätzlich kamen mit dem Kurzschnäuzigen Seepferdchen und dem Kleingefleckten Katzenhai noch zwei weitere Arten im Gebiet vor. Als bemerkenswert kann der Nachweis des Kurzschnäuzigen Seepferdchens mit jeweils einem Exemplar in den Herbstkampagnen angesehen werden, welcher gemäß aktueller Roter Liste nach THIEL et al. (2013) aufgrund unzureichender Daten nicht bewertet wird. In den letzten drei Jahren konnten jedoch immer wieder in verschiedenen Gebieten vereinzelte Exemplare erfasst werden (Küstenmeer, Emsästuar, weitere OWP-Vorhaben, BioConsult-Daten teils noch unveröffentlicht). Arten, die im Anhang II der Flora-Fauna-Habitatrichtlinie (FFH-Richtlinie) geführt werden, wurden im Verlauf der Befischungen nicht festgestellt. Der Kleingefleckte Katzenhai ist eine in den deutschen Meeresgebieten von Nord- und Ostsee etablierte Haiart, die in der Roten Liste Meeresfische jedoch als ungefährdet eingestuft wurde (ZIDOWITZ et al. 2017).

Bezogen auf die Anzahl der nachgewiesenen gefährdeten bzw. bemerkenswerten Arten, ihres Vorkommens und ihrer Gefährdungskategorien wird der Aspekt Seltenheit/Gefährdung für die Fischfauna in der Fläche N-6.6 als mittel bewertet.

Vielfalt und Eigenart

Die Artenzusammensetzung und Dominanzstruktur der Fläche N-6.6 ist typisch für diese Nordsee-region (vgl. KLOPPMANN et al. 2003, EHRICH et al. 2006). Die Abundanz und Biomasse der Fänge in der Fläche N-6.6 wurden v.a. von Kliesche, Scholle, Lammzunge und Zwergzunge dominiert. Daneben waren auch die Arten Wittling, Gestreifter Leierfisch, Grauer Knurrhahn, Sandgrundel, Steinpicker, Seezunge, Vierbärtelige Seequappe, Limande und Roter Knurrhahn typische Vertreter der demersalen Fischfauna des untersuchten Gebietes.

Im Vergleich zu älteren Erfassungen im Gebiet der Fläche N-6.6 und zu Erfassungen aus vergleichbaren, benachbarten Seegebieten wurde bei den aktuellen Erfassungen (drei Kampagnen) mit 39 erfassten Arten eine vergleichsweise ähnlich hohe Artenzahl erreicht. Im Rahmen früherer Untersuchungen in der Fläche („Aquamarin“) wurden 30 Arten erfasst, für den OWP „Bard Offshore 1“ werden 29, für „Veja Mate“ 25 und für „Deutsche Bucht“ 27 Arten angegeben. KLOPPMANN et al. (2003) wiesen im FFH-Gebiet „Borkum Riffgrund“ nur 24 Arten nach.

Das gefundene Artenspektrum, vorrangig geprägt durch Plattfischarten, ordnet sich gut in das Artenspektrum benachbarter Gebiete und anderer küstenferner Bereiche der südlichen Nordsee ein (CALLAWAY et al. 2002, KLOPPMANN et al. 2003, STELZENMÜLLER et al. 2009, IFAÖ 2013). Von den demersalen Fischgemeinschaften der Deutschen Bucht ist bekannt, dass sie im Vergleich zu den britischen Küstengewässern und den Kanalbereichen relativ geringe Diversitäten ($H' < 2,0$) aufweisen und Plattfische, die in allen Tiefenstufen häufig sind, die dominante Fischgruppe darstellen (ROGERS et al. 1998). Die Diversität (H') der demersalen Fischfauna variierte zwischen 1,69 und 1,93. Sie liegt in der gleichen Größenordnung wie die von ROGERS et al. (1998) für die ICES-Rechtecke 35F5 und 37F6 ermittelten Werte von 2,0 und 1,5. Vergleichbare Diversitätswerte (1,43–1,69) wurden auch im Rahmen der Befischungen während der Untersuchungen in den o.g. OWP-Vorhaben ermittelt (PGU 2017, 2018).

Nach CEFAS (2001) sind für den Bereich der Fläche N-6.6 Laichaktivitäten der kommerziell genutzten Arten Kabeljau und Scholle möglich. Das Gebiet stellt für diese Arten jedoch nur einen Teil eines großen Laichgebietes dar, so dass eine besondere Funktion als spezielles und exklusives Laichgebiet auf der Grundlage der Literaturdaten nicht ersichtlich wird.

Abschließend lässt sich folgendes zusammenfassen: Die Artzusammensetzung und Dominanzstruktur der Fläche N-6.6 während der aktuellen Untersuchungen ist für diese Nordseeregion typisch. Der Vergleich zu anderen Untersuchungen in dieser Region weist auf eine stabile Art- und Dominanzstruktur im Bereich der Fläche N-6.6 hin. Demnach wird die Fläche N-6.6 aufgrund der hohen Anzahl regelmäßig auftretender Arten und die dem Lebensraum entsprechenden Artengemeinschaften mit hoher Stetigkeit in typischen Dichten unter Berücksichtigung des in Tab. 9 aufgeführten Bewertungsansatzes, für das Kriterium der „Vielfalt und Eigenart“ als hoch eingestuft.

Natürlichkeit

Das gesamte Seegebiet, in dem sich die Fläche N-6.6 befindet, stellt einen wichtigen Bereich für die Fischerei dar und wird ganzjährig flächendeckend befischt (ICES 2018). Durch die Fischerei wird die Zusammensetzung des Fischbestandes beeinflusst, die Fischfauna ist überprägt. Bei den fischereilichen Aktivitäten kommt es neben den gezielt befischten Arten zusätzlich zu Verlusten an

untermaßigen juvenilen Fischen sowie kommerziell unbedeutenden Arten (Discards). Davon betroffen sind v.a. Haie und Rochen, da sie aufgrund ihrer Größe und Körperform (z.B. rhombisch oder rautenförmig bei Rochen) nur schwer durch die Maschen im Öffnungsbereich der Schleppnetze entkommen können (NARBERHAUS et al. 2012). Durch die Fischerei wird oft nicht das Artenspektrum am deutlichsten verändert, sondern die Abundanzen, Biomassen und das Längenspektrum (BROWN et al. 1998, PIET & RIJNSDORP 1998, UBA 2018). Hinsichtlich der Längenverteilung der Arten wird ersichtlich, dass die älteren, größeren Fische in den Beständen fehlen. Dies ist ebenfalls auf die Fischerei zurückzuführen.

Insgesamt ist davon auszugehen, dass die Häufigkeit und insbesondere der Bestandsaufbau fast aller Fischarten im Gebiet durch Fischerei beeinflusst sind. Da zumindest von drei aktuell noch befischten Arten (Kabeljau, Seeszunge, Steinbutt) sowie dem Nagelrochen, der im Beifang der Fischerei auftritt, die Bestandsstruktur als kritisch verändert angesehen werden muss, gibt es Tendenzen, die für eine eingeschränkte Natürlichkeit des Fischbestandes im Gebiet sprechen. Da aber andere Arten wie Scholle und Kliesche keine kritische Bestandsstruktur aufweisen, wird die Natürlichkeit des gesamten Fischbestandes summarisch als mittel bewertet.

Alle weiteren unter Vorbelastungen thematisierten Aspekte haben zwar grundsätzlich Einfluss auf die Natürlichkeit des Fischbestandes der Fläche N-6.6, sind aber eher globaler Natur und letztlich nicht quantifizierbar. Auf die Bewertung des Aspektes Natürlichkeit haben diese daher keinen weiteren Einfluss.

Gesamtbewertung

Insgesamt wird die Fläche N-6.6 auf der Basis der o.g. Einzelkriterien für die Fischfauna insgesamt mit mittel bis hoch bewertet (Tab. 69).

Tab. 69: Bewertungsmatrix zur Bestandsbewertung des Schutzgutes Fische in der Fläche N-6.6.

Kriterien der Bestandsbewertung	Bewertung für die Fläche N-6.6	Begründung
Seltenheit und Gefährdung	mittel	Nachweis von Rote-Liste-Arten der Kategorien 1, V und G
Vielfalt und Eigenart	hoch	Lebensraumtypische Artengemeinschaft und Dominanzstruktur
Natürlichkeit	mittel	Fischereiaufwand von mittlerer Intensität
Gesamtbewertung	mittel bis hoch	

4.4 Biototypen

Wie in Kapitel 3.3.5 und 3.4.5 beschrieben, können die Gebiete in der Fläche N-6.6 und im Referenzgebiet den Biototypen „Sublitoraler, ebener Sandgrund der Nordsee mit *Amphiura filiformis*-Gemeinschaft“ (Code 02.02.10.02.01) als auch der „Sublitoraler, ebener Sandgrund der Nordsee mit *Nucula nitidosa*-Gemeinschaft“ (Code 02.02.10.02.05) nach FINCK et al. (2017) zugeordnet werden. Der Biototyp „Sublitorale, ebener Sandgrund der Nordsee mit *Amphiura filiformis*-Gemeinschaft“ (Code 02.02.10.02.01) wird auf der akuten Vorwarnliste geführt (Kat. 3-V) während für den Biototyp „Sublitoraler, ebener Sandgrund der Nordsee mit *Nucula nitidosa*-Gemeinschaft“ (Code 02.02.10.02.05) die Datenlage als unzureichend beschrieben wird, wodurch eine Gefährdungseinstufung nicht möglich war (FINCK et al. 2017). Beide Biototypen werden als „bedingt regenerierbar“ eingestuft und gehören nicht zu den nach § 30 BNatSchG geschützten Biototypen.

Da keine gesonderte Untersuchung zu den Biototypen stattgefunden hat, (z.B. mittels Videotransekte) kann eine Bewertung der Fläche N-6.6 an dieser Stelle nicht erfolgen.

5. Beschreibung der Auswirkungen des Vorhabens auf die Schutzgüter

5.1 Modellwindparks und Ableitung schutzgutbezogener Wirkfaktoren

Mit den hier gegenständlichen Untersuchungen auf der Fläche N-6.6 sollen möglichen Bietern im Ausschreibungsverfahren die notwendigen Informationen für eine wettbewerbliche Bestimmung der Marktprämie nach § 22 des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG 2017) ermöglicht werden (s. hierzu auch Kap. 1.1). Konkrete Windparkplanungen, die auf der Fläche realisiert werden sollen, bestehen folglich noch nicht.

Im Umweltbericht zum FEP für die deutsche Nordsee (BSH 2019b) werden modellartig Windparkplanungen hergeleitet, die u.a. ggf. in der Zukunft verfügbare Windenergieanlagen berücksichtigen. Für die schutzgutbezogenen Betrachtungen im Umweltbericht zum FEP werden bestimmte Parameter angenommen, die den Auswirkungsprognosen zugrunde gelegt werden. Dazu gehören etwa die Anzahl der Anlagen, die Nabenhöhe [m], der Rotordurchmesser [m], die Gesamthöhe [m] der Anlage, der Durchmesser der Gründungen [m], die Fläche der Gründung am Meeresboden [m²] und der Durchmesser des Kolkschutzes [m²]. Um die Bandbreite möglicher Entwicklungen abzubilden, werden zwei Szenarien hergeleitet. Szenario 1 geht dabei von vielen kleinen Anlagen, Szenario 2 von wenigen großen Anlagen aus. Die im Umweltbericht zum FEP für die Auswirkungsprognose herangezogenen Parameter für die Szenarien 1 und 2 (Tab. 70) werden auftragsgemäß der Auswirkungsprognose im vorliegenden Bericht zugrunde gelegt. Der Vollständigkeit halber werden in Tab. 70 alle Parameter aufgeführt, wenngleich für die hier betrachtungsrelevanten Schutzgüter Sedimente, Benthos und Fische ausschließlich die Parameter am Meeresboden bzw. in der unteren Wassersäule maßgeblich sind.

Tab. 70: Parameter Modellwindparks für die Auswirkungsprognosen der Schutzgüter Sedimente, Benthos und Fische (Quelle: BSH 2019b).

	Szenario 1	Szenario 2
Leistung pro Anlage [MW]	9	15
Nabenhöhe [m]	ca. 125	ca. 175
Höhe untere Rotor spitze [m]	ca. 26	ca. 50
Rotordurchmesser [m]	ca. 200	ca. 250
Überstrichene Fläche des Rotors [m ²]	ca. 30.800	ca. 49.100
Gesamthöhe [m]	ca. 225	ca. 300
Durchmesser Gründung [m]*	ca. 8,5	ca. 12
Fläche Gründung exkl. Kolkschutz [m ²]	ca. 57	ca. 113
Durchmesser Kolkschutz [m]	ca. 43	ca. 60
Fläche Gründung inkl. Kolkschutz [m ²]	ca. 1.420	ca. 2.830

*: Die Berechnung der Flächeninanspruchnahme beruht auf der Annahme einer Monopile-Gründung. Es wird jedoch angenommen, dass Monopile und Jacket in Summe jeweils etwa die gleiche Flächeninanspruchnahme auf dem Meeresgrund haben.

Der Umweltbericht zum FEP trifft darüber hinaus spezifische Annahmen für die Bewertung der voraussichtlichen erheblichen Umweltauswirkungen für die verschiedenen Schutzgüter. Auch diesen spezifischen Annahmen wird im vorliegenden Bericht gefolgt. Tab. 71 zeigt für die Schutzgüter Sedimente, Benthos und Fische die aus den Szenarien der Modellwindparks resultierenden wesentlichen Wirkfaktoren und deren potentielle Auswirkungen. Dabei werden die Wirkungen danach unterschieden, ob diese bau-/rückbaubedingt sind oder durch die Anlage selbst hervorgerufen werden. Aus dem Betrieb der Anlagen ergeben sich keine wesentlichen Wirkfaktoren der hier betrachtungsrelevanten Schutzgüter (s. hierzu auch BSH 2019a, Kap. 1.5.5). Dies liegt insbesondere in der Tatsache begründet, dass die Einhaltung des sogenannten 2K-Kriteriums (Sedimenterwärmung durch Kabelbetrieb darf 2K in 20 cm unter dem Meeresboden nicht übersteigen) obligatorisch im Planfeststellungsbeschluss beauftragt wird und das kabelinduzierte Magnetfelder in ihrer Stärke deutlich unter dem des Erdmagnetfeldes liegen.

Tab. 71: Wirkfaktoren und potenzielle Auswirkungen der Modellwindparks auf die Schutzgüter Sedimente, Benthos und Fische (Quelle: BSH 2019a).

Schutzgut	Wirkfaktor	Potenzielle Auswirkung	Bau/Rückbau	Anlage
Sediment	Einbringen von Hartsubstrat (Fundamente und Kolkschutz)	Veränderung von Habitaten		X
	Dauerhafte Flächeninanspruchnahme (Fundamente und Kolkschutz)	Veränderung von Habitaten		X
	Auskolkung / Sedimentumlagerung	Veränderung von Habitaten		X
Benthos	Bildung von Trübungsfahnen	Beeinträchtigung benthischer Arten	X	
	Resuspension von Sediment und Sedimentation	Beeinträchtigung oder Schädigung benthischer Arten oder Gemeinschaften	X	
	Einbringung von Hartsubstrat	Habitatveränderungen, Lebensraumverlust		X
Fische	Sedimentaufwirbelung und Trübungsfahnen	Physiologische Effekte und Scheueffekte	X	
	Schallemissionen während der Rammung	Vergrämung	X	
	Flächeninanspruchnahme	Lokaler Lebensraumverlust		X
	Einbringung von Hartsubstrat	Anlockeffekte, Erhöhung der Artenvielfalt, Veränderung der Artenzusammensetzung		X

5.2 Nach § 30 BNatSchG geschützte Biotope

Gemäß § 30 Abs. 1 BNatSchG werden bestimmte Teile von Natur und Landschaft, die eine besondere Bedeutung als Biotope haben, gesetzlich geschützt. Handlungen, die zu einer Zerstörung oder einer sonstigen erheblichen Beeinträchtigung der in § 30 Abs. 2 BNatSchG aufgeführten Biotope führen, sind verboten.

5.2.1 Kriterien zur Identifikation von Flächen nach § 30 BNatSchG geschützter Biotoptypen

Die gesetzlich geschützten Biotoptypen, die im marinen Bereich vorkommen können, finden sich in § 30 Abs. 2 Nr. 6 BNatSchG. Es handelt sich hierbei um „...*Fels- und Steilküsten, Küstendünen und Strandwälle(n), Strandseen, Boddengewässer mit Verlandungsbereichen, Salzwiesen und Wattflächen im Küstenbereich, Seegraswiesen und sonstigen marine(n) Makrophytenbestände(n), Riffe, sublitorale(n) Sandbänke(n), Schlickgründe(n) mit bohrender Bodenmegafauna sowie artenreiche(n) Kies-, Grobsand- und Schillgründe(n) im Meeres- und Küstenbereich...*“.

Die hier zu betrachtende Fläche N-6.6 liegt vollständig in der AWZ. Betroffenheiten von gesetzlich geschützten Festlandsbiotopen können ebenso ausgeschlossen werden, wie Betroffenheiten von Biotopen der Watt- und Küstenbereiche inkl. Biotopen, die durch das Vorkommen von Algen gekennzeichnet sind.

Folgende gesetzlich geschützte Biotope können potenziell im Bereich der Fläche N-6.6 vorkommen:

- Schlickgründe mit bohrender Bodenmegafauna,
- Sublitorale Sandbänke,
- Artenreiche Kies-, Grobsand- und Schillgründe,
- Riffe.

Für die Fläche N-6.6 wurden die Biotoptypen in Kap. 4.4 auf der Grundlage von FINCK et al. (2017) charakterisiert. Die Einstufung der Biotoptypen liefert Hinweise für ein potenzielles Vorkommen von Biotopen, die nach § 30 BNatSchG einem gesetzlichen Schutz unterliegen. Weitere Informationen liefern die vorhabenbezogenen Daten zum Sediment und zur Besiedlung durch das Makrozoobenthos.

5.2.2 Vorkommen von gesetzlich geschützten Biotopen in der Entwicklungsfläche N-6.6

5.2.2.1 Schlickgründe mit bohrender Bodenmegafauna

Für den Nachweis von gesetzlich geschützten „Schlickgründen mit bohrender Bodenmegafauna“ ist die Kartieranleitung des BFN (2011b) maßgeblich. Demnach müssen 1. pro Station das Sediment in mindestens zwei von drei van-Veen-Greiferproben einen Silt-/Tonanteil von >10 % aufweisen, 2. die Wassertiefe >15 m betragen, 3. Seefedern vorkommen und 4. grabende Krebsarten wie *Nephrops norvegicus*, *Calocaris macandreae*, *Upogebia deltaura*, *Upogebia stellata* und *Callinassa subterranea* in einer erhöhten Dichte nachgewiesen werden. Anhand der vorliegenden Daten zu Morphologie, Sedimenten und Makrozoobenthos ist schon anhand des Fehlens von Seefedern ein Vorkommen von „Schlickgründen mit bohrender Bodenmegafauna“ in der Entwicklungsfläche N-6.6 auszuschließen.

5.2.2.2 Sublitorale Sandbänke

„Sublitorale Sandbänke“ sind gleichzeitig Lebensraumtypen (LRT) des Anhangs I der FFH-RL. In diesem Rahmen sind Definitionen erarbeitet und entsprechende Flächen in der AWZ kartiert und abgegrenzt worden:

Der Lebensraumtyp „Sandbänke mit nur schwacher ständiger Überspülung durch Meerwasser“ (Code 1110) wird wie folgt definiert: *„Sandbänke sind erhöhte, lang gestreckte, gerundete oder unregelmäßige topografische Güter, die ständig von Wasser überspült und vorwiegend von tieferem Gewässer umgeben sind. Sie bestehen hauptsächlich aus sandigen Sedimenten, können jedoch auch grobe Fels- und Steinbrocken oder kleinere Korngrößen aufweisen, einschließlich Schlamm. Bänke, deren sandige Sedimente als Schicht über hartem Substrat auftreten, werden als Sandbänke klassifiziert, wenn die darin lebende Biota zum Leben eher auf Sand als auf Hartsubstrat angewiesen ist. „Mit schwacher ständiger Überspülung durch Meerwasser“ bedeutet, dass die Wassertiefe über einer Sandbank selten mehr als 20 m unter dem Seekartennull (KN) beträgt. Da Sandbänke jedoch auch tiefer als 20 m unter dem Seekartennull liegen können, kann es sinnvoll sein, auch Gebiete auszuweisen, in denen diese Sandbänke Teil des Schutzgutes sind und dessen Sandbodengemeinschaften beheimaten.“* (EUROPEAN COMMISSION 2007).

Um eine Abgrenzung von Sandbänken vornehmen zu können, hat das BfN ein entsprechendes FuE-Vorhaben beauftragt (ARGUMENT 2003). Die wichtigsten Regeln zur Abgrenzung von Bänken sind danach: Bänke liegen unterhalb des Meeresspiegels, sind als eigenständige Struktur erkennbare Erhebungen des Meeresbodens und sind überwiegend von Hängen größer 0,5 Grad begrenzt. Die Grenze verläuft am Hangfuß am Übergang zum ebenen Meeresboden, im flachen Bereich verläuft sie (bei sog. „angehängten“ Bänken wie dem Borkum Riffgrund) auf gerader Linie zwischen den äußeren Hangenden.

Auf Basis dieser Definitionen wurden die Sandbänke in der AWZ durch das BfN abgegrenzt (vgl. BfN 2004). Als § 30-Biotop „sublitorale Sandbank“ werden nur die durch das BfN (2004) abgegrenzten Vorkommen eingestuft. Da dieses Biotop ein Komplexbiotop darstellt (vgl. FINCK et al. 2017), können innerhalb eines Vorkommens weitere überlagernde Biotope auftreten (s. oben).

Entsprechend der Karte des BfN (2004) liegen keine sublitoralen Sandbänke im Bereich der Entwicklungsfläche N-6.6, so dass der gesetzliche Biotopschutz hinsichtlich dieses Biotoptyps nicht betroffen ist.

5.2.2.3 Artenreiche Kies-, Grobsand- und Schillgründe

Das gesetzlich geschützte Biotop „Artenreiche Kies-, Grobsand- und Schillgründe“ wird nach BfN (2011a) wie folgt beschrieben: *„Dieser Biotoptyp umfasst Rein- oder Mischvorkommen von Kies-, Grobsand- oder Schillsedimenten des Meeresbodens, die unabhängig von der großräumigen Lage von einer spezifischen Endofauna (u.a. Sandlückenfauna) und Makrozoobenthosgemeinschaft besiedelt werden. In der Nordsee werden diese Sedimente von einer artenreicheren Makrozoobenthosgemeinschaft besiedelt als die korrespondierenden Mittelsandtypen. [...] Im Sublitoral der Nordsee wird der Biotoptyp in der Regel durch die Goniadella-Spisula-Gemeinschaft besiedelt, die durch das Vorhandensein verschiedener typischer Makrozoobenthos-Arten [...] identifiziert*

werden kann. [...] Die Untersuchungen von RACHOR & NEHMER (2003) in der AWZ der Nordsee haben gezeigt, dass die *Goniadella-Spisula*-Gemeinschaft in zwei Ausprägungen vorkommt: der artenreicheren auf Grobsand und Kies und der artenärmeren auf grobsandigem Mittelsand. [...] In der Nordsee tritt die artenreiche Ausprägung, außer im Gebiet um Helgoland, in der Regel in Tiefen > 20 m auf (ARMONIES 2010). [...] Die Besiedlung artenreicher Kies-, Grobsand- und Schillgründe ist räumlich stark heterogen. Nach EUNIS ist die Diversität des Biotoptyps A5.15 (offshore habitats with coarse sands and gravel or shell) höher als die des Typs A5.14 (tide swept circalittoral coarse sands, gravel and shingle)."

Entsprechend der Kartieranleitung des BFN (2011a) werden Flächen, die folgende Bedingungen erfüllen, als „Artenreiche Kies-, Grobsand- und Schillgründe“ eingestuft:

„1. pro Station mindestens zwei von drei Van-Veen-Greiferproben Kies oder Grobsand gemäß FIGGE (1981) und HELCOM (1998) bzw. Schill (Schalen oder deren Bruchstücke von Organismen) in mehr als 50 % der Gesamtfraktion enthalten und

2. innerhalb einer Vorkommensfläche an drei Stationen, die deutlich (mindestens 15 m) voneinander getrennt sind, von den sieben Taxa *Aonides paucibranchiata*, *Branchiostoma lanceolatum*, *Polygordius* spp., *Protodorvillea kefersteini*, *Echinocyamus pusillus*, *Spisula elliptica* und *Pisone remota* mindestens vier vorkommen.“ (aus BFN 2011a)

Anhand der vorliegenden Daten zu Morphologie, Sedimenten und Makrozoobenthos ist auszuschließen, dass „Artenreiche Kies-, Grobsand- und Schillgründe“ in der Entwicklungsfläche N-6.6 vorkommen, da weder die Sedimentkriterien erfüllt werden noch die charakteristischen Arten/Taxa vorkommen.

5.2.2.4 Riffe

„Riffe“ sind gleichzeitig Lebensraumtypen (LRT) des Anhangs I der FFH-RL. In diesem Rahmen sind Definitionen erarbeitet und entsprechende Flächen in der AWZ und im Küstenmeer kartiert und abgegrenzt worden:

Der Lebensraumtyp „Riffe“ (Code 1170) wird wie folgt definiert: „Riffe können entweder biogene Verwachsungen oder geogenen Ursprungs sein. Es handelt sich um Hartsubstrate auf festem und weichem Untergrund, die in der sublitoralen und litoralen Zone vom Meeresboden aufragen.“ (EUROPEAN COMMISSION 2007). Als Hartsubstrate werden dabei u.a. Fels- und Steinbrocken mit einem Durchmesser von in der Regel >64 mm definiert. Weiter heißt es: „Hartsubstrate, die von einer dünnen und beweglichen Sedimentschicht bedeckt sind werden als Riffe klassifiziert, wenn die darauf lebenden Biota zum Leben eher das Hartsubstrat als die darüber liegenden Sedimentschichten benötigen.“

Die vom BFN (2018a) veröffentlichte Kartieranleitung für den Biotoptyp „Riffe“ in der deutschen AWZ enthält Kriterien zur Abgrenzung von Riffen im Zuge von Zulassungsverfahren. Von den insgesamt vier definierten Typen geogener Riffe können zwei potenziell in der Entwicklungsfläche N-6.6 vorkommen. Das Vorkommen biogener Riffe kann ausgeschlossen werden.

Geogene Riffe - Typ „Steinfeld/Blockfeld Nordsee“

Für das Vorkommen dieses geogenen Rifftyps müssen folgende Kriterien erfüllt sein:

Kriterium 1: Die Mindestgröße von zu digitalisierenden Einzelsteinen orientiert sich an der aktuell kleinsten Erfassungsgröße für einzelne Objekte bei der Auswertung von Seitensichtsonar-Daten im Frequenzbereich ≥ 300 kHz (resultierende Steingröße ca. 30–50 cm). Derartige Einzelsteine oder Blöcke werden mit einem Radius von 75 m mit Pufferflächen umgeben und dargestellt.

Kriterium 2: Wenn der Abstand zwischen benachbarten Einzelsteinen (\geq ca. 30–50 cm) bzw. Blöcken ≤ 150 m ist, d.h. wenn sich ihre Pufferflächen entweder berühren oder überlappen, werden diese zu einer „Stein- bzw. Blockansammlung“ zusammengefasst.

Kriterium 3: Wenn eine solche „Stein- bzw. Blockansammlung“ mindestens 21 Einzelsteine (\geq ca. 30–50 cm) bzw. Blöcke mit einem mittleren Abstand zu ihrem nächsten Nachbarn von ≤ 50 m enthält, bildet sie ein geogenes Riff vom Typ „Steinfeld/Blockfeld“.

Kriterium 4: Falls sich innerhalb eines, alle vorhergehenden Kriterien (1–3) erfüllenden geogenen Riffs Bereiche ohne Stein- oder Blockvorkommen befinden, werden diese Bereiche der Gesamtfläche des Riffs zugeordnet.

Eine biologische Verifizierung dieses Typs geogener Riffe im Rahmen von Verfahren ist entsprechend der Kartieranleitung nicht erforderlich.

Für die Entwicklungsfläche N-6.6 wurde das Vorhandensein und die Verteilung von Steinen anhand der vom AG zur Verfügung gestellten, flächendeckend vorliegenden SideScanSonar-Untersuchungen geprüft.

Eine Ansammlung von Steinen bzw. Blöcken, die die Kriterien für die Abgrenzung eines geogenen Riffes - Typ „Steinfeld/Blockfeld Nordsee“ erfüllen würden, ergibt sich anhand der SideScanSonar-Untersuchungsergebnisse nicht.

Anhand der vorliegenden Daten zu Morphologie und Sedimenten ist auszuschließen, dass geogene Riffe vom Typ „Steinfeld/Blockfeld Nordsee“ in der Entwicklungsfläche N-6.6 vorkommen.

Geogene Riffe - Typ „Marine Findlinge“ Nord- und Ostsee

Erratische Blöcke, die eine Kantenlänge von mindestens 2 Metern aufweisen, sind gemäß der Kartieranleitung des BFN (2018a) als geogene Riffe vom Typ „Marine Findlinge“ zu klassifizieren. Marine Findlinge weisen nahezu immer eine ausgeprägte epibenthische Besiedlung auf. Daher ist eine biologische Verifizierung dieses Typs geogener Riffe nicht erforderlich.

Die flächendeckenden SideScanSonar-Untersuchungen haben in der Fläche N-6.6 insgesamt 21 sogenannte Targets identifiziert. Keines dieser Targets wurde als „Boulder“ eingestuft, so dass ein Vorkommen von „Marinen Findlingen“ in der Fläche unwahrscheinlich ist.

5.2.3 Fazit gesetzlicher Biotopschutz

Auf der Grundlage der zur Verfügung stehenden Daten und Informationen wird eine Betroffenheit von gesetzlich geschützten Biotopen in der Fläche N-6.6 ausgeschlossen.

5.3 Sedimente

5.3.1 Bau-/Rückbaubedingte Auswirkungen

Die für das Schutzgut wesentlichen Wirkfaktoren und deren potenzielle Auswirkungen eines Modellwindparks (Szenarien 1 und 2) leiten sich aus dem Umweltbericht zum FEP (BSH 2019b) ab. Bau- und rückbaubedingte Wirkfaktoren, die einen wesentlichen Einfluss auf das Schutzgut Sediment haben ergeben sich damit nicht. Hinsichtlich der baubedingten Wirkfaktoren „Bildung von Trübungsfahnen“ sowie „Resuspension von Sediment und Sedimentation“ wird zudem auf das Auswirkungskapitel zum Schutzgut Benthos (Kap. 5.4) verwiesen.

5.3.2 Anlagebedingte Auswirkungen

Einbringen von Hartsubstrat

Durch die Fundamente selbst und den Kolksschutz um die Anlagen wird Hartsubstrat in einen durch Weichbodensedimente geprägten Bereich eingebracht. Das anstehende, überwiegend sandige Sediment wird insbesondere durch die Steinschüttungen des Kolksschutzes morphologisch verändert. Im Verhältnis zu den großflächig vorkommenden Weichbodensedimenten innerhalb der Fläche N-6.6 wird der Flächenanteil mit morphologischen Veränderungen allerdings gering sein. Die Auswirkungen auf das Sediment am jeweiligen Standort sind damit in ihrer Intensität hoch und zudem dauerhaft aber kleinräumig.

Dauerhafte Flächeninanspruchnahme

Durch die Fundamente samt Kolksschutz kommt es zu einem Verlust von Weichbodensedimenten und ihren Funktionen für die Meeresumwelt (z.B. Lebensraumfunktion, Speicher- und Pufferfunktion). Der langfristige Verlust beziffert sich im Szenario 1 mit 1.420 m² je Anlage und im Szenario 2 mit 2.830 m² je Anlage. Wie groß die dauerhafte Flächeninanspruchnahme in der Fläche N-6.6 insgesamt ist, hängt von der Anlagenanzahl ab, die derzeit noch nicht feststeht. Erfahrungen aus anderen Offshore-Windparkvorhaben zeigen jedoch, dass die dauerhafte Flächeninanspruchnahme durch Fundamente und Kolksschutz im Verhältnis zur Gesamtgröße der Fläche gering ist (zumeist < 1 %). Diese Einschätzung gilt für beide Szenarien gleichermaßen.

Der Verlust von Weichbodensedimenten mit seinen spezifischen Funktionen ist damit kleinräumig, am jeweiligen Standort jedoch von hoher Intensität (vollständige Funktionsverluste auf den Flächen der Fundamente, sehr hohe Funktionsverluste auf den Fläche des Kolksschutzes) und für die gesamte Laufzeit der Anlagen wirksam.

Auskolkung / Sedimentumlagerung

Die einzelnen Windkraftanlagen stellen ein Hindernis im Wasserkörper dar, was im unmittelbaren Umfeld der Anlagen zu Strömungsveränderungen führt. Modellierungsergebnisse zeigen auf, dass die Strömungsgeschwindigkeit in den unmittelbaren Bauwerksbereichen zwar zunimmt, sich die Beeinflussung der Strömung durch ein einzelnes Bauwerk aber auf einen sehr kleinräumigen Bereich erstreckt. Bei Annahme eines Kreiszylinders beträgt die Geschwindigkeitserhöhung im Abstand eines Bauwerksdurchmessers demnach nur noch 10 % und im Abstand von zwei Bauwerksdurchmessern 4 %. Hinter dem Bauwerk (in Abhängigkeit von der Strömungsrichtung) treten ein Ablösebereich und Wirbel auf, die über mehrere Bauwerksdurchmesser langsam abklingen. Vor und seitlich des umströmten Bauwerkes tritt bodennah eine Strömung auf, die vom Bauwerk weggerichtet ist und Wirbel ausbildet. Die Achsen dieser Wirbel sind wie ein Hufeisen um das Bauwerk angelegt (horseshoe vortex). Hinter diesem „Hufeisen“ treten unregelmäßige Ablösewirbel auf. Insgesamt weist die Strömung unmittelbar am Bauwerk eine sehr komplizierte räumliche Struktur auf (MITTENDORF & ZIELKE 2002).

Die skizzierten Strömungsveränderungen im Umfeld der Windkraftanlagen können grundsätzlich zu Sedimentumlagerungen und in der Folge zu Auskolkungen führen. Zunächst wird die leicht in Schwebe geratende Ton- bzw. Schlufffraktion ausgetragen, was zu einer veränderten Sedimentzusammensetzung hin zu gröberem Sediment führt. Im Folgenden werden auch die Sande durch das heterogene Strömungsgeschehen umgelagert, Kolke entstehen. Diese bis zu mehrere Meter tiefen Kolke stellen wiederum Sedimentfallen dar, in denen sich Feinsediment akkumuliert (OREJAS et al. 2005). Mit diesem Prozess verbunden sind Veränderungen der abiotischen und biotischen Sedimentfunktionen (Speicher- und Pufferfunktion, Habitatfunktion usw.).

Bei den Annahmen zu den Modellwindparks auf der Fläche N-6.6 werden Kolkenschutzmaßnahmen ergriffen, um den oben beschriebenen Einwirkungen auf das Sediment durch Strömungsveränderungen entgegenzuwirken. Es ist somit höchstens an den äußeren Randbereichen des Kolkenschutzes mit geringfügigen Einwirkungen auf das Sediment durch Strömung zu rechnen. Die Auswirkungen sind damit zwar langfristig aber kleinräumig und von geringer Intensität.

5.3.3 Betriebsbedingte Auswirkungen

Die für das Schutzgut wesentlichen Wirkfaktoren und deren potenzielle Auswirkungen eines Modellwindparks (Szenarien 1 und 2) leiten sich aus dem Umweltbericht zum FEP (BSH 2019b) ab. Betriebsbedingte Wirkfaktoren, die einen wesentlichen Einfluss auf das Schutzgut Sediment haben ergeben sich damit nicht.

5.3.4 Zusammenfassung der vorhabenbedingten Auswirkungen

Wesentliche Auswirkungen auf das Schutzgut Sediment ergeben sich aus der Überbauung von Weichböden durch die Fundamente und den Kolkenschutz. Durch diese Überbauung gehen die charakteristischen Bodenfunktionen (Speicher- und Pufferfunktion, Habitatfunktion usw.) am jeweiligen Standort verloren. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass die Funktionsverluste nur sehr kleinräumig erfolgen und in weiten Teilen der Fläche N-6.6 die charakteristischen Funktionen von

Weichbodenlebensräumen erhalten bleiben. Erfahrungen aus anderen Windparkvorhaben zeigen, dass der Anteil beeinträchtigter Flächen im Verhältnis zur Gesamtfläche zumeist bei $< 1\%$ liegt. Abschließend ist somit festzustellen, dass die Beeinträchtigungen des Schutzgutes zwar dauerhaft und am jeweiligen Standort von hoher Intensität sind, aber nur kleinräumig stattfinden.

5.4 Benthos (In- und Epifauna)

5.4.1 Bau-/Rückbaubedingte Auswirkungen

Bildung von Trübungsfahnen

Das Sediment in der Fläche N-6.6 setzt sich im Wesentlichen aus ungeschichteten Sanden zusammen. Die Feinsandfraktion (63–250 μm) ist mit durchschnittlich rd. 81 % an den untersuchten Stationen die vorherrschende Kornfraktion, zudem kommt die Mittelsandfraktion (250–500 μm) mit durchschnittlich rd. 7 % vor. Die feine und im Zusammenhang mit der Ausbildung von Trübungsfahnen besonders bedeutsame Ton-Schluff-Fraktion ($< 63\ \mu\text{m}$) ist über die Fläche mit einem Anteil von ca. 10 % vertreten (Herbst 2020 = durchschnittl. 11,3 %, Frühjahr 2021 = durchschnittl. 9,4 %; Herbst 2021 = durchschnittl. 9,7 %, s.a. Kap. 3.3.1).

Ein großer Teil des während der Arbeiten (Fundamenterrichtungen, Kabelverlegung) resuspendierten Materials (die Sandfraktionen) wird unmittelbar nach der Resuspension im Nahbereich der jeweiligen Baumaßnahme wieder absinken und nur sehr kleinräumige Trübungsfahnen ausbilden. Der im Sediment enthaltene Anteil der Ton- und Schlufffraktion verbleibt länger in der Wassersäule und wird mit der Strömung transportiert. Ausgeprägte Trübungsfahnen sind allerdings aufgrund der geringen Anteile auch hier nicht zu erwarten.

Trübungsfahnen können grundsätzlich bei Arten der In- und Epifauna die Filterorgane verstopfen, was langfristig zu verringertem Wachstum, einer verringerten Biomasse, Produktion und Rekrutierung führen kann (TYLER-WALTERS 2003). Darüber hinaus wären „positive“ Auswirkungen durch ein erhöhtes Nahrungsangebot für Suspensions- und Detritusfresser denkbar (TILLIN & TYLER-WALTERS 2014). In Bezug auf die Fläche N-6.6 sind diese Effekte allerdings weitgehend zu vernachlässigen, da zum einen der Anteil der Feinfraktion am anstehenden Sediment vergleichsweise gering ist (s.o.) und zum anderen die nachgewiesenen Benthos-Gemeinschaften des Gebietes gegenüber Trübungsfahnen als tolerant einzustufen sind (BIOCONSULT 2019).

Die Dauer der Auswirkungen ist auf die Fundamentarbeiten (einschl. Kolkschutz) und das Einbringen der Kabel (parkinterne Verkabelung) beschränkt und damit kurzfristig. Wenn in einem Windpark an maximal zwei Anlagen gleichzeitig gearbeitet wird bzw. nur ein Kabelverlegegerät im Einsatz ist, sind die Auswirkungen kleinräumig. Insgesamt ist nur von geringen Beeinträchtigungen des Makrozoobenthos durch Trübungsfahnen auszugehen.

Resuspension von Sediment und Sedimentation

Während der Errichtungsarbeiten (Fundamente, Kolkschutz) und der Kabelverlegearbeiten (parkinterne Verkabelung) wird Sediment aufgewirbelt und gerät in Suspension. In geringerem

Umfang geschieht dies auch im allgemeinen Baubetrieb (Ankern der Schiffe, Fixieren von Baumaschinen im Meeresboden). Einen Überblick über das Suspensions- und Sedimentationsverhalten von Sediment geben z.B. VAN RIJN (1985), DANKERS (2002), MEISSNER & SORDYL (2006), O'NEILL & SUMMERBELL (2011) und NIRAS (2015). Die Resuspension führt zur Bildung von Trübungsfahnen (s.o.), zu Sedimentation und kann zu einer Veränderung der Sedimentstruktur und zu einer Freisetzung von Nähr- und Schadstoffen führen. Sämtliche Faktoren können Einfluss auf das Makrozoobenthos haben.

Das Ausmaß der Resuspension und damit der daraus resultierenden Folgewirkungen hängt im Wesentlichen von der Sedimentzusammensetzung am Standort, den eingesetzten Bauverfahren und der Anzahl der Anlagen bzw. der Kabellängen ab (NIRAS 2015). Die Sandfraktion des aufgewirbelten Materials sinkt i.d.R. im unmittelbaren Nahbereich des Einwirkungsortes wieder ab. Tone und Schluffe verbleiben hingegen einige Zeit in Suspension, werden durch die Strömung mitgeführt und in Abhängigkeit von Wind, Wassertiefe, Strömung etc. an anderer Stelle sedimentiert.

Durch die oben angeführten Bautätigkeiten können Makrozoobenthos-Organismen freigespült werden. Beim Freispülen hängt das Überleben von der artspezifischen Fähigkeit ab, sich wieder einzugraben. Bei der in der Fläche N-6.6 vorgefundenen Makrofauna ist davon auszugehen, dass sich diese im Wesentlichen schnell wieder eingraben kann. Dies gilt auch für größere Arten, wie z.B. Muscheln der Gattung *Ensis* (BREEN et al. 2011). So konnte z.B. in Feldversuchen nachgewiesen werden, dass sich, abhängig vom untersuchten Standort, 93–100 % der ausgegrabenen *Ensis* spp. innerhalb von 30 Minuten wieder eingruben (MURRAY et al. 2014). Für die Muschel *Spisula solida* verglichen CHÍCHAROA et al. (2002) das Wiedereingrabverhalten von Fischerei bedingt ausgegrabenen Individuen mit der von Tauchern gesammelten Individuen in befischten Flächen und in Kontrollflächen. In den Kontrollflächen gruben sich innerhalb von 30 Minuten alle *Spisula solida* wieder ein, wobei nach 3 Minuten bereits 50 % eingegraben waren. Dagegen hatten sich in den befischten Flächen 50 % der *Spisula* erst nach 9 Minuten wieder ins Sediment eingegraben. Die Autoren stellten ebenfalls fest, dass Räuber, wie *Ophiura texturata*, *Pomatoschistus* spp., *Diogenes pugilator* und *Nassarius reticulatus* innerhalb von 3-9 Minuten nach dem Fischzug auf der beeinflussten Fläche zu finden waren, zu einem Zeitpunkt also, als die *Spisula solida* Individuen noch nicht alle wiedereingegraben waren. Aufgrund der Größe und dem Nahrungsspektrum dieser Räuber wurde allerdings vermutet, dass sie keine wesentliche Mortalität bei den Muscheln hervorriefen. Für kleinere und nicht durch harte Schalen geschützte, bzw. verletzte Individuen des Makrozoobenthos ist dagegen anzunehmen, dass sie nach dem Freispülen einer erhöhten Mortalität durch Prädation unterliegen.

Das durch die Baumaßnahmen resuspendierte Material wird aufgrund des hohen Sandanteils (s.o.) unmittelbar im Nahbereich der Einwirkungsorte (Fundamentstandorte, Kabelgräben) wieder sedimentieren. Bei den etablierten Bauverfahren zur Errichtung von Offshore-Windparks wird die Sedimentation gering sein, mit größeren Aufhöhungen ist weder im Umfeld der Fundamente noch im Umfeld der Kabelgräben zu rechnen.

In den Sedimentationsbereichen wird das Makrozoobenthos überdeckt. Besonders sessile Organismen, die in Fläche N-6.6 z.B. durch Hydrozoen, Bryozoen und Anthozoen vertreten sind, können wegen ihrer eingeschränkten Beweglichkeit bereits durch geringe Sedimentüberdeckungen

beeinträchtigt werden. Nahrungsaufnahme, Wachstum und Reproduktion können eingeschränkt bis unterbunden werden.

Während die aufrecht wachsende Bryozoe *Flustra foliacea* als vergleichsweise tolerant gegenüber Sedimentüberdeckung gilt (TILLIN & TYLER-WALTERS 2014), können inkrustierend wachsende Bryozoen wie *Electra pilosa* und *Membranipora membranacea* durch Übersandung stärker geschädigt werden. Als opportunistischen Arten sind diese Arten aber ausbreitungsstark und erholen sich innerhalb kurzer Zeit nach Beendigung der Störung (TYLER-WALTERS 2005). Verschiedene Anthozoenarten besitzen die Fähigkeit sich durch einige wenige Zentimeter Sediment zu graben (TILLIN & TYLER-WALTERS 2014) bzw. eine Überdeckung temporär zu tolerieren (LAST et al. 2011). Andere Arten, wie die Seenenke *Metridium dianthus*, werden als tolerant gegenüber Sedimentationsereignissen angesehen (HISCOCK & WILSON 2007). Große Kolonien der Toten Mannshand können bei Überdeckung anhaftendes Material mit Hilfe von Mucus von der Oberfläche entfernen, während kleinere zum größten Teil absterben (BUDD 2008). Bei den Hydrozoen können pelagischen Ausbreitungsstadien und Ruhestadien für eine schnelle Wiederbesiedlung gestörter Flächen sorgen (TYLER-WALTERS 2003). LAST et al. (2011) untersuchten die Toleranz der Ascidienart *Ciona intestinalis* hinsichtlich der Überdeckung durch Sediment. Nach zwei Tagen wurde dabei eine Mortalität von 100 % festgestellt. Grundsätzlich besitzen Seescheiden als opportunistische Arten ein hohes Regenerationspotenzial und somit erfolgt eine schnelle Wiederbesiedlung.

Die Mehrzahl der charakteristischen Arten der in der Fläche N-6.6 vorkommenden Gemeinschaft erweist sich als relativ tolerant gegenüber Überdeckung (z.B. *Amphiura filiformis*), bzw. besitzen ein hohes Regenerationspotenzial (*Pholoe baltica*) (BIOCONSULT 2019). Andere Spezies, wie z.B. die Muschel *Kurtiella bidentata* können sich bei geringer Überdeckung im Sediment repositionieren.

Wie oben bereits angeführt ist davon auszugehen, dass es insgesamt nur zu sehr geringen Auflagerungen im unmittelbaren Umfeld der Einwirkungsbereiche kommen wird. Der überwiegende Teil der betroffenen Makrozoobenthostaxa wird die Überdeckung durch vertikale Repositionierung im Sediment ausgleichen. Auch wenn lokal oder arttypisch stärkere Effekte möglich sind, ist eine vollständige Regeneration innerhalb eines Zeitraumes < 2 Jahre zu erwarten (BIOCONSULT 2019). Die Beeinträchtigung des Makrozoobenthos durch Sedimentation ist damit kleinräumig, kurzfristig und von geringer Intensität.

Durch die mit den Bautätigkeiten am Meeresgrund verbundene Sedimentumlagerung kann es zu einer Entmischung des Sedimentes und damit zu einer Veränderung der Sedimentstruktur kommen. Da es sich bei dem in der Fläche N-6.6 anstehenden Sediment zum überwiegenden Teil um Sande mit vergleichsweise geringem organischem Anteil handelt, sind insgesamt nur geringe Sedimentveränderungen zu erwarten. Somit ändert sich auch das Siedlungssubstrat für das Makrozoobenthos nicht grundlegend, verbleibende Mulden und Rinnen werden sich schnell wieder mit dem vor Ort anstehenden Sediment auffüllen. Die Intensität der Auswirkungen ist damit gering. Die geringen Beeinträchtigungen sind auf die unmittelbaren Einwirkungsbereiche begrenzt und damit kleinräumig. Der nur geringfügige Austrag von Ton und Schluff in den betroffenen Bereichen wird sich schnell wieder an die Umgebungssituation angleichen, so dass die Auswirkungen kurzfristig sind.

Das Ausmaß der Freisetzung von Nähr- und Schadstoffen hängt eng mit der örtlichen Sedimentzusammensetzung zusammen, da sich Schadstoffe im Wesentlichen in den Sedimenten mit höheren Anteilen organischer Substanz akkumulieren (ACKERMANN et al. 1982). Zudem ist das Ausmaß der Sedimentumlagerungen zu berücksichtigen. Durch die Dominanz von Sanden (insbesondere Feinsand) in der Fläche N-6.6 und der damit einhergehenden geringen Bedeutung der Ton-/Schlufffraktion dürfte die Nähr- und Schadstoffbelastung im Sediment gering sein. Standortbezogene Daten liegen hierzu allerdings nicht vor. Zudem wird, wie oben bereits beschrieben, der Umfang der Sedimentumlagerungen vergleichsweise gering sein. Aufgrund dieser Rahmenbedingungen sind die Auswirkungen auf das Makrozoobenthos durch eine potenziell mögliche Freisetzung von Nähr- und Schadstoffen zu vernachlässigen.

5.4.2 Anlagebedingte Auswirkungen

Einbringung von Hartsubstrat

Durch die Fundamente samt Kolkschutz kommt es zu einem Verlust weichbodengeprägter Lebensräume. Der langfristige Verlust beziffert sich im Szenario 1 mit 1.420 m² je Anlage und im Szenario 2 mit 2.830 m² je Anlage. Wie groß die dauerhafte Flächeninanspruchnahme in der Fläche N-6.6 insgesamt ist, hängt von der Anlagenanzahl ab, die derzeit noch nicht feststeht. Erfahrungen aus anderen Offshore-Windpark-Vorhaben zeigen jedoch, dass die dauerhafte Flächeninanspruchnahme durch Fundamente und Kolkschutz im Verhältnis zur Gesamtgröße der Fläche gering ist (zumeist < 1 %). Diese Einschätzung gilt für beide Szenarien gleichermaßen. Für die benthische wirbellose Weichbodenfauna gehen die durch Bauwerke in Anspruch genommenen Flächen dauerhaft als Lebensraum verloren.

Durch die Fundamente samt Kolkschutz entstehen auf der anderen Seite neue Habitatstrukturen aus Hartsubstrat, die in diesem Ausmaß in dem betroffenen Seegebiet nicht vorkommen. Je Fundament wird eine besiedelbare Mantelfläche unter Wasser und Kolkschutz eingebracht. Damit steht umfangreich besiedelbares Hartsubstrat zur Verfügung.

Die Besiedlung von Hartsubstratflächen im Meer geschieht in der Regel schnell. Die Geschwindigkeit ist abhängig von der Jahreszeit, da die Besiedlung ganz wesentlich aus Larven, die in der Wassersäule transportiert werden, resultiert. Die Besiedlung ist ein sukzessiver Prozess. Nach Untersuchungen von DE MESEL et al. (2015) war dieser Prozess bereits nach 1 ½ Jahren weitestgehend abgeschlossen, d.h. es konnten sich keine neuen Arten mehr etablieren. Andere Untersuchungen gehen hingegen von einer Sukzessionsdauer von mehr als 5 und maximal 11 Jahren aus (LEEWIS & HALLIE 2000, WHOMERSLEY & PICKEN 2003 in JOSCHKO 2007, BIO/CONSULT AS 2004). Das Artenspektrum in der Fläche N-6.6 wird sich durch das Einbringen und die Besiedlung von Hartsubstrat deutlich erhöhen.

Hartsubstrate weisen in ihrer Besiedlung eine vertikale Zonierung auf. Bei Untersuchungen in niederländischen Offshore Windparks (LINDEBOOM et al. 2011) fanden sich zwei deutlich unterscheidbare Zonen, eine obere (7–10 m Wassertiefe) dominiert von der Miesmuschel *Mytilus edulis* (80–100 % Bedeckungsgrad), die gemeinsam mit Seepocken (*Balanus crenatus*, *Balanus balanoides*), Seesternen (*Asterias rubens*), Bryozoen (*Conopeum reticulum*) und verschiedensten Polychaeten vorkam. Es gab wenige fleckhaft verteilte Flächen, die von Anthozoen (*Metridium*

senile, *Sagartia* spp.) und Röhren von *Jassa* spp. besiedelt waren. Eine zweite tiefere Zone (10 m bis zum Boden) wurde von *Jassa* spp. dominiert, die gemeinsam mit Anthozoa (*Metridium senile*, *Sagartia* spp. und *Diadumene cincta*) und dichten Flecken besiedelt mit *Tubularia larynx* 100 % Bedeckungsgrad erreichten.

Nach COOLEN et al. (2018) fördern die Miesmuschel *Mytilus edulis* und der Seeigel *Psammechinus miliaris* die Artenvielfalt auf Hartsubstrat. Das geschieht bei *M. edulis* durch das Herstellen eines dreidimensionalen Lebensraums mit Hartsubstrat (Schalenoberfläche) und Lücken zwischen den einzelnen Muscheln. Der räuberisch lebende Seeigel fördert die Artenvielfalt vermutlich durch seine Fressaktivität. Es entstehen dabei permanent kleine freie Flächen auf dem Hartsusbrat, die durch neue Arten besiedelt werden können. Diversitätsmindernd wirken sich den Autoren zufolge hohe Dichten von Anthozoen, wie *Metridium senile*, aus. Hier dürfte die flächendeckende Besiedlung durch die Anthozoe die Anzahl anderer siedelnder Arten limitieren.

Die Hartsubstratflächen der Steinschüttungen des Kolkschutzes weisen nach COOLEN et al. (2018) eine hohe Ähnlichkeit im Artenspektrum mit der tieferen Zone der Piles auf. Zusätzlich findet man in den Steinschüttungen noch Lückensysteme, die für mobile dekapode Krebse wie *Cancer pagurus* und *Homarus gammarus* attraktiv sind (KRONE et al. 2013). Die Besiedlung durch den Taschenkrebs kann nach KRONE et al. (2017) bis zu 5.000 Individuen pro Pile betragen. Diese hohe Dichte dürfte einen hohen Feinddruck auf die Beutetiere des Taschenkrebses in der Umgebung erzeugen.

Potenziell treten die Hartsubstratgemeinschaften auf den Piles und den Steinschüttungen mit der Weichbodenfauna bezüglich ihrer Nahrung in Konkurrenz. Der überwiegende Teil der Epifauna des Hartsubstrates wird durch Suspensionsfresser gebildet, darunter die Miesmuschel *Mytilus edulis*, eine Art die u.a. durch ihre Eigenschaft als effektiver Suspensionsfresser einen weiträumigen Effekt auf marine Ökosysteme haben kann (SLAVIK et al. 2019). Durch die Art der Nahrungsaufnahme werden Nahrungspartikel effektiv aus der Wassersäule herausgefiltert, bevor sie der Fauna am Boden zur Verfügung stehen.

Die nicht verdauten Partikel werden in Form von Faeces abgegeben. SCHRÖDER et al. (2006) argumentierten, dass von der Hartsubstratfauna an den Piles durch Faeces-Bildung ein kontinuierlicher Export von organischem Material stattfindet, das in der Nähe der Piles zur Ablagerung kommt. Dieses Material ist von der Größe und der Qualität als Nahrung anders beschaffen, so dass es möglicherweise nicht von den lokalen filtrierenden Organismen aufgenommen werden kann, sondern Detritusfressern zur Verfügung steht. Damit könnte die Nahrungskette in der Nähe der Piles verändert werden.

Bei der Filtration von Partikeln aus der Wassersäule nehmen die meisten Suspensionsfresser, darunter vor allem die Miesmuschel *Mytilus edulis*, auch die planktischen Larven der bodenlebenden Makrofauna auf (TROOST et al. 2008). Auf diese Weise können hohe Abundanzen von Suspensionsfressern einen zumindest regionalen Einfluss auf die benthische Besiedlung haben. Ob hierdurch deutliche Effekte hervorgerufen werden können, ist allerdings bislang nicht bekannt.

Die hohe Abundanz und Biomasse der Epifauna an den Piles und auf den Steinschüttungen macht diese attraktiv für Fressfeinde, wie beispielsweise Seesterne (*Asterias rubens*) aber auch Fische. Untersuchungen in Offshore Windparks zeigen, dass diese Habitate von Fischen aber auch

Säugetieren für die Nahrungssuche genutzt werden (REUBENS et al. 2013b, REUBENS et al. 2010). Insbesondere das hohe Nahrungsangebot im Bereich der Hartsubstrate kann höheren trophischen Ebenen als Nahrungsquelle dienen (SCHÜCKEL et al. 2011).

Für die in der Fläche N-6.6 einzubringenden Hartsubstrate ist davon auszugehen, dass diese schnell durch Larven von Hartsubstratarten besiedelt werden und sich über die Jahre eine stabile, tiefenzonierte Gemeinschaft etabliert. Die übrigen skizzierten Effekte, wie z.B. Veränderungen des Nahrungsangebots und veränderter Feinddruck dürften aufgrund der Verhältnismäßigkeit von Hartsubstratstrukturen zu unverbauter Wassersäule bzw. unverbautem Meeresboden von untergeordneter Bedeutung sein. Die Auswirkungen bleiben auf die jeweilige Bauwerksstruktur und das unmittelbare Umfeld begrenzt und sind damit kleinräumig. Die Auswirkungen sind langfristig und von mittlerer Intensität, da die Zusammensetzung der Fauna über das gesamte Gebiet punktuell verändert wird. Die Veränderung resultiert hier vornehmlich aus der Zunahme von Hartsubstratarten und nicht aus der Verdrängung von Weichbodenarten.

5.4.3 Betriebsbedingte Auswirkungen

Die für das Schutzgut wesentlichen Wirkfaktoren und deren potenzielle Auswirkungen eines Modellwindparks (Szenarien 1 und 2) leiten sich aus dem Umweltbericht zum FEP (BSH 2019b) ab. Betriebsbedingte Wirkfaktoren, die einen wesentlichen Einfluss auf das Schutzgut Benthos haben ergeben sich damit nicht.

5.4.4 Zusammenfassung der vorhabenbedingten Auswirkungen

Das Schutzgut Benthos unterliegt bau- und anlagebedingten Beeinträchtigungen. Baubedingt kommt es v.a. durch die Resuspension von Sediment zu Beeinträchtigungen. Die Resuspension führt zur Bildung von Trübungsfahnen, zu Sedimentation und kann zu einer Veränderung der Sedimentstruktur und zu einer Freisetzung von Nähr- und Schadstoffen führen. Sämtliche Faktoren können Einfluss auf das Makrozoobenthos haben, sind aber auf die Bauzeit beschränkt. Aufgrund der anstehenden sanddominierten Sedimente sind die Auswirkungen auf den unmittelbaren Einwirkungsbereich und das nähere Umfeld beschränkt. Insgesamt sind die baubedingten Beeinträchtigungen auf das Makrozoobenthos gering.

Anlagebedingt führt v.a. das Einbringen von Hartsubstraten durch Fundamente und Kolkschutz sowie die Flächeninanspruchnahme am Meeresboden zu Auswirkungen auf das Makrozoobenthos. Dabei kommt es sowohl zu Habitatverlusten wie auch zur Entstehung neuer Habitats. Auf der einen Seite verlieren die an Weichböden adaptierten Benthosarten durch die Überbauung mit Fundamenten und Kolkschutz ihren Lebensraum. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass die Verluste nur sehr kleinräumig erfolgen und in weiten Teilen der Fläche N-6.6 die charakteristischen Weichbodenlebensräume erhalten bleiben. Erfahrungen aus anderen Windparkvorhaben zeigen, dass der Anteil beeinträchtigter Flächen im Verhältnis zur Gesamtfläche zumeist bei < 1 % liegt. Auf der anderen Seite entsteht Siedlungssubstrat für eine an Hartsubstrat gebundene Fauna. Das Artenspektrum wird sich auf der Fläche ebenso erhöhen, wie Abundanz und Biomasse.

Sowohl für den Verlust von Weichbodenhabitaten als auch für die Entstehung von Hartsubstrathabitaten ist festzustellen, dass diese kleinräumig erfolgen und auf die unmittelbaren Anlagenstandorte beschränkt sind. Für den größten Teil der Fläche N-6.6 bleiben die ursprünglichen Habitatbedingungen mit einer charakteristischen Weichbodenzönose erhalten.

5.5 Fische

5.5.1 Bau-/Rückbaubedingte Auswirkungen

Sedimentaufwirbelung und Trübungsfahnen

Während der Errichtungsarbeiten (Fundamente, Kolkschutz) und der Kabelverlegearbeiten (parkinterne Verkabelung) wird Sediment aufgewirbelt und gerät in Suspension und sedimentiert anschließend an anderer Stelle wieder. Einen Überblick über das Suspensions- und Sedimentationsverhalten von Sediment geben z.B. VAN RIJN (1985), DANKERS (2002), MEISSNER & SORDYL (2006), O`NEILL & SUMMERBELL (2011) und NIRAS (2015). Die Resuspension führt zur Bildung von Trübungsfahnen, zu Sedimentation und kann zu einer Veränderung der Sedimentstruktur und zu einer Freisetzung von Nähr- und Schadstoffen führen. Sämtliche Faktoren können Einfluss auf die (bodenlebende) Fischfauna haben.

Das Ausmaß der Resuspension und damit der daraus resultierenden Folgewirkungen (s.u.) hängt im Wesentlichen von der Sedimentzusammensetzung am Standort, den eingesetzten Bauverfahren und der Anzahl der Anlagen bzw. der Kabellängen ab (NIRAS 2015). Die Sandfraktion des aufgewirbelten Materials sinkt i.d.R. im unmittelbaren Nahbereich des Einwirkungsortes wieder ab. Tone und Schluffe verbleiben hingegen einige Zeit in Suspension, werden durch die Strömung mitgeführt und in Abhängigkeit von Wind, Wassertiefe, Strömung etc. an anderer Stelle sedimentiert.

Das Sediment in der Fläche N-6.6 setzt sich im Wesentlichen aus ungeschichteten Sanden zusammen. Die Feinsandfraktion (63–250 µm) ist mit durchschnittlich rd. 81 % an den untersuchten Stationen die vorherrschende Kornfraktion, zudem kommt die Mittelsandfraktion (250–500 µm) mit durchschnittlich rd. 7 % vor. Die feine und im Zusammenhang mit der Ausbildung von Trübungsfahnen besonders bedeutsame Ton-Schluff-Fraktion (< 63 µm) ist über die Fläche mit einem Anteil von ca. 10 % vertreten (Herbst 2020 = durchschnittl. 11,3 %, Frühjahr 2021 = durchschnittl. 9,4 %, Herbst 2021 = durchschnittl. 9,7 %; s.a. Kap. 3.3.1).

Ein großer Teil des während der Arbeiten resuspendierten Materials (die Sandfraktionen) wird somit unmittelbar nach der Resuspension im Nahbereich der jeweiligen Baumaßnahme wieder absinken und nur sehr kleinräumige Trübungsfahnen ausbilden. Der im Sediment enthaltene Anteil der Ton- und Schlufffraktion verbleibt länger in der Wassersäule und wird mit der Strömung transportiert. Ausgeprägte Trübungsfahnen sind allerdings aufgrund der vergleichsweise geringen Anteile auch hier nicht zu erwarten.

Fische können durch sedimentaufwirbelnde Ereignisse durch Schädigungen des Kiemenapparates in ihrer Atmung beeinträchtigt werden (EHRICH & STRANSKY 1999). Zudem wird die visuelle

Wahrnehmung der Beutetiere gestört. Aufgrund der nur sehr kleinräumig auftretenden Sedimentereignisse ist eine Schädigung von Fischen jedoch unwahrscheinlich, vielmehr ist hier von einer Meidung der gestörten Bereiche auszugehen. Des Weiteren ist anzumerken, dass sich die demersalen Arten der Fischfauna (z.B. Plattfische) auch natürlicherweise auf bzw. in den oberen Sedimentschichten aufhalten und somit an Sedimentbewegungen adaptiert sind (EHRICH & STRANSKY 1999).

Neben den Fischen selbst können Trübungsfahnen auch zu Schädigungen von Fischlaich führen (MARX 2005, ORBICON 2014). Betroffen können einerseits Arten mit benthischen Eiern (z.B. Hering, Grundeln und Seeskorpion) sein, die den Sedimentationsvorgängen am Grund direkt ausgesetzt sind. Andererseits können auch Arten mit pelagischen Eiern (z.B. Scholle, Steinbutt und Kabeljau) betroffen sein, die bei höheren Schwebstoffdichten zu stärkeren Verpilzungen oder Beschädigungen neigen. Aufgrund der hohen Sandanteile in der Fläche N-6.6 und der insgesamt nur geringen Ausbildung von Trübungsfahnen ist eine Beeinträchtigung von pelagischen Eiern hier allerdings unwahrscheinlich.

Mit z.B. Grundeln kommen Fische in der Fläche N-6.6 vor, deren Reproduktion durch benthische Eier erfolgt und für die ein Abbläuen im Gebiet möglich ist. Untersuchungen hierzu liegen nicht vor. Der Laich der genannten Arten kann folglich im Nahbereich der Errichtungsarbeiten sowie der Verlegearbeiten von parkinterner Verkabelung betroffen sein. Für Fischlarven gelten die Aussagen gleichermaßen (KELLER et al. 2006).

Für die Eier von Hai- und Rochenarten, die potenziell auch in der Fläche N-6.6 vorkommen können, sind keine Beeinträchtigungen zu erwarten. Zwar erfolgt die Eiablage bei diesen Arten über ca. 5–8 cm großen Eikapseln, z.T. mit spitzen, hornähnlichen Fortsätzen auf sandigen Untergrund ebenfalls benthisch, ihre Laich- und Aufwuchsgebiete umfassen aber ausschließlich die küstennahen Gebiete (z.B. Bristolkanal, Themse) (HEESSEN et al. 2015).

Im Bereich der Fläche N-6.6 werden die Trübungsfahnen aufgrund der Sedimentzusammensetzung in ihrer Ausprägung nur gering ausfallen und zeitlich auf die Fundamentarbeiten (einschl. Kolk-schutz) und das Einbringen der Kabel (parkinterne Verkabelung) beschränkt sein. Wenn in einem Windpark an maximal zwei Anlagen gleichzeitig gearbeitet wird bzw. nur ein Kabelverlegegerät im Einsatz ist, sind die Auswirkungen kleinräumig. Fischarten, die auf Trübungsfahnen empfindlich reagieren, können den kleinräumig auftretenden Trübungsfahnen gut ausweichen. Eine Schädigung von benthischem Fischlaich/Fischlarven ist zwar in den unmittelbaren Einwirkungsbereichen nicht auszuschließen, durch die nur schwache Ausprägung der Trübungsfahnen in ihrer Intensität jedoch gering.

Das durch die Baumaßnahmen resuspendierte Material wird aufgrund des hohen Sandanteils (s.o.) unmittelbar im Nahbereich der Einwirkungsorte (Fundamentstandorte, Kabelgräben) wieder sedimentieren. Bei den für die Errichtung von Windparks angewendeten Bauverfahren ist die Sedimentation in der Regel gering, mit größeren Aufhöhungen ist weder im Umfeld der Fundamente noch im Umfeld der Kabelgräben zu rechnen. Eine Beeinträchtigung von Fischen durch Überdeckung ist damit, auch aufgrund der hohen Mobilität der Fische, unwahrscheinlich. In Bezug auf Fischlaich und Fischlarven wird auf obige Ausführungen verwiesen. Allerdings kann eine Überdeckung des weniger mobilen Benthos zu einer Reduzierung der Nahrungsgrundlage führen. Da auch die Beeinträchtigung des Makrozoobenthos durch Überdeckung gering ausfallen wird (s.

hierzu Kap. 5.4.1) sind die Auswirkungen auf die Fischfauna insgesamt nur sehr kleinräumig, kurzfristig und von geringer Intensität.

Wie bereits oben eingehend beschrieben, führen die Errichtungsarbeiten und die Kabelverlegearbeiten zu einer Resuspension von Sediment. In Abhängigkeit von der Sedimentzusammensetzung am jeweiligen Standort kann dies zu einer Veränderung der Sedimentstruktur führen, da der Ton- bzw. Schluffanteil verstärkt resuspendiert und verdriftet und der Sandanteil am Standort verbleibt. Bei den in der Fläche N-6.6 vorgefundenen Sedimenten dürfte dieser Aspekt von nur untergeordneter Bedeutung sein, da der Ton-/Schluffanteil insgesamt vergleichsweise gering ist (rd. 10 %). Die Fischfauna in Fläche N-6.6 zeichnet sich durch eine hohe Artenvielfalt aus und wird vor allem von bodennah lebenden Fischarten mit einer gering ausgeprägten Substratpräferenz dominiert. Auch für Fischarten die sensibel auf Sedimentveränderungen reagieren werden sich die Substratbedingungen nicht wesentlich ändern.

Die Intensität der Auswirkungen ist insgesamt gering, da sich die Sedimentstrukturen nicht wesentlich ändern werden. Die geringen Beeinträchtigungen sind auf die unmittelbaren Einwirkungsbereiche begrenzt und damit kleinräumig. Der nur geringfügige Austrag von Ton und Schluff in den betroffenen Bereichen wird sich schnell wieder an die Umgebungssituation angleichen, so dass die Auswirkungen kurzfristig sind.

Das Ausmaß der Freisetzung von Nähr- und Schadstoffen hängt eng mit der örtlichen Sedimentzusammensetzung zusammen, da sich Schadstoffe im Wesentlichen in den Sedimenten mit höheren Anteilen organischer Substanz akkumulieren (ACKERMANN et al. 1982). Zudem ist das Ausmaß der Sedimentumlagerungen zu berücksichtigen. Durch die Dominanz von Sanden (insbesondere Feinsand) in der Fläche N-6.6 und der damit einhergehenden geringeren Bedeutung der Ton-/Schlufffraktion dürfte die Nähr- und Schadstoffbelastung im Sediment gering sein. Standortbezogene Daten liegen hierzu allerdings nicht vor. Zudem wird, wie oben bereits beschrieben, der Umfang der Sedimentumlagerungen vergleichsweise gering sein. Aufgrund dieser Rahmenbedingungen sind die Auswirkungen auf Fische durch eine potenziell mögliche Freisetzung von Nähr- und Schadstoffen zu vernachlässigen.

Schallemissionen während der Rammung

Wesentlicher Wirkpfad für Schallemissionen sind die Rammungen der Fundamente. Jedoch wird auch durch den allgemeinen Baubetrieb und den vorhabenbezogenen Schiffsverkehr Lärm in die Wassersäule emittiert.

Die hier zu betrachtenden Modellwindparks der Szenarien 1 und 2 werden auf Monopiles mit einem Pfahldurchmesser von ca. 8,5 m (Szenario 1) bzw. ca. 12 m (Szenario 2) am Grund gegründet. Die Monopiles werden mittels Rammung in den Meeresboden eingebracht.

Die Auswirkungen auf die Fischfauna lassen sich in drei verschiedene Kategorien unterteilen (NEDWELL in OSPAR 2006), wobei die ersten beiden Punkte ausschließlich für die Rammungen relevant sind und letzter Punkt auch für den allgemeinen Baubetrieb und den Schiffsverkehr, wengleich auch in abgeschwächter Form:

- Primäre Auswirkungen: unmittelbare oder verzögert auftretende schwerwiegende Verletzungen, bis hin zum Tod,

- Sekundäre Auswirkungen: Verletzungen, die die Überlebensfähigkeit beeinträchtigen (z.B. Gehörbeeinträchtigungen),
- Tertiäre Auswirkungen: Verhaltensänderungen wie z.B. Flucht, die auch großflächiger auftreten kann.

Einen Überblick über die durch Lärmemissionen verursachten Effekte auf die Fischfauna geben u.a. KNUST et al. (2003), GILL et al. (2012), HAWKINS & POPPER (2014), ROBERTS (2015) und DE BACKER A. & HOSTENS K. (2017). Grundsätzlich sind die Lärmemissionen im unmittelbaren Umfeld der Rammarbeiten aufgrund ihrer hohen Intensität getrennt von denen zu betrachten, die noch in größerer Entfernung zum Rammort auftreten bzw. aus dem allgemeinen Baubetrieb und dem Schiffsverkehr resultieren (primäre und sekundäre Auswirkungen auf der einen Seite, tertiäre Auswirkungen auf der anderen Seite).

Die Verhaltensreaktionen hängen von der Hörempfindlichkeit der einzelnen Fischarten ab, die artspezifisch unterschiedlich ausgeprägt sind (GILL 2005, HAWKINS & POPPER 2014, ROBERTS 2015, DE BACKER A. & HOSTENS K. 2017). Grundsätzlich nehmen Fische Geräusche und Druckwellen durch das Gehörssystem und das Seitenlinienorgan auf. Fischarten die eine Schwimmblase aufweisen, besitzen i.d.R. ein besseres Hörvermögen als Arten ohne Schwimmblase (BLAXTER 1981, POPPER A.N. & FAY R.R. 2011, HAWKINS & POPPER 2014). Es wird angenommen, dass das Hörvermögen mit zunehmender Größe der Fische und der damit einhergehenden Größenzunahme der Schwimmblase ansteigt (HAWKINS & POPPER 2014). Dies kann zu einer längenabhängigen Reaktion der Fische auf Schall führen. Weiterhin ist festzustellen, dass Fische in der Regel nur auf einen beschränkten Frequenzbereich zwischen 30 Hz und 3 kHz sensibel reagieren (EHRICH 2000). Einige Arten sind jedoch auch in der Lage Infraschall (< 20 Hz) und Ultraschall (> 20 kHz) wahrzunehmen. Daher kann grundsätzlich zwischen Hörgeneralisten und Hörspezialisten unterschieden werden. Generalisten reagieren in einem Frequenzbereich zwischen 300-500 Hz, Spezialisten im Bereich von 200–2.000 Hz und höher (FAY & POPPER 1998, POPPER A.N. & FAY R.R. 2011). Zu den Hörgeneralisten zählen z.B. Scholle, Kliesche, Flunder, Steinbutt und einige weitere Plattfischarten, die alle eine Degeneration der Schwimmblase nach der Larvalphase erfahren haben. Auch Grundeln und Sandaale haben ihre Schwimmblase verloren und gehören zu den Hörgeneralisten, ebenso wie der Aal, Kabeljau, Haie und Rochen. Als Hörspezialist werden z.B. der Hering und die Finte eingestuft (KNUST et al. 2003). Die Auswirkungen durch Lärm und Vibrationen sind damit artspezifisch unterschiedlich.

Primäre und sekundäre Auswirkungen: Die im unmittelbaren Umfeld von Rammarbeiten entstehenden Druckwellen können starke Gewebeschädigungen bei Fischen und Fischlarven verursachen (u.a. KNUST et al. 2003, MARX 2005, BOLLE et al. 2014, CASPER et al. 2016). In von KNUST et al. (2003) beschriebenen Untersuchungen wurden im unmittelbaren Umfeld und kurz nach Beginn von Rammarbeiten tote Fische gefunden, die innere Blutungen, offenen Wunden, geplatzte Schwimmblasen und stark geschädigte innere Organe aufwiesen. Auch in MARX (2005) werden ähnliche Auswirkungen beschrieben. Im Verlauf der Rammarbeiten von Horns Rev wurden zwar vereinzelt tote Fische gesichtet, insgesamt gab es aber keine Hinweise auf eine wesentliche Erhöhung der Mortalitäten (NPOWER RENEWEABLES 2005). Im Rahmen des baubegleitenden Monitorings beim Offshore-Windpark Bard Offshore 1 wurden keine toten Fische im Umfeld der Rammtätigkeiten gesichtet (eigene Beobachtungen). Gleiches gilt für die Bauphase von alpha ventus (IFAF 2011).

Nach den in HASTINGS & POPPER (2005) zitierten Untersuchungen besteht zwischen Sterblichkeit und Körpermasse ein linearer Zusammenhang; mit steigendem Gewicht sinkt die Sterblichkeit. Bezüglich langfristiger Auswirkungen von nicht unmittelbar tödlichen Verletzungen auf eine Population bestehen noch Wissenslücken. Nach den Literaturstudien von u.a. THOMSEN et al. (2006) und HASTINGS & POPPER (2005) bestehen noch große Unsicherheiten bei der Bestimmung von Grenzen, ab denen eine Hörschädigung bei Fischen eintritt. Je nach Fischart, Frequenz und Dauer des Lärms werden 153 bis über 180 dB als Grenze (Permanent Threshold Shift, PTS) angegeben.

Nach GILL (2005) können deutliche Hörschäden in einem Umkreis der Rammtätigkeit von bis zu 100 m entstehen. In Bezug auf geringe Hörschäden durch Druckwellen besteht die Vermutung, dass diese regenerierbar sind (KNUST et al. 2003). DE BACKER A. et al. (2017) haben festgestellt, dass der bei Rammarbeiten entstehende Schalldruck ausreichte, um beim Kabeljau (*Gadus morhua*) innere Blutungen und Barotraumen der Schwimmblase zu verursachen. Entsprechende Wirkungen wurden bis zu einer Entfernung von 1.400 m zur Rammschallquelle festgestellt. Für Haie und Rochen vermuten CASPER et al. (2012), dass die bei Rammungen entstehenden Schalldrücke zu Barotraumen der Niere, der Leber und des Darms führen können, da diese bei Elasmobranchiern besonders ausgeprägt sind. Darüber hinaus vermuten die Autoren, dass die im ständigen Kontakt mit dem Untergrund lebenden Rochenarten durch die mit den Rammungen verbundenen Vibrationen am Grund beeinträchtigt werden können. Viele Organe der dorsoventral abgeflachten Rochenarten befinden sich in unmittelbarer Nähe zum Meeresgrund.

BANNER & HYATT (1973) haben in Laborexperimenten nachgewiesen, dass bei einem Schalldruckpegel von 20 dB über dem Hintergrundschallpegel die Sterblichkeitsrate von Fischeiern (signifikant) steigt, ebenso wie die Anzahl der geschlüpften Larven geringer wird. Des Weiteren waren sowohl die Längen- als auch die Biomassezunahme bei Fischlarven in beschallten Becken erheblich niedriger als bei Fischlarven, die unter ruhigeren Bedingungen aufwuchsen. Verringertes Wachstum wirkt sich bei Fischen auf die durch Prädatoren verursachte Mortalität aus; je schneller ein Fisch größer wird desto geringer wird die Anzahl der Fische die ihn fressen können (MILLER et al. 1998). Die Übertragbarkeit der Experimente auf die Situation im Freiwasser ist jedoch unsicher.

Auch BOS et al. (2009) haben in einem Modell die Auswirkungen von Schalldruck durch Rammtätigkeiten auf Fischlarven untersucht. Demnach ist von einer artspezifischen Reduktion der Larvenabundanzen zwischen 0–17 % auszugehen. Sprotte, Hering, Kabeljau und Wittling rangieren dabei am oberen Ende der Skala. Somit sind zwar bauzeitliche Effekte auf Fischlarven anzunehmen, diese haben aber aufgrund der räumlichen und zeitlichen Begrenzung der Einwirkungen insgesamt keinen Einfluss auf die artspezifischen Populationen. BOS et al. (2009) weisen zudem darauf hin, dass das Modell für die niederländische Küste im Übergang zum Englischen Kanal erstellt wurde und die Effekte zwischen einzelnen OWPs sehr unterschiedlich sein können.

Die beschriebenen Auswirkungen von Lärmemission auf Fische und Fischlaich decken sich mit denen in OSPAR (2006), KELLER et al. (2006) sowie STEIN (2013) zitierten Untersuchungen. Allerdings wird in diesen Veröffentlichungen ebenso wie in THOMSEN et al. (2006) auf die Unsicherheiten bei der Auswirkungsprognose und die z.T. auch uneinheitlichen Ergebnisse der Felduntersuchungen eingegangen. Bei der Auswirkungsprognose wird daher immer von „worst-case“-Szenarien ausgegangen.

Tertiäre Auswirkungen: Während der Bauphase des OWP auf der „Blighbank“ (Belgien) wurden maximale Schalldruckpegel von 196 dB re 1µPa in 520 m Entfernung vom Rammort gemessen,

direkt an der Schallquelle wurde ein Schallpegel von 270 dB re 1 μ Pa erfasst (DEGRAER et al. 2010). MUELLER-BLENKLE et al. (2010) wiesen für den Kabeljau und die Seeszunge nach, dass deren Verhalten durch die Rammaktivität beeinflusst wurde. Eine Reaktion der Fischarten erfolgte in einem Bereich von 140–161 dB re 1 μ Pa für den Kabeljau bzw. 144–156 dB re 1 μ Pa bei der Seeszunge. Beide Fischarten zeigten die Tendenz schneller zu schwimmen und die Schallquelle anfänglich zu meiden. Beim Kabeljau wurde zusätzlich ein Erstarren durch den Schalldruck induziert. Bei beiden Arten wurde insofern ein Gewöhnungseffekt festgestellt, als dass die Reaktion auf den Schall abnahm (MUELLER-BLENKLE et al. 2010). Neben der Übertragung der Schallwellen über die Wassersäule können insbesondere Plattfische von Schallwellen betroffen sein, die über das Sediment übertragen werden (MUELLER-BLENKLE et al. 2010).

Lärm und die damit verbundenen Vibrationen können zu artspezifisch unterschiedlich ausgeprägten Scheuchwirkungen führen. Damit einhergehend kommt es zu einer erhöhten Ausschüttung von Stresshormonen, die in der Folge zu einer Verringerung von Wachstum, Reifung oder Reproduktionserfolg (SMALL 2004, HAWKINS & POPPER 2014, SIERRA-FLORES 2014) sowie auf kurzfristiger Ebene zu unterdrückter Atmung führen können (DEBUSSCHERE et al. 2015). Eine reduzierte Wachstumsrate aufgrund von Lärmeinwirkungen konnte zum Beispiel für die zu den Lachsartigen zählende Regenbogenforelle (DAVIDSON et al. 2009) nachgewiesen werden. Ein eingeschränktes Wachstum und daraus resultierend eine geringere Größe über längere Zeit erhöht das Risiko von Fressfeinden erfasst zu werden und stellt somit einen sekundären Effekt der Schallbelastung dar (ANDERSSON 2011).

Im weiteren Umfeld der Rammarbeiten sowie bei durch Schiffsverkehr und Bautätigkeiten bedingten Lärmemissionen ist mit einer geringeren Intensität der Schalleistungspegel zu rechnen als für das unmittelbare Umfeld der Rammarbeiten angeführt (s.o.). Als Reaktion auf diese Lärmquellen ist von einem Fluchtverhalten der Fische auszugehen (GILL 2005, POPPER & HASTINGS 2009, ROBERTS 2015). Die Ausprägung des Fluchtverhaltens ist von der Fischart, ihrer physischen Konstitution, den vorherrschenden Umgebungsbedingungen, der Frequenz und der Amplitude des Schalls abhängig. Nach den von OSPAR (2006) zusammengestellten Daten ist für Lachs und Kliesche eine Grenze von 1.400 bzw. 1.600 m für das Einsetzen von Fluchtreaktionen beim Rammen von Pfählen errechnet worden, für den Kabeljau sogar 5.500 m. Pelagische Arten tauchen bei auftretendem Lärm in größere Wassertiefen ab und entfernen sich von der Quelle des Schalls. Demersale Arten, wie z.B. der Kabeljau, die sich beim Einsetzen des Lärms in der Wassersäule befinden, reagieren ebenfalls mit einem Abtauchen an den Grund (SHEVLEV et al. 1989, ROBERTS 2015). Bei geringen Wassertiefen treten eher horizontal ausgerichtete Fluchtreaktionen auf (ICES 1995, KNUDSEN et al. 1992). Auf Schiffslärm reagieren Kabeljau, Hering, Sprotte und Makrele mit einer erhöhten Schwimmaktivität in horizontaler Richtung (DINER & MASSE 1987, MISUND & AGLÉN 1992, OLSEN et al. 1983). Die Reaktionsdistanz liegt bei 100–200 m, bei besonders lauten Schiffen bei einer Entfernung von maximal 400 m. Es ist daher zu erwarten, dass die durch Schiffslärm und Bautätigkeiten beeinträchtigten Bereiche sowie das weitere Umfeld der Anlagen während der Rammarbeiten von der Fischfauna gemieden werden. Es ist aber ebenfalls davon auszugehen, dass nach Beendigung der Arbeiten die jeweiligen Bereiche schnell wieder durch die Fischfauna genutzt werden. Untersuchungen am dänischen Offshore-Windpark Horns-Rev bestätigen diese Einschätzung (BIO/CONSULT AS & CARL BRO (SIMRAD) 2005).

Hydroakustische Messungen im Windpark alpha ventus zeigten eine verringerte Fischdichte während der Bauphase, vermutlich infolge von Rammarbeiten und anderen Bauaktivitäten.

Während des anschließenden Betriebes konnten weder Scheuchung noch Attraktion belegt werden (KRÄGEWSKY 2014). Dieser Befund wurde für die Windparks BARD Offshore 1 und Global Tech 1 für Heringe (*Clupea harengus*) und Sprotten (*Sprattus sprattus*) bestätigt (FLOETER et al. 2017).

Weiterhin können die Lärmemissionen die Ortung anderer Objekte in der Wassersäule beeinträchtigen. Diese Ortung ist von besonderer Bedeutung, da es sich hier um Feinde aber auch um Nahrungsorganismen handeln kann (KNUST et al. 2003, GILL 2005). Die Frequenz von normal schwimmenden Tieren liegt bei unter 40–50 Hz, bei abrupten Reaktionen werden Werte von maximal 200–300 Hz erreicht. Die Beeinträchtigung der Ortungsfunktionen ist artspezifisch unterschiedlich sowie von Art und Intensität der Lärmemission abhängig.

Einige Fischarten, wie Knurrhahn, Kabeljau oder Seeskorpion, verwenden selbstproduzierte Geräusche für die Kommunikation, die z.B. für das Territorialverhalten von Bedeutung sind. Ein erhöhter Lärmpegel beeinträchtigt diese Kommunikation, da eigene von den Fischen erzeugte Laute überdeckt (maskiert) werden können (HASTINGS & POPPER 2005, WAHLBERG & WESTERBERG 2005, RADFORD et al. 2014).

Abschließend ist festzustellen, dass die Errichtung von Windenergieanlagen, und hier insbesondere die Rammung der Fundamente, zu intensiven Lärmemissionen führen, die die Fischfauna beeinträchtigen. Erfahrungen aus anderen Windparkvorhaben haben gezeigt, dass die Nettorammzeit für ein Monopile-Fundament ungefähr mit 3 Stunden anzusetzen ist. Die Auswirkungen sind damit, auch unter Einbezug sämtlicher Anlagen eines Windparks, als kurzfristig einzustufen, zumal zwischen den Einzelrammungen durch den Wechsel des Rammstandortes jeweils Rammphasen eintreten. Die Intensität der Auswirkungen würde sich ohne Schutzmaßnahmen in Abhängigkeit von der Entfernung zum Rammort differenziert darstellen. Mittelräumig (Fläche des Windparks) wäre mit einer hohen Intensität zu rechnen, da eine Tötung bzw. Verletzung von einer größeren Anzahl von Fischen ebenso nicht auszuschließen wäre, wie größere Stör- und Scheuchwirkungen. Großräumig schwächt sich das Schallereignis mit zunehmender Entfernung ab und die Intensität der Wirkungen würde sich auf mittel reduzieren. Die Genehmigungspraxis sieht allerdings vor, dass umfangreiche Schallschutzmaßnahmen bei den Rammungen zu ergreifen sind. Auch für das auf der Fläche N-6.6 zu realisierende Vorhaben ist davon auszugehen, dass im Planfeststellungsbeschluss die Nebenbestimmung 14 angeordnet wird. Diese sieht u.a. vor, dass bei der Gründung und Installation der Anlagen diejenige Arbeitsmethode nach dem Stand der Technik zu verwenden ist, die nach den vorgefundenen Umständen so geräuscharm wie möglich ist. Dabei ist durch ein geeignetes Schallschutzkonzept sicherzustellen, dass die Schallemission (Schalldruck SEL05) in einer Entfernung von 750 m den Wert von 160 Dezibel (dB re 1 $\mu\text{Pa}^2 \text{ s}$) und der Spitzenschalldruckpegel den Wert von 190 Dezibel (dB re 1 μPa) nicht überschreitet. Darüber hinaus sind Vergrämungssysteme sowie die Soft-Start Prozedur einzusetzen. Die Nebenbestimmung 14 wird zwar vornehmlich zum Schutz der Meeressäuger angeordnet, kommt aber dennoch auch dem Schutz der Fischfauna zugute. Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass auch bereits die vorbereitenden Arbeiten für die Rammungen zu einer Vergrämung der Fische führen werden. Unter Berücksichtigung der dargestellten Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen entsprechend dem Schallschutzkonzept, werden die Auswirkungen damit insgesamt abgeschwächt. Nach Abschluss der Rammarbeiten ist das Gebiet wieder vollumfänglich für die Fischfauna nutzbar und auch zwischen den Rammphasen ist eine Nutzung möglich. Über die Maßnahmen des Schallschutzkonzeptes kann eine Schädigung oder Tötung von einer größeren Anzahl von Fischen mit großer

Wahrscheinlichkeit vermieden werden. Untersuchungsergebnisse aus anderen Windparkvorhaben (s.o.) belegen diese Einschätzung.

5.5.2 Anlagebedingte Auswirkungen

Flächeninanspruchnahme

Durch die Fundamente samt Kolkenschutz kommt es zu einem Verlust weichbodengeprägter Lebensräume. Der langfristige Verlust beziffert sich im Szenario 1 mit 1.420 m² je Anlage und im Szenario 2 mit 2.830 m² je Anlage. Wie groß die dauerhafte Flächeninanspruchnahme in der Fläche N-6.6 insgesamt ist, hängt von der Anlagenanzahl ab, die derzeit noch nicht feststeht. Erfahrungen aus anderen Offshore-Windpark-Vorhaben zeigen jedoch, dass die dauerhafte Flächeninanspruchnahme durch Fundamente und Kolkenschutz im Verhältnis zur Gesamtgröße der Fläche gering ist (zumeist < 1 %). Diese Einschätzung gilt für beide Szenarien gleichermaßen. Für die benthische Fischfauna gehen die durch Bauwerke in Anspruch genommenen Flächen dauerhaft als Lebensraum verloren.

Der Verlust von Weichbodenhabitaten mit seinen spezifischen Lebensraumfunktionen ist damit kleinräumig, am jeweiligen Standort von hoher Intensität und für die gesamte Laufzeit der Anlagen wirksam.

Einbringung von Hartsubstrat

Durch die Fundamente samt Kolkenschutz entstehen Habitatstrukturen aus Hartsubstrat, die in diesem Ausmaß in dem betroffenen Seegebiet nicht vorkommen. Je Fundament wird eine besiedelbare Mantelfläche und Kolkenschutz unter Wasser eingebracht. Damit steht umfangreich besiedelbares Hartsubstrat zur Verfügung.

Die Auswirkungen der Einbringung von künstlichem Hartsubstrat in einen weitgehend durch Weichböden charakterisierten Lebensraum wurden für künstliche Riffe, Schiffswracks sowie Ölplattformen beschrieben. Die Ergebnisse können in Grenzen auf die hier vorliegende Situation übertragen werden. Grundsätzlich wird angenommen, dass Hartsubstrate die Attraktivität des Lebensraumes für die Fischfauna steigern. Diese wird darin begründet, dass sich ein erhöhtes Nahrungsangebot, ein Schutz vor Prädatoren, Laichgebiete, Orientierungsmöglichkeiten und ein Rückzugsgebiet vor intensiver Fischerei einstellen. Entsprechende Studien dazu sind für Windparks (Horns Rev, Nysted, Alpha Ventus, BARD Offshore 1, belgische Windparks) oder windparkähnliche Strukturen (FINO 1, Ölplattformen) vorhanden (BOHNSACK & SUTHERLAND 1985, SODAL et al. 1998, BIO/CONSULT AS 2004, EHRICH et al. 2006, WILHELMSSON et al. 2006, JOSCHKO 2007, REUBENS et al. 2013a, DEGRAER et al. 2016, 2018, KRÄGEFSKY 2014, PGU 2018).

Es ist vielfach beobachtet worden, dass Fische von vertikalen Unterwasserstrukturen angezogen werden (EHRICH et al. 2006, REUBENS et al. 2013a, DEGRAER et al. 2018) und ihre Abundanzen im betroffenen Bereich steigen. Dies betrifft sowohl stationäre als auch wandernde Fischarten. Dementsprechend wurden große adulte Kabeljaue und Seelachse vermehrt über Wracks und Steinfeldern festgestellt (EHRICH 2000, REUBENS et al. 2013a). Auch für künstlich angelegte Riffe in Dänemark, den Niederlanden und dem Vereinigten Königreich wurden mehr oder weniger starke

Zunahmen der Dichten der Fischpopulationen beobachtet (EHRICH et al. 2006). Ebenso konnte auch in der Nähe von Ölplattformen in Norwegischen Gewässern ein signifikanter Anstieg von Kabeljau und Seelachs (SODAL et al. 1998, VALDEMARSEN 1979) nachgewiesen werden. Der Bereich mit erhöhten Dichten lag hier innerhalb eines Radius von 200 m. Studien von DEGRAER et al. beschreiben erste Beobachtungen eines deutlich erhöhten Vorkommens des Kabeljaus (*Gadus morhua*) und des Franzosendorsch (*Trisopterus luscus*) in direkter Nähe zu belgischen Windkraftanlagen mit Schwerkraftgründung (DEGRAER et al. 2010, 2016 und 2018). Schollen sowie andere Plattfischarten wurden ebenfalls vermehrt in der Nähe von Plattformen angetroffen. In Horns Rev haben sich Rückzugsgebiete für die Fische im Bereich der Piles und des Kolksschutzes gebildet (BIO/CONSULT AS 2005). Franzosendorsch und Kabeljau fraßen z.B. auf dem Kolksschutz lebende Crustaceen. Auch als Lebensraum wurde das Hartsubstrat (Steine, Höhlen) der WEA von z.B. Leierfisch (*Callionymus* spp.) und Butterfisch (*Pholis gunnellus*) intensiv genutzt. Des Weiteren wurden an den Piles nach Bauende vermehrt Arten wie Großer Scheibenbauch (*Liparis liparis*), Steinpicker (*Agonus cataphractus*), Sprotte (*Sprattus sprattus*) und Makrele (*Scomber scombrus*) festgestellt. Weiterhin bietet die Besiedelung der WEA durch wirbellose Hartsubstratarten auch kleinwüchsigen Fischen wie Gobiiden, Blenniiden und dem Seeskorpion Schutz und Nahrung, weshalb sie vermehrt an den Fundamenten auftreten (DEGRAER et al. 2018).

Die Besiedelung der Hartsubstratstrukturen durch Fische hängt von einer Reihe von Umweltfaktoren wie Strömungsrichtung und -stärke, Schatten, Größe, Form, Farbe, Licht und Geräuschen ab (BOHNSACK & SUTHERLAND 1985, RELINI et al. 2007). Bei künstlichen Riffen in der Ostsee wurde festgestellt, dass die Materialwahl der künstlichen Habitate keinen Einfluss auf den anziehenden Effekt für Fische hat, sondern die Intensität der Wirkung auf die Fischfauna überwiegend von der Strukturvielfalt und dem Strömungsschatten ausging (www.fischumwelt.de). Unter saisonalen Gesichtspunkten wurde von BIO/CONSULT AS (2005) deutliche Unterschiede in der Anzahl der Fischarten und der Fischdichten festgestellt, was möglicherweise auf saisonale nahrungsbedingte Migrationen zu den Windturbinen zurückzuführen ist.

Ob sich die Abundanzen der Fische nur im Nahbereich der Piles oder im Gesamtgebiet der OWP erhöhen ist derzeit noch nicht abschließend geklärt. Fischbiologische Untersuchungen am OWP Horns Rev konnten bei Vergleichen zwischen OWP und den umliegenden Bereichen nur bedingt eine Zunahme der Abundanzen im OWP nach der Konstruktion feststellen, was jedoch darauf zurückgeführt wird, dass nur ein kurzer Zeitraum, nicht aber eine Langzeit-Entwicklung analysiert wurde (EHRICH et al. 2006). Ähnliche Ergebnisse auf Windparkebene wurden im Rahmen des Betriebsmonitorings im Windpark BARD Offshore 1 festgestellt (PGU 2018). Hier zeigten sich im Verlauf des Betriebsmonitorings zwischen 2013 und 2017 zwischen Vorhaben- und Referenzgebiet nur geringe Unterschiede bei Abundanz und Dominanzstruktur der charakteristischen Fischarten.

Neueren Untersuchungsergebnissen zufolge wird die Diversität durch Gründungsstrukturen im Offshore-Bereich erhöht (DEGRAER & BRABANT 2009, DEGRAER et al. 2010, 2018). Im Windparkgebiet auf der „Thornton Bank“ war das Hartsubstrat bereits nach 3,5 Monaten mit der Bryozoe *Electra pilosa* bedeckt, die aufgrund ihrer Strukturen die Ansiedlung weiterer Larven erleichtert (DEGRAER & BRABANT 2009). Einige Fischarten traten verstärkt um die Gründungsstrukturen der Windkraftanlagen auf, vermutlich weil sie sich die neuen Nahrungsquellen erschlossen haben. Der Franzosendorsch (*Trisopterus luscus*) kam z.B. in Dichten von bis zu 74 Ind./m² um die Anlagen vor. Magenanalysen haben ergeben, dass ein Hauptteil der Nahrung aus *Jassa herdmanni* und *Pisidia longicornis* bestand, die beide an den Piles angetroffen wurden (DEGRAER et al. 2010).

Die zeitliche Komponente der Besiedlung von neu eingebrachten Hartsubstraten wird unterschiedlich beurteilt. Künstliche Riffe wurden schon innerhalb von Stunden nach ihrer Konstruktion besucht (MOLLES 1978). Für die Etablierung einer vollständigen „Riff-Gemeinschaft“ ist jedoch von einem Zeitraum von 1 bis 5 Jahren auszugehen (ALLEN et al. 1987, BOHNSACK & SUTHERLAND 1985). Auch bei OWPs wird davon ausgegangen, dass der volle Effekt der Einbringung von Hartsubstrat auf die Fischfauna erst nach mehreren Jahren ersichtlich wird (KLAUSTRUP 2006).

Es ist davon auszugehen, dass das Einbringen der Hartsubstrat-Strukturen und die sie besiedelnde Wirbellosen-Gemeinschaft zu einer langfristigen Veränderung der Fischfauna, v.a. im Nahbereich der einzelnen Hartsubstratstrukturen, führen werden. Für die großflächig vorhandenen Anlagenzwischenräume ist nach derzeitigem Kenntnisstand anzunehmen, dass die derzeit etablierte Fischzönose erhalten bleibt. Die Auswirkungen sind langfristig, werden sich aber wahrscheinlich auf die unmittelbaren Bauwerksstandorte beschränken, so dass sie als kleinräumig bewertet werden.

5.5.3 Betriebsbedingte Auswirkungen

Die für das Schutzgut wesentlichen Wirkfaktoren und deren potenzielle Auswirkungen eines Modellwindparks (Szenarien 1 und 2) leiten sich aus dem Umweltbericht zum FEP (BSH 2019b) ab. Betriebsbedingte Wirkfaktoren, die einen wesentlichen Einfluss auf das Schutzgut Benthos haben ergeben sich damit nicht.

5.5.4 Zusammenfassung der vorhabenbedingten Auswirkungen

Das Schutzgut Fische unterliegt bau- und anlagebedingten Beeinträchtigungen. Baubedingt kommt es auf der einen Seite durch die Resuspension von Sediment zu Beeinträchtigungen. Die Resuspension führt zur Bildung von Trübungsfahnen, zu Sedimentation und kann zu einer Veränderung der Sedimentstruktur und zu einer Freisetzung von Nähr- und Schadstoffen führen. Sämtliche Faktoren können Einfluss auf die Fischfauna haben, sind aber auf die Bauzeit beschränkt. Aufgrund der anstehenden sanddominierten Sedimente sind die Auswirkungen auf den unmittelbaren Einwirkungsbereich und das nähere Umfeld beschränkt. Insgesamt sind die baubedingten Beeinträchtigungen durch Resuspension von Sediment auf die Fischfauna gering. Auf der anderen Seite führen Lärmemissionen, die insbesondere durch die Rammung der Fundamente entstehen, zu Beeinträchtigungen der Fischfauna. Zur Reduzierung von Unterwasserschall werden in der Genehmigungspraxis verschiedene Auflagen zum Schutz von Meeressäugern erlassen. Davon profitiert auch die Fischfauna. Es ist davon auszugehen, dass der allergrößte Teil der Fische aus dem Einwirkungsbereich der schädigenden Schallemissionen vergrämt wird. Nach Abschluss der Rammarbeiten steht der Fischfauna das Gebiet wieder vollumfänglich zur Verfügung, auch in den Phasen mit Ramm-pausen ist von einer Nutzung durch die Fischfauna auszugehen. Die Beeinträchtigungen der Fischfauna sind damit als kurzfristig (auf die Bauzeit beschränkt) zu bewerten.

Anlagebedingt führt v.a. das Einbringen von Hartsubstraten durch Fundamente und Kolkschutz sowie die Flächeninanspruchnahme am Meeresboden zu Auswirkungen auf die Fischfauna. Dabei kommt es sowohl zu Habitatverlusten wie auch zur Entstehung neuer Habitate. Auf der einen Seite verlieren die an Weichböden adaptierten Fischarten durch die Überbauung mit Fundamenten und

Kolkschutz ihren Lebensraum. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass die Verluste nur sehr kleinräumig erfolgen und in weiten Teilen der Fläche N-6.6 die charakteristischen Weichbodenlebensräume erhalten bleiben. Erfahrungen aus anderen Windparkvorhaben zeigen, dass der Anteil beeinträchtigter Flächen im Verhältnis zur Gesamtfläche zumeist bei $< 1\%$ liegt. Auf der anderen Seite entsteht Siedlungssubstrat für eine an Hartsubstrat gebundene Benthos-Fauna, die wiederum Fischarten anlockt, die rifftypische Strukturen nutzen. Das Artenspektrum wird sich auf der Fläche erhöhen, auch bei Abundanz und Biomasse ist von einer Erhöhung auszugehen.

Sowohl für den Verlust von Weichbodenhabitaten als auch für die Entstehung von Hartsubstrathabitaten ist festzustellen, dass diese kleinräumig erfolgen und auf die unmittelbaren Anlagenstandorte beschränkt sind. Für den größten Teil der Fläche N-6.6 bleiben die ursprünglichen Habitatbedingungen mit einer charakteristischen Weichbodenzönose erhalten.

6. Nichttechnische Zusammenfassung

6.1 Deutsch

Der Flächenentwicklungsplan für die deutsche Nordsee (FEP) legt Flächen für die Entwicklung von Windenergieanlagen auf See fest. Auf diesen Flächen sind Voruntersuchungen durchzuführen. Ziel der Untersuchungen ist es Informationen zu den Flächen für ein späteres Bieterverfahren zu generieren und den weiteren Planungsprozess zu beschleunigen.

Die im vorliegenden Bericht betrachtete Entwicklungsfläche N-6.6 ist Teil der insgesamt ca. 249 km² großen Fläche N-6 des FEP und liegt in der AWZ der Deutschen Nordsee, etwa 99 km nördlich der Insel Borkum und etwa 123 km westlich der Insel Helgoland. Auftragsgemäß werden die Schutzgüter Benthos, Fische und Biotope betrachtet. Auf der Grundlage von zwei Modellwindpark-Szenarien erfolgt zudem eine erste Abschätzung der potenziellen Auswirkungen auf die Schutzgüter.

Die Ergebnisse des vorliegenden Berichtes beruhen auf eigenen, flächenspezifischen Untersuchungen, die im Herbst 2020, im Frühjahr 2021 und im Herbst 2021 in der Entwicklungsfläche N-6.6 und einem dazugehörigen Referenzgebiet durchgeführt wurden. Das Referenzgebiet diente gleichzeitig der Entwicklungsfläche N-6.7 als Vergleichsstandort. Sämtliche Erfassungen erfolgten auf der Grundlage der Vorgaben der Leistungsbeschreibung, den Vorgaben des StUK 4 und dem mit dem Auftraggeber abgestimmten Untersuchungskonzept. Die Probenahme zur Aufnahme des Makrozoobenthos, und somit auch der Sedimente, fand im Herbst 2020 zwischen dem 14.09. und 19.09. mit dem gecharterten kommerziellen Kutter „Komet“ aus Accumersiel statt. Im Frühjahr 2021 fand die Probenahme im Zeitraum 22.03. bis 27.03. und im Herbst 2021 im Zeitraum vom 26.09. bis 30.09.2021 und am 07.10.2021. Auch hier wurde der Kutter „Komet“ eingesetzt. Bei allen drei Ausfahrten handelte es sich um kombinierte Ausfahrten zur Untersuchung der Entwicklungsflächen N-6.6 und N-6.7. In der Fläche N-6.6 wurden 20 Stationen mit jeweils 3 Parallelproben mittels van Veen-Greifer beprobt und 10 Transekthols mit einer 2 m-Baumkurre durchgeführt. Dasselbe Programm erfolgte im Referenzgebiet. Videotransekte waren aufgrund der bekannten homogenen Habitatstrukturen nicht erforderlich. Aus jedem Greifer wurde eine Sedimentprobe zur Bestimmung der Korngröße und des Glühverlustes entnommen. Zur Charakterisierung der lokalen Fischgemeinschaft wurden in der Entwicklungsfläche N-6.6 insgesamt 20 Hols mit einer 7 m-Baumkurre durchgeführt. Entsprechend wurden 20 Hols im Referenzgebiet durchgeführt. Im Rahmen der Herbstkampagne 2020 fand die Probenahme zur Erfassung der Fischfauna zwischen dem 05.11. und 11.11. mit dem gecharterten kommerziellen Kutter „Damkerort“ aus Büsum statt. Im Frühjahr 2021 fand die Probenahme im Zeitraum 13.04. bis 19.04.2021 statt. Aufgrund von Schlechtwetter musste die Ausfahrt im Herbst 2021 unterbrochen werden. Sie fand im Zeitraum vom 02.11. bis 05.11.2021 und 09.11. bis 13.11.2021 statt. Auch hier wurde der Kutter „Damkerort“ eingesetzt.

Die Untersuchungen führten zu folgenden Ergebnissen:

Das Sediment der Fläche N-6.6 stellte sich als relativ homogenes Feinsandgebiet dar. Die Feinsandfraktion war mit Gewichtsprozentanteilen um 80 % die vorherrschende Kornfraktion, gefolgt von der Ton-/Schluff-Fraktion mit Gewichtsprozentanteilen um 10 %. Alle anderen Kornfraktionen waren für die Sedimentzusammensetzung des Gebietes von untergeordneter Bedeutung. Der Glühverlust war insgesamt gering und lag im Mittel bei etwas über 1 %. Basierend auf den Bewertungskriterien Seltenheit/Gefährdung, Vielfalt/Eigenart und Natürlichkeit kommt dem Sediment der Fläche N-6.6 eine geringe bis mittlere Bedeutung zu.

Das Makrozoobenthos entsprach einer für Feinsande der äußeren AWZ typischen Gemeinschaft. Die in der Fläche N-6.6 erfasste Infauna wies Charakteristika von den zwei durch RACHOR & NEHMER (2003) beschriebenen Gemeinschaften, *Amphiura filiformis*-Gemeinschaft und *Nucula nitidosa*-Gemeinschaft, auf. Es handelte sich bei der Infauna in der Fläche N-6.6 also um eine Mischgemeinschaft. Aktuelle Studien haben ergeben, dass eine statistische Trennung dieser zwei Gemeinschaften in der deutschen AWZ nicht einfach ist und sie daher häufig als eine Gemeinschaft betrachtet werden (BFN 2018b, FIORENTINO et al. 2017). Das Vorkommen einer Mischgemeinschaft in der Fläche N-6.6 ist demnach keine Ausnahme in der Deutschen AWZ. Sowohl die *Amphiura filiformis*-Gemeinschaft als auch die *Nucula nitidosa*-Gemeinschaft sind in der Deutschen AWZ weit verbreitet und besiedeln Sedimente mit ähnlicher Beschaffenheit. Die Epifauna in der Fläche N-6.6 erwies sich ebenfalls als eine für Feinsande typische Gemeinschaft, die in der Deutschen AWZ weit verbreitet vorkommt. Basierend auf den Bewertungskriterien Seltenheit/Gefährdung, Vielfalt/Eigenart und Natürlichkeit kommt dem Makrozoobenthos der Fläche N-6.6 eine mittlere Bedeutung zu.

Die im Herbst 2020, Frühjahr 2021 und Herbst 2021 in der Fläche N-6.6 und im dazugehörigen Referenzgebiet vorgefundene Fischgemeinschaft entspricht einer typischen Fischgemeinschaft sandiger Böden der Deutschen Bucht bzw. der südöstlichen Nordsee. Sie ist durch eine starke Dominanz von Plattfischen gekennzeichnet, die mit insgesamt neun Arten etwa ein Drittel aller Arten der Fischgemeinschaft ausmachten. Die nachgewiesenen Artenzahlen von 24 (Herbst 2020), 22 (Frühjahr 2021) und 34 (Herbst 2021) liegen insgesamt in einem für das Gebiet der Deutschen Bucht zu erwartenden Bereich. Es wurden elf Arten erfasst, die auf der aktuellen Roten Liste der gefährdeten Fische und Neunaugen stehen. Darunter waren auch der vom Aussterben bedrohte Nagelrochen und der extrem seltene Fleckrochen. Zu den dominanten Arten (Präsenz von 100 %) gehörten in allen drei Kampagnen Zwergzunge, Kliesche, Scholle, Gestreifter Leierfisch, Lammzunge und Wittling. Im Herbst 2020 und 2021 kommt die Sandgrundel als dominante Art hinzu. Im Vergleich zu Ergebnissen aus Vorjahren (2008–2009) sowie insbesondere mit den räumlich benachbarten OWP-Vorhaben Veja Mate, Deutsche Bucht und Bard Offshore 1 zeigten sich für die Fischgemeinschaft in Zeit und Raum deutliche Übereinstimmungen. Basierend auf den Bewertungskriterien Seltenheit/Gefährdung, Vielfalt/Eigenart und Natürlichkeit kommt der Fischfauna der Fläche N-6.6 eine mittlere bis hohe Bedeutung zu.

Die Zuordnung der Biotoptypen erfolgt nach FINCK et al. (2017). Da die vorgefundene Benthosgemeinschaft der Infauna in der Fläche N-6.6 nicht eindeutig einer Gemeinschaft zugeordnet werden kann, kommen für die Biotopklassifizierung sowohl der Biotoptyp „Sublitoraler, ebener Sandgrund der Nordsee mit *Amphiura filiformis*-Gemeinschaft“ (Code 02.02.10.02.01) als auch der „Sublitorale, ebene Sandgrund der Nordsee mit *Nucula nitidosa*-Gemeinschaft“ (Code 02.02.10.02.05) in Frage.

Bau und Betrieb von Offshore-Windkraftanlagen führen zu Beeinträchtigungen der hier betrachteten Schutzgüter. Im vorliegenden Bericht erfolgt eine erste Abschätzung potenzieller Auswirkungen auf der Grundlage von zwei Modellwindparks (Szenario 1 und 2), die sich aus dem Umweltbericht zum Flächenentwicklungsplan für die deutsche Nordsee ableiten. Szenario 1 geht dabei von vielen kleinen Anlagen, Szenario 2 von wenigen großen Anlagen aus. Folgende für die Schutzgüter Sedimente, Benthos und Fische relevanten Modellparameter werden zugrunde gelegt: Durchmesser Gründung (ca. 8,5 m / ca. 12 m), Fläche Gründung exkl. Kolkschutz (ca. 57 m² / ca. 113 m²), Durchmesser Kolkschutz (ca. 43 m / ca. 60 m), Fläche Gründung inkl. Kolkschutz (ca. 1.420 m² / ca. 2.830 m²).

Wesentliche Auswirkungen auf das Schutzgut Sediment ergeben sich aus der Überbauung von Weichböden durch die Fundamente und den Kolkschutz. Durch diese Überbauung gehen die charakteristischen Bodenfunktionen (Speicher- und Pufferfunktion, Habitatfunktion usw.) am jeweiligen Standort verloren. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass die Funktionsverluste nur sehr kleinräumig erfolgen und in weiten Teilen der Fläche N-6.6 die charakteristischen Funktionen von Weichbodenlebensräumen erhalten bleiben. Diese Einschätzung gilt für beide Szenarien gleichermaßen. Abschließend ist somit festzustellen, dass die Beeinträchtigungen des Schutzgutes zwar dauerhaft und am jeweiligen Standort von hoher Intensität sind, aber nur kleinräumig stattfinden.

Das Schutzgut Benthos unterliegt bau- und anlagebedingten Beeinträchtigungen. Baubedingt kommt es v.a. durch die Resuspension von Sediment zu Beeinträchtigungen. Die Resuspension führt zur Bildung von Trübungsfahnen, zu Sedimentation und kann zu einer Veränderung der Sedimentstruktur und zu einer Freisetzung von Nähr- und Schadstoffen führen. Sämtliche Faktoren können Einfluss auf das Makrozoobenthos haben, sind aber auf die Bauzeit beschränkt. Aufgrund der anstehenden sanddominierten Sedimente sind die Auswirkungen auf den unmittelbaren Einwirkungsbereich und das nähere Umfeld beschränkt. Insgesamt sind die baubedingten Beeinträchtigungen auf das Makrozoobenthos gering.

Anlagebedingt führt v.a. das Einbringen von Hartsubstraten durch Fundamente und Kolkschutz sowie die Flächeninanspruchnahme am Meeresboden zu Auswirkungen auf das Makrozoobenthos. Dabei kommt es sowohl zu Habitatverlusten wie auch zur Entstehung neuer Habitats. Auf der einen Seite verlieren die an Weichböden adaptierten Benthosarten durch die Überbauung mit Fundamenten und Kolkschutz ihren Lebensraum. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass die Verluste nur sehr kleinräumig erfolgen und in weiten Teilen der Fläche N-6.6 die charakteristischen Weichbodenlebensräume erhalten bleiben. Diese Einschätzung gilt für beide Szenarien gleichermaßen. Auf der anderen Seite entsteht Siedlungssubstrat für eine an Hartsubstrat gebundene Fauna. Das Artenspektrum wird sich auf der Fläche ebenso erhöhen, wie Abundanz und Biomasse.

Sowohl für den Verlust von Weichbodenhabitaten als auch für die Entstehung von Hartsubstrathabitaten ist festzustellen, dass diese kleinräumig erfolgen und auf die unmittelbaren Anlagenstandorte beschränkt sind. Für den größten Teil der Fläche N-6.6 bleiben die ursprünglichen Habitatbedingungen mit einer charakteristischen Weichbodenzönose erhalten.

Das Schutzgut Fische unterliegt bau- und anlagebedingten Beeinträchtigungen. Baubedingt kommt es auf der einen Seite durch die Resuspension von Sediment zu Beeinträchtigungen. Die Resuspension führt zur Bildung von Trübungsfahnen, zu Sedimentation und kann zu einer Veränderung der Sedimentstruktur und zu einer Freisetzung von Nähr- und Schadstoffen führen. Sämtliche Faktoren

können Einfluss auf die Fischfauna haben, sind aber auf die Bauzeit beschränkt. Aufgrund der anstehenden sanddominierten Sedimente sind die Auswirkungen auf den unmittelbaren Wirkungsbereich und das nähere Umfeld beschränkt. Insgesamt sind die baubedingten Beeinträchtigungen durch Resuspension von Sediment auf die Fischfauna gering. Auf der anderen Seite führen Lärmemissionen, die insbesondere durch die Rammung der Fundamente entstehen, zu Beeinträchtigungen der Fischfauna. Zur Reduzierung von Unterwasserschall werden in der Genehmigungspraxis verschiedene Auflagen zum Schutz von Meeressäugern erlassen. Davon profitiert auch die Fischfauna. Es ist davon auszugehen, dass der allergrößte Teil der Fische aus dem Einwirkungsbereich der schädigenden Schallemissionen vergrämt wird. Nach Abschluss der Rammarbeiten steht der Fischfauna das Gebiet wieder vollumfänglich zur Verfügung, auch in den Phasen mit Rammepausen ist von einer Nutzung durch die Fischfauna auszugehen. Die Beeinträchtigungen der Fischfauna sind damit als kurzfristig (auf die Bauzeit beschränkt) zu bewerten.

Anlagebedingt führt v.a. das Einbringen von Hartsubstraten durch Fundamente und Kolkschutz sowie die Flächeninanspruchnahme am Meeresboden zu Auswirkungen auf die Fischfauna. Dabei kommt es sowohl zu Habitatverlusten wie auch zur Entstehung neuer Habitats. Auf der einen Seite verlieren die an Weichböden adaptierten Fischarten durch die Überbauung mit Fundamenten und Kolkschutz ihren Lebensraum. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass die Verluste nur sehr kleinräumig erfolgen und in weiten Teilen der Fläche N-6.6 die charakteristischen Weichbodenlebensräume erhalten bleiben. Diese Einschätzung gilt für beide Szenarien gleichermaßen. Auf der anderen Seite entsteht Siedlungssubstrat für eine an Hartsubstrat gebundene Benthos-Fauna, die wiederum Fischarten anlockt, die rifftypische Strukturen nutzen. Das Artenspektrum wird sich auf der Fläche erhöhen, auch bei Abundanz und Biomasse ist von einer Erhöhung auszugehen.

Sowohl für den Verlust von Weichbodenhabitaten als auch für die Entstehung von Hartsubstrathabitaten ist festzustellen, dass diese kleinräumig erfolgen und auf die unmittelbaren Anlagenstandorte beschränkt sind. Für den größten Teil der Fläche N-6.6 bleiben die ursprünglichen Habitatbedingungen mit einer charakteristischen Weichbodenzönose erhalten.

In der AWZ können „Schlickgründe mit bohrender Bodenmegafauna“, „Sublitorale Sandbänke“, „Artenreiche Kies-, Grobsand- und Schillgründe“ und „Riffe“ als gesetzlich geschützte Biotope vorkommen. Die bislang vorliegenden Untersuchungsergebnisse geben keine Hinweise darauf, dass entsprechende Biotopstrukturen in der Entwicklungsfläche N-6.6 zu erwarten sind.

6.2 English

The Site Development Plan (FEP) for the German North Sea defines sites for the development of wind farms at sea. Preliminary investigations are to be carried out at these sites. The aim of these investigations is to generate information about the areas for a later tendering procedure and to accelerate the further planning process.

The development site N-6.6 considered in the present report is part of the site N-6 which exhibits a total area of approx. 249 km² according to the FEP and is located in the EEZ of the German North Sea, approx. 99 km north of the island of Borkum and approx. 123 km west of the island of Helgoland. In accordance with the contract, the protected commodities benthos, fish and biotopes

are considered. On the basis of two scenarios for exemplary wind farms, an initial assessment of the potential effects on the protected commodities was also carried out.

The results of this report are based on our own, site-specific studies that were carried out in autumn 2020, spring 2021 and autumn 2021 in the development site N-6.6 and in an associated reference site. The reference site also served as reference site for the development site N-6.7. All records were made on the basis of the specifications noted in the service description, the specifications of StUK 4 and the research concept agreed with the client. The sampling for the characterisation of the macrobenthos, and thus also of the sediments, took place in autumn 2020 between 14.09. and 19.09.2020 with the chartered commercial fishing vessel "Komet" from Accumersiel. In spring 2021 and autumn 2021 the vessel "Komet" was used again and the sampling took place in the period from 22.03. until 27.03.2021 and from 26.09. until 30.09.2021 and 07.10.2021. All sampling campaigns were combined campaigns to investigate the two development sites N-6.6 and N-6.7. At site N-6.6, 20 stations with 3 replicates each were sampled using van-Veen-grabs and 10 transects were carried out with a 2 m beam trawl. The same routine took place in the reference site. Video transects were not required since habitat structures in the area are known to be very homogeneous. A sediment sample was taken from each grab sample to determine the grain size and loss on ignition. To characterize the local fish community, a total of 20 hauls with a 7 m beam trawl were carried out in the development site N-6.6. Accordingly, 20 hauls were carried out in the reference site. In autumn 2020, the sampling of the fish fauna took place between 05.11. and 11.11. with the chartered commercial fishing vessel "Damkerort" from Büsum. In spring 2021 the vessel "Damkerort" was used as well with sampling taking place from 13.04. until 19.04.2021. Due to bad weather conditions, the sampling campaign in autumn 2021 was interrupted and took place from 02.11.2021 to 05.11.2021 and from 09.11.2021 to 13.11.2021 using the vessel "Damkerort". All sampling campaigns were combined campaigns to investigate the two development sites N-6.6 and N-6.7.

The investigations led to the following results:

The sediment of site N-6.6 turned out to be a relatively homogeneous area composed of fine sand. The fine sand fraction was the predominant grain size with weight percentages around 80 %, followed by the clay/silt fraction with weight percentages around 10 %. All other grain size fractions were of minor importance for the sediment composition of the area. The loss on ignition was low overall with an average slightly above 1 %. Based on the evaluation criteria of rarity/endangerment, diversity/uniqueness and naturalness, the sediment at site N-6.6 is of low to medium importance.

The macrobenthic community corresponded to a community which is typical of fine sands of the outer EEZ. The infauna recorded at site N-6.6 showed characteristics of the two communities described by RACHOR & NEHMER (2003), the *Amphiura filiformis* community and *Nucula nitidosa* community. The infauna at site N-6.6 was therefore composed of a mixed community. Recent studies have shown that a statistical separation of these two communities in the German EEZ is not easy and that they are therefore often considered as one community (BFN 2018b, FIORENTINO et al. 2017). The occurrence of a mixed community in area N-6.6 is therefore no exception in the German EEZ. Both the *Amphiura filiformis* community and the *Nucula nitidosa* community are widespread in the German EEZ and colonize sediments of similar composition. The epifauna in area N-6.6 also turned out to be a community which is typical of fine sands with a widespread occur-

rence in the German EEZ. Based on the evaluation criteria of rarity/endangerment, diversity/uniqueness and naturalness, the macrobenthos at site N-6.6 is of medium importance.

The fish community recorded in autumn 2020, spring 2021 and autumn 2021 at site N-6.6 and at the associated reference site corresponded to a community which is typical for sandy sediments in the German Bight and the south-eastern North Sea. It is characterized by a strong dominance of flatfish, which with a total of nine species made up about a third of all species in the fish community. The recorded number of species of 24 (autumn 2020), 22 (spring 2021) and 34 (autumn 2021) range within the numbers to be expected for fish communities of the German Bight. Eleven of the recorded species are listed on the current German Red List of endangered fish and lampreys. These included the thornback ray which is listed as threatened with extinction and the spotted ray which is listed as extremely rare. The dominant species (100 % degree of presence) in all campaigns included solenette, dab, plaice, common dragonet, scaldfish and whiting. In autumn 2020 and 2021 the sand goby was also among the dominant species. In comparison with the results from previous years (2008–2009) and in particular with the spatially neighbouring OWF projects Veja Mate, Deutsche Bucht and Bard Offshore 1, clear similarities in time and space were found for the fish community. Based on the evaluation criteria of rarity/endangerment, diversity/uniqueness and naturalness, the fish fauna at site N-6.6 is of medium to high importance.

The biotope types are assigned according to FINCK et al. (2017). Since the benthos community of the infauna at site N-6.6 cannot be unambiguously assigned to one community, the biotope type can be either assigned to as the "sublittoral, plain sandy seafloor of the North Sea with *Amphiura filiformis*-community" (code 02.02.10.02.01) or " sublittoral, plain sandy seafloor of the North Sea with *Nucula nitidosa* community" (Code 02.02.10.02.05).

The construction and presence of offshore wind turbines lead to a disturbance of the protected commodities considered in this report. An initial assessment of the potential impacts is made on the basis of two scenarios for exemplary wind farms (scenarios 1 /scenario 2), which are derived from the environmental report of the Site Development Plan for the German EEZ of the North Sea. Scenario 1 assumes many small wind turbines, scenario 2 assumes a few large wind turbines. The following parameters which are relevant for the protected commodities sediments, benthos and fish were taken as a basis: diameter of the foundation (approx. 8,5 m / approx. 12 m), area of foundation excluding scour protection (approx. 57 m² / approx. 113 m²), diameter of scour protection (approx. 43 m / approx. 60 m), foundation area including scour protection (approx. 1.420 m² / approx. 2.830 m²).

The sealing of soft sediments by the foundations and scour protection has a major impact on the sediment as protected commodity. As a result of this sealing, the characteristic sediment functions (storage- and buffering capacities, habitat functions, etc.) are lost at the respective location. It must be considered that the functional losses only occur on a very small scale and that the characteristic functions of soft sediment habitats are preserved in large parts of the site N-6.6. This assessment applies equally to both scenarios. In conclusion, it can be stated that the disturbances of the protected property are permanent and of high intensity at the respective location, but only takes place on a small scale.

The protected commodity benthos is subject to disturbances due to construction as well as due to the presence of the wind turbines. During construction, disturbances arise especially from the

resuspension of sediment. The resuspension leads to the formation of turbidity plumes, to sedimentation and can lead to a change in the sediment structure and to the release of nutrients and pollutants. All factors can have an influence on the macrobenthos, but are limited to the time of construction. Due to the existing sand-dominated sediments, the effects on the immediate area of impact and the surrounding area are limited. Overall, the construction-related adverse effects on the macrobenthos are low.

Due to the presence of the wind turbines, the introduction of hard substrates through foundations and scour protection as well as the land use on the seabed lead to impacts on the macrobenthos. This leads to both habitat loss and the creation of new habitats. On the one hand, the benthic species adapted to soft sediments lose their habitat due to the sealing with foundations and scour protection. However, it must be taken into account that the losses occur on very small spatial scale and that the characteristic soft sediments habitats are preserved in large parts of the site N-6.6. This assessment applies equally to both scenarios. On the other hand, a colonizable substrate is created for a fauna bound to hard substrate. Due to the increase in heterogeneity of available substrates, the number of species may increase in the area, as will abundance and biomass.

Disturbances by both the loss of soft sediment habitats and the introduction of hard substrate habitats act on a small-scale and are limited to the direct surroundings of the turbines. For the largest part of site N-6.6, the original habitat conditions with a characteristic soft sediment zone are preserved.

The protected commodity fish fauna is subject to disturbances due to construction as well as due to the presence of the wind turbines. Due to the construction, one disturbance arises from the resuspension of sediment. The resuspension leads to the formation of sediment plumes and sedimentation in nearby areas which may lead to a change in the sediment structure and to the release of nutrients and pollutants. All of these disturbances can have an impact on the fish fauna, but are limited to the time of construction. Due to the sand-dominated sediments, the effects are limited to the immediate area of the impact and the close vicinity. Overall, the construction-related impacts due to the resuspension of sediment on the fish fauna are low. Noise emissions, which are caused in particular by pile driving of the foundations is another disturbance that can have an adverse effect on the fish fauna. In order to reduce underwater noise, various requirements for the protection of marine mammals are issued in the approval practice. The fish fauna also benefits from this. It can be assumed that the vast majority of fish are scared away from the area affected by the harmful noise emissions. After completion of the pile driving, the fish fauna will have full access to the area again and it can be assumed that the fish fauna will also use the area in phases between pile driving activity. The disturbances of the fish fauna are therefore to be assessed as short-term (limited to the construction period).

Due to the presence of the wind turbines, the introduction of hard substrates through foundations and scour protection as well as the land use on the seabed have an impact on the fish fauna. This results in both habitat loss and the creation of new habitats. On the one hand, the fish species that have adapted to soft sediments lose their habitat due to the sealing effect of the foundations and scour protection. It must be taken into account that the losses are on a very small scale and that the characteristic soft sediment habitats are preserved in large parts at site N-6.6. This assessment applies equally to both scenarios. On the other hand, colonizable substrate is created for a benthic hard substrate fauna, which in turn attracts fish species that use reef-typical structures. The

number of species may increase in the area, and an increase in abundance and biomass can also be expected.

Both the loss of soft sediment habitats and the introduction of hard substrate habitats are small-scale and limited to the direct surroundings of the turbines. For the largest part of site N-6.6, the original habitat conditions with a characteristic soft sediment zone are preserved.

In the EEZ, legally protected biotopes (§30 BNatschG) can include "muddy sediments with burrowing megafauna", "sublittoral sandbanks", "species-rich gravel, coarse sand and shingle areas" and "reefs". The test results available so far do not indicate that corresponding biotope structures are to be expected at development site N-6.6.

Literatur

- ACKERMANN, F., H. HELLMANN, H. KNÖPP, D. MÜLLER, I. NÖTHLICH, U. SCHLEICHERT, F. SCHWILLE & M. TIPPNER, 1982: Wird das Baggern an öffentlichen Gewässern zum Umweltproblem? - Bundesanstalt für Gewässerkunde, 38 S.
- ALLEN, M. J., R. K. COWEN, R. J. KAUWLING & C. T. MITCHELL, 1987: Ecology of oil/gas platforms offshore California. - OCS Reports. U.S. Minerals Management Service 107.
- ANDERSON, M. J. & D. C. I. WALSH, 2013: PERMANOVA, ANOSIM and the Mantel test in the face of heterogenous dispersions: what null hypothesis are you testing? - Ecological Monograph 83: 557-574.
- ANDERSSON, M. H., 2011: Offshore wind farms - ecological effects of noise and habitat alteration on fish. - Doctoral thesis Stockholm University, Schweden: 48 S.
- ARGUMENT, 2003: Abgrenzung von Sandbänken als FFH-Vorschlagsgebiete. - (erstellt im Auftrag des BfN mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, FKZ: 802 85 220) Kiel: 21 S.
- ARMONIES, W., 2010: Analyse des Vorkommens und der Verbreitung des nach §30 BNatSchG geschützten Biotoptyps "Artenreiche Kies-, Grobsand und Schillgründe". - o. S.
- AURICH, H. J., 1941: Die Verbreitung der pelagischen Fischbrut in der südlichen Nordsee während der Frühjahrsfahrten 1926 - 1937 der deutschen Forschungsschiffe "Poseidon" und "Makrele". - Helgoländer wissenschaftliche Meeresuntersuchungen N.F.2: 183-225.
- BALTUS, C. A. M. & H. W. VAN DER VEER, 1995: Nursery areas of the solenette *Buglossidium luteum* (Risso, 1810) and scaldfish *Arnoglossus laterna* (Walbaum, 1972) in the southern North Sea. - Neth. J. Sea Res. 34: 81-88.
- BANNER, A. & M. HYATT, 1973: Effects of noise on eggs and larvae of two estuarine fishes. - Trans. Am. Fish. Soc. 1: 134-136.
- BARZ, K. & C. ZIMMERMANN, 2015: Fischbestände online. - www.fischbestaende-online.de Elektronische Veröffentlichung auf Zugriff am 05.09.2015,
- BEARE, D. J., F. BURNS, A. GREIG, E. G. JONES, K. PEACH, M. KIENZLE, E. MCKENZIE & D. G. REID, 2004: Long-term increases in prevalence of North Sea fishes having southern biogeographic affinities. - Mar. Ecol. Prog. Ser. 284, 269-278 S.
- BFN, 2004: Karte 3: Verteilung der abgrenzungsrelevanten FFH-Schutzgüter sowie die FFH-Gebietsmeldungen "Doggerbank" (DE 1003-301); "Sylter Außenriff" (DE 1209-301); "Borkum Riffgrund" (DE 2104-301) in der AWZ der deutschen Nordsee; Stand 28.04.2004. - 1 S.
http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/meeresundkuestenschutz/download/schutzgebietskarten-erlaeuterungstexte/Karte3_FFH_Schutzgueter_u_Schutzgebiete.pdf, 19.11.2014.
- BFN, 2011a: Artenreiche Kies-, Grobsand- und Schillgründe im Meeres- und Küstenbereich. Definition und Kartieranleitung Kies-, Grobsand- & Schillgründe. - 5 S.
<https://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/meeresundkuestenschutz/download/Marine-Biotoptypen/Biotoptyp-Kies-Sand-Schillgruende.pdf>, Stand Oktober 2011.
- BFN, 2011b: Schlickgründe mit bohrender Bodenmegafauna - Definition und Kartieranleitung Schlickgründe mit bohrender Bodenmegafauna. - 4 S.
<https://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/meeresundkuestenschutz/download/Marine-Biotoptypen/Biotoptyp-Schlickgruende.pdf>,
- BFN (Hrsg.), 2017: Die Meeresschutzgebiete in der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone der Nordsee – Beschreibung und Zustandsbewertung. - BfN-Skripten 477, 549 S.
- BFN, 2018a: BfN-Kartieranleitung für „Riffe“ in der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) - Geschütztes Biotop nach § 30 Abs. 2 S. 1 Nr. 6 BNatSchG, FFH - Anhang I - Lebensraumtyp (Code 1170). - 70 S.

- BFN, 2018b: Schlussbericht: Erfassung, Bewertung und Kartierung benthischer Arten und Biotope (AWZ-P4, Benthos) - Titel: 532 02 AWZ. - 177 S. S.+Anhänge.
- BILDSTEIN, T., D. FIORENTINO, C.-P. GÜNTHER, R. PESCH, P. RÜCKERT, W. SCHRÖDER & B. SCHUCHARDT, 2014a: Cluster 6 Biotopkartierung: Endberichtsentswurf - Teil Nordsee. - (unveröff. Bericht i. A. des Bundesamtes für Naturschutz (BfN)) o. S.
- BILDSTEIN, T., D. FIORENTINO, C.-P. GÜNTHER, R. PESCH, P. RÜCKERT, W. SCHRÖDER & B. SCHUCHARDT, 2014b: Cluster 6 Biotopkartierung: Endberichtsentswurf - Teil Nordsee. - S.
- BILS, F., P. KANSTINGER, M. H. F. KLOPPMANN & M. PECK, 2012: Habitat partitioning by fish larvae among coastal, offshore and frontal zones in the southern North Sea. - *Aquat. Biol.* 15: 237-250.
- BIO/CONSULT AS, 2004: Hard bottom substrate monitoring, Horns Rev offshore wind farm - Annual Status Report 2003. - (Gutachten i. A. von Elsam Engineering) 40 S. + Anhang.
- BIO/CONSULT AS, 2005: Hard bottom substrate monitoring, Horns Rev Offshore Wind Farm - Annual Status Report 2004. - 78 S.
- BIO/CONSULT AS & CARL BRO (SIMRAD), 2005: Hydroacoustic registration of fish abundance at offshore Wind Farms, Horns Rev Offshore Wind Farm, Annual report 2004. - 21 S.
- BIOCONSULT, 2019: Gutachten zum Regenerationspotenzial benthischer Biotoptypen in der AWZ der Nordsee nach temporären anthropogenen Störungen. - (i. A. des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH), Hamburg) 110 S. https://www.bsh.de/DE/PUBLIKATIONEN/Anlagen/Downloads/Projekte/Gutachten_Regenerationspotenzial_benth_Biotoptypen.pdf?blob=publicationFile&v=4, 19.01.2021.
- BIOCONSULT, 2020: Untersuchungskonzept zu den Voruntersuchungen der Flächen N-6.6 und N-6.7 des Flächenentwicklungsplans (FEP). Gemeinsames Untersuchungskonzept Benthos/Sedimente & Fische nach StUK 4 - Untersuchungskonzept für die Herbsterfassungen 2020 sowie die Frühjahrs- und Herbsterfassungen 2021. - (i.A. des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)) 30 S.
- BLAXTER, J. H. S., 1981: The swimbladder and herring. - In: TAVOLGA, W.N., A.N. POPPER & R.R. FAY (Hrsg.), *Hearing and sound communications in fishes*. Springer Verlag, New York, USA: Chap. 3, 61-71.
- BOHL, H., 1957: Die Biologie der Kliesche (*Limanda limanda* L.) in der Nordsee. - *Ber. Dtsch. Wiss. Komm. Meeresforsch.* 15 (1): 1-57.
- BOHNSACK, J. A. & D. L. SUTHERLAND, 1985: Artificial reef research: a review with recommendations for future priorities. - *Bulletin of Marine Science* 37 (1): 11-39.
- BOLLE, L. J., R. DAPPER, J. I. WITTE & H. W. VAN DER VEER, 1994: Nursery grounds of dab (*Limanda limanda* L.) in the southern North Sea. - *Neth. J. Sea Res.* 32 3/4: 299-307.
- BOLLE, L. J., D. J. C. A. F., E. BLOM., P. W. WESSELS, C. J. G. VAN DAMME & H. V. WINTER, 2014: Effect of pile-driving sound on the survival of fish larvae. Report number C182/14. - IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies, Wageningen: 33 S.
- BOS, O. G., M. F. LEOPOLD & L. J. BOLLE, 2009: Passende Beoordeling windparken: Effecten van heien op vislarven, vogels en zeezoogdieren. - IMARES Rapport C079/09, 68 S.
- BREEN, M., T. HOWELL & P. COPLAND, 2011: Marine Scotland Science Report Volume 2 No 03-AReport on electrical Fishing for Razor Clams (*Ensis* sp.) and its likely on the marine environment. - 118 S.
- BROWN, R. W., D. SHEEN & B. FIGUERIDO, 1998: Response of cod and haddock populations to area closure on Georges Bank. - *ICES C* 1998/U:9: 18.
- BSH (Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie), 2007: Standard - Untersuchung der Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf die Meeresumwelt (StUK 3). - Hamburg: 58 S.
- BSH, 2013: Standard Untersuchung der Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf die Meeresumwelt (StUK4). - Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH), Hamburg: 86 S.
- BSH, 2016: Nordseezustand 2008-2011. - (Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie) Berichte des BSH 54, Hamburg und Rostock: 311 S.
- BSH, 2017: Umweltbericht zum Bundesfachplan Offshore für die deutsche ausschließliche Wirtschaftszone der Nordsee 2016/2017. - 206 S.

- BSH, 2019a: Flächenentwicklungsplan 2019 für die deutsche Nord- und Ostsee. - 202 S.
- BSH, 2019b: Umweltbericht zum Flächenentwicklungsplan 2019 für die deutsche Nordsee. - 330 S.
- BSH, 2020: Nordseezustand aktuell (Online-Produkt).
https://www.bsh.de/DE/PUBLIKATIONEN/Nordseezustand_Aktuell/nordseezustand_aktuell_node.html. - aufgerufen am 23.06.2020.
- BSH, 2021: Umweltbericht zum Raumordnungsplan für die deutsche ausschließliche Wirtschaftszone in der Nordsee. - 400 S.
- BUDD, G. C., 2008: *Alcyonium digitatum* - Dead man's fingers. In H. TYLER-WALTERS & K. HISCOCK (eds) Marine Life Information Network: Biology and Sensitivity Key Information Reviews, online. Plymouth: Marine Biological Association of the United Kingdom. [cited 12-01-2018]. Available from: <https://www.marlin.ac.uk/species/detail/1187>. - o. S.
- CALLAWAY, R., J. ALSVAG, I. DE BOIS, J. COTTER, A. FORD, H. HINZ, S. JENNINGS, I. KRÖNCKE, J. LANCASTER, G. PIET, P. PRINCE & S. EHRICH, 2002: Diversity and community structure of epibenthic invertebrates and fish in the North Sea. - ICES J. Mar. Sci. 59: 1199-1214.
- CASPER, B. M., T. J. CARLSON, M. B. HALVORSEN & A. N. POPPER, 2016: Effects of impulsive pile-driving exposures on fishes. - In: POPPER, A.N. & A. HAWKINS (Hrsg.), The effects of noise on aquatic life II: 3rd International Conference:, 125–132.
- CASPER, B. M., M. B. HALVORSEN & POPPER A.N., 2012: Are sharks even bothered by a noisy environment? Adv Exp Med Biol 730:93–97. doi:10.1007/978-1-4419-7311-5_20. - o. S.
- CATTRIJSE, A. & H. HAMPEL, 2000: Life history and habitat use tables: subproject 1: nursery function Westerschelde: final report. - University Gent, Dept. Biology, Marine Biology Section, 30 S.
- CEFAS, 2001: North Sea fish and fisheries. - Strategic environmental assessment - SEA 3 Technical Report TR_003, 72 S.
- CHAMBERS, S. J., 2000: A redescription of *Chaetozone setosa* Malmgren, 1987 including a definition of the genus, and a description of a new species of *Chaetozone* (Polychaeta: Cirratulidae) from the northeast Atlantic. - Bull. Mar. Sci. 67: 587-596.
- CHÍCHAROA, L., M. CHÍCHAROA, M. GASPARB, J. REGALAA & F. ALVESA, 2002: Reburial time and indirect mortality of *Spisula solida* clams caused by dredging. Fisheries Research 59 (2002) 247–257. - 257 S.
- CHRISTIE, G., 1985: A Comparative Study of the Reproductive Cycles of three Northumberland populations of *Chaetozone setosa* (Polychaete:Cirratulidae). - Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 65 S.
- CLARKE, K. R., 1993: Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. - 18: 117-143.
- CLARKE, K. R. & R. M. WARWICK, 1994: Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation. - Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, U.K.: 144 S.
- CLARKE, K. R. & R. M. WARWICK, 2001: Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 2nd edition. - (PRIMER-E Ltd) Plymouth Marine Laboratory, UK: 172 S.
- COMPAGNO, L. J. V., 1984: FAO Species Catalogue. Vol. 4. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part 2 - Carcharhiniformes. - FAO species catalogue. FAO Fish. Synop. (125) S.
- COOLEN, J. W. P., B. VAN DER WEIDE, J. CUPERUS, M. BLOMBERG, G. W. N. M. VAN MOORSEL, M. A. FAASSE, O. G. BOS, S. DEGRAER & H. J. HAN J. LINDEBOOM, 2018: Benthic biodiversity on old platforms, young wind farms, and rocky reefs. ICES Journal of Marine Science (2018), doi:10.1093/icesjms/fsy092. - 16 S.
- CORTEN, A. & G. VAN DE KAMP, 1996: Variation in the abundance of southern fish species in the southern North Sea in relation to hydrography and wind. - ICES Journal of Marine Science 53: 1113-1119.
- DAAN, N., P. J. BROMLEY, J. R. G. HISLOP & N. A. NIELSEN, 1990: Ecology of North Sea fish. - Netherlands Journal of Sea Research 26: 343-386.
- DAAN, N., H. GISLASON, J. G. POPE & J. C. RICE, 2005: Changes in the North Sea fish community: evidence of indirect effects of fishing? - ICES J. Mar. Sci. 62, 177-188 S.

- DANKERS, N., 2002: The behaviour of fines released due to dredging - A literatur review. - Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Delft University of Technology, Netherlands: 59 S.
- DAVIDSON, J., J. BEBAK & P. MAZIKC, 2009: The effect of aquaculture production noise on the growth, condition factor and feed conversion and survival of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). - *Aquaculture* 288: 337-343.
- DE MESEL, I., F. KERCKHOF, A. NORRO, B. RUMES & S. DEGRAER, 2015: Succession and seasonal dynamics of the epifauna community on offshore wind farm foundations and their role as stepping stones for non-indigenous species. - *Hydrobiologia* 756 (1): 37-50.
- DE BACKER A., DEBUSSCHERE E., RANSON J. & HOSTENS K., 2017: Swim bladder barotrauma in Atlantic cod when in situ exposed to pile driving. In: DEGRAER S, BRABANT R, RUMES B & VIGIN L (Hrsg.) (2017) Environmental impacts of offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: A continued move towards integration and quantification. Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management Section. - o. S.
- DE BACKER A. & HOSTENS K., 2017: Effects of Belgian offshore wind farms on soft sediment epibenthos and fish: an updated time series. In *Environmental Impacts of Offshore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea: A Continued Move Towards Integration and Quantification*, pp. 59–71. Ed. by S., Degraer, R., Brabant, B., Rumes, and L. Vigin Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management Section, Brussels. - 141 S.
- DEBUSSCHERE, E., L. J. BOLLE, E. BLOM, D. BOTTELDOOREN, B. DE COENSEL, A. GLAROPOULOS, K. HOSTENS, V. M. PAPADAKIS, M. VERCAUTEREN, S. VANDENDRIESSCHE, M. VINCX, P. W. WESSELS & S. DEGRAER, 2015: Offshore pile-driving and young fish, a destructive marriage? - In: KÖPPEL, J. & E. SCHUSTER (Hrsg.), *Book of Abstracts. Conference on Wind energy and Wildlife impacts (CWW 2015)*, March 10-12, 2015. Berlin, Germany: S. 27.
- DEGRAER, S., R. BRABANT, B. RUMES & L. VIGIN (eds.), 2018: *Environmental Impacts of Offshore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea: Assessing and Managing Effect Spheres of Influence*. - Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, 136 S. https://www.researchgate.net/publication/328095905_Environmental_Impacts_of_Offshore_Wind_Farms_in_the_Belgian_Part_of_the_North_Sea_Assessing_and_Managing_Effect_Spheres_of_Influence, 9.10.2018.
- DEGRAER, S., R. BRABANT, B. RUMES & L. VIRGIN, 2016: *Environmental impacts of Offshore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea: Environmental Impact Monitoring Reloaded*. - Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management Section, Brussels, Belgium. - 287 S.
- DEGRAER, S. & T. BRABANT (Hrsg.), 2009: *Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea. State of the art after two years of environmental monitoring*. - Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical models. Marine ecosystem management unit, 287 S. + Anhänge.
- DEGRAER, S., T. BRABANT & B. RUMES, 2010: *Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Early environmental impact assessment and spatio-temporal variability*. - Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical models. Marine ecosystem management unit, 184 S. + Anhänge.
- DINER, N. & J. MASSE, 1987: Fish behaviour during echo surveying by acoustic devices. - *ICES. C. M.* 1987/B 30: 41 S.
- DUNCKER, G. & W. LADIGES, 1960: *Die Fische der Nordmark*. - Komm.-Verlag Cram, Hamburg: 432 S.
- EHRICH, S., 2000: Auswirkungen von Offshore-Windkraftanlagen auf die Fischerei. - Kurzfassung Vortrag Deutscher Fischereitag 2000 7 S.
- EHRICH, S., 2004: Viele Fische in der Nordsee - aber Kabeljau bleibt weiter rar. - Pressemitteilung BFA Fischerei vom 23.08.2004
- EHRICH, S., S. ADLERSTEIN, U. BROCKMANN, J. FLOETER, S. GARTHE, H. HINZ, I. KRÖNCKE, H. NEUMANN, H. REISS, A. F. SELL, M. STEIN, V. STELZENMÜLLER, C. STRANSKY, A.

- TEMMING, G. WEGNER & G.-P. ZAUKE, 2007: 20 years of the German small-scale bottom trawl survey (GSBTS): a review. - *Senckenbergiana maritima* 37 (1): 13-82.
- EHRICH, S., M. H. F. KLOPPMANN, A. F. SELL & U. BÖTTCHER, 2006: Distribution and assemblages of fish species in the German waters of North and Baltic Seas and potential impact of wind parks. - In: KÖLLER, J., J. KÖPPEL & W. PETERS (Hrsg.), *Offshore Wind Energy - Research on Environmental Impacts*. Springer, Berlin: 149 - 180.
- EHRICH, S., V. STELZENMÜLLER & S. ADLERSTEIN, 2009: Linking spatial pattern of bottom fish assemblages with water masses in the North Sea. - *Fisheries Oceanography* 18: 36-50.
- EHRICH, S. & C. STRANSKY, 1999: Fishing effects in northwestern Atlantic shelf seas: patterns in fishing effort, diversity and community structure. VI. Gale effects on vertical distribution and structure of a fish assemblage in the North Sea. - *Fisheries Research* 40: 185-193.
- EHRICH, S. & C. STRANSKY, 2001: Spatial and temporal changes in the southern species component of North Sea fish assemblages. - *Senckenbergiana maritima* 31 (2): 143-150.
- ELLIS, J. R., N. UNGARO, F. SERENA, N. DULVY, F. TINTI, M. BERTOZZI, P. PASOLINI, C. MANCUSI & G. NOARBARTOLO DI SCIARA, 2007: *Raja montagui*. The IUCN Red List of Threatened Species 2007:e.T63146A12623141. -
- EUROPEAN COMMISSION, 2007: *Interpretation Manual of European Union Habitats*. - 142 S.
- FAY, R. R. & A. N. POPPER (Hrsg.), 1998: *Comparative hearing: Fish and Amphibians*, Springer Handbook of Auditory Research. - Springer Verlag, New York, Berlin, Heidelberg: 438 S.
- FIGGE, K., 1981: *Sedimentverteilung in der Deutschen Bucht*. - (Karte Nr. 2900 mit Begleitheft) Deutsches Hydrographisches Institut, Hamburg: ohne S.
- FINCK, P., S. HEINZE, U. RATHS, U. RIECKEN & A. SSYMANK, 2017: *Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen Deutschlands - Dritte fortgeschriebene Fassung 2017*. - *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 156, 637 S.
- FIorentino, D., R. PESCH, C.-P. GÜNTHER, L. GUTOW, J. HOLSTEIN, J. DANNHEIM, B. EBBE, T. BILDSTEIN, W. SCHRÖDER, B. SCHUCHARDT, T. BREY & K. H. WILTSHIRE, 2017: A 'fuzzy clustering' approach to conceptual confusion: how to classify natural ecological associations. - *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 584: 17-30.
- FLOETER, J., J. VAN BEUSEKOM, D. AUCH, U. CALLIES, J. CARPENTER, T. DUDECK, S. EBERLE, A. ECKHARDT, D. GLOE, K. HÄNSELNANN, M. HUFNAGEL, S. JANßEN, H. LENHART, K. O. MÖLLER, NORTH R.P., T. POHLMANN, R. RIETHMÜLLER, S. SCHULZ, S. SPREIZENBARTH, A. TEMMING, B. WALTER, O. TZIELINSKI & C. MÖLLMANN, 2017: Pelagic effects of offshore wind farm foundations in the stratified North Sea. *Progress in Oceanography* 156. - 154-173 S.
- FRICKE, R., R. BERGHAHN & T. NEUDECKER, 1995: *Rote Liste der Rundmäuler und Meeresfische des deutschen Wattenmeer- und Nordseebereichs*. - In: BINOT, M., R. BLESS, P. BOYE, H. GRUTTKE & P. PRETSCHER (Hrsg.), *Rote Listen der Biotoptypen, Tier- und Pflanzenarten des deutschen Wattenmeer- und Nordseebereichs*. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 44. Bundesamt für Naturschutz, Bonn: 101-113.
- FROESE, R. & D. PAULY, 2013: *FishBase*. - (World Wide Web electronic publication) ohne S. 12/2013.
- FROESE, R. & D. PAULY, 2019: *FishBase*. - World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (08/2019). - o. S.
- GIBSON, R. N. & I. A. EZZI, 1980: The biology of the scaldfish, *Arnoglossus laterna* (Walbaum) on the west coast of Scotland. - *Journal of Fish Biology* 17 (5): 565-575.
- GILL, A. B., 2005: Offshore renewable energy: ecological implications of generating electricity in the coastal zone. - *J. Appl. Ecol.* 42: 605-615.
- GILL, A. B., M. BARTLETT & F. THOMSEN, 2012: Potential interactions between diadromous fishes of U.K. conservation importance and the electromagnetic fields and subsea noise from marine renewable energy developments. - *Journal of Fish Biology* 81: 664-695.
- GLEMAREC, M., 1973: The benthic communities of the European North Atlantic continental shelf. - *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 11: 263-289.
- GROENEWOLD, S. & M. FONDS, 2000: Effects of benthic scavengers of discards and damaged benthos produced by the beam-trawl fishery in the southern North Sea. - *ICES J. Mar. Sci.* 57: 1395-1406.

- HAMERLYNCK, O., 1990: The identification of *Pomatoschistus minutus* (Pallas) and *Pomatoschistus lozanoi* (de Buen) (Pisces, Gobiidae). - Journal of Fish Biology 37: 723-728.
- HARTMANN-SCHRÖDER, G., 1996: Annelida, Borstenwürmer, Polychaeta. - In: DAHL, F. (Hrsg.), Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile nach ihren Merkmalen und nach ihrer Lebensweise, Teil 58. Gustav Fischer Verlag, Jena: 648.
- HASTINGS, M. C. & A. N. POPPER, 2005: Effects of Sound on Fish. - (Subconsultants to Jones & Stokes under California Department of Transportation) 82 S.
- HAWKINS, A. D. & A. POPPER, 2014: Assessing the impacts of underwater sounds on fishes and other forms of marine life. - Acoust Today 10: 30-41.
- HEESSEN, H. J. L. & N. DAAN, 1996: Long-term trends in ten non-target North Sea fish species. - ICES J. Mar. Sci. 53, 1063-1078 S.
- HEESSEN, H. J. L., N. DAAN & J. R. ELLIS, 2015: Fish atlas of the Celtic Sea, North Sea, and Baltic Sea. Based on international research-vessel-surveys. - Academic Publishers, Wageningen: 572 S.
- HEINCKE, F., 1905: Das Vorkommen und die Verbreitung der Eier, der Larven und der verschiedenen Alterstufen der Nutzfische in der Nordsee. - Rapp. P.-v. Reun. Cons. perm. int. Explor. Mer. 3: 1-48.
- HELCOM, 1998: Red list of marine and coastal biotopes and biotope complexes of the Baltic Sea, Belt Sea and Kattegat. - Helsinki Commission - Baltic Marine Environment Protection Commission, Baltic Sea Environment Proceedings 75, 115 S.
- HELFMAN, G. S., B. B. COLLETTE & D. E. FACEY, 1997: The diversity of fishes. - Blackwell Science, Oxford Malden, MA., 528 S.
- HENDERSON, P. A., 2014: Identification Guide to the Inshore Fish of the British Isles. - Pisces Conservation Ltd, 321 S.
- HISCOCK, K. & E. WILSON, 2007: Metridium dianthus - Plumose anemone. In H. TYLER-WALTERS & K. HISCOCK (eds) Marine Life Information Network: Biology and Sensitivity Key Information Reviews, online. Plymouth: Marine Biological Association of the United Kingdom. [cited 11-01-2018]. Available from: <https://www.marlin.ac.uk/species/detail/1185>. - o. S.
- HOLTHE, T., 1986: Polychaeta - Terebellomorpha. - Marine Invertebrates of Scandinavia No. 7 Norwegian University Press, 194 S.
- ICES, 1986: Benthos survey. - o. www.vliz.be,
- ICES, 1995: Underwater noise of research vessels. Reviews and recommendations. - ICES cooperative research report 209: 1-60.
- ICES, 2004: Report of the ICES-FAO working group on fishing technology and fish behaviour (WGFTFB). - ICES CM 2004/B:05, Ref ACE 189.
- ICES, 2009: Report of the Joint Meeting between ICES Working Group on Elasmobranch Fishes (WGEF) and ICCAT Shark Subgroup. - ICES CM 2009/ACOM:16, 22-29 June 2009, Copenhagen: 424 S.
- ICES, 2018: Spatial data layers of fishing intensity/ pressure per gear type for surface and subsurface abrasion, for the years 2009 to 2017 in the OSPAR regions II and III (ver. 2, 22 January, 2019): ICES data product release, <http://doi.org/10.17895/ices.data.4686>. -
- ICES, 2019: Thornback ray (*Raja clavata*) in Subarea 4 and in divisions 3.a and 7.d (North Sea, Skagerrak, Kattegat, and eastern English Channel). In Report of the ICES Advisory Committee, 2019. ICES Advice 2019, rjc.27.3a47d, <https://doi.org/10.17895/ices.advice.4836>. - o. S.
- IFAF, 2011: Fischbiologische Erhebungen während der Bauphase des OWP alpha ventus - Bericht über zwei Befischungen im Sommer und Herbst 2009. - (im Auftrag der Stiftung Offshore Windenergie (Revision 02 - Januar 2011)) 46 S. + Anhang.
- IFAÖ, 2013: Fischbiologische Untersuchungen im Offshore Windpark „alpha ventus“ - Bericht über das 3. Betriebsjahr (Frühjahr und Herbst 2012). - 74 S. + Anhang.
- JIMING, Y., 1982: The dominant fish fauna in the North Sea and its determination. - Journal of Fish Biology 20 (6): 635-643.
- JIRKOV, I. A. & M. K. LEONTOVICH, 2013: Identification keys for Terebellomorpha (Polychaeta) of the eastern Atlantic and the North Polar Basin. - Invertebrate Zoology 10 (2): 217-243.

- JOSCHKO, T. J., 2007: Influence of artificial hard substrates on recruitment success of the zoobenthos in the German Bight (Einfluss künstlicher Hartsubstrate auf den Rekrutierungserfolg des Zoobenthos in der Deutschen Bucht). - (Dissertation) Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, 210 S.
- KELLER, O., K. LÜDEMANN & R. KAFEMANN, 2006: Literature Review of Offshore Wind Farms with Regard to Fish fauna. - In: ZUCCO, C., W. WENDE, T. MERCK, I. KÖCHLING & J. KÖPPEL (Hrsg.), Ecological Research on Offshore Windfarms: International Exchanges of Experience. BfN-Skripten 186, 47-129.
- KLAUSTRUP, M., 2006: Fish - few effects on the fish communities so far. - In: DONG ENERGY, VATTENFALL, THE DANISH ENERGY AUTHORITY & THE DANISH FOREST AND NATURE AGENCY (Hrsg.), Danish offshore Wind - key environmental issues. 64-79.
- KLOPPMANN, M. H. F., U. BÖTTCHER, U. DAMM, S. EHRICH, B. MIESKE, N. SCHULZ & K. ZUMHOLZ, 2003: Erfassung von FFH-Anhang II-Fischarten in der deutschen AWZ der Nord- und Ostsee. - (Abschlussbericht der Bundesforschungsanstalt für Fischerei über die Ergebnisse der naturschutzorientierten AWZ-Forschung zum Schutzgut Fische. Forschungsbericht gefördert durch das BfN. FKZ: 802 85 200, UFOPLAN 2002) Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Institut für Seefischerei Hamburg und Institut für Ostseefischerei Rostock, Bonn: 82 S.
- KNEBELSBERGER, T. & R. THIEL, 2014: Identification of gobies (Teleostei: Perciformes: Gobiidae) from the North and Baltic Seas combining morphological analysis and DNA barcoding. - Zoological Journal of the Linnean Society 172: 831-845.
- KNIJN, R. J., T. W. BOON, H. J. L. HEESSEN & J. R. G. HISLOP, 1993: Atlas of North Sea Fishes. - ICES Cooperative Research Report 194: 268 S.
- KNUDSEN, F. R., P. S. ENGER & O. SAND, 1992: Awareness reactions and avoidance response to sound in juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L. - Journal of Fish Biology 40: 532-534.
- KNUST, R., P. DALHOFF, J. GABRIEL, J. HEUERS, O. HÜPPOP & H. WENDELN, 2003: Untersuchungen zur Vermeidung und Verminderung von Belastungen der Meeresumwelt durch Offshore - Windenergieanlagen im küstenfernen Bereich der Nord- und Ostsee (Offshore WEA). - Abschlussbericht zum F&E Vorhaben 200 97 106. 454 S.
- KRÄGEFSKY, S., 2014: Untersuchung der Effekte von Windenergieanlagen auf Fische und vagile Megafauna im Testfeld alpha ventus, AP A: Pelagische Fische - Schlussbericht zum Projekt. Ökologische Begleitforschung am Offshore-Testfeldvorhaben *alpha ventus* zur Evaluierung des Standarduntersuchungskonzeptes des BSH (StUKplus). - (Im Auftrag des Bundesamts für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)) Bremerhaven: 100 S.
- KRÄGEWSKY, S., 2014: Effects of the alpha ventus offshore test site on pelagic fish. In: Beiersdorf A, Radecke A (Hrsg) Ecological research at the offshore windfarm alpha ventus – challenges, results and perspectives. Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH), Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU). Springer Spektrum. - 201 S.
- KRONE, R., G. DEDERER, P. KANSTINGER, P. KRÄMER, C. SCHNEIDER & I. SCHMALENBACH, 2017: Mobile demersal megafauna at common offshore wind turbine foundations in the German Bight (North Sea) two years after deployment - increased production rate of *Cancer pagurus*, Marine Environmental Research, 123. - 53-61 S.
- KRONE, R., L. GUTOW, T. J. JOSCHKO & A. SCHRÖDER, 2013: Epifauna dynamics at an offshore foundation - Implications of future wind power farming in the North Sea. - Marine Environmental Research 85: 1-12.
- LAST, K., V. HENDRICK, C. BEVERIDGE & A. DAVIES, 2011: Measuring the effects of suspended particulate matter and smothering on the behaviour, growth and survival of key species found in areas associated with aggregate dredging. - Report for the Marine Aggregate Levy Sustainability Fund, Project MEPF 08/P76 69 S.
- LAURER, W.-U., M. NAUMANN & M. ZEILER, 2014: Sedimentverteilung auf dem Meeresboden in der deutschen Nordsee nach der Klassifikation von FIGGE (1981) - Kartenversion 2.1 vom 30.10.2014. - (Geopotential Deutsche Nordsee) o. S.

- <http://www.gpdn.de/gpdn/wilma.aspx?pgId=417&WilmaLogonActionBehavior=Default>, 2014.
- LEEWEIS, R. & F. HALLIE, 2000: An artificial reef experiment off the Dutch coast. - In: JENSEN, A.C., K.J. COLLINS & A.P.M. LOCKWOOD (Hrsg.), *Artificial Reefs in European Seas*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London: 289-305.
- LINDEBOOM, H., H. J. KOUWENHOVEN, M. J. N. BERGMANN, S. BOUMA, S. BRASSEUR, R. DAAN, R. C. FIJN, D. DE HAAN, S. DIRKEN, R. VAN HAL, R. HILLE, R. TER HOFSTEDÉ, K. L. KRIJGSVELD, M. LEOPOLD & M. SCHEIDAT, 2011: Short-term ecological effects of an offshore wind farm in the Dutch coastal zone; a compilation. - *IOP Science* 6, IOP Publishing, S.
- LOCKWOOD, A. P. M., 1974: The settlement, distribution and movement of 0-group plaice, *Pleuronectes platessa* (L.) in Finley Bay, Yorkshire. - *J. Fish. Biol.* 6: 465-477.
- MAITLAND, P. S. & D. HERDSON, 2008: Key to the marine and freshwater fishes of Britain and Ireland. - Environment Agency, Bristol: 476 S.
- MARX, S., 2005: Wind op zee: Waar wel, Waar niet? - (Afstudeerstage M-variant in opdracht van Stichting De Noordzee en Rijksuniversiteit Groningen) Utrecht/Groningen: 120 S.
- MEISSNER, K. & H. SORDYL, 2006: Literatur Review of Offshore Wind Farms with Regard to Benthic Communities and Habitats. - In: ZUCCO, C., WENDE, W., MERCK, T., KÖCHLING, I. & KÖPPEL, J. (Hrsg.), *Ecological Research on Offshore Windfarms: International Exchanges of Experience*. BfN-Skripten 186. - 1-45 S.
- MILLER, P. J., 1986: Gobiidae. - In: WHITEHEAD, P.J.P., M.-L. BAUCHOT, J.-C. HUREAU, J. NIELSEN & E. TORTONESE (Hrsg.), *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean*. 1019-1085.
- MILLER, T. J., L. B. CROWDER, J. A. RICE & E. A. MARSCHALL, 1998: Larval size and recruitment mechanisms in fishes: towards a conceptual framework. - *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45: 1657-1670.
- MISUND, O. A. & A. AGLÉN, 1992: Swimming behaviour of fish schools in the North Sea during acoustic surveying and pelagic trawl sampling. - *ICES Journal of Marine Science* 49 (3): 325-334.
- MITTENDORF, K. & W. ZIELKE, 2002: Untersuchung der Wirkung von Offshore-Windenergie-Parks auf die Meeresströmung. - Eigenverlag Uni Hannover, Hannover: 21 S.
https://www.gigawind.de/fileadmin/gigawind/papers/P_Meerestr.pdf,
- MOLLES, M. C., 1978: Fish species diversity on model and natural reef patches: experimental insular biogeography. - *Ecological Monographs* 48: 289-305.
- MUELLER-BLENKLE, C., P. K. MCGREGOR, A. B. GILL, M. H. ANDERSSON, J. METCALF, V. BENDALL, P. SIGRAY, D. T. WOOD & F. THOMPSON, 2010: Effects of pile-driving noise on the behaviour of marine fish - technical report. - (COWRIE Ref. Fish 06-08) o. S.
- MURRAY, F., P. COPLAND, P. BOULCOTT, M. ROBERTSON & N. BAILEY, 2014: Scottish Marine and Freshwater Science Vol 5 No 14 Electrofishing for Razor Clams (*Ensis siliqua* and *E. arquatus*): Effects on Survival and Recovery of Target and Non-Target Species. - 45 S.
- MUUS, B. J. & J. G. NIELSEN, 1999: Die Meeresfische Europas in Nordsee, Ostsee und Atlantik. - Kosmos Naturführer, Stuttgart: 336 S.
- NARBERHAUS, I., J. KRAUSE & U. BERNITT, 2012: Bedrohte Biodiversität in der deutschen Nord- und Ostsee. Empfindlichkeiten gegenüber anthropogenen Nutzungen und den Effekten des Klimawandels. - *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 116, Bundesamt für Naturschutz, 674 S.
- NEUMANN, H., R. DIECKMANN, K.-C. EMEIS, U. KLEEBERG, A. MOLL & I. KRÖNCKE, 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., H. REISS, S. EHRICH, A. SELL, K. PANTEN, M. KLOPPMANN, I. WILHELMS & I. KRÖNCKE, 2013: Benthos and demersal fish habitats in the German Exclusive Economic Zone (EEZ) of the North Sea. - *Helgoland Marine Research* 67: 445-459.
- NIJSSSEN, H. & S. J. DE GROOT, 1974: Catalogue of fish species of the Netherlands. - *Beaufortia* 21: 173-207.

- NIRAS, 2015: Subsea Cable Interactions with the Marine Environment. Expert review and Recommendations Report. - Cambridge: 60 S.
- NPOWER RENEWEABLES, 2005: Annual FEPA Monitoring Report, North Hoyle Offshore Wind Farm. - o. S.
- NYGREN, A. & F. PLEIJEL, 2011: From one to ten in a single stroke – resolving the European *Eumida sanguinea* (Phyllodoceidae, Annelida) species complex. - *Molecular Phylogenetics and Evolution* 58: 132-141.
- O`NEILL, F. & K. SUMMERBELL, 2011: The mobilization of sediment by demersal otter trawls. – *Marine Pollution Bulletin* 62. - 1088-1097 S.
- OHDE, R., 2017: Die räumliche und zeitliche Variabilität der Epifaunagemeinschaften in der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone der Jahre 2005 bis 2015. - (Masterarbeit an der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg) 63 S.
- OLSEN, K., J. ANGELL & A. OVIK, 1983: Quatitative estimations of fish behaviour on acoustically determined fish abundance. - In: NAKKEN, O. & S.C. VENEMA (Hrsg.), *Symposium on Fisheries Acoustics*. FAO Fish Rep. (300), Bergen, Norway: 139-149.
- ORBICON, 2014: Horns Rev 3 Offshore Wind Farm, Technical report no. 21: UNDERWATER NOISE MODELLING. - Project no. 3621200091, Document no. HR-TR-044, Version 02, 36 S.
- OREJAS, C., A. SCHRÖDER, T. JOSCHKO, J. DIERSCHKE, M. EXO, E. FRIEDRICH, R. HILL, O. HÜPPOP, F. POLLEHNE, M. L. ZETTLER & R. BOCHERT, 2005: Ökologische Begleitforschung zur Windenergienutzung im Offshore-Bereich auf Forschungsplattformen in der Nord- und Ostsee (BeoFINO). - In: BMU (Hrsg.), 0327526-Abschlussbericht. Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung Bremerhaven, 333 S.
- OSPAR, 2006: Draft Preliminary Comprehensive Overview of the Impacts of Anthropogenic Underwater Sound in the Marine Environment. - (OSPAR convention for the protection of the marine environment of the North-East Atlantic - Meeting of the working group on the environmental impact of human activities (EIHA) - Galway/Ireland, 7 - 9 November 2006) EIHA 06/3/1-E: 64 S.
- OSPAR, 2008: List of Threatened and/or Declining Species and Habitats. - (Reference Number: 2008-6) 4 S.
- OUG, E., 2012: Guide to the identification of Lumbrineridae (Polychaeta) in north east Atlantic waters. - NMBAQC Taxonomic Key. - 31 S.
- PARAPAR, J., J. MOREIRA & R. BARNICH, 2019: A new species of *Ampharete* (Annelida: Ampharetidae) from the West Shetland shelf (NE Atlantic Ocean), with two updated keys to the species of the genus in North Atlantic waters. - *European Journal of Taxonomy* 531: 1-16.
- PGU, 2012: Offshore-Windpark "Aquamarin" - Umweltverträglichkeitsstudie. - (unveröff. Ber. i. A. der BARD Holding GmbH) 610 S. + Anhänge.
- PGU, 2017: Clustermonitoring Cluster 6 Bericht Phase I (01/15 – 03/16). Offshore Windparks „BARD Offshore 1“ (Betriebsmonitoring), Veja Mate / Deutsche Bucht (Basisaufnahme). Ausführlicher Teil. - 378 S. + Anhang.
- PGU, 2018: Clustermonitoring Cluster 6 Bericht Phase II (04/16-12/17). Offshore-Windparks BARD Offshore 1 (Betriebsmonitoring), Veja Mate (Baumonitoring), Deutsche Bucht (Basisaufnahme). Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag der Ocean Breeze Energy GmbH & Co.KG, Veja Mate Offshore Project GmbH, Northland Deutsche Bucht GmbH. - o. S.
- PIELOU, E. C., 1966a: The measurement of diversity in different types of biological collections. - *J. Theor. Biol.* 13: 131-144.
- PIELOU, E. C., 1966b: Shannon's Formula as a measure of specific diversity: its use and misuse. - *American Nature* 100: 463-465.
- PIET, G. J. & A. D. RIJNSDORP, 1998: Changes in the demersal fish assemblages in the southeastern North Sea following the establishment of a protected area ("plaice box"). - *ICES Journal of Marine Science* 55: 420-429.
- PINNEGAR, J. K., S. V., J. VAN DER KOOIJ, G. H. ENGELHARD, N. GARRICK-MAIDMENT & D. A. RIGHTON, 2008: Occurrence of the short-snouted seahorse *Hippocampus hippocampus* in the central North Sea. - *Cybius* 32 (Heft 4): 343–346.

- POPPER A.N. & FAY R.R., 2011: Rethinking sound detection by fishes. - Hearing research, 273. - 25–36 S.
- POPPER, A. N. & M. C. HASTINGS, 2009: The effects of anthropogenic sources of sound on fish. - J. Fish Biol. 75(3): 455-489.
- RACHOR, E., R. BÖNSCH, K. BOOS, F. GOSELCK, M. GROTHJAHN, C.-P. GÜNTHER, M. GUSKY, L. GUTOW, W. HEIBER, P. JANTSCHIK, H.-J. KRIEG, R. KRONE, P. NEHMER, K. REICHERT, H. REISS, A. SCHRÖDER, J. WITT & M. L. ZETTLER, 2013: Rote Liste und Artenlisten der bodenlebenden wirbellosen Meerestiere - 4. Fassung, Stand Dezember 2007, einzelne Aktualisierungen bis 2012. - In: BECKER, N., H. HAUPT, N. HOFBAUER, G. LUDWIG & S. NEHRING (Hrsg.), Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands, Band 2: Meeresorganismen. Münster (Landwirtschaftsverlag). Bundesamt für Naturschutz. Bonn. Naturschutz und Biologische Vielfalt. 70 (2): 81-176.
- RACHOR, E. & P. NEHMER, 2003: Erfassung und Bewertung ökologisch wertvoller Lebensräume in der Nordsee. - (Abschlussbericht für das F+E-Vorhaben FKZ 899 85 310 BfN)) Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven: 175 S.
- RADFORD, A. N., E. KERRIDGE & S. D. SIMPSON, 2014: Acoustic communication in a noisy world: can fish compete with anthropogenic noise? - Behavioral Ecology. - 1-9 S.
- REISS, H., S. DEGRAER, G. C. DUINEVELD, I. KRÖNCKE, J. ALDRIDGE, J. A. CRAEYMEERSCH, J. D. EGGLETON, H. HILLEWAERT, M. S. LAVALEYE & A. MOLL, 2009: Spatial patterns of infauna, epifauna, and demersal fish communities in the North Sea. - ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil fsp253.
- REISS, H., S. DEGRAER, G. C. DUINEVELD, I. KRÖNCKE, J. ALDRIDGE, J. A. CRAEYMEERSCH, J. D. EGGLETON, H. HILLEWAERT, M. S. S. LAVALEYE, A. MOLL, T. POHLMANN, E. RACHOR, M. ROBERTSON, E. VANDEN BERGHE, G. VAN HOEY & H. L. REES, 2010: Spatial patterns of infauna, epifauna, and demersal fish communities in the North Sea. - ICES J. Mar. Sci. 67: 278-293.
- RELINI, G., M. RELINI, G. PALANDRI, S. MERELLO & E. BECCORNIS, 2007: 2007. History, ecology and trends for artificial reefs of the Ligurian sea, Italy. Hydrobiologia 580. - 193-217 S.
- REUBENS, J., U. BRAECKMAN, J. VANAVERBEKE, C. VAN COLEN, S. DEGRAER & M. VINCX, 2013a: 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. - Fisheries Research 139: 28-34.
- REUBENS, J. T., U. BRAECKMANN, J. VANAVERBEKE, C. VAN COLEN, S. DEGRAER & M. VINCX, 2013b: 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. Fisheries Research, 139. - 28–34 S.
- REUBENS, J. T., S. DEGRAER & M. VINCXA, 2010: Aggregation and feeding behaviour of pouting (*Trisopterus luscus*) at wind turbines in the Belgian part of the North Sea. - 227 S.
- RIJNSDORP, A. D. & R. S. MILLNER, 1996: Trends in population dynamics and exploitation of North Sea plaice (*Pleuronectes platessa* L.) since the late 1800s. - ICES J. Mar. Sci. 53: 1170-1184.
- RIJNSDORP, A. D., A. D. VETHAAK & P. I. VAN LEEUWEN, 1992: Population biology of dab, *Limanda limanda*, in the southeastern North Sea. - Mar. Ecol. Prog. Ser. 91: 19-35.
- ROBERTS, L., 2015: Behavioural responses by marine fishes and macroinvertebrates to underwater noise. - (Dissertation,) University of Durham; Bangor University, 280 S.
- ROGERS, S. I., A. D. RIJNSDORP, U. DAMM & W. VANHEE, 1998: Demersal fish populations in the coastal waters of the UK and continental NW Europe from beam trawl survey data collected from 1990 to 1995. - Journal of Sea Research 39: 79-102.
- SALZWEDEL, H., E. RACHOR & D. GERDES, 1985: Benthic macrofauna communities in the German Bight. - Veröffentlichungen des Institutes für Meeresforschung Bremerhaven 20: 199-267.
- SCHILLING, P. & L. SCHÜLER, 2021: 5. Makrozoobenthos-Workshop: 13.11. - 15.11.2019 - Taxonomie und Bestimmung ausgewählter mariner Makrozoobenthosgruppen - Abschlussbericht -, Bund/Länder-Messprogramm für die Meeresumwelt von Nord- und Ostsee (BLMP) - Berichte der Qualitätssicherungsstelle 2021/13. - Deutschland/Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau [u.a]: 306 S.

- SCHRÖDER, A., C. OREJAS & T. JOSCHKO, 2006: Benthos in the vicinity of piles: FINO 1 (North Sea). - In: KÖLLER, J., J. KÖPPEL & W. PETERS (Hrsg.), Offshore wind energy. Research on environmental impacts. Springer, 185-200.
- SCHÜCKEL, S., A. F. SELL, I. KRÖNCKE & H. REISS, 2011: Diet composition and resource partitioning in two small flatfish species in the German Bight. - *Journal of Sea Research* 66: 195-204.
- SCHÜCKEL, S., A. F. SELL, I. KRÖNCKE & H. REISS, 2012: Diet overlap between flatfish species in the southern North Sea. - *Journal of Fish Biology* 80: 2571-2594.
- SELL, A. F. & I. KRÖNCKE, 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.
- SGUOTTI, C., C. LYNAM, B. GARCIA-CARRERAS, J. R. ELLIS & G. H. ENGELHARD, 2016: Distribution of skates and sharks in the North Sea: 112 years of change. - *Global Change Biology* 22: 2729-2743.
- SHANNON, C. & W. WEAVER, 1949: The mathematical theory of communication. - University of Illinois Press, Urbana: 111 S.
- SHEVLEV, M. S., A. E. DORCHENKOV & A. P. SHVAGZHIDS, 1989: USSR research on cod and haddock in the Barents Sea and adjacent waters in 1988. - ICES C.M. 1989/G 12:
- SIERRA-FLORES, R., 2014: Environmental management of Atlantic cod (*Gadus morhua*) and turbot (*Scophthalmus maximus*): implications of noise, light and substrate. - PhD Thesis, University of Stirling. - 277 S.
- SLAVIK, K., C. LEMMEN, W. ZHANG, O. KERIMOGLU, K. KLINGBEIL & K. W. WIRTZ, 2019: The large-scale impact of offshore wind farm structures on pelagic primary productivity in the southern North Sea. - *Hydrobiologia* 845: 35–53.
- SMALL, B. C., 2004: Effects of dietary cortisol administration on growth and reproductive success of channel catfish. - *Journal of Fish Biology* 64: 589–596.
- SODAL, A. V., O. BRONSTAD, O. HUMBORSTAD, T. JORGENSEN, S. LOKKEGORG & I. SVELLINGEN, 1998: Oil production structures in the North Sea as fish aggregating devices. - ICES C.M. 1998/U 11. - o. S.
- STEIN, F., 2013: Die Sache mit dem „Dotterverlust“ - Rammarbeiten oder Sprengungen gefährden nicht nur Meeressäuger. - *WATERKANT* Nr. 3. - 15-18 S.
- STELZENMÜLLER, V., S. EHRICH & S. ADLERSTEIN, 2009: 2009. Linking spatial pattern of bottom fish assemblages with water masses in the North Sea. - *Fisheries Oceanography* 18. - 36-50 S.
- STÖCKER, G. & A. BERGMANN, 1977: Ein Modell der Dominanzstruktur und seine Anwendung. - *Arch. Naturschutz und Landschaftsforschung* 17 (1), 26 S.
- TEAL, L. R., 2011: The North Sea fish community: past, present and future. Background document for the 2011 National Nature Outlook. - Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt werkdokument 256: 64.
- THIEL, R., H. WINKLER, U. BÖTTCHER, A. DÄNHARDT, R. FRICKE, M. GEORGE, M. KLOPPMANN, T. SCHAARSCHMIDT, C. UBL & R. VORBERG, 2013: Rote Liste und Gesamtartenliste der etablierten Fische und Neunaugen (Elasmobranchii, Actinopterygii & Petromyzontida) der marinen Gewässer Deutschlands - 5. Fassung, Stand August 2013. - *Naturschutz und Biologische Vielfalt* Band 70 (2): 11-76.
- THOMSEN, F., K. LÜDEMANN, R. KAFEMANN & W. PIPER, 2006: Effects of offshore wind farm noise on marine mammals and fish. - Biola. Germany on behalf of COWRIE Ltd., Hamburg: 62 S.
- TILLIN, H. M. & H. TYLER-WALTERS, 2014: Assessing the sensitivity of subtidal sedimentary habitats to pressures associated with marine activities: Phase 2 Report – Literature review and sensitivity assessments for ecological groups for circalittoral and offshore Level 5 biotopes. - JNCC Report 512B., 259 S.
- TROOST, K., P. KAMERMANS & W. J. WOLFF, 2008: Larviphagy in native bivalves and an introduced oyster. *Journal of Sea Research* 60 (3). - 157-163 S.
- TYLER-WALTERS, H., 2003: *Mya arenaria*. Sand graper. Marine Life Information Network: Biology and Sensitivity Key Information Reviews. - In: H. TYLER-WALTERS & K.HISCOCK (Hrsg.),

- Marine Biological Association of the United Kingdom., Plymouth:
<http://www.marlin.ac.uk/species/detail/1404>, 04.08.2003.
- TYLER-WALTERS, H., 2005: *Electra pilosa* - A sea mat. In H. TYLER-WALTERS & K. HISCOCK (eds) Marine Life Information Network: Biology and Sensitivity Key Information Reviews, online. Plymouth: Marine Biological Association of the United Kingdom. [cited 11-01-2018]. Available from: <https://www.marlin.ac.uk/species/detail/1694>. - o. S.
- UBA, 2018: Zustand der deutschen Nordseegewässer 2018. Aktualisierung der Anfangsbewertung nach § 45c, der Beschreibung des guten Zustands der Meeresgewässer nach § 45d und der Festlegung von Zielen nach § 45e des Wasserhaushaltsgesetzes zur Umsetzung der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie. - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU). - 191 S.
- VALDEMARSEN, J. W., 1979: Behavioural aspects of fish in relation to oil platforms in the North Sea. - ICES C.M. 1979/B 27: 6 S.
- VALLADARES, S., R. BAÑÓN, A. LÓPEZ, C. BOUZA, A. CHAMORRO, M. E. GARCÍA & M. PLANAS, 2014: First records of the seahorse *Hippocampus hippocampus* in Galician waters (NW Spain). - *Cybius* 38(1): 74-76.
- VAN DER VEER, H. W., H. PIHL & M. BERGMAN, 1990: Recruitment mechanisms in North Sea plaice *Pleuronectes platessa*. - *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 64: 1-12.
- VAN HAL, R., K. SMITS & A. RIJNSDORP, 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 HAL, R., K. SMITS & A. D. RIJNSDORP, 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 RIJN, L. C., 1985: Sediment Transport - Part I: Bed load transport, Part II: Suspended load transport, Part III: Bed forms and alluvial roughness. - (Reprint aus *Journal of Hydraulic Engineering* 110 (10/11/12), Part I: S. 1433-1444, Part II: S. 1628-1638, Part III: S. 1738-1754) Waterloopkundig Laboratorium, Delft Hydraulics Laboratory, Publication No. 334, 80 S.
- VANDENDRIESSCHE, S., M. MESSIAEN, M. VINCX & S. DEGRAER, 2005: Juvenile *Hippocampus guttulatus* from a neuston tow at the French-Belgian border. *Belg. J. Zool.*, 135: 101-102. - *Belg. J. Zool.* 135: 101-102.
- VBW (VBW Weigt GmbH), 2021: Abschlussbericht Hydrographische Vermessung N-6.6. - (Bericht im Auftrag des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie) 57 S.
- WAHLBERG, M. & H. WESTERBERG, 2005: Hearing in fish and their reactions to sounds from offshore wind farms. - *Marine Ecology Progress Series* 288: 295-309.
- WEIGMANN, S., 2016: Annotated checklist of the living sharks, batoids and chimaeras (Chondrichthyes) of the world, with a focus on biogeographical diversity. - *Journal of Fish Biology* 88: 837-1037.
- WHEELER, A., 1978: Key to the fishes of northern Europe. A guide to the identification of more than 350 species. - Frederick Warne Ltd., London
- WHOMERSLEY, P. & G. PICKEN, 2003: Long-term dynamics of fouling communities found on offshore installations in the North Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 83. - 897-901 S.
- WILHELMS, I., 2013: Atlas of length-weight relationships of 93 fish and crustacean species from the North Sea and the North-East Atlantic. - Johann Heinrich von Thünen-Institut Thünen Working Paper 12, 552 S.
- WILHELMSSON, D., T. MALM & M. C. ÖHMAN, 2006: The influence of Offshore windpower on demersal fish. - *ICES J. Mar. Sci* 63: 775-784.
- ZIDOWITZ, H., C. KASCHNER, V. MAGATH, R. THIEL, S. WEIGMANN & R. THIEL, 2017: Gefährdung und Schutz der Haie und Rochen in den deutschen Meeresgebieten der Nord- und Ostsee. - *BfN-Skripten* 450, 225 S.
- ZIJLSTRA, J. J., R. DAPPER & J. WITTE, 1982: Settlement, growth and mortality of postlarval plaice (*Pleuronectes platessa*) in the western Wadden Sea. - *Netherlands Journal of Sea Research* 15 (2): 250-272.

Bestimmungsliteratur

- ACKERS, R. G., D. MOSS, B. E. PICTON & S. STONE, 1992: Sponges of the British Isles (Sponge V). - Marine Conservation Society, U.K..
- BACKELJAU, T., P. BOUCHET, S. GOFAS & L. DE BRUYN, 1994: Genetic variation, systematics and distribution of the venerid clam *Chamelea gallina*. - J. mar. biol. Ass. U.K. 74: 211-223.
- BAMBER, R. N., 2010: Sea-Spiders (Pycnogonida) of the north-east Atlantic. Notes for the identification of British species. Synopses of the British Fauna (New Series), No. 5, edited by J.H. Crothers & P.J. Hayward. - Field Studies Council, Telford: 249 S.
- BARNICH, R., 2011: Identification of scale worms in British and Irish waters. - Senckenberg-Forschungsinstitut und Naturmuseum Frankfurt, S.1-52.
- BARNICH, R. & D. FIEGE, 2009: Revision of the genus *Harmothoe* Kinberg, 1856 (Polychaeta: Polynoidae) in the Northeast Atlantic. - Magnolia Press Auckland, NZ.
- BARNICH, R. & D. FIEGE, 2010: On the distinction of *Harmothoe globifera* (GO Sars, 1873) and some other easily confused polynoids in the NE Atlantic, with the description of a new species of *Acanthicolepis* Norman in McIntosh, 1900 (Polychaeta, Polynoidae). - Zootaxa 2525, S. 1-18.
- BARNICH, R., J. GIL & D. FIEGE, 2000: Revision of the genus *Acanthicolepis* Norman in McIntosh, 1900 (Polychaeta, Polynoidae, Polynoinae). - Sarsia 85: 313-319.
- BERRILL, N. J., 1950: The Tunicata. With an account of the British species. - Printed for the Ray Society, London: 354 S.
- BICK, A., 2005: A new Spionidae (Polychaeta) from North Carolina, and a redescription of *Marenzelleria wireni* Augener, 1913, from Spitsbergen, with a key for all species of *Marenzelleria*. - Helgoland Marine Research 59, 265 S.
- BICK, A., R. BASTORP, J. KOTTA, K. MEIBNER, M. MEYER & V. SYOMIN, 2018: Description of a new species of Sabellidae (Polychaeta, Annelida) from fresh and brackish waters in Europe, with some remarks on the branchial crown of *Laonome*. - Zootaxa 4483: 349–364.
- BICK, A., K. OTTE & K. MEIBNER, 2010: A contribution to the taxonomy of *Spio* (Spionidae, Polychaeta, Annelida) occurring in the North and Baltic Seas, with a key to species recorded in this area. - Mar. Biodiv. DOI 10.1007/s12526-010-0040-5:
- BRENZINGER, B., 2015: Identification guide to Northern European interstitial opisthobranchs (Gastropoda: Heterobranchia). - NMBAQC Taxonomic Literature 2.1, 23 S.
- CHAMBERS, S. & A. I. MUIR, 1997: Polychaetes: British Chrysopetaloidea, Pisionoidea and Aphroditoidea. - Synopses of the British Fauna (New Series) 54, 202 S.
- CHAMBERS, S. J., 2000: A redescription of *Chaetozone setosa* Malmgren, 1987 including a definition of the genus, and a description of a new species of *Chaetozone* (Polychaeta: Cirratulidae) from the northeast Atlantic. - Bull. Mar. Sci. 67: 587-596.

- CHRISTIANSEN, M. E., 1969: Crustacea Decapoda Brachyura. - Marine Invertebrates of Scandinavia 2: 1-141.
- CONLAN, K. E., 1990: Revision of the crustacean amphipod genus *Jassa* Leach (Corophioidea: Ischyroceridae). - Can. J. Zoology 68: 2031-2075.
- CORNELIUS, P. F. S., 1995a: Thecate hydroids and their medusae. Part 1. - Synopses of the British fauna N.S. 50: 1-347.
- CORNELIUS, P. F. S., 1995b: Thecate hydroids and their medusae. Part 2. - Synopses of the British fauna N.S. 50: 1-386.
- D'ACQZ, C. D. U., 2004: The Genus *Bathyporeia* Lindström, 1855, in Western Europe:(Crustacea: Amphipoda: Pontoporeiidae). - 348, National Museum of Natural History, S.
- D'HONDT, J.-L. & M. FAASSE, 2006: A new *Arachnidium* species, *Arachnidium lacourti* spec. nov.(Bryozoa: Ctenostomona), from the coast of The Netherlands. - Zoologische Mededelingen S.
- DE BLAUWE, H., 2009: Mosdiertjes van de Zuidelijke bocht van de Noordzee: Determinatiewerk voor België en Nederland.
- DIETRICH, A., T. HAGER, R. BÖNSCH, C. WINKELMANN, A. SCHMIDT & A. NYGREN, 2015: A new species of *Myrianida* (Autolytinae, Syllidae, Annelida) from the North Sea, with short notes on the distribution and habitat of Northeast Atlantic autolytines. - Marine Biology Research 11: online.
- DNESTROVSKAYA, N. Y. & I. A. JIRKOV, 2011: Identification key for Nephtyidae (Polychaeta) of the Eastern Atlantic and the North Polar Basin. - NMBAQC Taxonomic Key 7 S.
- EMIG, C. C., 1979: British and other Phoronids. Keys and notes for the identification of the species. Synopses of the British Fauna (New Series), No. 13, edited by D.M. Kermack & R.S.K. Barnes. - Academic Press, London: 57 S.
- FAASSE, M. & G. VAN MOORSEL, 2003: The North-American amphipods, *Melita nitida* Smith, 1873 and *Incisocalliope aestuarius* (Watling and Maurer, 1973)(Crustacea: Amphipoda: Gammaridea), introduced to the Western Scheldt estuary (The Netherlands). - Aquatic Ecology 37, S. 13-22.
- GARWOOD, P. R., 2007: Family Maldanidae: A guide to species in waters around the British Isles. - NMBAQC Taxonomic Key, 32 S.
- GIANGRANDE, A., M. LICCIANO & B. WASSON, 2015: Guide to identification of Sabellidae and Fabriciidae (Polychaeta) in north east Atlantic and Mediterranean waters. - NMBAQC Taxonomic Key, 91 S.
- GIBBS, P. E., 2001: Sipunculans. Keys and notes for the identification of British species. Synopses of the British Fauna (New Series), No. 12, edited by J.H. Crothers & P.J. Hayward. - Field Studies Council, Shrewsbury: 46 S.
- GIBSON, R., 1982: British Nemertea. Keys and notes for the identification of the species. Synopses of the British Fauna (New Series), No. 13, edited by D.M. Kermack & R.S.K. Barnes. - Cambridge University Press, Cambridge S.

- GRAHAM, A., 1988: Molluscs: Prosobranchs and Pyramellid gastropods: keys and notes for identification of the species. Synopsis of the British fauna (New Series), No. 2, 2nd edition, edited by D.M. Kermack & R.S.K. Barnes. - Brill & Backhuys, Leiden: 662 S.
- GROEPLER, W., 2012: Die Seescheiden von Helgoland. - Die neue Brehm-Bücherei Bd. 673 Westarp Wissenschaften, Hohenwarsleben.
- GUERRA GARCÍA, J. M., 2014: Caprellidea. Identification guide to British caprellids -NMBAQC Workshop 2012, 1-17 v. 3.2. NMBAQC 2012 Taxonomic Workshop Dove Marine Laboratory, NMBAQC, S.
- HARTMANN-SCHRÖDER, G., F. DAHL & H. SCHUMANN, 1996: Annelida, Borstenwürmer, Polychaeta. - Fischer.
- HAYWARD, P. J., 1985: Ctenostome bryozoans. - Synopses of the British fauna N.S. 33: 1-168.
- HAYWARD, P. J. & J. S. RYLAND, 1998: Cheilostomatous Bryozoa Part 1. Aetoidea - Cribrilloidea. Notes for the identification of British species. - Synopses of the British Fauna (New Series), No. 10, 2nd edition, edited by R.S.K. Barnes & J.H. Crothers, 366 S.
- HAYWARD, P. J. & J. S. RYLAND, 1999: Cheilostomatous Bryozoa Part 2. Hippothooidea - Celleporoidea. Notes for the identification of British species. - Synopses of the British Fauna (New Series), No. 14, 2nd edition, edited by R.S.K. Barnes & J.H. Crothers, 416 S.
- HAYWARD, P. J. & J. S. RYLAND, 2017: Handbook of the marine fauna of North-West Europe. - Oxford University Press, 880 S.
- HØPNER PETERSEN, G., 2001: Studies on some Arctic and Baltic *Astarte* species (Bivalvia, Mollusca). - Meddelser om Grønland, Bioscience 52, The Danish Polar Center, Copenhagen: 71 S.
- INGLE, R., 1985: Northeastern Atlantic and Mediterranean hermit crabs (Crustacea: Anomura: Paguroidea: Paguridae). I. The genus Pagurus Fabricius, 1775. - Journal of Natural History 19, S. 745-769.
- INGLE, R. W., 1996: British crabs. - Oxford University Press, New York: 222 S.
- JIRKOV, I. A., 2011: Identification keys for Terebellomorpha (Polychaeta) of the Eastern Atlantic and the North Polar Basin. II. Ampharetidae. - NMBAQC Taxonomic Key, 6 S.
- JIRKOV, I. A. & M. K. LEONTOVICH, 2013: Identification keys for Terebellomorpha (Polychaeta) of the eastern Atlantik and the North Polar Basin. - Invertebrate Zoology 10: 217-243.
- JONES, A. M. & J. M. BAXTER, 1987: Molluscs: Caudofoveata, Solenogastres, Polyplacophora and Scaphopoda. Notes for the identification of British species. Synopses of the British Fauna (New Series), No. 37, edited by D.M. Kermack & R.S.K. Barnes. - Brill & Backhuys, Leiden: 123 S.
- JONES, N. S., 1976: British Cumaceans, Arthropoda, Crustacea. Keys and notes for the identification of the species. Synopses of the British Fauna (New Series), No. 7, edited by R.S.K. Barnes & J.H. Crothers. - Field Studies Council, Telford: 66 S.

- KILGALLEN, N. M., 2006: Taxonomy of the Lysianassoidea of the Northeast Atlantic and Mediterranean : an interactive identification key and studies on problematic groups. -Unpublished thesis (Doctor of Philosophy in Life & Physical Science), Galway-Mayo Institute of Technology.: 425 S.
- KILGALLEN, N. M. & J. K. LOWRY, 2014: The *Tryphosa* group (Crustacea: Amphipoda: Lysianassoidea: Lysianassidae: Tryphosinae). - Zootaxa 3768 (5): 501–545.
- KILGALLEN, N. M., A. A. MYERS & D. MCGRATH, 2006a: Re-establishment of *Orchomenella crenata* (Crustacea: Amphipoda) as a distinct species, with a first record of its occurrence in the British Isles. - Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 86, 1389-1399 S.
- KILGALLEN, N. M., A. A. MYERS & D. MCGRATH, 2006b: A review of the genus *Tryphosella* (Crustacea: Amphipoda) from Britain and Ireland, with the description of a new species *Tryphosella lowryi*. - In: (Hrsg.), J. Mar. Biol. Ass. U.K. 1067-1081.
- KOH, B.-S., M. R. BHAUD & I. A. JIRKOV, 2003: Two new species of *Owenia* (Annelida: Polychaeta) in the northern part of the North Atlantic Ocean and remarks on previously erected species from the same area. - Sarsia: North Atlantic Marine Science 88, 175-188 S.
- LAVESQUE, N., P. BONIFÁCIO, M. H. LONDOÑO-MESA, V. LE GARREC & J. GRALL, 2017: *Loimia ramzega* sp. nov., a new giant species of Terebellidae (Polychaeta) from French waters (Brittany, English Channel). - Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 97, 935-942 S.
- LAVESQUE, N., L. PASCAL, B. GOUILLIEUX, J.-C. SORBE, G. BACHELET & O. MAIRE, 2016: *Heteromysis (Heteromysis) microps* (Crustacea, Mysidae), a commensal species for *Upogebia pusilla* (Crustacea, Upogebiidae) in Arcachon Bay (NE Atlantic Ocean). - Marine Biodiversity Records 9, 14 S.
- LEONTOVICH, M. K. & I. A. JIRKOV, 2011: Identification keys for Terebellomorpha (Polychaeta) of the Eastern Atlantic and the North Polar Basin. I. Pectinariidae and Terebellidae. - NMBAQC Taxonomic Key 11 S.
- LINCOLN, R. J., 1979: British marine amphipoda: Gammaridea. - British Museum (Natural History).
- MACKIE, A. S. Y., 1984: On the identity and zoogeography of *Prionospio cirrifera* Wiren, 1883 and *Prionospio multibranchiata* Barkley, 1927 (Polychaeta: Spionidae). - In: HUTCHINGS, P.A. (Hrsg.), Proceedings of the First International Polychaete Conference Sydney. Linnean Society of New South Wales, 35-47.
- MANUEL, R. L., 1981: British Anthozoa. Keys and notes for the identification of the species. Synopses of the British Fauna (New Series), No. 18, edited by D:M: Kermack & R.S.K. Barnes. - Academic Press, London: S.
- MEIBNER, K., 2005: Revision of the genus *Spiophanes* (Polychaeta, Spionidae); with new synonymies, new records and descriptions of new species. - Zoosystematics and Evolution 81, 3-65 S.
- MEIBNER, K. & A. BICK, 2005: *Atherospio guillei* (Laubier and Ramos, 1974) comb. nov. (Polychaeta: Spionidae) and closest relatives. - Zoologischer Anzeiger-A Journal of Comparative Zoology 244, 115-123 S.

- MEIßNER, K., A. BICK & R. BASTROP, 2011: On the identity of *Spio filicornis* (OF Müller, 1776)—with the designation of a neotype, and the description of two new species from the North East Atlantic Ocean based on morphological and genetic studies. - Zootaxa 2815, 1-27 S.
- MILLAR, R. H., 1970: British Ascidiaceae, Tunicata: Ascidiacea. Keys and notes for the identification of the species. Synopses of the British Fauna (New Series), No.1. - Academic Press, London: S.
- MOORE, P. G. & D. J. BEARE, 1993: Taxonomic confusion in the genus *Pontocrates* (Crustacea: Amphipoda) and the presence of *P. arcticus* in Britain. - J. Mar. Biol. Ass. U.K. 73: 609-61.
- MORTIMER, K., J. GIL & D. FIEGE, 2011: Portuguese *Magelona* (Annelida: Magelonidae) with a description of a new species, a re-description of *Magelona wilsoni* Glémarec, 1966 and a key to adult Magelonidae from European waters. - Italian Journal of Zoology 78: 124-139.
- MYERS, A. & M. COSTELLO, 1986: The amphipod sibling pair *Leucothoe lilljeborgi* and *L. incisa* in British and Irish waters. - Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 66, 75-82 S.
- MYERS, A. A. & D. MCGRATH, 1991: The *Ampelisca diadema* group of species (Amphipoda: Gammaridea) in British and Irish waters. - J. Mar. Biol. Ass. U.K. 71: 265-279.
- NAYLOR, E., 1972: British marine isopods. Keys and notes for the identification of the species. Synopses of the British Fauna (New Series), No. 3. - Academic Press, London: 86 S.
- NAYLOR, E. & A. BRANDT, 2015: Intertidal Marine Isopods. Synopses of the British Fauna (New Series), No. 3, 2nd edition, edited by J.H. Crothers & P.J. Hayward. - Field Studies Council, Telford: 144 S.
- NGUYEN, N.-H., 2003: European and mediterranean Thalassinidea (Crustacea, Deoapoda). - Zoosystema 25, 439-555 S.
- NIELSEN, C., 1989: Entoprocts. Keys and notes for the identification of the species. Synopses of the British Fauna (New Series), No. 41, edited by D.M. Kermack & R.S.K. Barnes. - E.J. Brill, Leiden: 131 S.
- NIKULINA, E. A., 2007: *Einhornia*, a new genus for electrids formerly classified as the *Electra crustulenta* species group (Bryozoa, Cheilostomata). - Schr. Naturwiss. Ver. Schlesw.-Holst. 69: 29-40.
- OHNEISER, L. T. & M. MALAQUIAS, 2013: Systematic revision of the gastropod family Philinidae (Mollusca: Cephalaspidea) in the north-east Atlantic Ocean with emphasis on the Scandinavian Peninsula. - Zoological Journal 167: 273-326.
- OUG, E., 2012: Guide to the identification of Lumbrineridae (Polychaeta) in north east Atlantic waters. - NMBAQC Taxonomic Key, 31 S.
- OUG, E., T. BAKKEN & A. KONGSRUD, 2011: Guide to identification of Flabelligeridae (Polychaeta) in Norwegian and adjacent waters. - Norwegian Polychaete Forum Guides, <http://www.polychaeta.no/>
- PETERSEN, M. E., 1998: *Pholoe* (Polychaeta: Pholoidae) from northern Europe: a key and notes on the nearshore species. - J. mar. Biol. Ass. U.K. 78: 1373-1376.

- PETTIBONE, M. H., 1993a: Revision of some species referred to *Antinoe*, *Antinoella*, *Antinoana*, *Bylgides*, and *Harmothoe* (Polychaeta: Polynoidae: Harmothoinae). - *Smithsonian contributions to zoology* 538: 92.
- PETTIBONE, M. H., 1993b: Scaled polychaetes (Polynoidae) associated with ophiuroids and other invertebrates and review of species referred to *Malmgrenia* McIntosh and replaced by *Malmgreniella* Hartman, with descriptions of new taxa. - *Smithsonian Contributions to Zoology* 538: 92.
- PLEIJEL, F. & R. P. DALES, 1991: Polychaetes: British Phyllodoceans, Typhloscolecoideans and Tomopteroideans. *Synopses of the British fauna (New Series)*, No. 45. - In: KERMACK, D.M. & R.S.K. BARNES (Hrsg.), *Universal Book Services; Backhuys, W., Oegstgeest, NL: 202 S.*
- PORTER, J. S., 2004: Morphological and genetical characteristics of erect subtidal species of *Alcyonidium* (Ctenostomata: Bryozoa). - *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 84: 243-252.
- PRUDHOE, S., 1982: British polyclad turbellarians. Keys and notes for the identification of the species. *Synopses of the British fauna (New Series)*, No. 26, edited by D.M. Kermack & R.S.K. Barnes. *Cambridge University Press, Cambridge: 259 S.*
- RADASHEVSKY, V. I., 2012: Spionidae (Annelida) from shallow waters around the British Islands: an identification guide for the NMBAQC Scheme with an overview of spionid morphology and biology. - *Zootaxa* 3152: 1-35.
- ROWE, G., 2010: A provisional guide to the family Opheliidae (Polychaeta) from the shallow waters of the British Isles. - *NMBAQC Taxonomic Key*, 12 S.
- RYLAND, J. S. & J. S. PORTER, 2006: The identification, distribution and biology of encrusting species of *Alcyonidium* (Bryozoa: Ctenostomatida) around the coasts of Ireland. - *Biology and Environment: proceedings of the Royal Irish Academy* 106B: 19-33.
- SAN MARTÍN, G. & T. M. WORSFOLD, 2015: Guide and keys for the identification of Syllidae (Annelida, Phyllodocida) from the British Isles (reported and expected species). - *ZooKeys*.
- SARS, G. O., 1877: Nye Bidrag til Kundskaben om Middelhavets Invertebratsfauna I. Middelhavets Mysider. - *Arch. Math. Naturvidenskaberne* 2: 10-119. 36 S.
- SCHMELZ, R. M., 2004: Bestimmungsschlüssel für die bislang im Nord- und Ostseebereich nachgewiesenen Meeres- und Brackwasseroligochaeten (incl. Aphanoneura) nach Borstenmerkmalen und anderen cuticularisierten Strukturen. - unveröffentl. Bericht, 49 S.
- SCHUCHERT, P., 2004: Revision of the European athecate hydroids and their medusae (Hydrozoa, Cnidaria): Families Oceanidae and Pachycordylidae. - *Revue Suisse de Zoologie* 111: 315-369.
- SCHUCHERT, P., 2007: The European athecate hydroids and their medusae (Hydrozoa, Cnidaria): Filifera Part 2. - *Revue Suisse de Zoologie* 114: 195-396.
- SCHUCHERT, P., 2008a: The European athecate hydroids and their medusae (Hydrozoa, Cnidaria): Filifera Part 3. - *Revue Suisse de Zoologie* 115: 221-302.

- SCHUCHERT, P., 2008b: The European athecate hydroids and their medusae (Hydrozoa, Cnidaria): Filifera Part 4. - *Revue Suisse de Zoologie* 115: 677-757.
- SCHUCHERT, P., 2009: The European athecate hydroids and their medusae (Hydrozoa, Cnidaria): Filifera Part 5. - *Revue Suisse de Zoologie* 116: 441-507.
- SCHUCHERT, P., 2012: North-West European Athecate Hydroids and their Medusae. Synopses of the British Fauna (New Series), No. 59, edited by J.H. Crothers & P.J. Hayward. - Synopsis Field Studies Council, Telford: 364 S.
- SHALLA, S., 2011: Cumacea-Identification guide to British cumaceans. - NMBAQC 2010 taxonomic workshop, Dove Marine Laboratory. 46 S.
- SMALDON, G., 1979: British coastal shrimps and prawns. - Synopses of the British fauna 15: 1-126.
- SOUTHWARD, A. J., 2008: Barnacles. Keys and notes for the identification of British species. Synopses of the British Fauna (New Series), No. 56, edited by J.H. Crothers & P.J. Hayward. - Field Studies Council, Telford: 152 S.
- SOUTHWARD, E. C. & A. C. CAMPBELL, 2006: Echinoderms. - Synopses of the British Fauna (New Series) No. 56: 1-271.
- TATTERSALL, O. S., 1967: A survey of the genus *Heteromysis* (Crustacea: Mysidacea) with descriptions of five new species from tropical coastal waters of the Pacific and Indian Oceans, with a key for the identification of the known species of the genus. - *The Transactions of the Zoological Society of London* 31, S. 157-193.
- TATTERSALL, W. M., 1951: The British Mysidacea: By WM Tattersall and Olive S. Tattersall. - Quaritch [in Komm.].
- TEBBLE, N., 1966: British bivalve seashells - A Handbook for Identification. - 2nd ed., British Museum (Natural History), London: 212 S.
- TOMPSON, T. E., 1988: Molluscs: benthic opisthobranchs: Mollusca, Gastropoda: keys and notes for identification of the species. - Synopsis of the British fauna (New Series), No. 8, 2nd edition, No. 8 Brill & Backhuys, Leiden.
- VAN HAAREN, T. & J. SOORS, 2013: Aquatic Oligochaeta of the Netherlands and Belgium. - KNNV Publishing, Zeist: 302 S.
- VON COSEL, R., 2009: The razor shells of the eastern Atlantic, part 2. Pharidae II: the genus *Ensis* Schumacher, 1817 (Bivalvia, Solenoidea). - *Basteria* 73, 9-56 S.
- WIGHAM, G. D. & A. GRAHAM, 2017a: Marine Gastropods 1: Patellogastropoda and Vetigastropoda. Synopses of the British Fauna (New Series), No. 60, edited by J.H. Crothers & P.J. Hayward. - Field Studies Council, Telford: 172 S.
- WIGHAM, G. D. & A. GRAHAM, 2017b: Marine Gastropods 2: Littorinomorpha and other, unassigned, Caenogastropoda. Synopses of the British Fauna (New Series), No. 61, edited by J.H. Crothers & P.J. Hayward. - Field Studies Council, Telford: 343 S.
- WIGHAM, G. D. & A. GRAHAM, 2018: Marine Gastropods 3: Neogastropoda. Notes for the identification of British species. Synopses of the British Fauna (New Series), No. 62, edited by J.H. Crothers & P.J. Hayward. - Field Studies Council, Telford: 206 S.

- WILLIAMSON, D. I. & T. ROCHANABURANON, 1979: A new species of Processidae (Crustacea, Decapoda, Caridea) and the larvae of the north European species. - Journal of Natural History: 11-33.
- WOOD, C., 2013: Sea Anemones and Corals of Britain and Ireland. - Wild Nature Press, Plymouth, U.K.: 160 S.
- WORSFOLD, T., 2009: Progress on the identification of Cirratulidae in British and Irish waters through the NMBAQC Scheme: 1996-2009. Report to the NMBAQC Scheme participants. Unicomarine Report NMBAQCcir09, July 2009, 114 S.
- ZETTLER, M. L. & A. ALF, 2021: Bivalvia of German Marine Waters of the North and Baltic Seas. - Die Tierwelt Deutschlands. 85. Teil ConchBooks, Harxheim: 329 S.
- ZETTLER, M. L. & A. ZETTLER, 2017: Marine and freshwater Amphipoda from the Balthic Sea and adjacent territories. - Die Tierwelt Deutschlands. 83. Teil ConchBooks, Harxheim: 845 S.
- ZIEGELMEIER, E., 1966: Die Schnecken (Gastropoda Prosobranchia) der deutschen Meeresgebiete und brackigen Küstengewässer. - Helgoländer wissenschaftliche Meeresuntersuchungen Hamburg: veränderter Nachdruck 1973, 61 S.

Anhang 1 – Soll- / Istpositionen

Tab. 72: Sollpositionen van-Veen-Greifer und 2-m-Baumkurre Entwicklungsfläche N-6.6

Gebiet	Station	Geografisch Nautisch		Geografisch dezimal		Gerät	
		N	E	N	E		
N-6.6	N-6.6-01	54°17,127	5°56,43	54,28545	5,94050	vV	
	N-6.6-02	54°17,208	5°58,241	54,28680	5,97068	vV	2m-BK
	N-6.6-03	54°17,205	6°00,244	54,28675	6,00407	vV	
	N-6.6-04	54°16,396	5°56,405	54,27327	5,94008	vV	2m-BK
	N-6.6-05	54°16,496	5°58,293	54,27493	5,97155	vV	
	N-6.6-06	54°16,591	6°00,569	54,27652	6,00948	vV	2m-BK
	N-6.6-07	54°15,683	5°50,818	54,26138	5,84697	vV	2m-BK
	N-6.6-08	54°15,716	5°52,328	54,26193	5,87213	vV	
	N-6.6-09	54°15,722	5°53,412	54,26203	5,89020	vV	2m-BK
	N-6.6-10	54°15,797	5°54,943	54,26328	5,91572	vV	
	N-6.6-11	54°15,117	5°52,385	54,25195	5,87308	vV	
	N-6.6-12	54°15,141	5°53,553	54,25235	5,89255	vV	
	N-6.6-13	54°15,212	5°54,984	54,25353	5,91640	vV	2m-BK
	N-6.6-14	54°15,58	5°56,453	54,25967	5,94088	vV	
	N-6.6-15	54°15,706	5°58,375	54,26177	5,97292	vV	2m-BK
	N-6.6-16	54°15,85	6°01,01	54,26417	6,01683	vV	
	N-6.6-17	54°14,579	5°53,606	54,24298	5,89343	vV	2m-BK
	N-6.6-18	54°14,846	5°56,487	54,24743	5,94145	vV	2m-BK
	N-6.6-19	54°14,972	5°58,417	54,24953	5,97362	vV	
	N-6.6-20	54°15,164	6°00,605	54,25273	6,01008	vV	2m-BK

Tab. 73: Sollpositionen van-Veen-Greifer und 2-m-Baumkurre Referenzgebiet

Gebiet	Station	Geografisch Nautisch		Geografisch dezimal		Gerät	
		N	E	N	E		
Referenz	R-01	54°24,968	6°03,132	54,41613	6,05220	vV	2m-BK
	R-02	54°24,968	6°04,032	54,41613	6,06720	vV	
	R-03	54°24,968	6°04,932	54,41613	6,08220	vV	2m-BK
	R-04	54°24,968	6°05,832	54,41613	6,09720	vV	
	R-05	54°23,828	6°03,132	54,39713	6,05220	vV	
	R-06	54°23,828	6°04,032	54,39713	6,06720	vV	2m-BK
	R-07	54°23,828	6°04,932	54,39713	6,08220	vV	
	R-08	54°23,828	6°05,832	54,39713	6,09720	vV	2m-BK
	R-09	54°22,688	6°03,132	54,37813	6,05220	vV	2m-BK
	R-10	54°22,688	6°04,032	54,37813	6,06720	vV	
	R-11	54°22,688	6°04,932	54,37813	6,08220	vV	2m-BK
	R-12	54°22,688	6°05,832	54,37813	6,09720	vV	
	R-13	54°21,548	6°03,132	54,35913	6,05220	vV	
	R-14	54°21,548	6°04,032	54,35913	6,06720	vV	2m-BK
	R-15	54°21,548	6°04,932	54,35913	6,08220	vV	
	R-16	54°21,548	6°05,832	54,35913	6,09720	vV	2m-BK
	R-17	54°20,408	6°03,132	54,34013	6,05220	vV	2m-BK
	R-18	54°20,408	6°04,032	54,34013	6,06720	vV	
	R-19	54°20,408	6°04,932	54,34013	6,08220	vV	2m-BK
	R-20	54°20,408	6°05,832	54,34013	6,09720	vV	

Tab. 74: Sollpositionen 7 m-Baumkurre Entwicklungsfläche N-6.6

Gebiet	Station	Geografisch Nautisch				Geografisch dezimal			
		Anfang		Ende		Anfang		Ende	
		N	E	N	E	N	E	N	E
N-6.6	N-6.6-F01	54°15,766	5°50,573	54°15,294	5°51,579	54,26277	5,84288	54,25490	5,85965
	N-6.6-F02	54°15,784	5°51,882	54°15,245	5°52,783	54,26307	5,86470	54,25408	5,87972
	N-6.6-F03	54°15,761	5°53,646	54°15,156	5°54,416	54,26268	5,89410	54,25260	5,90693
	N-6.6-F04	54°14,672	5°53,289	54°14,729	5°54,574	54,24453	5,88815	54,24548	5,90957
	N-6.6-F05	54°14,864	5°55,76	54°14,931	5°57,044	54,24773	5,92933	54,24885	5,95073
	N-6.6-F06	54°15,768	5°55,284	54°15,132	5°55,975	54,26280	5,92140	54,25220	5,93292
	N-6.6-F07	54°16,335	5°56,017	54°15,694	5°56,698	54,27225	5,93362	54,26157	5,94497
	N-6.6-F08	54°17,225	5°55,98	54°16,477	5°56,154	54,28708	5,93300	54,27462	5,93590
	N-6.6-F09	54°17,317	5°56,895	54°16,565	5°57,018	54,28862	5,94825	54,27608	5,95030
	N-6.6-F10	54°17,316	5°57,906	54°16,568	5°58,074	54,28860	5,96510	54,27613	5,96790
	N-6.6-F11	54°17,469	5°58,846	54°16,714	5°58,813	54,29115	5,98077	54,27857	5,98022
	N-6.6-F12	54°17,466	5°59,417	54°16,896	6°00,263	54,29110	5,99028	54,28160	6,00438
	N-6.6-F13	54°17,548	6°01,022	54°16,798	6°01,157	54,29247	6,01703	54,27997	6,01928
	N-6.6-F14	54°16,356	5°57,523	54°15,652	5°57,988	54,27260	5,95872	54,26087	5,96647
	N-6.6-F15	54°16,383	5°58,603	54°15,673	5°59,039	54,27305	5,97672	54,26122	5,98398
	N-6.6-F16	54°16,683	5°59,635	54°16,003	°60,193	54,27805	5,99392	54,26672	1,00322
	N-6.6-F17	54°16,238	6°01,028	54°15,484	6°01,083	54,27063	6,01713	54,25807	6,01805
	N-6.6-F18	54°15,715	6°00,642	54°15,009	6°00,185	54,26192	6,01070	54,25015	6,00308
	N-6.6-F19	54°15,387	5°57,477	54°14,928	5°58,5	54,25645	5,95795	54,24880	5,97500
	N-6.6-F20	54°15,423	5°58,557	54°15,086	5°59,71	54,25705	5,97595	54,25143	5,99517

Tab. 75: Sollpositionen 7 m-Baumkurre Referenzgebiet

Gebiet	Station	Geografisch Nautisch				Geografisch dezimal			
		Anfang		Ende		Anfang		Ende	
		N	E	N	E	N	E	N	E
Referenz	R-F01	54°25,369	6°02,862	54°24,65	6°03,177	54,42282	6,04770	54,41083	6,05295
	R-F02	54°25,412	6°04,028	54°24,694	6°03,678	54,42353	6,06713	54,41157	6,06130
	R-F03	54°25,436	6°04,457	54°24,719	6°04,86	54,42393	6,07428	54,41198	6,08100
	R-F04	54°25,426	6°05,717	54°24,671	6°05,734	54,42377	6,09528	54,41118	6,09557
	R-F05	54°24,342	6°02,921	54°23,529	6°03,465	54,40570	6,04868	54,39215	6,05775
	R-F06	54°24,484	6°03,468	54°23,939	6°04,188	54,40807	6,05780	54,39898	6,06980
	R-F07	54°24,316	6°05,036	54°23,576	6°04,529	54,40527	6,08393	54,39293	6,07548
	R-F08	54°24,32	6°05,529	54°23,566	6°05,557	54,40533	6,09215	54,39277	6,09262
	R-F09	54°23,407	6°02,953	54°22,652	6°02,972	54,39012	6,04922	54,37753	6,04953
	R-F10	54°22,98	6°04,226	54°22,408	6°03,382	54,38300	6,07043	54,37347	6,05637
	R-F11	54°23,09	6°04,552	54°22,414	6°05,146	54,38483	6,07587	54,37357	6,08577
	R-F12	54°23,4	6°05,851	54°22,645	6°05,866	54,39000	6,09752	54,37742	6,09777
	R-F13	54°21,989	6°02,992	54°21,376	6°03,558	54,36648	6,04987	54,35627	6,05930
	R-F14	54°22,357	6°04,054	54°21,638	6°04,117	54,37262	6,06757	54,36063	6,06862
	R-F15	54°21,917	6°04,721	54°21,062	6°04,142	54,36528	6,07868	54,35103	6,06903
	R-F16	54°22,188	6°05,618	54°21,381	6°06,111	54,36980	6,09363	54,35635	6,10185
	R-F17	54°20,67	6°03,05	54°19,904	6°03,492	54,34450	6,05083	54,33173	6,05820
	R-F18	54°20,96	6°03,799	54°20,206	6°03,853	54,34933	6,06332	54,33677	6,06422
	R-F19	54°21,047	6°04,795	54°20,293	6°04,823	54,35078	6,07992	54,33822	6,08038
	R-F20	54°20,719	6°06,182	54°19,917	6°05,79	54,34532	6,10303	54,33195	6,09650

Tab. 76: Istpositionen van-Veen-Greifer Entwicklungsfläche N-6.6 Herbst 2020

Station	Hol	Geografisch nautisch (WGS84)		Geografisch dezimal (WGS84)	
		Breite	Länge	N_DEZ	E_DEZ
N6.6-01	N6.6-03-1	54°17,204	6°00,239	54,28673	6,00398
	N6.6-03-2	54°17,200	6°00,243	54,28667	6,00405
	N6.6-03-3	54°17,203	6°00,240	54,28672	6,00400
N6.6-02	N6.6-06-1	54°16,590	6°00,569	54,27650	6,00948
	N6.6-06-2	54°16,593	6°00,571	54,27655	6,00952
	N6.6-06-3	54°16,591	6°00,567	54,27652	6,00945
N6.6-03	N6.6-16-1	54°15,848	6°01,010	54,26413	6,01683
	N6.6-16-2	54°15,853	6°01,008	54,26422	6,01680
	N6.6-16-3	54°15,850	6°01,012	54,26417	6,01687
N6.6-04	N6.6-20-1	54°15,161	6°00,601	54,25268	6,01002
	N6.6-20-2	54°15,164	6°00,603	54,25273	6,01005
	N6.6-20-3	54°15,167	6°00,605	54,25278	6,01008
N6.6-05	N6.6-19-1	54°14,970	5°58,417	54,24950	5,97362
	N6.6-19-2	54°14,974	5°58,414	54,24957	5,97357
	N6.6-19-3	54°14,970	5°58,412	54,24950	5,97353
N6.6-06	N6.6-15-1	54°15,706	5°58,374	54,26177	5,97290
	N6.6-15-2	54°15,700	5°58,370	54,26167	5,97283
	N6.6-15-3	54°15,703	5°58,376	54,26172	5,97293
N6.6-07	N6.6-05-1	54°16,498	5°58,290	54,27497	5,97150
	N6.6-05-2	54°16,495	5°58,294	54,27492	5,97157
	N6.6-05-3	54°16,497	5°58,291	54,27495	5,97152
N6.6-08	N6.6-02-1	54°17,207	5°58,244	54,28678	5,97073
	N6.6-02-2	54°17,205	5°58,238	54,28675	5,97063
	N6.6-02-3	54°17,208	5°58,240	54,28680	5,97067
N6.6-09	N6.6-01-1	54°17,130	5°56,428	54,28550	5,94047
	N6.6-01-2	54°17,128	5°56,431	54,28547	5,94052
	N6.6-01-3	54°17,126	5°56,433	54,28543	5,94055
N6.6-10	N6.6-04-1	54°16,398	5°56,407	54,27330	5,94012
	N6.6-04-2	54°16,394	5°56,404	54,27323	5,94007
	N6.6-04-3	54°16,397	5°56,408	54,27328	5,94013
N6.6-11	N6.6-14-1	54°15,578	5°56,450	54,25963	5,94083
	N6.6-14-2	54°15,581	5°56,456	54,25968	5,94093
	N6.6-14-3	54°15,584	5°56,453	54,25973	5,94088
N6.6-12	N6.6-18-1	54°14,850	5°56,490	54,24750	5,94150
	N6.6-18-2	54°14,846	5°56,486	54,24743	5,94143
	N6.6-18-3	54°14,849	5°56,489	54,24748	5,94148

Station	Hol	Geografisch nautisch (WGS84)		Geografisch dezimal (WGS84)	
		Breite	Länge	N_DEZ	E_DEZ
N6.6-13	N6.6-13-1	54°15,210	5°54,980	54,25350	5,91633
	N6.6-13-2	54°15,208	5°54,985	54,25347	5,91642
	N6.6-13-3	54°15,212	5°54,981	54,25353	5,91635
N6.6-14	N6.6-10-1	54°15,797	5°54,940	54,26328	5,91567
	N6.6-10-2	54°15,801	5°54,938	54,26335	5,91563
	N6.6-10-3	54°15,798	5°54,943	54,26330	5,91572
N6.6-15	N6.6-09-1	54°15,720	5°53,410	54,26200	5,89017
	N6.6-09-2	54°15,718	5°53,416	54,26197	5,89027
	N6.6-09-3	54°15,723	5°53,411	54,26205	5,89018
N6.6-16	N6.6-12-1	54°15,143	5°53,560	54,25238	5,89267
	N6.6-12-2	54°15,138	5°53,557	54,25230	5,89262
	N6.6-12-3	54°15,141	5°53,561	54,25235	5,89268
N6.6-17	N6.6-17-1	54°14,581	5°53,601	54,24302	5,89335
	N6.6-17-2	54°14,578	5°53,604	54,24297	5,89340
	N6.6-17-3	54°14,582	5°53,607	54,24303	5,89345
N6.6-18	N6.6-11-1	54°15,120	5°52,389	54,25200	5,87315
	N6.6-11-2	54°15,116	5°52,384	54,25193	5,87307
	N6.6-11-3	54°15,121	5°52,388	54,25202	5,87313
N6.6-19	N6.6-08-1	54°15,720	5°52,325	54,26200	5,87208
	N6.6-08-2	54°15,717	5°52,328	54,26195	5,87213
	N6.6-08-3	54°15,714	5°52,330	54,26190	5,87217
N6.6-20	N6.6-07-1	54°15,680	5°50,821	54,26133	5,84702
	N6.6-07-2	54°15,684	5°50,818	54,26140	5,84697
	N6.6-07-3	54°15,681	5°50,824	54,26135	5,84707

Tab. 77: Istpositionen van-Veen-Greifer Referenzgebiet Herbst 2020

Station	Hol	Geografisch nautisch (WGS84)		Geografisch dezimal (WGS84)	
		Breite	Länge	N_DEZ	E_DEZ
R-01	R-04-1	54°24,966	6°05,830	54,41610	6,09717
	R-04-2	54°24,969	6°05,835	54,41615	6,09725
	R-04-3	54°24,965	6°05,838	54,41608	6,09730
R-02	R-03-1	54°24,968	6°04,930	54,41613	6,08217
	R-03-2	54°24,964	6°04,933	54,41607	6,08222
	R-03-3	54°24,970	6°04,929	54,41617	6,08215
R-03	R-02-1	54°24,970	6°04,030	54,41617	6,06717
	R-02-2	54°24,965	6°04,033	54,41608	6,06722
	R-02-3	54°24,968	6°04,028	54,41613	6,06713
R-04	R-01-1	54°24,966	6°03,129	54,41610	6,05215
	R-01-2	54°24,970	6°03,134	54,41617	6,05223
	R-01-3	54°24,967	6°03,130	54,41612	6,05217
R-05	R-05-1	54°23,831	6°03,134	54,39718	6,05223
	R-05-2	54°23,828	6°03,130	54,39713	6,05217
	R-05-3	54°23,832	6°03,128	54,39720	6,05213
R-06	R-06-1	54°23,828	6°04,028	54,39713	6,06713
	R-06-2	54°23,831	6°04,031	54,39718	6,06718
	R-06-3	54°23,834	6°04,034	54,39723	6,06723
R-07	R-07-1	54°23,831	6°04,934	54,39718	6,08223
	R-07-2	54°23,829	6°04,929	54,39715	6,08215
	R-07-3	54°23,834	6°04,932	54,39723	6,08220
R-08	R-08-1	54°23,829	6°05,834	54,39715	6,09723
	R-08-2	54°23,826	6°05,829	54,39710	6,09715
	R-08-3	54°23,831	6°05,831	54,39718	6,09718
R-09	R-12-1	54°22,690	6°05,832	54,37817	6,09720
	R-12-2	54°22,687	6°05,829	54,37812	6,09715
	R-12-3	54°22,685	6°05,834	54,37808	6,09723
R-10	R-11-1	54°22,688	6°04,931	54,37813	6,08218
	R-11-2	54°22,685	6°04,935	54,37808	6,08225
	R-11-3	54°22,690	6°04,929	54,37817	6,08215
R-11	R-10-1	54°22,686	6°04,034	54,37810	6,06723
	R-10-2	54°22,690	6°04,029	54,37817	6,06715
	R-10-3	54°22,688	6°04,033	54,37813	6,06722
R-12	R-09-1	54°22,691	6°03,135	54,37818	6,05225
	R-09-2	54°22,686	6°03,129	54,37810	6,05215
	R-09-3	54°22,688	6°03,133	54,37813	6,05222

Station	Hol	Geografisch nautisch (WGS84)		Geografisch dezimal (WGS84)	
		Breite	Länge	N_DEZ	E_DEZ
R-13	R-13-1	54°21,551	6°03,132	54,35918	6,05220
	R-13-2	54°21,547	6°03,136	54,35912	6,05227
	R-13-3	54°21,550	6°03,130	54,35917	6,05217
R-14	R-14-1	54°21,551	6°04,037	54,35918	6,06728
	R-14-2	54°21,548	6°04,034	54,35913	6,06723
	R-14-3	54°21,553	6°04,030	54,35922	6,06717
R-15	R-15-1	54°21,550	6°04,930	54,35917	6,08217
	R-15-2	54°21,547	6°04,936	54,35912	6,08227
	R-15-3	54°21,549	6°04,929	54,35915	6,08215
R-16	R-16-1	54°21,551	6°05,830	54,35918	6,09717
	R-16-2	54°21,548	6°05,833	54,35913	6,09722
	R-16-3	54°21,553	6°05,829	54,35922	6,09715
R-17	R-20-1	54°20,414	6°05,830	54,34023	6,09717
	R-20-2	54°20,410	6°05,834	54,34017	6,09723
	R-20-3	54°20,407	6°05,829	54,34012	6,09715
R-18	R-19-1	54°20,408	6°04,937	54,34013	6,08228
	R-19-2	54°20,412	6°04,930	54,34020	6,08217
	R-19-3	54°20,410	6°04,934	54,34017	6,08223
R-19	R-18-1	54°20,410	6°04,040	54,34017	6,06733
	R-18-2	54°20,407	6°04,032	54,34012	6,06720
	R-18-3	54°20,412	6°04,037	54,34020	6,06728
R-20	R-17-1	54°20,410	6°03,137	54,34017	6,05228
	R-17-2	54°20,407	6°03,131	54,34012	6,05218
	R-17-3	54°20,411	6°03,134	54,34018	6,05223

Tab. 78: Istpositionen van-Veen-Greifer Entwicklungsfläche N-6.6 Frühjahr 2021

Station	Hol	Geografisch nautisch (WGS84)		Geografisch dezimal (WGS84)	
		Breite	Länge	N_DEZ	E_DEZ
N6.6-01	N6.6-03-1	54°17,130	5°56,430	54,28550	5,94050
	N6.6-03-2	54°17,122	5°56,427	54,28537	5,94045
	N6.6-03-3	54°17,127	5°56,434	54,28545	5,94057
N6.6-02	N6.6-06-1	54°17,210	5°58,244	54,28683	5,97073
	N6.6-06-2	54°17,207	5°58,239	54,28678	5,97065
	N6.6-06-3	54°17,211	5°58,242	54,28685	5,97070
N6.6-03	N6.6-16-1	54°17,200	6°00,249	54,28667	6,00415
	N6.6-16-2	54°17,207	6°00,242	54,28678	6,00403
	N6.6-16-3	54°17,202	6°00,247	54,28670	6,00412
N6.6-04	N6.6-20-1	54°16,394	5°56,401	54,27323	5,94002
	N6.6-20-2	54°16,399	5°56,410	54,27332	5,94017
	N6.6-20-3	54°16,392	5°56,404	54,27320	5,94007
N6.6-05	N6.6-19-1	54°16,493	5°58,290	54,27488	5,97150
	N6.6-19-2	54°16,488	5°58,297	54,27480	5,97162
	N6.6-19-3	54°16,494	5°58,292	54,27490	5,97153
N6.6-06	N6.6-15-1	54°16,594	6°00,568	54,27657	6,00947
	N6.6-15-2	54°16,590	6°00,563	54,27650	6,00938
	N6.6-15-3	54°16,595	6°00,570	54,27658	6,00950
N6.6-07	N6.6-05-1	54°15,680	5°50,821	54,26133	5,84702
	N6.6-05-2	54°15,688	5°50,816	54,26147	5,84693
	N6.6-05-3	54°15,682	5°50,820	54,26137	5,84700
N6.6-08	N6.6-02-1	54°15,716	5°52,325	54,26193	5,87208
	N6.6-02-2	54°15,719	5°52,331	54,26198	5,87218
	N6.6-02-3	54°15,714	5°52,334	54,26190	5,87223
N6.6-09	N6.6-01-1	54°15,720	5°53,410	54,26200	5,89017
	N6.6-01-2	54°15,728	5°53,418	54,26213	5,89030
	N6.6-01-3	54°15,722	5°53,411	54,26203	5,89018
N6.6-10	N6.6-04-1	54°15,799	5°54,940	54,26332	5,91567
	N6.6-04-2	54°15,791	5°54,938	54,26318	5,91563
	N6.6-04-3	54°15,797	5°54,944	54,26328	5,91573
N6.6-11	N6.6-14-1	54°15,115	5°52,389	54,25192	5,87315
	N6.6-14-2	54°15,120	5°52,381	54,25200	5,87302
	N6.6-14-3	54°15,116	5°52,386	54,25193	5,87310
N6.6-12	N6.6-18-1	54°15,141	5°53,552	54,25235	5,89253
	N6.6-18-2	54°15,149	5°53,559	54,25248	5,89265
	N6.6-18-3	54°15,143	5°53,550	54,25238	5,89250

Station	Hol	Geografisch nautisch (WGS84)		Geografisch dezimal (WGS84)	
		Breite	Länge	N_DEZ	E_DEZ
N6.6-13	N6.6-13-1	54°15,210	5°54,980	54,25350	5,91633
	N6.6-13-2	54°15,219	5°54,988	54,25365	5,91647
	N6.6-13-3	54°15,214	5°54,983	54,25357	5,91638
N6.6-14	N6.6-10-1	54°15,580	5°56,451	54,25967	5,94085
	N6.6-10-2	54°15,587	5°56,447	54,25978	5,94078
	N6.6-10-3	54°15,582	5°56,453	54,25970	5,94088
N6.6-15	N6.6-09-1	54°15,700	5°58,371	54,26167	5,97285
	N6.6-09-2	54°15,710	5°58,378	54,26183	5,97297
	N6.6-09-3	54°15,705	5°58,373	54,26175	5,97288
N6.6-16	N6.6-12-1	54°15,850	6°01,010	54,26417	6,01683
	N6.6-12-2	54°15,857	6°01,017	54,26428	6,01695
	N6.6-12-3	54°15,849	6°01,011	54,26415	6,01685
N6.6-17	N6.6-17-1	54°14,580	5°53,601	54,24300	5,89335
	N6.6-17-2	54°14,573	5°53,609	54,24288	5,89348
	N6.6-17-3	54°14,579	5°53,603	54,24298	5,89338
N6.6-18	N6.6-11-1	54°14,844	5°56,489	54,24740	5,94148
	N6.6-11-2	54°14,849	5°56,494	54,24748	5,94157
	N6.6-11-3	54°14,842	5°56,487	54,24737	5,94145
N6.6-19	N6.6-08-1	54°14,970	5°58,420	54,24950	5,97367
	N6.6-08-2	54°14,977	5°58,427	54,24962	5,97378
	N6.6-08-3	54°14,972	5°58,422	54,24953	5,97370
N6.6-20	N6.6-07-1	54°15,164	6°00,605	54,25273	6,01008
	N6.6-07-2	54°15,170	6°00,610	54,25283	6,01017
	N6.6-07-3	54°15,167	6°00,607	54,25278	6,01012

Tab. 79: Istpositionen van-Veen-Greifer Referenzgebiet Frühjahr 2021

Station	Hol	Geografisch nautisch (WGS84)		Geografisch dezimal (WGS84)	
		Breite	Länge	N_DEZ	E_DEZ
R-01	R-01-1	54°24,970	6°03,130	54,41617	6,05217
	R-01-2	54°24,965	6°03,135	54,41608	6,05225
	R-01-3	54°24,968	6°03,128	54,41613	6,05213
R-02	R-02-1	54°24,967	6°04,030	54,41612	6,06717
	R-02-2	54°24,969	6°04,037	54,41615	6,06728
	R-02-3	54°24,964	6°04,029	54,41607	6,06715
R-03	R-03-1	54°24,968	6°04,930	54,41613	6,08217
	R-03-2	54°24,974	6°04,937	54,41623	6,08228
	R-03-3	54°24,966	6°04,931	54,41610	6,08218
R-04	R-04-1	54°24,971	6°05,830	54,41618	6,09717
	R-04-2	54°24,969	6°05,837	54,41615	6,09728
	R-04-3	54°24,974	6°05,829	54,41623	6,09715
R-05	R-05-1	54°23,830	6°03,133	54,39717	6,05222
	R-05-2	54°23,825	6°03,130	54,39708	6,05217
	R-05-3	54°23,829	6°03,137	54,39715	6,05228
R-06	R-06-1	54°23,827	6°04,030	54,39712	6,06717
	R-06-2	54°23,836	6°04,027	54,39727	6,06712
	R-06-3	54°23,833	6°04,034	54,39722	6,06723
R-07	R-07-1	54°23,828	6°04,930	54,39713	6,08217
	R-07-2	54°23,837	6°04,937	54,39728	6,08228
	R-07-3	54°23,832	6°04,929	54,39720	6,08215
R-08	R-08-1	54°23,830	6°05,830	54,39717	6,09717
	R-08-2	54°23,825	6°05,827	54,39708	6,09712
	R-08-3	54°23,829	6°05,833	54,39715	6,09722
R-09	R-09-1	54°22,670	6°03,134	54,37783	6,05223
	R-09-2	54°22,667	6°03,129	54,37778	6,05215
	R-09-3	54°22,674	6°03,137	54,37790	6,05228
R-10	R-10-1	54°22,688	6°04,032	54,37813	6,06720
	R-10-2	54°22,680	6°04,038	54,37800	6,06730
	R-10-3	54°22,687	6°04,029	54,37812	6,06715
R-11	R-11-1	54°22,670	6°04,937	54,37783	6,08228
	R-11-2	54°22,684	6°04,932	54,37807	6,08220
	R-11-3	54°22,688	6°04,928	54,37813	6,08213
R-12	R-12-1	54°22,689	6°05,835	54,37815	6,09725
	R-12-2	54°22,674	6°05,830	54,37790	6,09717
	R-12-3	54°22,684	6°05,827	54,37807	6,09712

Station	Hol	Geografisch nautisch (WGS84)		Geografisch dezimal (WGS84)	
		Breite	Länge	N_DEZ	E_DEZ
R-13	R-13-1	54°21,547	6°03,130	54,35912	6,05217
	R-13-2	54°21,554	6°03,127	54,35923	6,05212
	R-13-3	54°21,549	6°03,134	54,35915	6,05223
R-14	R-14-1	54°21,551	6°04,030	54,35918	6,06717
	R-14-2	54°21,555	6°04,022	54,35925	6,06703
	R-14-3	54°21,549	6°04,031	54,35915	6,06718
R-15	R-15-1	54°21,548	6°04,930	54,35913	6,08217
	R-15-2	54°21,547	6°04,925	54,35912	6,08208
	R-15-3	54°21,552	6°04,932	54,35920	6,08220
R-16	R-16-1	54°21,548	6°05,832	54,35913	6,09720
	R-16-2	54°21,554	6°05,828	54,35923	6,09713
	R-16-3	54°21,550	6°05,834	54,35917	6,09723
R-17	R-17-1	54°20,405	6°03,132	54,34008	6,05220
	R-17-2	54°20,400	6°03,127	54,34000	6,05212
	R-17-3	54°20,410	6°03,131	54,34017	6,05218
R-18	R-18-1	54°20,408	6°04,032	54,34013	6,06720
	R-18-2	54°20,412	6°04,029	54,34020	6,06715
	R-18-3	54°20,407	6°04,034	54,34012	6,06723
R-19	R-19-1	54°20,409	6°04,930	54,34015	6,08217
	R-19-2	54°20,417	6°04,938	54,34028	6,08230
	R-19-3	54°20,408	6°04,932	54,34013	6,08220
R-20	R-20-1	54°20,410	6°05,830	54,34017	6,09717
	R-20-2	54°20,417	6°05,822	54,34028	6,09703
	R-20-3	54°20,409	6°05,831	54,34015	6,09718

Tab. 80: Istpositionen van-Veen-Greifer Entwicklungsfläche N-6.6 Herbst 2021

Station	Hol	Geografisch nautisch (WGS84)		Geografisch dezimal (WGS84)	
		Breite	Länge	N_DEZ	E_DEZ
N6.6-01	N6.6-03-1	54°17,126	5°56,431	54,28543	5,94051
	N6.6-03-2	54°17,129	5°56,438	54,28548	5,94063
	N6.6-03-3	54°17,133	5°56,433	54,28555	5,94055
N6.6-02	N6.6-06-1	54°17,208	5°58,240	54,28680	5,97066
	N6.6-06-2	54°17,212	5°58,244	54,28686	5,97073
	N6.6-06-3	54°17,209	5°58,247	54,28681	5,97078
N6.6-03	N6.6-16-1	54°17,206	6°00,242	54,28676	6,00403
	N6.6-16-2	54°17,210	6°00,247	54,28683	6,00411
	N6.6-16-3	54°17,205	6°00,241	54,28675	6,00401
N6.6-04	N6.6-20-1	54°16,397	5°56,406	54,27328	5,94010
	N6.6-20-2	54°16,401	5°56,411	54,27335	5,94018
	N6.6-20-3	54°16,395	5°56,404	54,27325	5,94006
N6.6-05	N6.6-19-1	54°16,496	5°58,292	54,27493	5,97153
	N6.6-19-2	54°16,500	5°58,299	54,27500	5,97165
	N6.6-19-3	54°16,494	5°58,294	54,27490	5,97156
N6.6-06	N6.6-15-1	54°16,590	6°00,570	54,27650	6,00950
	N6.6-15-2	54°16,594	6°00,577	54,27656	6,00961
	N6.6-15-3	54°16,589	6°00,573	54,27648	6,00955
N6.6-07	N6.6-05-1	54°15,682	5°50,819	54,26136	5,84698
	N6.6-05-2	54°15,680	5°50,821	54,26133	5,84701
	N6.6-05-3	54°15,687	5°50,815	54,26145	5,84691
N6.6-08	N6.6-02-1	54°15,716	5°52,328	54,26193	5,87213
	N6.6-02-2	54°15,720	5°52,331	54,26200	5,87218
	N6.6-02-3	54°15,714	5°52,327	54,26190	5,87211
N6.6-09	N6.6-01-1	54°15,722	5°53,411	54,26203	5,89018
	N6.6-01-2	54°15,729	5°53,417	54,26215	5,89028
	N6.6-01-3	54°15,724	5°53,409	54,26206	5,89015
N6.6-10	N6.6-04-1	54°15,799	5°54,944	54,26331	5,91573
	N6.6-04-2	54°15,804	5°54,950	54,26340	5,91583
	N6.6-04-3	54°15,807	5°54,946	54,26345	5,91576
N6.6-11	N6.6-14-1	54°15,116	5°52,385	54,25193	5,87308
	N6.6-14-2	54°15,119	5°52,390	54,25198	5,87316
	N6.6-14-3	54°15,114	5°52,386	54,25190	5,87310
N6.6-12	N6.6-18-1	54°15,140	5°53,551	54,25233	5,89251
	N6.6-18-2	54°15,144	5°53,555	54,25240	5,89258
	N6.6-18-3	54°15,138	5°53,549	54,25230	5,89248

Station	Hol	Geografisch nautisch (WGS84)		Geografisch dezimal (WGS84)	
		Breite	Länge	N_DEZ	E_DEZ
N6.6-13	N6.6-13-1	54°15,210	5°54,983	54,25350	5,91638
	N6.6-13-2	54°15,218	5°54,988	54,25363	5,91646
	N6.6-13-3	54°15,209	5°54,982	54,25348	5,91636
N6.6-14	N6.6-10-1	54°15,581	5°56,452	54,25968	5,94086
	N6.6-10-2	54°15,587	5°56,448	54,25978	5,94080
	N6.6-10-3	54°15,583	5°56,454	54,25971	5,94090
N6.6-15	N6.6-09-1	54°15,705	5°58,374	54,26175	5,97290
	N6.6-09-2	54°15,710	5°58,379	54,26183	5,97298
	N6.6-09-3	54°15,708	5°58,371	54,26180	5,97285
N6.6-16	N6.6-12-1	54°15,851	6°01,011	54,26418	6,01685
	N6.6-12-2	54°15,854	6°01,010	54,26423	6,01683
	N6.6-12-3	54°15,850	6°01,014	54,26416	6,01690
N6.6-17	N6.6-17-1	54°14,580	5°53,604	54,24300	5,89340
	N6.6-17-2	54°14,586	5°53,610	54,24310	5,89350
	N6.6-17-3	54°14,582	5°53,606	54,24303	5,89343
N6.6-18	N6.6-11-1	54°14,846	5°56,487	54,24743	5,94145
	N6.6-11-2	54°14,850	5°56,491	54,24750	5,94151
	N6.6-11-3	54°14,848	5°56,494	54,24746	5,94156
N6.6-19	N6.6-08-1	54°14,970	5°58,417	54,24950	5,97361
	N6.6-08-2	54°14,975	5°58,421	54,24958	5,97368
	N6.6-08-3	54°14,968	5°58,416	54,24946	5,97360
N6.6-20	N6.6-07-1	54°15,162	6°00,603	54,25270	6,01005
	N6.6-07-2	54°15,167	6°00,607	54,25278	6,01011
	N6.6-07-3	54°15,160	6°00,600	54,25266	6,01000

Tab. 81: Istpositionen van-Veen-Greifer Referenzgebiet Herbst 2021

Station	Hol	Geografisch nautisch (WGS84)		Geografisch dezimal (WGS84)	
		Breite	Länge	N DEZ	E DEZ
R-01	R-04-1	54°24,972	6°03,132	54,28543	5,94051
	R-04-2	54°24,980	6°03,127	54,28548	5,94063
	R-04-3	54°24,974	6°03,134	54,28555	5,94055
R-02	R-03-1	54°24,970	6°04,030	54,28680	5,97066
	R-03-2	54°24,977	6°04,035	54,28686	5,97073
	R-03-3	54°24,969	6°04,028	54,28681	5,97078
R-03	R-02-1	54°24,968	6°04,930	54,28676	6,00403
	R-02-2	54°24,974	6°04,926	54,28683	6,00411
	R-02-3	54°24,971	6°04,934	54,28675	6,00401
R-04	R-01-1	54°24,970	6°05,832	54,27328	5,94010
	R-01-2	54°24,965	6°05,838	54,27335	5,94018
	R-01-3	54°24,974	6°05,829	54,27325	5,94006
R-05	R-05-1	54°23,827	6°05,834	54,27493	5,97153
	R-05-2	54°23,834	6°05,840	54,27500	5,97165
	R-05-3	54°23,828	6°05,836	54,27490	5,97156
R-06	R-06-1	54°23,828	6°04,931	54,27650	6,00950
	R-06-2	54°23,834	6°04,938	54,27656	6,00961
	R-06-3	54°23,838	6°04,932	54,27648	6,00955
R-07	R-07-1	54°23,827	6°04,030	54,26136	5,84698
	R-07-2	54°23,834	6°04,026	54,26133	5,84701
	R-07-3	54°23,829	6°04,032	54,26145	5,84691
R-08	R-08-1	54°23,830	6°03,132	54,26193	5,87213
	R-08-2	54°23,835	6°03,130	54,26200	5,87218
	R-08-3	54°23,828	6°03,127	54,26190	5,87211
R-09	R-12-1	54°22,687	6°03,130	54,26203	5,89018
	R-12-2	54°22,691	6°03,135	54,26215	5,89028
	R-12-3	54°22,686	6°03,128	54,26206	5,89015
R-10	R-11-1	54°22,690	6°04,035	54,26331	5,91573
	R-11-2	54°22,684	6°04,029	54,26340	5,91583
	R-11-3	54°22,687	6°04,034	54,26345	5,91576
R-11	R-10-1	54°22,688	6°04,930	54,25193	5,87308
	R-10-2	54°22,684	6°04,937	54,25198	5,87316
	R-10-3	54°22,691	6°04,929	54,25190	5,87310
R-12	R-09-1	54°22,689	6°05,832	54,25233	5,89251
	R-09-2	54°22,694	6°05,828	54,25240	5,89258
	R-09-3	54°22,685	6°05,834	54,25230	5,89248

Station	Hol	Geografisch nautisch (WGS84)		Geografisch dezimal (WGS84)	
		Breite	Länge	N_DEZ	E_DEZ
R-13	R-13-1	54°21,550	6°05,830	54,25350	5,91638
	R-13-2	54°21,547	6°05,837	54,25363	5,91646
	R-13-3	54°21,553	6°05,829	54,25348	5,91636
R-14	R-14-1	54°21,549	6°04,930	54,25968	5,94086
	R-14-2	54°21,554	6°04,934	54,25978	5,94080
	R-14-3	54°21,550	6°04,929	54,25971	5,94090
R-15	R-15-1	54°21,548	6°04,031	54,26175	5,97290
	R-15-2	54°21,545	6°04,037	54,26183	5,97298
	R-15-3	54°21,551	6°04,032	54,26180	5,97285
R-16	R-16-1	54°21,549	6°03,138	54,26418	6,01685
	R-16-2	54°21,552	6°03,130	54,26423	6,01683
	R-16-3	54°21,547	6°03,135	54,26416	6,01690
R-17	R-20-1	54°20,410	6°03,131	54,24300	5,89340
	R-20-2	54°20,407	6°03,127	54,24310	5,89350
	R-20-3	54°20,412	6°03,134	54,24303	5,89343
R-18	R-19-1	54°20,408	6°04,032	54,24743	5,94145
	R-19-2	54°20,411	6°04,037	54,24750	5,94151
	R-19-3	54°20,414	6°04,031	54,24746	5,94156
R-19	R-18-1	54°20,409	6°04,930	54,24950	5,97361
	R-18-2	54°20,407	6°04,927	54,24958	5,97368
	R-18-3	54°20,411	6°04,933	54,24946	5,97360
R-20	R-17-1	54°20,410	6°05,832	54,25270	6,01005
	R-17-2	54°20,407	6°05,835	54,25278	6,01011
	R-17-3	54°20,411	6°05,830	54,25266	6,01000

Tab. 82: Istpositionen 2-m-Baumkurre Entwicklungsfläche N-6.6 und Referenzgebiet Herbst 2020

Station	Geografisch nautisch (WGS84)				Geografisch dezimal (WGS84)			
	Anfang		Ende		Anfang		Ende	
	Breite	Länge	Breite	Länge	N_DEZ	E_DEZ	N_DEZ	E_DEZ
N6.6-D-02	54°17,200	5°58,050	54°17,221	5°58,440	54,28667	5,96750	54,28702	5,97400
N6.6-D-04	54°16,373	5°56,222	54°16,430	5°56,580	54,27288	5,93703	54,27383	5,94300
N6.6-D-06	54°16,587	6°00,400	54°16,607	6°00,805	54,27645	6,00667	54,27678	6,01342
N6.6-D-07	54°15,706	5°51,004	54°15,681	5°50,592	54,26177	5,85007	54,26135	5,84320
N6.6-D-09	54°15,725	5°53,206	54°15,733	5°53,614	54,26208	5,88677	54,26222	5,89357
N6.6-D-13	54°15,200	5°54,756	54°15,241	5°55,127	54,25333	5,91260	54,25402	5,91878
N6.6-D-15	54°15,709	5°58,167	54°15,705	5°58,532	54,26182	5,96945	54,26175	5,97553
N6.6-D-17	54°14,600	5°53,327	54°14,554	5°53,725	54,24333	5,88878	54,24257	5,89542
N6.6-D-18	54°14,846	5°56,292	54°14,831	5°56,656	54,24743	5,93820	54,24718	5,94427
N6.6-D-20	54°15,185	6°00,463	54°15,133	6°00,837	54,25308	6,00772	54,25222	6,01395
R-D-01	54°24,895	6°03,059	54°25,190	6°03,190	54,41492	6,05098	54,41983	6,05317
R-D-03	54°24,917	6°04,826	54°25,075	6°05,122	54,41528	6,08043	54,41792	6,08537
R-D-06	54°23,760	6°03,884	54°23,907	6°04,180	54,39600	6,06473	54,39845	6,06967
R-D-08	54°23,770	6°05,678	54°23,926	6°05,962	54,39617	6,09463	54,39877	6,09937
R-D-09	54°22,655	6°03,047	54°22,766	6°03,374	54,37758	6,05078	54,37943	6,05623
R-D-11	54°22,654	6°04,768	54°22,757	6°05,109	54,37757	6,07947	54,37928	6,08515
R-D-14	54°21,520	6°03,925	54°21,610	6°04,250	54,35867	6,06542	54,36017	6,07083
R-D-16	54°21,527	6°05,784	54°21,590	6°05,990	54,35878	6,09640	54,35983	6,09983
R-D-17	54°20,377	6°02,890	54°20,419	6°03,215	54,33962	6,04817	54,34032	6,05358
R-D-19	54°20,378	6°04,749	54°20,441	6°05,095	54,33963	6,07915	54,34068	6,08492

Tab. 83: Istpositionen 2-m-Baumkurre Entwicklungsfläche N-6.6 und Referenzgebiet Frühjahr 2021

Station	Geografisch nautisch (WGS84)				Geografisch dezimal (WGS84)			
	Anfang		Ende		Anfang		Ende	
	Breite	Länge	Breite	Länge	N_DEZ	E_DEZ	N_DEZ	E_DEZ
N6.6-D-02	54°17,200	5°58,050	54°17,221	5°58,440	54,28667	5,96750	54,28702	5,97400
N6.6-D-04	54°16,373	5°56,222	54°16,430	5°56,580	54,27288	5,93703	54,27383	5,94300
N6.6-D-06	54°16,587	6°00,400	54°16,607	6°00,805	54,27645	6,00667	54,27678	6,01342
N6.6-D-07	54°15,706	5°51,004	54°15,681	5°50,592	54,26177	5,85007	54,26135	5,84320
N6.6-D-09	54°15,725	5°53,206	54°15,733	5°53,614	54,26208	5,88677	54,26222	5,89357
N6.6-D-13	54°15,200	5°54,756	54°15,241	5°55,127	54,25333	5,91260	54,25402	5,91878
N6.6-D-15	54°15,709	5°58,167	54°15,705	5°58,532	54,26182	5,96945	54,26175	5,97553
N6.6-D-17	54°14,600	5°53,327	54°14,554	5°53,725	54,24333	5,88878	54,24257	5,89542
N6.6-D-18	54°14,846	5°56,292	54°14,831	5°56,656	54,24743	5,93820	54,24718	5,94427
N6.6-D-20	54°15,185	6°00,463	54°15,133	6°00,837	54,25308	6,00772	54,25222	6,01395
R-D-01	54°24,895	6°03,059	54°25,190	6°03,190	54,41492	6,05098	54,41983	6,05317
R-D-03	54°24,917	6°04,826	54°25,075	6°05,122	54,41528	6,08043	54,41792	6,08537
R-D-06	54°23,760	6°03,884	54°23,907	6°04,180	54,39600	6,06473	54,39845	6,06967
R-D-08	54°23,770	6°05,678	54°23,926	6°05,962	54,39617	6,09463	54,39877	6,09937
R-D-09	54°22,655	6°03,047	54°22,766	6°03,374	54,37758	6,05078	54,37943	6,05623
R-D-11	54°22,654	6°04,768	54°22,757	6°05,109	54,37757	6,07947	54,37928	6,08515
R-D-14	54°21,520	6°03,925	54°21,610	6°04,250	54,35867	6,06542	54,36017	6,07083
R-D-16	54°21,527	6°05,784	54°21,590	6°05,990	54,35878	6,09640	54,35983	6,09983
R-D-17	54°20,377	6°02,890	54°20,419	6°03,215	54,33962	6,04817	54,34032	6,05358
R-D-19	54°20,378	6°04,749	54°20,441	6°05,095	54,33963	6,07915	54,34068	6,08492

Tab. 84: Istpositionen 2-m-Baumkurre Entwicklungsfläche N-6.6 und Referenzgebiet Herbst 2021

Station	Geografisch nautisch (WGS84)				Geografisch dezimal (WGS84)			
	Anfang		Ende		Anfang		Ende	
	Breite	Länge	Breite	Länge	N_DEZ	E_DEZ	N_DEZ	E_DEZ
N6.6-D-02	54°17,235	5°57,946	54°17,196	5°58,513	54,287250	5,965767	54,287250	5,975217
N6.6-D-04	54°16,381	5°56,691	54°16,401	5°56,118	54,273017	5,944850	54,273017	5,935300
N6.6-D-06	54°16,608	6°00,310	54°16,593	6°00,886	54,276800	6,005167	54,276800	6,014767
N6.6-D-07	54°15,677	5°51,039	54°15,692	5°50,561	54,261283	5,850650	54,261283	5,842683
N6.6-D-09	54°15,629	5°53,658	54°15,739	5°53,174	54,260483	5,894300	54,260483	5,886233
N6.6-D-13	54°15,205	5°55,233	54°15,205	5°54,703	54,253417	5,920550	54,253417	5,911717
N6.6-D-15	54°15,718	5°58,624	54°15,693	5°58,101	54,261967	5,977067	54,261967	5,968350
N6.6-D-17	54°14,565	5°53,880	54°14,568	5°53,341	54,242750	5,898000	54,242750	5,889017
N6.6-D-18	54°14,841	5°56,701	54°14,853	5°56,247	54,247350	5,945017	54,247350	5,937450
N6.6-D-20	54°15,158	6°00,344	54°15,151	6°00,798	54,252633	6,005733	54,252633	6,013300
R-D-01	54°24,947	6°02,866	54°24,964	6°03,364	54,415783	6,047767	54,415783	6,056067
R-D-03	54°24,966	6°04,680	54°24,964	6°05,163	54,416100	6,078000	54,416100	6,086050
R-D-06	54°23,833	6°03,779	54°23,819	6°04,239	54,397217	6,062983	54,397217	6,070650
R-D-08	54°23,834	6°05,557	54°23,814	6°06,081	54,397233	6,092617	54,397233	6,101350
R-D-09	54°22,680	6°02,883	54°22,685	6°03,406	54,378000	6,048050	54,378000	6,056767
R-D-11	54°22,707	6°04,688	54°22,685	6°05,168	54,378450	6,078133	54,378450	6,086133
R-D-14	54°21,561	6°03,787	54°21,546	6°04,301	54,359350	6,063117	54,359350	6,071683
R-D-16	54°21,561	6°05,497	54°21,531	6°06,100	54,359350	6,091617	54,359350	6,101667
R-D-17	54°20,389	6°03,379	54°20,407	6°02,921	54,339817	6,056317	54,339817	6,048683
R-D-19	54°20,392	6°05,187	54°20,397	6°04,707	54,339867	6,086450	54,339867	6,078450

Tab. 85: Istpositionen 7 m-Baumkurre Entwicklungsfläche N-6.6 Herbst 2020

Station	Geografisch nautisch (WGS84)				Geografisch dezimal (WGS84)			
	Anfang		Ende		Anfang		Ende	
	Breite	Länge	Breite	Länge	N_DEZ	E_DEZ	N_DEZ	E_DEZ
N6.6-F-01	54°15,305	5°51,549	54°15,813	5°50,460	54,25508	5,85915	54,26355	5,84100
N6.6-F-02	54°15,802	5°51,879	54°15,205	5°52,857	54,26337	5,86465	54,25342	5,88095
N6.6-F-03	54°15,161	5°54,386	54°15,793	5°53,608	54,25268	5,90643	54,26322	5,89347
N6.6-F-04	54°14,726	5°54,560	54°14,661	5°53,146	54,24543	5,90933	54,24435	5,88577
N6.6-F-05	54°14,917	5°57,055	54°14,871	5°55,745	54,24862	5,95092	54,24785	5,92908
N6.6-F-06	54°15,765	5°55,275	54°15,108	5°56,027	54,26275	5,92125	54,25180	5,93378
N6.6-F-07	54°16,355	5°55,995	54°15,672	5°56,734	54,27258	5,93325	54,26120	5,94557
N6.6-F-08	54°17,250	5°55,986	54°16,448	5°56,175	54,28750	5,93310	54,27413	5,93625
N6.6-F-09	54°16,530	5°57,013	54°17,373	5°56,894	54,27550	5,95022	54,28955	5,94823
N6.6-F-10	54°17,357	5°57,884	54°16,557	5°58,093	54,28928	5,96473	54,27595	5,96822
N6.6-F-11	54°16,716	5°58,804	54°17,533	5°58,869	54,27860	5,98007	54,29222	5,98115
N6.6-F-12	54°17,535	5°59,359	54°16,915	6°00,182	54,29225	5,98932	54,28192	6,00303
N6.6-F-13	54°16,789	6°01,137	54°17,560	6°01,022	54,27982	6,01895	54,29267	6,01703
N6.6-F-14	54°16,357	5°57,528	54°15,625	5°58,007	54,27262	5,95880	54,26042	5,96678
N6.6-F-15	54°15,642	5°59,069	54°16,431	5°58,617	54,26070	5,98448	54,27385	5,97695
N6.6-F-16	54°16,773	5°59,575	54°16,058	6°00,127	54,27955	5,99292	54,26763	6,00212
N6.6-F-17	54°15,528	6°01,078	54°16,289	6°01,049	54,25880	6,01797	54,27148	6,01748
N6.6-F-18	54°15,717	6°00,608	54°14,989	6°00,178	54,26195	6,01013	54,24982	6,00297
N6.6-F-19	54°14,929	5°58,492	54°15,417	5°57,397	54,24882	5,97487	54,25695	5,95662
N6.6-F-20	54°15,076	5°59,757	54°15,440	5°58,586	54,25127	5,99595	54,25733	5,97643

Tab. 86: Istpositionen 7 m-Baumkurre Referenzgebiet Herbst 2020

Station	Geografisch nautisch (WGS84)				Geografisch dezimal (WGS84)			
	Anfang		Ende		Anfang		Ende	
	Breite	Länge	Breite	Länge	N_DEZ	E_DEZ	N_DEZ	E_DEZ
R-F-01	54°24,664	6°03,188	54°25,435	6°02,829	54,41107	6,05313	54,42392	6,04715
R-F-02	54°25,444	6°04,023	54°24,623	6°03,642	54,42407	6,06705	54,41038	6,06070
R-F-03	54°24,695	6°04,903	54°25,425	6°04,483	54,41158	6,08172	54,42375	6,07472
R-F-04	54°25,457	6°06,202	54°24,745	6°05,551	54,42428	6,10337	54,41242	6,09252
R-F-05	54°23,509	6°03,496	54°24,288	6°02,967	54,39182	6,05827	54,40480	6,04945
R-F-06	54°23,954	6°04,184	54°24,548	6°03,360	54,39923	6,06974	54,40913	6,05600
R-F-07	54°24,351	6°04,949	54°23,685	6°04,236	54,40585	6,08248	54,39475	6,07060
R-F-08	54°23,537	6°05,155	54°24,326	6°05,605	54,39228	6,08592	54,40543	6,09342
R-F-09	54°22,690	6°02,881	54°23,530	6°02,980	54,37817	6,04802	54,39217	6,04967
R-F-10	54°22,384	6°03,347	54°23,015	6°04,267	54,37307	6,05578	54,38358	6,07112
R-F-11	54°23,115	6°04,569	54°22,398	6°05,186	54,38525	6,07615	54,37330	6,08643
R-F-12	54°22,594	6°05,849	54°23,427	6°05,868	54,37657	6,09748	54,39045	6,09780
R-F-13	54°21,364	6°03,563	54°22,008	6°02,989	54,35607	6,05938	54,36680	6,04982
R-F-14	54°22,346	6°04,035	54°21,572	6°04,139	54,37243	6,06725	54,35953	6,06898
R-F-15	54°21,030	6°04,113	54°21,823	6°04,648	54,35050	6,06855	54,36372	6,07747
R-F-16	54°21,346	6°06,126	54°22,101	6°05,688	54,35577	6,10210	54,36835	6,09480
R-F-17	54°19,932	6°04,043	54°20,413	6°02,789	54,33220	6,06738	54,34022	6,04648
R-F-18	54°20,985	6°03,416	54°20,294	6°04,109	54,34975	6,05693	54,33823	6,06848
R-F-19	54°20,234	6°04,822	54°21,045	6°04,789	54,33723	6,08037	54,35075	6,07982
R-F-20	54°20,732	6°06,184	54°19,930	6°05,808	54,34553	6,10307	54,33217	6,09680

Tab. 87: Istpositionen 7 m-Baumkurre Entwicklungsfläche N-6.6 Frühjahr 2021

Station	Geografisch nautisch (WGS84)				Geografisch dezimal (WGS84)			
	Anfang		Ende		Anfang		Ende	
	Breite	Länge	Breite	Länge	N_DEZ	E_DEZ	N_DEZ	E_DEZ
N6.6-F-01	54°15,813	5°50,460	54°15,305	5°51,549	54,26308	5,84245	54,25480	5,85950
N6.6-F-02	54°15,802	5°51,879	54°15,205	5°52,857	54,26263	5,86582	54,25365	5,88107
N6.6-F-03	54°15,793	5°53,608	54°15,161	5°54,386	54,25160	5,99477	54,25720	5,97543
N6.6-F-04	54°14,726	5°54,560	54°14,661	5°53,146	54,25242	5,90705	54,26257	5,89387
N6.6-F-05	54°14,917	5°57,055	54°14,871	5°55,745	54,24433	5,88643	54,24542	5,90865
N6.6-F-06	54°15,765	5°55,275	54°15,108	5°56,027	54,24775	5,92928	54,24895	5,94998
N6.6-F-07	54°16,355	5°55,995	54°15,672	5°56,734	54,26238	5,92162	54,25192	5,93348
N6.6-F-08	54°17,250	5°55,986	54°16,448	5°56,175	54,27257	5,93313	54,26195	5,94522
N6.6-F-09	54°17,373	5°56,894	54°16,530	5°57,013	54,28770	5,93290	54,27528	5,93562
N6.6-F-10	54°17,357	5°57,884	54°16,557	5°58,093	54,28878	5,94723	54,27622	5,95047
N6.6-F-11	54°17,533	5°58,869	54°16,716	5°58,804	54,28822	5,96520	54,27598	5,96802
N6.6-F-12	54°17,535	5°59,359	54°16,915	6°00,182	54,29157	5,98075	54,27768	5,97992
N6.6-F-13	54°17,560	6°01,022	54°16,789	6°01,137	54,29088	5,99083	54,28117	6,00432
N6.6-F-14	54°16,357	5°57,528	54°15,625	5°58,007	54,29270	6,01688	54,27963	6,01955
N6.6-F-15	54°16,431	5°58,617	54°15,642	5°59,069	54,27325	5,95852	54,26090	5,96640
N6.6-F-16	54°16,773	5°59,575	54°16,058	6°00,127	54,27337	5,97717	54,26133	5,98393
N6.6-F-17	54°16,289	6°01,049	54°15,528	6°01,078	54,27783	5,99412	54,26653	6,00303
N6.6-F-18	54°15,717	6°00,608	54°14,989	6°00,178	54,27082	6,01737	54,25795	6,01812
N6.6-F-19	54°15,417	5°57,397	54°14,929	5°58,492	54,26132	6,01008	54,24945	6,00302
N6.6-F-20	54°15,076	5°59,757	54°15,440	5°58,586	54,25660	5,95788	54,24877	5,97492

Tab. 88: Istpositionen 7 m-Baumkurre Referenzgebiet Frühjahr 2021

Station	Geografisch nautisch (WGS84)				Geografisch dezimal (WGS84)			
	Anfang		Ende		Anfang		Ende	
	Breite	Länge	Breite	Länge	N_DEZ	E_DEZ	N_DEZ	E_DEZ
R-F-01	54°25,435	6°02,829	54°24,664	6°03,188	54,42378	6,04645	54,41122	6,05388
R-F-02	54°25,444	6°04,023	54°24,623	6°03,642	54,42392	6,06743	54,41087	6,06103
R-F-03	54°25,425	6°04,483	54°24,695	6°04,903	54,42455	6,07395	54,41332	6,08095
R-F-04	54°25,457	6°06,202	54°24,745	6°05,551	54,42535	6,10448	54,41330	6,09260
R-F-05	54°20,732	6°06,184	54°19,930	6°05,808	54,40488	6,04908	54,39193	6,05818
R-F-06	54°24,288	6°02,967	54°23,509	6°03,496	54,40940	6,05578	54,39935	6,06947
R-F-07	54°24,548	6°03,360	54°23,954	6°04,184	54,40643	6,08258	54,39492	6,07020
R-F-08	54°24,351	6°04,949	54°23,685	6°04,236	54,40470	6,09335	54,39317	6,08625
R-F-09	54°24,326	6°05,605	54°23,537	6°05,155	54,37748	6,04915	54,39022	6,04905
R-F-10	54°23,530	6°02,980	54°22,690	6°02,881	54,37377	6,05702	54,38318	6,07058
R-F-11	54°23,015	6°04,267	54°22,384	6°03,347	54,38503	6,07543	54,37433	6,08565
R-F-12	54°23,115	6°04,569	54°22,398	6°05,186	54,39027	6,09792	54,37772	6,09748
R-F-13	54°23,427	6°05,868	54°22,594	6°05,849	54,36825	6,04817	54,35697	6,05877
R-F-14	54°22,008	6°02,989	54°21,364	6°03,563	54,37182	6,06747	54,35937	6,06838
R-F-15	54°22,346	6°04,035	54°21,572	6°04,139	54,35083	6,06850	54,36327	6,07732
R-F-16	54°21,823	6°04,648	54°21,030	6°04,113	54,36855	6,09422	54,35607	6,10227
R-F-17	54°22,101	6°05,688	54°21,346	6°06,126	54,34033	6,04848	54,33202	6,06820
R-F-18	54°19,932	6°04,043	54°20,413	6°02,789	54,34897	6,05633	54,33875	6,06842
R-F-19	54°20,985	6°03,416	54°20,294	6°04,109	54,35152	6,08027	54,33895	6,07990
R-F-20	54°21,045	6°04,789	54°20,234	6°04,822	54,34360	6,10235	54,33153	6,09637

Tab. 89: Istpositionen 7 m-Baumkurre Entwicklungsfläche N-6.6 Herbst 2021

Station	Geografisch nautisch (WGS84)				Geografisch dezimal (WGS84)			
	Anfang		Ende		Anfang		Ende	
	Breite	Länge	Breite	Länge	N_DEZ	E_DEZ	N_DEZ	E_DEZ
N6.6-F-01	54°15,367	5°51,358	54°15,976	5°50,171	54,25611	5,85596	54,26626	5,83618
N6.6-F-02	54°15,761	5°51,989	54°15,266	5°52,860	54,26268	5,86648	54,25443	5,88100
N6.6-F-03	54°15,138	5°54,408	54°15,757	5°53,627	54,25230	5,90680	54,26261	5,89378
N6.6-F-04	54°14,732	5°54,581	54°14,660	5°53,300	54,24553	5,90968	54,24433	5,88833
N6.6-F-05	54°14,895	5°57,045	54°14,865	5°55,705	54,24825	5,95075	54,24775	5,92841
N6.6-F-06	54°15,766	5°55,265	54°15,206	5°55,845	54,26276	5,92108	54,25343	5,93075
N6.6-F-07	54°16,368	5°56,076	54°15,740	5°56,650	54,27280	5,93460	54,26233	5,94416
N6.6-F-08	54°16,515	5°56,148	54°17,217	5°55,988	54,27525	5,93580	54,28695	5,93313
N6.6-F-09	54°17,345	5°56,894	54°16,589	5°57,091	54,28908	5,94822	54,27648	5,95151
N6.6-F-10	54°16,756	5°58,149	54°17,379	5°57,871	54,27926	5,96915	54,28965	5,96451
N6.6-F-11	54°17,415	5°58,864	54°16,611	5°58,768	54,29025	5,98106	54,27685	5,97946
N6.6-F-12	54°16,895	6°00,254	54°17,395	5°59,528	54,28158	6,00423	54,28991	5,99213
N6.6-F-13	54°17,558	6°01,018	54°16,805	6°01,146	54,29263	6,01696	54,28008	6,01910
N6.6-F-14	54°15,667	5°58,007	54°16,410	5°57,499	54,26111	5,96678	54,27350	5,95831
N6.6-F-15	54°15,667	5°59,093	54°16,366	5°58,624	54,26111	5,98488	54,27276	5,97706
N6.6-F-16	54°16,670	5°59,641	54°15,990	6°00,181	54,27783	5,99401	54,26650	6,00301
N6.6-F-17	54°15,477	6°01,086	54°16,250	6°01,072	54,25795	6,01810	54,27083	6,01786
N6.6-F-18	54°15,678	6°00,599	54°14,970	6°00,177	54,26130	6,00998	54,24950	6,00295
N6.6-F-19	54°15,393	5°57,455	54°14,993	5°58,478	54,25655	5,95758	54,24988	5,97463
N6.6-F-20	54°15,049	5°59,785	54°15,421	5°58,576	54,25081	5,99642	54,25701	5,97626

Tab. 90: Istpositionen 7 m-Baumkurre Referenzgebiet Herbst 2021

Station	Geografisch nautisch (WGS84)				Geografisch dezimal (WGS84)			
	Anfang		Ende		Anfang		Ende	
	Breite	Länge	Breite	Länge	N_DEZ	E_DEZ	N_DEZ	E_DEZ
R-F-01	54°25,398	6°02,889	54°24,739	6°03,107	54,42330	6,04815	54,41231	6,05178
R-F-02	54°24,718	6°03,785	54°25,503	6°03,503	54,41196	6,06308	54,42505	6,05838
R-F-03	54°25,551	6°04,520	54°24,769	6°04,833	54,42585	6,07533	54,41281	6,08055
R-F-04	54°24,691	6°05,814	54°25,528	6°05,748	54,41151	6,09690	54,42546	6,09580
R-F-05	54°24,350	6°02,909	54°23,526	6°03,461	54,40583	6,04848	54,39210	6,05768
R-F-06	54°23,962	6°04,125	54°24,586	6°03,359	54,39936	6,06875	54,40976	6,05598
R-F-07	54°24,290	6°05,037	54°23,525	6°04,502	54,40483	6,08395	54,39208	6,07503
R-F-08	54°23,660	6°05,548	54°24,486	6°05,531	54,39433	6,09246	54,40810	6,09218
R-F-09	54°22,798	6°02,935	54°23,531	6°02,957	54,37996	6,04891	54,39218	6,04928
R-F-10	54°22,410	6°03,374	54°23,000	6°04,258	54,37350	6,05623	54,38333	6,07096
R-F-11	54°23,100	6°04,574	54°22,264	6°05,254	54,38500	6,07623	54,37106	6,08756
R-F-12	54°22,643	6°05,862	54°23,259	6°05,844	54,37738	6,09770	54,38765	6,09740
R-F-13	54°21,317	6°03,618	54°21,942	6°03,046	54,35528	6,06030	54,36570	6,05076
R-F-14	54°21,683	6°04,156	54°22,433	6°04,094	54,36138	6,06926	54,37388	6,06823
R-F-15	54°21,059	6°04,141	54°21,915	6°04,717	54,35098	6,06901	54,36525	6,07861
R-F-16	54°22,186	6°05,609	54°21,383	6°06,161	54,36976	6,09348	54,35638	6,10268
R-F-17	54°19,978	6°03,465	54°20,730	6°03,023	54,33296	6,05775	54,34550	6,05038
R-F-18	54°20,965	6°03,809	54°20,209	6°03,850	54,34941	6,06348	54,33681	6,06416
R-F-19	54°20,332	6°04,855	54°21,014	6°04,787	54,33886	6,08091	54,35023	6,07978
R-F-20	54°19,980	6°05,832	54°20,754	6°06,179	54,33300	6,09720	54,34590	6,10298